

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

*Посвящается 80-летию
Магнитогорского государственного
технического университета им. Г.И. Носова*

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

**Материалы 72-й международной
научно-технической конференции**

Том 1

Под редакцией В.М. Колокольцева

Магнитогорск
2014

Редколлегия:

В.М. Колокольцев (главный редактор),
М.В. Чукин (зам. главного редактора),
Н.А. Осинцев, К.Г. Пивоварова, М.В. Шубина, Н.Ш. Тютеряков,
А.А. Николаев, М.Г. Поликарпова, Э.П. Чернышова,
А.А. Астафьева (отв. редактор)

*Сборник входит в базу данных
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

Актуальные проблемы современной науки, техники и образования:
материалы 72-й международной научно-технической конференции / под
ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн.
ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Т.1. 305 с.

В сборнике представлены доклады победителей конкурса на лучший доклад 72-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ 2013–2014 гг.

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2014

УДК 669.15-196

О.Е. Горлова, С.В. Кречина, О.И. Клебан

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА*

***Аннотация.** Рассматривается проблема переработки шламов донных отложений, накопленных в картах Левобережного отстойника промливневых стоков ОАО «ММК», с целью утилизации их как железосодержащего сырья в составе аглошихты, очистки заскладированных шламовых карт и освобождения территорий. Представлены результаты исследований на обогатимость проб донных отложений магнитным и гравитационным методами.*

***Ключевые слова:** шламы донных отложений, шламонакопители, отходы, железосодержащее сырье, магнитная сепарация, центробежный концентратор.*

Для многих металлургических предприятий сегодня остро стоит вопрос о переработке и повторном использовании собственных железосодержащих отходов, которые характеризуются достаточно высокой массовой долей в них железа и значительными накопленными и текущими объемами. Этому также способствует введение более жестких норм по охране окружающей среды, необходимость изыскания свободных территорий для их складирования, высокие издержки, связанные с транспортированием, складированием этих отходов и принятием определенных мер защиты окружающей территории от их негативного влияния [1].

В черной металлургии источниками образования железосодержащих отходов являются основные технологические агрегаты металлургического производства: агломерационные машины, доменные, сталеплавильные печи, прокатные станы. На Магнитогорском металлургическом комбинате (ОАО «ММК») образуется свыше десяти видов различных железосодержащих отходов. Высоким содержанием железа и значительными объемами образования характеризуются мелкозернистые железосодержащие отходы ОАО «ММК», такие как окалина (76% Fe), шлам аглофабрик (47% Fe), колошниковая пыль (47% Fe), шлам мокрой очистки доменного газа (48,2% Fe), шлам от очистки технологического газа конвертерного

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (государственное задание №214/80).

производства (54,2% Fe), пыль, уловленная от очистки технологического газа в электросталеплавильном производстве (57,8% Fe). Большая часть этих отходов используется повторно в составе аглошихты и в цементно-огнеупорном производстве, остальная часть складывается в отвалы, отработанные карьеры, шламохранилища комбината [2].

На металлургических предприятиях применяют схемы оборотного водоснабжения на базе локальных оборотных циклов. В шламонакопители попадают различные шламы и промывочные воды из оборотных циклов. Технология обработки шламов на таких установках проста, но не полностью удовлетворяет требованиям подготовки шламов к утилизации в агломерационном производстве. Также железосодержащие отходы могут не утилизироваться из-за отсутствия на предприятиях установок по обезвоживанию шламов или из-за неудовлетворительной работы этих установок

Схемы оборотного водоснабжения с использованием шламонакопителей и прудов-охладителей выполняют ряд функций: осветление воды от механической взвеси, взаимную нейтрализацию кислых и щелочных компонентов, охлаждение воды и накопление осадков и шламов.

Шламы донных отложений в ОАО «ММК» накоплены в отстойнике устья северного канала промстоков в районе Северного перехода, в Левобережном отстойнике промливневых стоков в виде сбросов старых прокатных цехов, доменных шламов и гравийно-песчаной смеси [3]. По предварительной оценке запасы шламов донных отложений Левобережного отстойника составляют около 0,84 млн т со средним содержанием железа общего 59,4%. Остро стоит вопрос о переработке шламов донных отложений, с одной стороны, как железосодержащего сырья в составе аглошихты, а с другой – для очистки заскларированных шламовых карт и освобождения территорий.

Было отобрано несколько проб донных отложений из складированной шламовой карты вдоль Центрального перехода для исследования их обогатимости магнитным и гравитационным методами. Пробы были отобраны из разных точек карты и на различной глубине. В пробах, приуроченных к ограждающей дамбе карты и отобранных на небольшой глубине, присутствуют гравийно-песчаные отложения, но их выход не превышает 5–7%. В пробах, отобранных в центре карты, гравийно-песчаные отложения практически отсутствуют. В некоторых пробах присутствуют масла (проба 4), то есть шламы являются замасленными.

Гравийно-песчаные отложения, содержащиеся в некоторых пробах, легко отделяются грохочением, а основная масса шламов представлена тонкодисперсным материалом менее 0,63 мм. Содержание частиц менее 0,071 мм в пробах составляет в среднем 54%, а менее 0,040 мм – 27–30%. Такая крупность материала является удовлетворительной для большинства обогатительных процессов.

Плотность шламов составляет 3 г/см^3 , насыпная плотность $1,7 \text{ г/см}^3$. Массовая доля железа в шламах в среднем 45–47%. Проба 4 отличается повышенной массовой долей железа 68,7%, что позволяет предположить присутствие в ней мелкой окалины прокатных цехов.

Проведенный магнитный анализ шламов донных отложений показал, что содержание магнитной фракции в пробах составляет 41,5–60%, а в пробе 4 наблюдается повышенное содержание магнитной фракции – 90%. Массовая доля железа в магнитных фракциях – 57,7%, в магнитной фракции 4 пробы – 69,4%.

При мокрой магнитной сепарации шламов с массовой долей железа 45,17% с использованием магнитного анализатора в магнитных продуктах массовая доля железа повышается до 49,6–53,3%. В немагнитных продуктах массовая доля железа составляет 27–34%. С увеличением напряженности магнитного поля наблюдается увеличение выхода магнитной фракции с 36 до 80% и извлечения железа в магнитные продукты с 42,48 до 87,83%.

Исследование на обогатимость шламов донных отложений гравитационным методом проводилось на центробежном концентраторе и концентрационном столе. При обогащении шламов на центробежном концентраторе «ИТОМАК-КН-0,1» происходит обогащение тяжелой фракции железосодержащими компонентами – массовая доля железа повышается с 45,17 до 51–57%. При уменьшении давления входного потока с 0,3 до 0,04 бар возрастает выход тяжелой фракции с 15,5 до 76,4%, извлечение железа в тяжелую фракцию увеличивается с 20 до 82%. Пробы с повышенным содержанием масел не подлежат обогащению гравитационными методами, так как присутствующие масла вызывают агломерацию частиц шламов, что приводит к нарушению разделения частиц по крупности.

Таким образом, шламы донных отложений, накопленные в картах промливневых стоков доменных и прокатных цехов ММК, по объемам образования и по массовой доле в них железа можно считать железосодержащим сырьем. Наиболее простым и экономически оправданным технологическим процессом их переработки является мокрая магнитная сепарация с предварительным отделением песчано-гравийных отложений грохочением.

Список литературы

1. Эффективная технология обесцинкования шламов доменного производства / Н.И. Хасанов, О.Е. Горлова, М.Ю. Епифанцева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 68-й межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т1. С.188-191.

2. Возможности и перспективы утилизации железосодержащих отходов Магнитогорского металлургического комбината /О.Е. Горлова, Н.И. Хасанов // Черная металлургия. 2013. №2 (1358). С.112–117.
3. Исследование замасленных шламов донных отложений металлургического производства / В.Д. Черчинцев, В.Х. Валеев, Ю.В. Сомова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №2. С. 80–83.

УДК 517.984.54

В.В. Дубровский (мл.)

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА ПО КРАТНЫМ СПЕКТРАМ В ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. Рассмотрена задача восстановления возмущающего оператора по кратным спектрам двух краевых задач – задачи Дирихле и задачи Неймана для степени оператора Лапласа. Такого рода задачи в математике называют обратными задачами спектрального анализа. Центральное место в исследовании обратных задач занимают проблемы существования и единственности решения, а также создания эффективных методов их решения.

В настоящее время достаточно полно исследованы обратные спектральные задачи для обыкновенных дифференциальных операторов, однако для операторов в частных производных, к которым относится оператор Лапласа, такие задачи недостаточно изучены.

Ключевые слова: обратная задача, собственные числа, оператор Лапласа, собственные функции, регуляризованный след.

Под обратными задачами спектрального анализа понимают задачи восстановления оператора по его заданным спектральным характеристикам, к которым можно отнести спектры, спектральную функцию, данные рассеяния. Подобным вопросам для различных операторов посвящен ряд работ таких известных математиков, как В.А. Амбарцумян, В.А. Марченко, А.И. Прилепко, В.А. Садовничий, В.А. Юрко и др. [1]. Впервые обратная задача для оператора Лапласа с потенциалом была поставлена Ю.М. Березанским [2].

Среди публикаций, относящихся к обратным задачам спектрального анализа для операторов с дискретным спектром, можно отметить работы В.А. Садовничего, В.В. Дубровского и их учеников [3–7]. В настоящей работе получен результат для степени возмущенного оператора Лапласа на многомерном кубе с неядерной резольвентой.

Пусть $Q_n = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \mid 0 \leq x_j \leq a, j = 1, 2, \dots, n\}$ – n -мерный куб, где сторона куба $a > 0$.

В сепарабельном гильбертовом пространстве $H = L_2(Q_n)$ рассмотрим следующие операторы:

1) оператор T_1 , порожденный краевой задачей Дирихле:

$$-\Delta v = \lambda v, \quad v \Big|_{\partial Q_n} = 0,$$

где $\Delta = \sum_{j=1}^n \partial^2 / \partial x_j^2$ – оператор Лапласа;

2) оператор T_2 , порожденный краевой задачей Неймана:

$$-\Delta v = \lambda v, \quad \frac{\partial v}{\partial \eta} \Big|_{\partial Q_n} = 0,$$

где $\Delta = \sum_{j=1}^n \partial^2 / \partial x_j^2$, η – нормаль к границе ∂Q_n куба Q_n .

Введем оператор $T_i^\beta = \int_0^\infty \lambda^\beta dE(\lambda)$, где $i = 1, 2$, $E(\lambda)$ – спектральное

разложение единицы операторов T_i , $\beta \geq n/2$ и $\lambda^\beta > 0$ при $\lambda > 0$.

Собственным числам $\lambda_m = \sum_{j=1}^n (\pi^2 m_j^2 a_j^{-2})^\beta$ оператора T_i^β соответствуют

ортонормированные в H собственные функции

$$v_m(x) = \sqrt{2^{-n} V^{-1}} \prod_{j=1}^n \sin(\pi m_j x_j a_j^{-1}) \quad \text{при} \quad i = 1 \quad \text{и}$$

$$v_m(x) = \sqrt{2^{-n} \left(V \prod_{j=1}^n (1 + \delta_{m_j, 0}) \right)^{-1}} \prod_{j=1}^n \cos(\pi m_j x_j a_j^{-1}) \quad \text{при} \quad i = 2, \quad \text{где} \quad m -$$

мультииндекс $m = (m_1, \dots, m_n)$, $m_j \in \mathbb{N}$, $j = \overline{1, n}$, $V = a^n$, $\delta_{m_j, 0}$ – символ Кронекера.

Будем нумеровать упорядоченные по возрастанию собственные числа и собственные функции оператора T_i^β через $\lambda_t^{(k)}$ и $v_{t,i}^{(k)}$ соответственно, где $t \in \mathbb{N}$, $k = 1, 2, \dots, \kappa_t$, κ_t – кратность собственного числа

λ_t , т.е. $\lambda_t = \lambda_t^{(k)}$, $i = 1, 2$.

Введем аналитические, ограниченные по модулю (но не в совокупности) в правой полуплоскости $\text{Re } \lambda > 0$ функции f_t :

$$f_t(\lambda) = A_t \left(\frac{e^{-\lambda} - 1}{\lambda} \right)^2 \left(\prod_{j=1, j \neq t}^{\infty} \frac{\lambda_j - \lambda}{\lambda_j + \lambda} \right) \prod_{k=1}^{\infty} (1 - e^{-\lambda} e^{-\lambda_k}),$$

где нормирующие множители $A_t \neq 0$ выбраны из условия $f_t(\lambda_t^{(k)}) = 1$, $t = \overline{1, \infty}$. Очевидно, что $f_t(\lambda_j) = \delta_{t,j}$, где $\delta_{t,j}$ – символ Кронекера. По-

ложим $\beta_t = \sup_{\text{Re } \lambda > 0} \left(|\lambda|^2 |f_t(\lambda)| \right)$ и пусть $g_t(\lambda) = \int_0^{\lambda} f_t(z) dz$. Очевидно

также, что $\lambda_t^{(k)} \leq \beta_t < \infty$, $t = \overline{1, \infty}$.

Введем следующие обозначения: $R(\lambda) = (T_t^\beta - \lambda E)^{-1}$ – резольвента оператора T_t^β , $a_t = (\lambda_{t+1} + \lambda_t)/2$, $r_t = \min \left\{ \left| \lambda_t^{(k)} - \lambda_{t+1}^{(k)} \right|/2; \left| \lambda_{t+1}^{(k)} - \lambda_t^{(k)} \right|/2 \right\}$, $\Gamma_t = \{ \lambda \in \mathbb{C} : |\lambda| = \lambda_t^{(k)} + r_t \}$ – вертикальные прямые. Зафиксируем некоторое $r_0 > 0$ и из последовательности $\{ \lambda_t^{(k)} \}_{t=1}^{\infty}$ выберем максимальную подпоследовательность чисел $\{ \lambda_{t_i}^{(k)} \}_{i=1}^{\infty}$, для которых выполняется неравенство $r_0 \leq 2^{-1} \inf_{t \in \mathbb{N}} \left| \lambda_{t+1}^{(k)} - \lambda_t^{(k)} \right|$. Объекты, связанные с числом r_0 , в дальнейшем будем обозначать с использованием верхнего индекса r_0 .

Пусть $\Omega_t = \{ \lambda \in \mathbb{C} : |\lambda - \lambda_t^{(k)}| \geq r_t \}$, $t \in \mathbb{N}$, $\Omega = \bigcap_{t=1}^{\infty} \Omega_t$, $R = \max_{\lambda \in \Omega_t} \|R(\lambda)\|_2$, $\|\cdot\|_2$ – абсолютная операторная норма (для оператора Гильберта – Шмидта). Заметим, что $\Gamma_t \subset \Omega$. Хорошо известна [9] асимптотика собственных чисел оператора T_t^β при $t \gg 1$: $\lambda_t \sim C_1 t^{2\beta/n}$ ($C_1 = \text{const}$, $C_1 > 0$), поэтому при $\beta \geq n/2$ ряд $\sum_{t=1}^{\infty} \left| \lambda_t^{(k)} - \lambda \right|^{-2} < \infty$ и оператор $R(\lambda)$, где $\lambda \in \Omega$, суть оператор Гильберта–Шмидта, причем имеет место неравенство $\|R(\lambda)\|_2^2 \leq \|R(r_0)\|_2^2 < \infty$, $\forall \lambda \in \Omega$, $\forall t \in \mathbb{N}$.

Рассмотрим комплекснозначную функцию $p \in F = L_{\infty}^{r_0}(Q_n)$, где $L_{\infty}^{r_0}(Q_n)$ – пространство измеримых на Q_n , ограниченных в существенном функций, обладающую следующими свойствами:

$$p(a_1 - x_1, x_2, \dots, x_n) = p(x_1, a_2 - x_2, \dots, x_n) = p(x_1, \dots, a_n - x_n) = p(x_1, \dots, x_n); \quad (1)$$

$$\int \dots \int_{Q_n} p(x_1, \dots, x_n) \prod_{j=1}^n \cos(2\pi m_j x_j a^{-1}) dx_1 \dots dx_n = 0, \quad \prod_{j=1}^n m_j = 0, \quad m_j = \overline{0, \infty}; \quad (2)$$

$$\|p\|_F \leq r_0/2. \quad (3)$$

($\|p\|_F = \text{ess sup}_{(x_1, \dots, x_n) \in Q_n} |p|$). Функцию p часто называют *потенциалом*.

Обозначим через M множество функций из пространства $L_{\infty}^{r_0}(Q_n)$, обладающих свойствами (1) – (3), а через P – оператор умножения на рассмотренную выше функцию $p \in F$.

Поставим цель – зная собственные числа операторов T_i^{β} , $T_i^{\beta} + P$ и некоторые дополнительные условия на функцию p , доказать существование и единственность потенциала p во множестве M .

Теорема. Если для комплексной последовательности $\{\xi_t^{(k)}\}_{t=1}^{\infty}$ существует подпоследовательность $\{c_t\}_{t=1}^{\infty} \subset \{a_n\}_{n=1}^{\infty}$, такая что выполняются следующие неравенства:

$$(i) \quad \omega := 2^{n-1} r_0 R^2 \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\beta_t}{c_t} < 1,$$

$$(ii) \quad \sum_{t=1}^{\infty} \left| \sum_{\substack{\xi_j^{(k)} < c_t \\ k=1}}^{\kappa_t} g_t(\xi_j^{(k)}) - \sum_{\substack{\lambda_j^{(k)} < c_t \\ k=1}}^{\kappa_t} g_t(\lambda_j^{(k)}) \right| \leq \frac{r_0}{2^{n+1}} (1 - \omega),$$

то во множестве M существует потенциал p , такой, что для любого натурального t имеет место равенство:

$$\sum_{\substack{\mu_j^{(k)} < c_t \\ k=1}}^{\kappa_t} g_t(\mu_j^{(k)}) = \sum_{\substack{\xi_j^{(k)} < c_t \\ k=1}}^{\kappa_t} g_t(\xi_j^{(k)}),$$

где $\{\mu_t^{(k)}\}_{t=1}^{\infty} = \sigma(T_i^{\beta} + P)$ – спектр оператора $T_i^{\beta} + P$.

Список литературы

1. Юрко В.А. Обратные спектральные задачи и их приложения. Саратов: Изд-во СГПИ, 2001. 499 с.
2. Березанский Ю.М. Об обратной задаче спектрального анализа для уравнения Шредингера // ДАН СССР. 1979. Т. 105. № 2. С. 197 – 200.
3. Дубровский В.В., Дубровский В.В. (мл.) К теореме существования решения обратной задачи спектрального анализа // Успехи математических наук. 2001. Т. 56, вып. 1. С. 161 – 162.
4. Садовничий В.А., Дубровский В.В., Дубровский В.В. (мл.) Обратная задача спектрального анализа для степени оператора Лапласа с потенциалом на прямоугольнике // Доклады РАН. 2001. Т.377, № 3. С. 310– 312.
5. Седов А.И., Дубровский В.В. (мл.) Обратная задача спектрального анализа для одного дифференциального оператора в частных производных с неядерной резольventой // Электромагнитные волны и электронные системы. Т.10. № 1–2. 2005. С.4 –9.
6. Дубровский В.В. (мл.) Обратная спектральная задача для возмущенного оператора оператора Лапласа, порожденного краевой задачей Неймана // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й межрегион. науч.-техн. конф. Т.1. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С.9 –12.
7. Дубровский В.В. (мл.) Обратные задачи спектрального анализа для некоторых дифференциальных операторов в частных производных: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.02. Магнитогорск, 2006. 121 с.

УДК 622.013.3

В.Н. Калмыков, О.В. Петрова, Ю.Д. Янтурина

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

***Аннотация.** В настоящее время при отработке рудных месторождений подземным способом на эффективность отработки оказывает влияние множество факторов, из которых наиболее значимыми являются цены на металлы и вспомогательные материалы, содержание полезных компонентов, которые непостоянны и являются неуправляемыми. Обеспечить устойчивое развитие горнотехнической системы за счет уменьшения негативного влияния неуправляемых факторов возможно за счет существующих технологических резервов.*

***Ключевые слова:** устойчивое развитие горнотехнической системы, управляемые и неуправляемые факторы, технологические резервы подземной разработки*

Анализ горно-геологических и горнотехнических условий подземной разработки рудных месторождений Южного Урала показал, что в

настоящее время среди осложняющих факторов добычи полезных ископаемых следует выделить возрастание горного давления, связанное с переходом горных работ на более глубокие горизонты (медно-колчеданные Ново-Учалинское, Юбилейное, Гайское и др.), низкое содержание полезных компонентов в руде (железородные Малый Куйбас, Бакальское и др.), труднообогатимость руд (золоторудное Тамуньерское). Наряду со сложными горнотехническими и горно-геологическими условиями, на эффективность обработки рудных месторождений значительно влияют цены на металл, на вспомогательные материалы и др., что может приводить к неизбежным нарушениям графиков производства и к ухудшению технико-экономических показателей. В таких условиях эффективная обработка месторождения возможна лишь при обеспечении устойчивого развития горнотехнической системы, а именно ее способности при неблагоприятном воздействии различных факторов возвращаться в состояние равновесия за счет собственных ресурсов.

На уровень устойчивости развития горнотехнической системы при подземной разработке существенное влияние оказывают такие факторы, как объем добычи полезного ископаемого, показатели качества товарной продукции, объем подготовительно-нарезных работ, стабильность которых возможно обеспечить как в рамках принятых проектных резервов, так и за счет усовершенствования технологий горных работ, что позволяет их отнести к управляемым.

Вместе с тем, такие факторы, как цены на металлы, содержание полезных компонентов в руде, цены на вспомогательные материалы и др., определяющими эффективность и возможность обработки месторождений, являются непостоянными в силу изменчивости рынка металлов и неуправляемыми. Динамика цен на металл показала, что за последние 5 лет цена на железный концентрат колебалась с 52,33 до 130,61 \$/т, а на медь с 3096 до 9931,67 \$/т, т.е. средняя цена изменялась больше чем в 1,5 раза. Также следует отметить существенное влияние на эффективность обработки запасов недостоверности горно-геологической информации. Применительно к рудным месторождениям вероятная ошибка разведочных данных составляет не менее $\pm 30\%$. При существующих тенденциях в разработку вовлекаются в основном запасы категории C_1 , ошибка подсчета запасов которых составляет $\pm 30-60\%$. Так, по степени изученности запасы проектируемого к разработке Ново-Учалинского месторождения квалифицированы по категориям C_1 и C_2 , содержание полезных компонентов в которых меняется от 0,46 до 1,42% и в среднем составляет 0,95%. Это свидетельствует о том, что при неподтверждении данных разведки обработка месторождения может быть нецелесообразна. В настоящее время проектные решения принимаются на основе детерминированных значений неуправляемых факторов, в результате чего даже незначительные их колебания могут приводить к существенному снижению эф-

фективности обработки, что свидетельствует о неустойчивости горнотехнической системы к воздействию внешних факторов.

Анализ технико-экономических показателей предприятий показал, что устойчивое развитие горнотехнической системы при обработке рудных месторождений подземным способом зависит от внешних и внутренних факторов, которые в зависимости от возможности воздействия на них подразделяются на управляемые и неуправляемые (см. рисунок).



Факторы, определяющие устойчивое развитие горнотехнической системы при подземной разработке рудных месторождений

Таким образом, устойчивое развитие горнотехнической системы определяется возможностью уменьшения негативного воздействия неуправляемых факторов за счет внутренних технологических резервов, предусмотренных проектными решениями. В настоящее время определенные в проекте технологические резервы не взаимосвязаны, что осложняет их выбор и реализацию в условиях изменчивости рыночных и недостоверности горно-геологических условий.*

В результате анализа нормативных источников, опыта предприятий и структуры горнотехнической системы при подземной разработке рудных

* Калмыков В.Н., Петрова О.В., Янтурин Ю.Д. Обоснование области применения подземной геотехнологии при разработке малоэффективных месторождений // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегиональной научно-технической конференции / под. ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Т.1. С. 9-13.

месторождений были выявлены и систематизированы технологические резервы в зависимости от способа, условий и результата их реализации (см. таблицу).

Систематизация технологических резервов
подземной разработки рудных месторождений

Вид технологического резерва	Способ реализации	Горнотехнические и горно-геологические условия разработки	Результат реализации
<i>Объем добычи</i>	Увеличение числа выемочных единиц	Наличие вскрытых, подготовленных запасов; пропускной способности системы транспорта и вентиляции	Увеличение товарной продукции предприятия
	Вовлечение в разработку забалансовых и временно неактивных запасов	Изменение кондиций на полезное ископаемое	
	Интенсификация закладочных работ	Системы разработки с закладкой выработанного пространства	
	Изменение конструкции и параметров системы разработки	Физико-механические свойства руд и вмещающих пород	Снижение затрат на добычу
	Совмещение процессов в пространстве и во времени	Размеры рудных площадей	
<i>Качество добываемой рудной массы</i>	Селективная выемка руды	Четкое различие в сортах руд; достаточные размеры участков, отличающихся между собой по качеству руды	Повышение извлекаемой ценности полезных ископаемых; снижение затрат на переработку
	Изменение направления развития горных работ (переход на более качественные участки месторождения)	Наличие подготовленных запасов	

Окончание таблицы

Вид технологического резерва	Способ реализации	Горнотехнические и горно-геологические условия разработки	Результат реализации
<i>Уровень механизации работ</i>	Увеличение количества оборудования	Пропускная способность по вентиляции	Сокращение транспортных затрат
	Повышение надежности оборудования		
	Внедрение новой, более производительной техники	Пропускная способность систем вентиляции и горных выработок	
	Повышение уровня использования имеющихся технических возможностей		
<i>Воспроизводство и вовлечение в освоение георесурсов</i>	Использование отходов добычи в качестве закладочного материала для целей дорожного строительства	Применение систем разработки с закладкой выработанного пространства, изменение кондиций на строительные материалы	Снижение платежей за негативное воздействие на окружающую природную среду; дополнительная товарная продукция
	Использование шахтных вод	Применение физико-химических методов добычи	
	Использование подземных выработанных пространств	Требуемая устойчивость руды и вмещающих пород	

Разработанная систематизация позволяет осуществлять выбор технологических резервов в зависимости от горнотехнических и горно-геологических условий подземной разработки рудных месторождений, обеспечивающих увеличение объемов товарной продукции, сокращение затрат на добычу и транспорт, платежей за негативное воздействие на окружающую природную среду, повышение извлекаемой ценности полезного ископаемого.

Установлено, что реализация одного резерва не позволит существенно уменьшить негативное влияние внешних факторов, что обуславливает необходимость формирования взаимоувязанных комплексов техно-

логических резервов в зависимости от влияющих факторов и степени их воздействия.

Таким образом, разработанная систематизация позволит определить технологические резервы при подземной разработке рудных месторождений в зависимости от горнотехнических и горно-геологических условий добычи полезного ископаемого, обеспечивающих устойчивое развитие горнотехнической системы за счет компенсации негативного воздействия внешних факторов.

УДК 62 - 192:519.22

Е.В. Кобелькова, Н.А. Лосева

ОЦЕНКА РИСКА СВЕРХРЕСУРСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

***Аннотация.** Статья является итоговой к циклу статей, посвященных оценке риска ресурсной и сверхресурсной эксплуатации элементов объектов технологического оборудования промышленных объектов.*

Предлагается использовать параметры контроля безотказной работы элементов оборудования механических систем с учетом анализа их динамики и вероятностной природы. Объединение их в одну систему повышает количество информации и переводит систему оценки риска сверхресурсной эксплуатации промышленных объектов в новое качество.

***Ключевые слова:** механическая система, риск, безопасность, вероятность безотказной работы, сверхресурсная эксплуатация.*

Потенциально опасные промышленные объекты, к которым относятся металлургические предприятия с различным оборудованием, эксплуатируются в течение определенного срока (ресурса). Этот ресурс устанавливается исходя из известных свойств материалов конструкций, закономерностей их старения и скорости трещин, предполагаемых нагрузок и условий эксплуатации элементов этого оборудования. При этом предполагают, что оборудование или элемент этого оборудования должен проработать назначенный срок с сохранением вероятности безотказной работы и безопасной работы до определенного уровня [1].

Оценка ресурса производственных объектов является одной из наиболее актуальных проблем, связанных с безопасностью технических систем техногенной сферы. Основные закономерности, которые определяют срок службы объекта, в абсолютном большинстве случаев по природе своей являются стохастическими процессами. Развитие повреждений – процесс случайный, и время до отказа объекта является случайной величиной.

Анализу надежности технических систем в связи с требованиями безопасной эксплуатации различных элементов объектов техники и, в частности, металлургического производства посвящено большое количество исследований [1–17]. При этом, если на фундаментальном уровне сформулированы модели и выработаны некоторые подходы, а прикладные разработки базируются на исследованиях, то в документах, предназначенных для применения в производственных условиях, рекомендации по использованию этих моделей и результатов исследований практически отсутствуют.

Так как выход из строя современных промышленных объектов может привести к катастрофическим последствиям с большими экономическими потерями и человеческими жертвами, ресурс эксплуатации назначается при значениях вероятности безотказной работы, близких к единице.

При увеличении вероятности безотказной работы возрастает безопасность объектов, но при этом приходится уменьшать время ресурса при сохранении технических показателей и параметров оборудования. Назначение ресурса с высоким уровнем вероятности безотказной работы (низким риском) приводит к тому, что объект, элемент или система, отработавшие определенный ресурс, как правило, находятся в удовлетворительном техническом состоянии. Постоянно нужно принимать сложное решение: прекращать эксплуатацию объекта, что приводит к значительным экономическим потерям или продолжать эксплуатацию с риском отказа, а может быть, и катастрофического разрушения. В этом случае эти два подхода должны будут, безусловно, обоснованы.

С этой целью предлагается использовать параметры контроля безотказной работы элементов оборудования механических систем с учетом анализа их динамики и вероятностной природы [3, 5 – 17]. Объединение их в одну систему повышает количество информации и переводит систему оценки риска сверхресурсной эксплуатации промышленных объектов в новое качество.

Список литературы

1. Анализ риска и проблем безопасности: в 4 ч. Ч.2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками / науч. рук. К.В. Фролов. М.: МГФ «Знание», 2006. 752 с: ил.
2. Бархоткин В.В., Извеков Ю.А., Минакаев С.Р. Обзор аварий на крановом оборудовании металлургических производств // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10-1. С. 9–11.
3. Бирюков М.П. Динамика и прогнозирующий расчет механических систем. Минск, 1980. 189 с.: ил.
4. Извеков Ю.А. Анализ техногенной безопасности кранового хозяйства России // Современные наукоемкие технологии. 2012. № 12. С. 18–19.

5. Извеков Ю.А., Кобелькова Е.В., Лосева Н.А. Анализ динамики и вопросы оптимизации металлургических мостовых кранов // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6–2. С. 263–266.
6. Извеков Ю.А. Риск-анализ оборудования металлургических производств. Подход, концепция, анализ: монография. Saarbrücken, Deutschland. LAP Lambert, 2013. 56 с.
7. Извеков Ю.А. Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова. 2012. Т. 1. С. 6–8.
8. Извеков Ю.А., Кобелькова Е.В., Лосева Н.А. Аналитическая оценка пластической деформации несущих конструкций металлургических мостовых кранов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова. МГТУ, 2013. Т. 1. С. 48-51.
9. Извеков Ю. А. Математическое моделирование оценки упругопластической деформации несущих конструкций механических систем // *Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции, 31 октября 2013: в 26 ч. Ч. 15; М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. С. 57–58.*
10. Извеков Ю. А. Прогнозирование надежности несущих конструкций кранов металлургических производств. Вопросы. Гипотезы. Ответы: Наука XXI века: коллективная монография. Краснодар, 2013. Кн. 6. Ч. 3. С. 189–211.
11. Извеков Ю. А., Кузина Т. Г. Оценка упругопластической деформации на основе метода преобразования вероятностей // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6. URL: www.science-education.ru/113-10810 (дата обращения: 19.05.2014).
12. Izvekov Y.A., Dubrovsky V.V., Namutskikh E.Y. Mathematical Modeling and Calculation of Accuracy and Durability of Mechanical Systems' Elements. *World Applied Sciences Journal* 30 (1): pp. 32–34, 2014.
13. Крылова Е.А., Извеков Ю.А. О подходе к оценке техногенной безопасности металлургического производства // *Успехи современного естествознания*. 2012. № 6. С. 32–33.
14. Извеков Ю.А. Вероятностный синтез сложной механической системы // *Молодой ученый*. 2014. № 4. С. 179–182.
15. Извеков Ю.А., Бирюков Д.А. Прогнозирование долговечности механических систем корреляционным методом // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2014. № 3.
16. Извеков Ю.А., Изосова Л.А., Абдрахманов Э.И. Обоснование расчета долговечности механической системы спектральным методом // *Молодой ученый*. 2014. № 5. С. 63–65.
17. Численный расчет долговечности механической системы спектральным методом / Извеков Ю.А., Изосова Л.А., Кобелькова Е.В., Лосева Н.А. // *Молодой ученый*. 2014. № 5. С. 65–67.

А.Д. Кольга, В.Д. Горячих, Н.П. Меченко

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САМОХОДНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕЖЕЧНОГО КОНВЕЙЕРА

***Аннотация.** Рассмотрена возможность применения самоходного роботизированного тележечного конвейера для транспортирования грузов на различных маршрутах горных предприятий. Применение комплекса позволяет осуществлять бесперегрузочную транспортировку от начального до конечного пунктов, исключая промежуточные складирования и значительную часть дополнительно оборудования.*

***Ключевые слова:** магистральный транспорт, карьерный транспорт, конвейерный транспорт, самоходное шасси, автоматическая система управления.*

Решение задач технического перевооружения предприятий горной промышленности неразрывно связано с дальнейшим развитием и совершенствованием транспортной техники [1]. От эффективности выполнения транспортных работ зависят технико-экономические показатели добычи в целом, поскольку транспортные затраты составляют сегодня свыше половины общих затрат на добычу полезного ископаемого. В последние годы транспорт выходит на качественно новый уровень, что достигается внедрением автоматизированных и роботизированных транспортных комплексов. Следствием этого становится изменение роли человека, основная функция которого заключается в техническом обслуживании оборудования и поддержании его работы в штатном режиме, который подразумевает полное отсутствие поломок и остановок процесса производства [2].

Широко используемый в настоящее время автомобильный транспорт при всех своих недостатках (высокая стоимость ГСМ, обслуживания, самой машины и т.д.) имеет одно неоспоримое преимущество – мобильность. Именно мобильность и обуславливает постоянно расширяющиеся области использования автомобильного транспорта [3].

Но, несмотря на свои достоинства, автомобильный транспорт имеет и один принципиальный недостаток – он относится к машинам циклического действия, производительность которых зависит от расстояния транспортирования.

В отличие от автомобильного транспорта, конвейеры лишены этого недостатка, поскольку они относятся к машинам непрерывного действия. Применение конвейерного транспорта позволяет перемещать грузы непрерывным потоком, и его производительность не зависит от расстояния транспортирования [4].

Однако к недостаткам существующих установок непрерывного действия (традиционные конвейеры) можно отнести отсутствие мобильности. Конвейеры могут перемещать груз только по неизменной трассе, определяемой тяговым органом, а регулирование производительности возможно только изменением скорости движения тягового органа [5].

Идеальным транспортом с точки зрения потребителя является транспорт, сочетающий в себе достоинство автомобильного транспорта (мобильность) и достоинство конвейерного транспорта (непрерывность транспортирования).

Одним из возможных путей решения данной задачи может стать использование самоходных роботизированных тележечных конвейеров (СРТК), с одной стороны, способных конкурировать с автомобильным транспортом по своей мобильности, с другой стороны, способных конкурировать с конвейерным транспортом по непрерывности транспортирования.

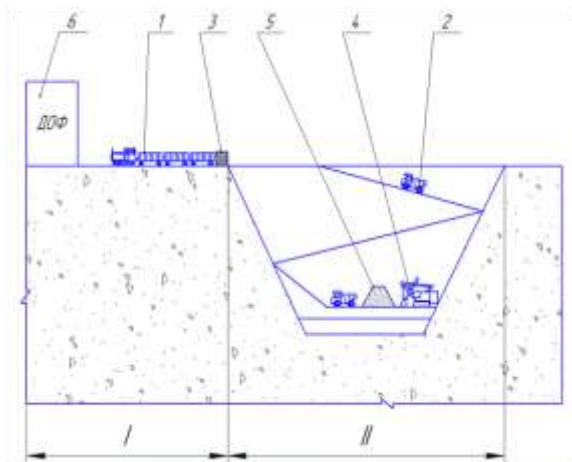
На рисунке представлена типовая схема карьера с двумя участками транспортирования, которая может быть заменена на СРТК: I – участок магистрального (железнодорожного) транспорта; II – участок карьерного (автомобильного) транспорта.

В отличие от существующих тележечных грузонесущих конвейеров, которые состоят из замкнутого контура тяговой цепи с прикрепленными к ней тележками, движущимся по направляющим путям, каждая тележка СРТК движется по своей индивидуальной траектории и имеет свою, индивидуальную силовую установку и индивидуальную систему управления движением. В качестве связующего звена (вместо тяговой цепи) для обеспечения непрерывного движения тележек использованы телеметрические связи, которые дают возможность тележкам быть независимыми и в то же время работать сообща, посредством программы управления, как единая машина.

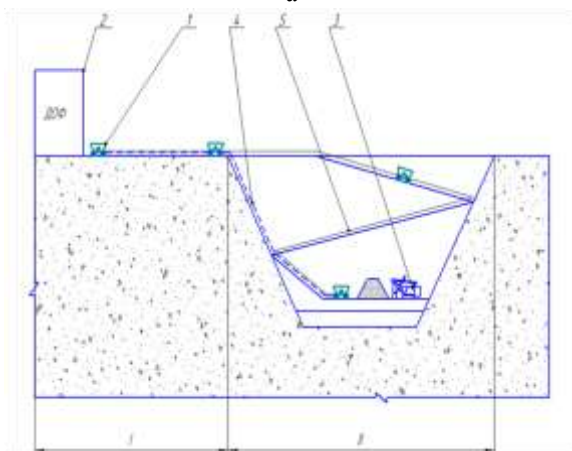
СРТК представляет собой отдельные звенья, снабженные программируемыми микроконтроллерами, управляемыми телеметрически от общего компьютеризированного блока, связанного с контроллером, передающим радиолинейные (навигационные) сигналы.

В зависимости от условий работы комплекса для передачи сигнала могут использоваться различные системы передачи данных (Wi-Fi, WiMAX, MESH, RFID, GSM, Bluetooth, ZigBee и др.). С использованием спутниковых систем управление и мониторинг процесса может осуществляться на удаленном расстоянии.

Система управления самоходными тележками конвейера представляет собой микроконтроллер, передающий сигналы управления ходовой части, поворотному механизму и тормозной системе.



а



б

Схема транспортирования горных масс:

- а – типовая: 1 – магистральный транспорт; 2 – карьерный транспорт;
- 3 – узел перегрузки руды; 4 – вспомогательное загрузочное оборудование;
- 5 – карьерный склад руды; 6 – перерабатывающая фабрика;
- б – предлагаемая: 1 – СРТК; 2 – перерабатывающая фабрика;
- 3 – загрузочный транспорт; 4 – альтернативный путь транспортировки;
- 5 – существующий путь транспортировки

Механическая часть самоходных тележек конвейера включает в себя ходовую часть (шасси) на пневматических колесах с поворотным механизмом, тормозной системой и индивидуальной силовой установкой. В

зависимости от выполняемых работ, тележки могут быть оснащены различной легкосменяемой грузонесущей частью (кузов, настил, емкость, полки, и т.д.).

Самоходные тележки транспортируют грузы, ритмично повторяя друг за другом согласованные во времени операции. Необходимое количество тележек в любой момент времени может быть выведено из процесса транспортирования для проведения ремонтных, профилактических работ или для сопутствующих транспортировок. При этом не требуется остановка процесса движения, все выводимые или используемые для дополнительных операций тележки не будут мешать основному процессу транспортирования. Так как самоходные тележки автономны и связаны между собой только телеметрически, регулирование производительности СРТК может производиться как изменением скорости движения, так и изменением количества выпускаемых на трассу тележек.

Небольшие габаритные размеры тележек и автономный привод обеспечивают повышенную маневренность и возможность движения по пространственным трассам.

Замена локомотивного и автомобильного транспорта на СРТК позволит исключить: необходимость использования перегрузочных пунктов, промежуточных складов, дополнительного вспомогательного оборудования; сократить затраты на создание откаточных путей; сократить размеры рабочих площадок.

Кроме того, использование СРТК обеспечит возможность: выполнения сопутствующих и дополнительных транспортных работ по перемещению вспомогательных грузов, материалов, инструмента и т.п.; использования самоходных тележек как в составе конвейерного комплекса, так и самостоятельным видом транспорта; мониторинга и управления процессом транспортирования дистанционно; проведения работ по обслуживанию и ремонту подвижного состава без остановки процесса движения; простоты регулирования производительности;

На сегодняшний день сдерживающим фактором внедрения СРТК являются высокая энергоемкость процесса транспортирования и высокая стоимость интеллектуальной управляющей системы.

Однако дальнейшее развитие техники и использование новых технологий позволит комплексу составить конкуренцию современным видам транспорта.

Список литературы

1. Кольга А.Д., Горячих В.Д. Совершенствование транспортно-технологических комплексов на горно-обогатительных предприятиях // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. С. 55–58.

2. Кольга А.Д., Горячих В.Д. Современное развитие транспорта на горно-промышленных предприятиях // Современные проблемы транспортного комплекса России: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Рахмангулова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. С. 115–120.
3. Кольга А.Д., Горячих В.Д., Меченко Н.П. Повышение эффективности использования карьерного транспорта // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. С. 93–97.
4. Кольга А.Д., Горячих В.Д., Меченко Н.П. Автоматизация процесса транспортировки полезных ископаемых на горных предприятиях // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Екатеринбург: ФГБОУ ВПО «УГГУ», 2014. С. 366–368.
5. Кольга А.Д., Айбашев Д.М., Горячих В.Д. Анализ неисправностей деталей и узлов, приводящих к отказам горного оборудования, на примере щековой дробилки // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 78–79.

УДК 665.775.5

В.Е. Кошкарлов, А.Ф. Ахметов, А.Я. Еремин

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРОФИЛАКТИКИ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ И ХВОСТОХРАНИЛИЩ УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЭМУЛЬСИЯМИ

***Аннотация.** Санитарно-гигиеническая оценка атмосферы над грунтовыми и карьерными автодорогами свидетельствует о необходимости разработки и внедрения современных обеспыливающих технологий и применения эффективных профилактических средств на покрытиях таких дорог. Исследована возможность применения углеводородных эмульсий при обеспыливании по критериям прочности при одноосном сжатии лабораторных образцов – брикетов, глубины инфильтрации грунта, физико-химическим показателям эмульсий.*

***Ключевые слова:** технология, карьерные автодороги, хвостохранилище, углеводородные эмульсии, безопасность, пылеобразование.*

Интенсификация процессов добычи и переработки рудного, минерального сырья, твердого топлива связана с весьма значительным загрязнением окружающей среды, в частности атмосферного воздуха пылью.

Пыление отвалов, мелкодисперсных хвостохранилищ возникает вследствие несовершенства проектных решений, нарушения правил эксплуатации, несвоевременного принятия мер к рекультивации (консервации) отработанных площадей. В настоящее время только в России извле-

чено из недр и находится в отвалах и хвостохранилищах около 500 млрд м³ горных пород и отходов переработки полезных ископаемых.

Результаты исследований [1] показывают, что запыленность воздуха при открытой разработке месторождений составляет 0,5–10 кг/м³, интенсивность выделения пыли карьерных дорог – 0,014 кг/с. Дисперсность витающей пыли чрезвычайно высокая: 90–98% частиц имеют размер менее 10 мкм и являются потенциально пневмокониозоопасными из-за содержания свободного кремнезема в виде кварца, количество которого достигает до 40–42%.

Так, при среднегодовой скорости ветра 3,2 м/с средняя концентрация пыли всех фракции будет в 3,4 раза превышать ПДК и составит 5,68 мг/м³, а для фракций размером менее 10 мкм – около 1,0 мг/м³. При отсутствии средств борьбы с пылью можно ожидать, что в течение 2/3 времени года уровень запыленности атмосферы карьера будет выше ПДК.

В отрасли эксплуатации угольных хранилищ используются разного рода оросители (РС-Б, СК-1, СК-2) или дождевальные установки (ДН-1, ДА-2, ДД-30, ПУК, и т.д.) При разработке полезных ископаемых в открытых карьерах используют поливочные станции и гудронаторные машины в составе механизированных колонн по устройству временных забойных автодорог. Перечисленные мероприятия по пылеподавлению относятся, по общему принципу работы, к мокрым способам обеспыливания. Регламентированный подход предусматривает применение воды, специальных биологических добавок, битумов, эмульсий, смачивающих растворов типа «Универсин А» и других [2].

Тем не менее, несмотря на большой объем и достигнутые успехи исследований, до настоящего времени комплексного экологически безопасного и биологически продуктивного метода обеспыливания не существует.

Широко распространены способы подавления пыли, основанные на использовании воды и ее свойствах смачивать и связывать пылевые частицы.

Выделяют способы предупреждения подъема пыли в воздух, образующейся при разрушении, погрузке и транспортировании горной породы (предварительное увлажнение массива и отторгнутой горной породы, орошение и смачивание в момент ее разрушения и др.), а также обеспыливания воздуха или подавления взвешенной пыли распыленной водой (орошение, водяные завесы и др.) и предотвращения повторного поступления в воздух осевших пылевых частиц (орошение и связывание осевшей пыли). Однако использование воды для борьбы с пылеобразованием в полной мере не является эффективным решением, так как не содержит вяжущих компонентов (т.е. не подразумевает создание композита), зависит от конкретных погодных условий, предусматривает задерживание технологических операций на производстве (от чего обеспыливающими мероприятиями зачастую пренебрегают).

Анализ способов физико-химической стабилизации пылящих поверхностей отвалов и карьерных автодорог с целью противозерозийной защиты показал, что для эффективного закрепления в каждом отдельном случае необходимы изыскания с постановкой экспериментов в лабораторных и промышленных условиях [3].

В общем случае, наряду с использованием стандартного орошающего оборудования, необходим тщательный подбор эффективного пылесвязывающего по следующим показателям:

- адгезионная совместимость вяжущих веществ к субстрату (в зависимости от его генезиса, поровой структуры);
- вязкость, скорость инфильтрации обеспыливающего состава, физико-химические свойства, смачиваемость;
- безопасность для растительности и человека и, что особенно важно, связывающие вещества должны быть недефицитными [4].

Целью исследования является оценка эффективности закрепления пылящей поверхности карьерных автодорог и породных отвалов эмульсиями из ТНО и разработка технологии их применения.

Эмульсии из тяжелых нефтяных остатков получены на материальной технической базе ООО «Уралхимпласт-Амдор», г. Нижний Тагил, с использованием четвертичных аммониевых оснований или их смесей с амидоимидоэфирами – катионоактивного эмульгатора в рамках исследовательской работы УГНТУ по получению обеспыливающих составов 2012–2013 гг. По результатам исследовательской работы оценки качества углеводородных эмульсий в лаборатории ГКУ СО «Управление автомобильных дорог» составлен акт выполненных работ.

Получены эмульсионные обеспыливающие составы на основе опытных вяжущих: асфальта пропановой деасфальтизации (АПД), вакуумной концентрации крекинг остатка (ВККО), крекинг остатка (КО) и сопоставлены с серией эмульсий из мазута (М-100), битума нефтяного дорожного (БНД 90/130), битума нефтяного строительного (БН 70/30).

В лабораторных условиях были проведены опытные мероприятия по защите пылящих нерудных и угольных отвалов методом орошения с целью определения оптимального расхода пылесвязывающего и глубины инфильтрации грунта.

С целью определения оптимального содержания пылесвязывающего вещества при обеспыливании карьерных автодорог был выбран критерий предельной прочности при сжатии уплотненного материала (брикетов), составляющего покрытие автодороги спрессованного усилием, соответствующим уплотнению средним (до 10 т) гладковальцовым дорожным катком. В качестве субстрата исследовался дресвянный (хризатил-азбестовый) грунт и угольный концентрат Кузбасского месторождения (Краснобродский разрез, Макарьевский пласт), просеянным гранулометрическим составом менее 3 мм, влажностью от 4 до 25%. Исследования выполнены в лаборатории ВУХИН г. Екатеринбург (см. рисунок).



Сферические брикеты пылевой фракции грунта

Анализируя результаты лабораторных испытаний, можно сделать следующие выводы:

* Полученные концентрированные эмульсии из АПД, ВККО и КО в концентрации от 51 до 69% медленно-распадающиеся, среднераспадающиеся и быстро-распадающиеся, являются устойчивыми.

* Вязкость эмульсии при температуре 25⁰С в пределах 5–12 с, что превышает вязкость воды в 2,5 раз и ниже вязкости Универсина-Л в 1,5 раза, однако вполне достаточна, чтобы наносить эмульсию самотеком.

* Глубина пропитанного слоя при нанесении 1 л на 1 м² площади субстрата достигает 30 мм, что вполне достаточно для образования корки.

* Экстремум удельного сопротивления одноосному сжатию образцов, приготовленных из пылевой фракции известняковой породы асбестового карьера и угольной фракции «-3», находится в пределах содержания вяжущего 8%, что принято оптимальным расходом эмульсии при обеспыливании.

При обеспыливании карьерных автодорог эмульсионной технологией ожидаются отличительные депрессорные качества, высокая пожарная безопасность, сохранность шинной резины карьерного транспорта, высокая производительность работ по обеспыливанию и профилактической защиты.

Список литературы

1. Борьба с пылеобразованием на карьерных автодорогах нефтяными вяжущими / Зиновьев А.П., Купин А.Н., Ольков П.Л., Максимов Г.Г. Уфа: Баш. кн. изд-во, 1990. 95 с.
2. Купин А.И., Назарова Н.Ю., Токмаков М.А. Применение Универсина-Л для обеспыливания автодорог с песчаноглинистым покрытием // Безопасное веде-

- ние работ и рекультивация нарушенных земель на разрезах. Киев: УкрНИИ-проект, 1978. С. 9–14.
3. Обеспыливание автомобильных дорог и аэродромов / Першин М.Н., Черкасов И.И., Платонов А.П. и др. М.: Транспорт, 1973. 148 с.
 4. Кошкарлов В.Е., Валлев Н.Г. Опыт и перспективы применения битумных эмульсий при строительстве и эксплуатации карьерных дорог // Изв. вузов. Горный журнал. 2011. № 5. С. 13–20.

УДК 621.879.34

А.М. Малов

НЕПРЕРЫВНАЯ ДИАГНОСТИКА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ РУКОЯТИ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ЭКГ-5А

***Аннотация.** Рассмотрена возможность применения непрерывной акустико-эмиссионной диагностики рукояти экскаватора ЭКГ-5А. Акустико-эмиссионная диагностика позволяет оценить состояние металлоконструкции рукояти в процессе работы, обнаружить усталостные трещины, внутренние дефекты, непровары в сварных швах. Диагностика осуществляется без остановки экскаватора, что сокращает время простоя оборудования. С помощью непрерывной диагностики можно прогнозировать остаточный ресурс и межремонтные периоды.*

***Ключевые слова:** рукоять экскаватора, диагностика металлоконструкции, акустико-эмиссионная система.*

Для погрузки горной массы на карьерах за рубежом и Российской Федерации в основном используются карьерные гусеничные экскаваторы с зубчато-реечным напором типа ЭКГ. Доля применяемых на карьерах канатных мехлопат достигает 80% от общего карьерного выемочно-погрузочного оборудования в нашей стране [1, 2].

Износ и тяжелые условия работы экскаваторов, связанные со сложностью горно-геологических условий, знакопеременными и ударными нагрузками, вибрацией, повышенной влажностью воздуха, отсутствием квалифицированного обслуживающего персонала, приводят к снижению надежности эксплуатации и повышению трудоемкости ремонтно-восстановительных работ [3].

Высокий уровень развития электронно-вычислительной техники даёт возможность создания компактных мобильных систем диагностики и мониторинга состояния оборудования. Оценка ресурса основных узлов металлоконструкций для своевременного ремонта техники является весьма актуальной задачей, решение которой гарантирует повышение эффективности использования горного оборудования. Резкие колебания

температур вызывают дополнительные напряжения в металлоконструкциях деталей, узлов и агрегатов карьерного оборудования.

Места появления трещин являются зонами максимальных концентраций напряжений, которые при циклическом изменении нагрузки по величине и во времени вызывают усталостное разрушение металлоконструкций и приводят к аварийной остановке.

Можно своевременно обнаружить дефектное место элемента конструкции, безопасно остановить оборудование, провести последующий ремонт или замену вышедшего из строя. В итоге будет исключено внезапное разрушение конструкции в целом.

Диагностику рукояти осуществляют с помощью многофункциональной акустико-эмиссионной системы диагностики Эксперт - 2100 с использованием радиоканала. Многофункциональная акустико-эмиссионная система диагностики конструкций включает акустические приемники-преобразователи с блоком обработки сигнала, размещающиеся непосредственно на рукояти экскаватора, последовательно соединенные посредством радиоканала с многоканальным центрально передающим-принимающим модулем, размещаемым в кабине машиниста.

Многоканальный центрально передающий – принимающий модуль соединен с рабочей станцией, где производится обработка акустических сигналов под управлением операционной системы.

Основой данного комплекса является блок обработки сигнала, в котором осуществляется усиление акустико-эмиссионных сигналов, фильтрация, оцифровка, цифровая обработка и регистрация параметров сигналов акустической эмиссии, их формы и передача этих параметров по радиоканалу в многоканальный центрально передающий модуль и рабочую станцию.

Для уменьшения помех, возникающих при диагностике рукояти экскаватора ЭКГ-5А, рекомендуется применять низко- и высокочастотные фильтры, дальнейшая работа с помехами осуществляется в рамках программного обеспечения.

На рабочей станции эти сигналы отображаются на экране в виде осциллограмм, локаций, цифровых индикаций. На основе их оператор может оценить состояние и поведение структуры материала под напряжением, обнаружить и определить местонахождение дефектов.

Перед установкой датчиков преобразователей акустической эмиссии разрабатывается схема их размещения на контролируемом объекте. Крепление датчиков к контролируемой поверхности производится при помощи магнитов.

Замена системы планово-предупредительных ремонтов на систему непрерывной диагностики наиболее нагруженных элементов металлоконструкций позволит сократить сроки и затраты на техническое обслуживание.

Обнаружение и регистрация развивающихся дефектов позволяют классифицировать дефекты по степени их опасности (влияние на прочность) для контролируемого объекта. Проведение диагностики рукояти осуществляется без её опускания и остановки экскаватора, что уменьшает время простоя. Появляется возможность отслеживать и оценивать техническое состояние объекта в режиме реального времени, что позволяет предотвратить аварийное разрушение контролируемого объекта.

Список литературы

1. Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Аргимбаев К.Р. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 22–25.
2. Малов А.М., Габбасов Б.М. Повышение ресурса металлоконструкций экскаватора ЭКГ // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г.Д. Першина. Вып 14. Магнитогорск. Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. С.104–106.
3. Квагинидзе В.С. Ремонтная технологичность металлоконструкций карьерных механических лопат на угольных разрезах Севера. 2-е изд., стер. М.: Мир горной книги, 2007. 224 с.

УДК 371.32:91

Е.В. Никитина, Е.В. Мальцева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные современные технологии, применяемые учителями-предметниками в своей работе для достижения поставленных задач: научить выпускников школ использовать приобретенный опыт в реальной жизни, за рамками учебного процесса.*

***Ключевые слова:** парадигма, педагогическая технология, концепция, стандарт, теория обучения, теория и методика обучения географии, практическая деятельность, модульная технология, ИКТ, ЛОС (ЛОК).*

Быть учителем в современное время – это не только давать знания, но и владеть искусством создания личности средствами своего предмета. Задача учителя географии XXI века – формирование у школьников географической культуры как части общей культуры человека.

В системе образования происходит смена парадигмы учебного процесса: от «парадигмы обучения» к «парадигме учения». Меняются мето-

дика преподавания, цели образования, разрабатываются новые учебные программы, создаются новые концепции, стандарты, внедряются новые современные технологии [2].

В теорию обучения и практику работы общеобразовательных школ прочно вошло понятие педагогической технологии. В документах ЮНЕСКО педагогическая технология – это системный метод создания, применения и определения всего процесса преподавания и усвоения знаний с учётом технических и человеческих ресурсов и их взаимодействия, ставящих своей задачей оптимизацию форм образования. Основные черты педагогических технологий: концептуальность; системность; управляемость; воспроизводимость; эффективность [3].

Главные признаки технологий обучения являются: четкая постановка учебных целей и задач; построение последовательной процедуры достижения целей и задач; организация самостоятельной работы учащихся; применение различных форм заданий для проверки результатов обучения.

Внедрение современных технологий обучения не заменяет традиционную методику обучения предметам, а лишь дополняют ее. Учителя-предметники в практической деятельности используют элементы разных педагогических технологий, позволяющих вести качественную подготовку учащихся: технология формирования приемов учебной деятельности; технология дифференцированного обучения; технология коммуникативно-диалоговой деятельности; лекционно-семинарская технология; учебно-игровая технология; технология проектной деятельности; модульная технология, информационная технология и другие. Рассмотрим наиболее часто используемые технологии в обучении географии [2].

Итак, технология формирования учебной деятельности школьников направлена на приобретение учащимися знаний с помощью решения учебных задач, правил, образцов, планов описания и характеристики географических объектов. Эта технология нашла достаточно широкое отражение в методическом аппарате ряда учебников и достаточно хорошо освоена на практике.

Для учащихся с разными познавательными способностями наиболее приемлемой является технология дифференцированного обучения, предполагающая учет личностного отношения школьников к учебе, степень обученности, обучаемости, интерес к изучению предмета, к личности учителя. Для этого создается разноуровневый дидактический материал, различающийся по содержанию, объему, сложности, методам и приемам выполнения заданий, а также материал для диагностики результатов обучения.

В 10–11 классах используется технология коммуникативно-диалоговой деятельности, позволяющая формировать умение у учащихся вести дискуссию, спорить, отстаивать свою точку зрения, которая реализуется через такие формы организации обучения, как лекция, практикум, семинар, конференция, зачет.

В последнее время в процесс обучения входит технология проектной деятельности школьников, которая формирует навыки организации исследовательской деятельности. Проекты бывают творческие, информационные, фантастические, ролевые, практико-ориентированные, исследовательские и другие. При этом даже неудачно выполненный проект имеет положительное педагогическое значение [2].

В практике преподавания географии используется модульная технология, при подготовке урока учителем разрабатываются специальные инструкции, где четко указана цель усвоения учебного материала, даются точные указания к использованию источников информации, разъясняются способы овладения этой информацией. Модульное обучение характеризуется опережающим изучением теоретического материала укрупненными блоками (модулями), алгоритмизацией учебной деятельности, завершенностью и согласованностью циклов познания. Эти цели достигаются в результате организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся [3].

Внедрение новых информационных технологий в образовательный процесс позволяет изменить традиционную систему образования. Применение ИКТ дает положительный эффект при изучении географии, так как именно информационные технологии являются действенным фактором индивидуализации образования, влияют на развитие личности ребенка, его творческие способности и повышение качества обученности. «Плюсы» использования ИКТ для учащихся: процесс обучения современного ученика не заканчивается за стенами школы, становится непрерывным, формируются навыки самостоятельной работы с электронными источниками, значительно расширяются информационное пространство и среда обучения. В практике это готовые или созданные как учителем, так и учащимися электронные презентации, видеоролики, готовые тесты и практические работы мультимедиа учебников по географии 6–10 классов [1].

Технология коммуникативно-диалоговой деятельности требует от учителей географии творческого подхода к организации учебного процесса, владение приемами эвристической беседы, умение вести дискуссию с классом и создавать условия для возникновения дискуссии между школьниками, примером может служить экскурсия [4].

Технология проблемного обучения заключается в организованном учителем способе активного взаимодействия ученика с проблемно представленным содержанием обучения. Суть работы учителя при реализации проблемного обучения состоит в формулировании проблемных заданий, определении методов и форм работы школьников, вариантов возможного решения проблемы учащимися, руководстве работой школьников, консультировании, организации общего обсуждения и исправлении ошибок.

Технология листов опорных сигналов (логических опорных конспектов) позволяет компактно графически отобразить тему в виде кон-

спектов-схем, выделить главное, определить причинно-следственные связи, осмыслить и запомнить теоретический материал. Использование ЛОС (ЛОК) имеет большое значение в формировании географического мышления.

Разработка современных технологий как составной части методики обучения географии предполагает получение гарантированного педагогического результата деятельности учителя. Используемые технологии позволяют четко, последовательно, поэтапно строить учебную деятельность, используя различные формы и методы обучения. Вот почему так важно разрабатывать новые технологии, интегрируя их с традиционными.

Особое место в преподавании отводится технологии учебно-игровой деятельности. Игра рассматривается с разных позиций: как прием обучения, направленный на моделирование реальной действительности; как прием обучения, направленный на мотивацию учебной деятельности; как форма активного обучения; как форма организации учебной деятельности; как новая технология обучения [3].

Учебная игра на уроке позволяет пробудить интерес к предмету и является одной из форм познавательной деятельности. Характерные особенности игровой технологии: активность; открытость и доступность; групповой характер; занимательность и эмоциональность; целеустремленность участников игры; состязательность и соревнование; проблемность; реализация профессиональной направленности школьников; индивидуальность; символический характер.

Значение игровой деятельности в формировании знаний и умений заключается в выявлении уровня знаний и умений, практической значимости; активизации обучения и мыслительной деятельности; превращении формальных знаний в действительные. В процессе игры от учащихся требуется осознать и выбрать стратегию собственного поведения. Совместное участие в игре позволяет развивать способность к коммуникации, лидерские качества, профессиональные навыки. Учителя-практики рекомендуют проводить уроки в форме учебных игр по темам: «Земля – планета Солнечной системы», «Географические открытия и закрытия», «Ориентирование и план местности», в форме урок-КВН по основным темам: «Географическая карта»; «Литосфера», «Гидросфера», «Атмосфера» [4].

В профессиональной деятельности учителя всегда есть простор для поиска, педагогического творчества как на уровне традиционной методики, так и на современном технологическом уровне. Поэтому для педагога главной задачей становится создание комфортного процесса обучения. В программе подготовки учителей географии в МГТУ при изучении дисциплины «Теория и методика обучения географии» студентами группы МГУ-09 были апробированы вышеуказанные технологии на педагогической практике.

Таким образом, использование современных технологий на уроках географии – это не дань моде, а необходимость, позволяющая учащимся и учителю более эффективно решать стоящие перед ними задачи.

Список литературы

1. Свириденко С.С. Современные информационные технологии. М.: Радио и связь, 1999. С.44.
2. Перспективы образования в РФ. URL: <http://obrazovanie.perspektiva-inva.Ru> (дата обращения: 18.01.2014).
3. Душина И.В. и др. Методика и технология обучения географии в школе. М.: АСТ – Астрель, 2002. С.233–285.
4. Мальцева Е.В. Экскурсия как форма обучения студентов в образовательном пространстве геологического музея // Теоретико-методические аспекты развития профессионально-педагогической направленности студентов вуза: компетентностный подход: сб. науч.-метод. тр. преподавателей и аспирантов ГОУ ВПО «МГТУ». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 102–105.

УДК 622.1: 622.271

З.Р. Рахимов

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НАГРУЖЕННЫХ КАРЬЕРНЫХ ОТКОСОВ, СЛОЖЕННЫХ СЛАБЫМИ ГЛИНИСТЫМИ ПОРОДАМИ

***Аннотация.** Рассмотрена проблема оценки устойчивости глинистых карьерных откосов, нагруженных внешними бестранспортными отвалами. Приведена расчетная схема и предложен способ расчета дополнительной нагрузки, определяющей предельную несущую способность откоса.*

***Ключевые слова:** деформирование нагруженного откоса, призма активного давления, призма упора, статическое равновесие, несущая способность откоса.*

В связи с тем, что в практической деятельности горных предприятий часто возникают оползни, способные привести к техногенным катастрофам, человеческим жертвам и существенным экономическим потерям, необходимо, чтобы горные инженеры располагали простыми и относительно надежными способами оценки устойчивости карьерных откосов. Актуальной данная задача становится для горнодобывающих предприятий в случае возникновения крупных оползней.

На рис. 1 схематично представлен разрез деформированного участка уступа разрезной траншеи карьера Восточно-Аятского месторождения бок-

ситов, построенный по результатам обследования оползшего откоса. Оползень произошел в результате того, что объем призмы активного давления оползневого тела возрос за счет пород внешнего отвала, складированных в 45–50 м от верхней бровки откоса. Преодолев сопротивление призмы упора, он сдвинулся в сторону выработанного пространства на 12–15 м.

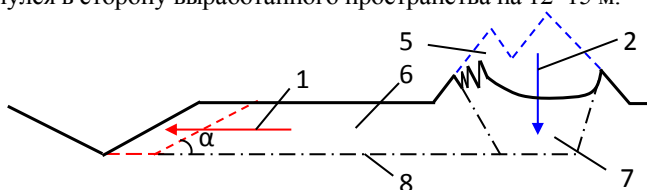


Рис. 1. Схематичное представление оползня уступа разрезной траншеи:

- 1 – направление деформирования откоса; 2 – просадка пород отвала;
- 3 – зона деформирования откоса; 4 – перемятие пород на торцах зоны оползня; 5 – внешний отвал; 6, 7 – призма упора и активного давления соответственно; 8 – слабый слой

Учитывая полученные представления о деформационных процессах, происходящих в нагруженных откосах, сложенных пластичными слабыми глинистыми породами, предлагается следующая расчетная схема для исследуемого случая (рис. 2). Деформирующийся объем нагруженного откоса разбивается для простоты на две взаимодействующие друг с другом призмы: упора и активного давления [1]. Рассматриваемая система находится в состоянии равновесия, если межблочные реакции будут равны между собой.

На расчетные блоки действуют силы: ΔP , P_1 , P_2 – вес пород внешнего отвала, призмы упора и активного давления соответственно; $c_0 l_0$, $c_{\max} l_1$, $c_0 l_2$, $c_0 l_3$ – силы сцепления вдоль участков скольжения l_0 , l_1 , l_2 и l_3 соответственно. Действие сил приводит к противодействию – возникновению реакций: R_1 , R_3 – противодействия массива оседанию призм упора и активного давления соответственно; R_2 , R_2' – межблочные реакции взаимного влияния. При деформировании откоса реакции опор R_2 , R_2' и R_3 отклоняются от нормали к поверхности скольжения на угол $\delta = \varphi_{\max}/2$. Величины δ и c_0 определяются свойствами пластичной горной породы на глубине $H/2$, исходя из предположения их линейного изменения. На глубине H порода переходит в идеально-пластическое состояние, при этом сцепление достигает максимального (c_{\max}), а угол внутреннего трения – нулевого значения. В сложившейся ситуации целесообразнее оползневое тело разделить на три расчетных блока, рассмотрев отдельно призму выпора, но это приведет к усложнению искомого уравнения, которое не будет востребовано в практической деятельности. В связи с этим реакция опор R_1 отклоняется от нормали на угол $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$, где ε_1 – геометриче-

$$R_2' = \frac{P_2 + \Delta P - 2c_0 l_2 \cos v}{2 \cos \beta}, \quad (4)$$

где $l_3 = l_2$; $P_2 = \gamma H^2 (\text{ctg} \psi / 4 + 3 / 4)$.

Система из двух расчетных блоков находится в равновесии, если межблочные реакции равны, то есть [1]

$$R_2 = R_2'. \quad (5)$$

Приравнивая выражения (2) и (4), вычисляется искомое значение предельной несущей способности откоса по следующей формуле [2]:

$$\Delta P = \frac{2 \cos \beta \cdot [P_1 + c_0 l_0 (\cos \omega \cdot \text{ctg} \varepsilon + \sin \omega) - c_0 l_2 (\sin v \cdot \text{ctg} \varepsilon + \cos v) + c_{\max} l_1 \cdot \text{ctg} \varepsilon]}{\sin \beta \cdot \text{ctg} \varepsilon - \cos \beta} - V, \quad (6)$$

или предельное внешнее напряжение

$$q = \frac{\Delta P}{L}, \quad (7)$$

где $V = P_2 - 2 c_0 \cdot l_2 \cdot \cos v$; $L = H \cdot (\text{ctg} \psi + 1)$.

Превышение дополнительной нагрузки или внешнего напряжения приведет к нарушению равенства $R_2 = R_2'$ и, как следствие этого, к деформационным процессам, проявляющимся в виде оползней.

Расчет параметров открытых выработок, произведенный по предлагаемой методике, позволяет построить графики [2], на основе которых можно сделать заключение, что угол откоса для рассматриваемых типов пород несущественно влияет на несущую способность прибортового массива. Однако уменьшение высоты откоса оказывает определяющее влияние на рост несущей способности верхнего уступа.

Осуществляя оценку устойчивости уступа, сложенного слабыми глинистыми породами, переходящими в пластическое и текучее состояние, недопустимо упрощать решение проблемы созданием подступов. Такое решение для уступов, сложенных пластичными глинистыми породами, является, по своей сути, выполаживанием угла откоса, что малоэффективно в рассматриваемых условиях для устойчивости системы «отвал – борт карьера». Однако для обеспечения устойчивости откосной части отдельных уступов выполаживание их откосов, несомненно, приведет к повышению устойчивости и ликвидации локальных вывалов.

Полученные результаты свидетельствуют, что расчетные значения соответствуют фактическим данным исследуемого объекта, а предложенный способ может быть использован в практической деятельности горных инженеров для карьеров и разрезов, функционирующих в аналогичных горно-геологических условиях.

Список литературы

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 378 с.
2. Барулин А.И., Рахимов З.Р. Инженерный метод оценки несущей способности откоса пластичных горных пород // Горный журнал Казахстана. 2007. № 3. С.15–19.

УДК 622.5; 622.58

А.Н. Рыбаков, Б.М. Габбасов

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ ПРИ ОТКАЧКЕ ШАХТНОГО ШЛАМА

***Аннотация.** В данной статье предлагается использование высоконапорных поршневых насосов для перекачки шахтного шлама, определяются направления исследований для повышения эффективности применения шахтного шлама и представляются разработанные технологические мероприятия по сооружению осветлительных выработок и узла откачки шлама для обеспечения и поддержания необходимого состава шлама, которые позволят поршневому насосу работать в оптимальном режиме.*

***Ключевые слова:** поршневые насосы, откачка шахтного шлама, оптимизация параметров.*

Цель работы: оптимизация параметров и режимов работы поршневого шламового насоса; совершенствование процесса откачки шахтного шлама с целью обеспечения высокого качества эксплуатации гидротранспортных систем.

Для снижения энергоёмкости процесса перекачки шахтного шлама и повышения надёжности и долговечности рабочих элементов поршневых насосов необходимо исследовать и определить оптимальные режимы работы поршневых насосов, при которых транспортирование шахтного шлама будет производиться с необходимыми значениями производительности и напора [1–3].

При выборе поршневого насоса необходимо учитывать следующие показатели шахтного шлама: размеры частиц, удельная масса частиц, удельная масса жидкости, концентрация по весу (в процентах), концентрация по объёму (в процентах), удельная масса шлама, процентное содержание частиц (процент частиц размером менее 75 мкм), форма частиц (круглая или плоская).

Зная значения приведённых показателей, становится возможным произвести поэтапный расчёт параметров шахтного шлама, необходимых для выбора поршневого насоса при заданных условиях.

На первом этапе необходимо определить объёмы шлама. Объёмы шлама V (м^3) при различной плотности определяются по следующей зависимости:

$$V = Q \cdot \left(R + \frac{1}{\rho_{\text{тв}}} \right), \quad (1)$$

где Q – количество твердого в единице объема, $\text{т}/\text{м}^3$; R – отношение массы жидкого к массе твердого, %; $\rho_{\text{тв}}$ – плотность твердого, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$R = \frac{\rho_{\text{тв}} - \rho_{\text{пульпы}}}{\rho_{\text{тв}} (\rho_{\text{пульпы}} - 1)}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{пульпы}}$ – плотность пульпы, $\text{т}/\text{м}^3$ (в данном за значение плотности пульпы применяем значение плотности шлама).

Для уменьшения удельных затрат энергоресурсов транспортирование шахтного шлама необходимо стремиться производить при скоростях, близких к \dots , и высоких концентрациях твёрдого вещества в гидросмеси.

Минимальное значение критической скорости по А.О. Спиваковскому $\dots = 1,6$ м/с [4]. Б.Ф. Лямаев [5] приводит максимальные значения скоростей для труб диаметром 0,2–1,0 в пределах 2,5–6 м/с.

Вторым этапом следует расчёт критической скорости шахтного шлама.

Опыт проектирования гидравлического транспорта шламов показывает, что наибольшая степень сходимости результатов расчёта критических скоростей с данными эксплуатации получается по формулам Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники им. Веденеева (ВНИИГ).

Данные формулы определены для различных диапазонов средневзвешанного размера твёрдых частиц $d_{\text{ср}}$, выраженного в миллиметрах.

$$1) \text{ для } d_{\text{ср}} \leq 0,07 \text{ мм} \quad \dots, \quad (3)$$

где \dots – весовое содержание твёрдого в шламе, выраженное в процентах по отношению к весу воды; D – диаметр пульпопровода;

$$2) \text{ для } 0,07 \text{ мм} < d_{\text{ср}} \leq 0,15 \text{ мм} \quad \dots \quad (4)$$

$$3) \text{ для } 0,15 \text{ мм} < d_{\text{ср}} \leq 0,4 \text{ мм} \quad \dots \quad (5)$$

$$4) \text{ для } 0,4 \text{ мм} < d_{\text{ср}} \leq 1,5 \text{ мм} \quad \text{---} \quad \text{---}, \quad (6)$$

где d – средневзвешенный размер твёрдых частиц, мм;

$$5) \text{ для } d_{\text{ср}} > 1,5 \text{ мм} \quad \text{---} \quad \text{---}. \quad (7)$$

Можно предполагать, что приведённые формулы справедливы для определенного, возможно какого-то узкого, диапазона значений $d_{\text{ср}}$, D , $P1$, но не для широкого интервала основных параметров гидротранспорта. Но в то же время становится возможным определение требуемого диаметра трубопровода, зная средневзвешенный размер твёрдых частиц $d_{\text{ср}}$.

Рассчитывать диаметр трубопроводов требуется так, чтобы скорость воды в трубе была выше критической скорости в 1,05–1,1 раз для тонкодисперсных гидросмесей, в 1,1–1,15 для грубодисперсных гидросмесей и в 1,15–1,2 раза для полидисперсных гидросмесей. Уменьшение скоростей приводит к резкому увеличению сопротивлений, потерь, а также появляется риск закупоривания насоса. Это объясняется тем, что распределение концентрации частиц по высоте весьма неравномерно.

В то же время при скоростях движения гидросмеси – большая часть твёрдых частиц движется в нижней трети сечения трубы. Вследствие этого происходит более интенсивный гидроабразивный износ нижней трети сечения трубы.

Третьим этапом является расчёт общего напора насоса, являющегося суммой статического напора, потерь в трубопроводной сети и дополнительного давления в трубопроводе.

Потери в трубопроводной сети состоят из потерь напора на трение потока и потерь, полученных в результате прохождения потока через фасонные части типа колен трубопровода, запорной арматуры и т.д.

В данной работе не рассмотрена зависимость между подачей поршневого насоса и критической скоростью. Необходимость исследования данной зависимости обусловлена определением энергоэффективных режимов работы поршневого насоса и достижением минимального износа рабочих элементов насоса.

Выбор оптимальной критической скорости может предостеречь от выбора трубопровода большего диаметра, чем необходим для перекачки шахтного шлама с определённым средневзвешенным размером твёрдых частиц $d_{\text{ср}}$ и способствовать уменьшению гидроабразивного износа.

Вследствие осуществления и реализации результатов исследований ожидается увеличение экономической эффективности применения поршневых насосов для гидротранспортирования шахтного шлама.

Список литературы

1. Применение высоконапорных поршневых насосов для откачки шахтного шлама / Габбасов Б.М., Рыбаков А.Н., Малов А.М., Дутченко А.Н.// Актуальные проблемы современной науки, техники образования: материалы 71-й межрегион. науч.-техн. конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск, 2013. Т.1. С. 45–48.
2. Типы современных высоконапорных поршневых насосов, применяемых в горной промышленности / Габбасов Б.М., Рыбаков А.Н., Малов А.М., Елютаева Р.М. // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. С. 139–148.
3. Проблемы, возникающие при эксплуатации высоконапорных поршневых насосов и способы их устранения / Габбасов Б.М., Рыбаков А.Н., Малов А.М., Елютаева Р.М. // Добыча, обработка и применение природного камня. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. С. 149–151.
4. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов. 3-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1983. 487 с., ил.
5. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. 256 с., ил.

УДК 622.7

Н.А. Сединкина, А.В. Павелин, Д.Н. Хисаметдинова, Р.С. Мубаряков

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ

Аннотация. *Сухая магнитная сепарация мелкозернистой руды затруднена образованием флокул и механическим захватом немагнитных частиц магнитными, что приводит к значительным потерям железа с хвостами сепарации. Рассмотрена возможность применения сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии для обогащения мелкозернистой магнетитовой руды. Изучены факторы, влияющие на процесс разделения во взвешенном состоянии.*

Ключевые слова: *магнитная сепарация во взвешенном состоянии, магнитный продукт, немагнитный продукт, напряженность магнитного поля, эффективность сепарации, массовая доля железа, извлечение.*

Сухая магнитная сепарация широко применяется при обогащении магнетитовых руд с целью выделения значительного количества «сухих» хвостов и снижения затрат на последующую переработку.

На обогатительных фабриках на сухую магнитную сепарацию поступает материал крупностью 50–15(10) мм. Однако эффективность сепарации можно повысить за счет уменьшения крупности дробленого продукта, поступающего на магнитную сепарацию, за счет более полного раскрытия сростков. Для сухой магнитной сепарации магнетитовых руд на обогатительных фабриках применяются барабанные и шкивные сепараторы. Однако при использовании этих сепараторов для сепарации мелкозернистых материалов значительное количество железа теряется с хвостами сухой магнитной сепарации. Эффективность сепарации значительно снижается за счет механически увлеченных немагнитных частиц в магнитный продукт, а также вследствие магнитоадгезионного налипания мелких частиц на более крупные.

Для обогащения мелкозернистых материалов предложен способ сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии, реализуемый при перемещении материала в электромагнитном поле с резко изменяющейся и убывающей по ходу движения материала максимальной напряженностью магнитного поля, обеспечивающей неоднократное вытягивание частиц с различной скоростью из потока материала, и отрыв от магнитной системы, в результате чего происходит освобождение и выпадение механически увлеченных частиц, и повышение качества магнитного продукта в каждой последующей зоне сепарации.

На результаты магнитной сепарации во взвешенном состоянии влияют напряженность магнитного поля, шаг полюсов, высота подъема частиц, угол подъема магнитной системы, скорость съема магнитного продукта, скорость перемещения материала и его крупность, а также влажность обогащаемого материала.

При изучении влияния крупности разделяемых частиц и скорости перемещения материала на технологические показатели обогащения были проведены исследования с использованием лабораторной установки для сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии на смеси минералов магнетита и кварца крупностью 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1; 0,1–0. Результаты обогащения мелкозернистого материала различной крупности приведены в табл. 1.

Из приведенных данных следует, что при увеличении скорости движения ленты до 0,55 м/с выход магнитного продукта и извлечение в него железа снижается незначительно. Увеличение скорости до 0,9 м/с вызывает резкое снижение выхода магнитного продукта и извлечение в него железа. Это происходит вследствие того, что при повышении скорости перемещения материала уменьшается время пребывания частиц в активной зоне сепаратора, а также увеличивается удельная магнитная сила f^l м,

необходимая для извлечения частиц при горизонтальном перемещении материала. В результате в магнитный продукт извлекаются только самые сильномагнитные частицы.

Таблица 1
Результаты сухой магнитной сепарации крупностью 1 – 0 мм

Класс крупности, мм	Наименование продукта	Скорость движения ленты, м/с											
		0,18			0,28			0,55			0,9		
		Показатели обогащения, %											
		γ	β	ϵ	γ	β	ϵ	γ	β	ϵ	γ	β	ϵ
1-0,5	Магнитный	42,08	72,08	83,79	42,75	72,17	85,23	39,73	72,22	79,26	29,62	72,03	58,94
	Немагнитный	57,92	10,13	16,21	57,25	9,34	14,77	60,27	12,46	20,74	70,38	21,12	41,06
0,5-0,25	Магнитный	44,83	72,14	89,34	40,78	72,18	81,31	41,17	72,23	82,15	30,92	72,06	61,55
	Немагнитный	55,17	7,00	10,66	59,22	11,42	18,69	58,83	10,96	17,85	69,08	20,15	38,45
0,25-0,1	Магнитный	40,93	72,30	81,75	38,15	72,28	76,18	28,34	72,20	56,52	18,14	71,92	36,04
	Немагнитный	59,07	11,18	18,25	61,85	13,94	23,82	71,66	21,96	43,48	81,86	28,28	63,96
0,1-0	Магнитный	31,09	72,02	61,85	30,54	71,95	60,70	27,56	70,64	53,78	17,52	70,05	33,90
	Немагнитный	68,91	20,04	38,15	69,46	20,48	39,30	72,44	23,10	46,22	82,48	29,01	66,10

Результаты магнитной сепарации различных классов крупности показывают, что при уменьшении крупности материала, поступающего на сепарацию, выход магнитной фракции снижается на 12%, а извлечение железа в магнитный продукт – на 25%. При этом качество остается достаточно высоким. Результаты сепарации мелкозернистых частиц свидетельствуют о высокой избирательности процесса сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии.

Результаты исследования влияния шага полюсов на показатели обогащения при магнитной сепарации во взвешенном состоянии для смеси магнетита и кварца крупностью 1–0 мм приведены в табл. 2.

Таблица 2
Влияние шага полюсов на показатели обогащения

Наименование показателей обогащения	Шаг полюсов, м			
	0,07	0,1	0,13	0,16
Выход магнитного продукта, %	<u>52,43</u>	<u>50,64</u>	<u>49,07</u>	<u>47,18</u>
	54,13	51,18	49,21	48,55
Массовая доля железа в магнитном продукте, %	<u>60,79</u>	<u>62,79</u>	<u>64,58</u>	<u>64,54</u>
	59,09	62,35	64,79	64,82
Извлечение железа в магнитный продукт, %	<u>88,04</u>	<u>87,84</u>	<u>87,54</u>	<u>84,11</u>
	88,36	88,15	88,08	86,93

Примечание. Числитель – показатель при параллельном расположении лент, знаменатель – при угле, равном 3°.

Данные табл. 2 показывают, что при увеличении расстояния шага полюсов выход магнитного продукта и извлечение в него железа снижается, а массовая доля повышается. Это происходит вследствие того, магнитные

частицы, попадая в зону действия первого магнита, захватывают немагнитные частицы, тем самым образуя пряди. При перемещении ко второму магниту напряженность поля снижается, а удельная магнитная сила недостаточна для удерживания пряди на магнитной системе в результате происходит ее отрыв. Далее материал попадает в зону действия второго магнита, где происходит переориентация магнитных частиц и выпадение из прядей механически увлеченных сростков, при этом длина пряди так же уменьшается, а их прочность возрастает. Дальнейшее перемещение к третьему магниту обеспечивает практически полное удаление немагнитных частиц, тем самым повышая качество концентрата. Однако при сепарации мелких частиц ($d < 0,25$ мм) и малой толщине слоя руды высокие показатели обогащения получены при малом шаге полюсов системы, так как удельная магнитная сила достаточна для извлечения частиц.

Применение сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии позволяет повысить избирательность разделения мелкозернистого материала, а также целесообразность применения сухой магнитной сепарации мелкодробленой руды.

Список литературы

1. Чижевский В.Б., Сединкина Н.А. Особенности сухой магнитной сепарации мелких продуктов во взвешенном состоянии // Обогащение руд. 2007. №1. С. 25 – 28.
2. Чижевский В.Б. Исследование процесса сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии // Обогащение руд. 2006. № 2.
3. Сединкина Н.А., Груздев А.С. Изучение влияния крупности магнетитовой руды на показатели сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии // Материалы 64-й науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ за 2004–2005 годы. Магнитогорск: МГТУ, 2006. Т.1. С. 313–315.
4. Исследование динамики перемещения частиц при сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии / Сединкина Н.А., Ермолаева Т.А., Калугина О.С., Муллина Э.Р. // Материалы 66-й науч.-техн. конф. по итогам науч. исслед. работ за 2007–2008 годы. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. С. 212–214.
5. Влияние крупности магнетитовой руды на показатели сухой магнитной сепарации / Чижевский В.Б., Горлова О.Е., Гришин И.А., Сединкина Н.А. // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2006. С. 299–300.
6. Сединкина Н.А. Влияние различных параметров на сепарацию промпродукта ДОФ-5 ОАО «ММК» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. №3. С. 22–25.
7. Гмьзина Н.В., Мудрых Н.А. Изучение магнитных свойств железосодержащего сырья // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 69-й науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. им. Г.И. Носова, 2011. Т.1. С.16–18.

П.С. Симонов, О.В. Слепцов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭМУЛЬСИОННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ФОРТИС

Аннотация. Определена теплота взрыва составов эмульсионного взрывчатого вещества (ЭВВ) Фортис-Эдвантэдж. Предложены составы ЭВВ с добавками алюминия и ферросилиция, имеющие нулевой кислородный баланс.

Ключевые слова: взрыв, взрывчатое вещество, теплота взрыва, аммиачная селитра, алюминий, ферросилиций.

Эффективность взрывных работ на карьерах определяется типом применяемого взрывчатого вещества.

Внедрение эмульсионных взрывчатых веществ на горнодобывающих предприятиях обусловлено их водоустойчивостью, низкой стоимостью компонентов, относительной экологической чистотой и безопасностью применения. Вместе с тем чистые эмульсии обладают низкой теплотой взрыва по сравнению с взрывчатыми веществами заводского изготовления (граммонитами 79/21, 50/50, гранулолом) и при их применении для достижения требуемого качества дробления необходимо увеличивать удельный расход ВВ.

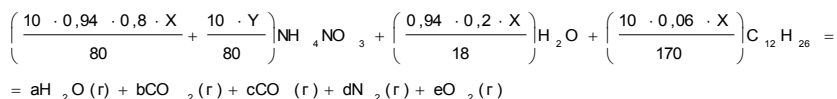
В качестве примера по методике Бринкли-Вильсона [1] рассчитаем теплоту взрыва ЭВВ Фортис-Эдвантэдж, рецептурный состав которого приведен на рисунке.



Состав ЭВВ Фортис-Эдвантэдж

Примем за X – содержание эмульсии Фортис-Эдвантэдж, %; Y – содержание пористой аммиачной селитры, %. Химическая формула аммиачной селитры – NH_4NO_3 ; воды – H_2O ; топливный раствор состоит из минерального масла и эмульгатора, для которого в расчетах часто используют формулу додекана $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ [2].

Уравнение взрывчатого превращения на 1000 г ЭВВ Фортис-Эдвантэдж будет выглядеть следующим образом:



Результаты расчета теплоты и продуктов взрыва ЭВВ Фортис-Эдвантэдж представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные взрывчатые характеристики ЭВВ Фортис-Эдвантэдж

Содержание эмульсии X, %	Кислородный баланс, %	Коэффициенты в уравнении реакции взрывчатого превращения					Теплота взрыва $Q_{\text{ВВ}}$, кДж/кг	Объем продуктов взрыва $V_{\text{ВВ}}$, м ³ /кг	Переводной коэффициент $K_{\text{ВВ}}$
		H ₂ O (a)	CO ₂ (b)	CO (c)	N ₂ (d)	O ₂ (e)			
100	-5,85	33,83	0,58	3,66	1,48	–	2399	1,063	1,48
95	-4,56	33,39	1,17	2,85	1,43	–	2534	1,052	1,43
90	-3,27	32,95	1,77	2,04	1,38	–	2670	1,041	1,38
85	-1,98	32,51	2,36	1,24	1,33	–	2805	1,030	1,33
80	-0,68	32,07	2,96	0,43	1,29	–	2940	1,019	1,29
77,4	0,00	31,83	3,28	–	1,27	–	3012	1,013	1,27
75	0,61	31,62	3,18	–	1,28	0,19	2968	1,012	1,28
70	1,90	31,18	2,96	–	1,31	0,59	2876	1,010	1,31
65	3,19	30,74	2,75	–	1,35	1,00	2783	1,007	1,35
60	4,49	30,30	2,54	–	1,38	1,40	2691	1,005	1,38
55	5,78	29,86	2,33	–	1,42	1,81	2598	1,003	1,42
50	7,07	29,42	2,12	–	1,46	2,21	2506	1,001	1,46

Максимальная теплота взрыва ЭВВ Фортис-Эдвантэдж, равная 3012 кДж/кг, соответствует составу, состоящему из 77,4% эмульсии, 22,6% пористой аммиачной селитры и имеющему нулевой кислородный баланс.

Переводной коэффициент от эталонного ВВ – аммонита 6ЖВ ($Q_{\text{ЭТ}}=4300$ кДж/кг, $V_{\text{ЭТ}}=0,895$ м³/кг) к применяемому ВВ определяется по формуле А.Н. Афанасенкова [3, 4]

$$K_{\text{ВВ}} = \left(\frac{Q_{\text{ЭТ}}}{Q_{\text{ВВ}}} \right)^{0,75} \cdot \left(\frac{V_{\text{ЭТ}}}{V_{\text{ВВ}}} \right)^{0,25},$$

где $Q_{\text{ЭТ}}$, $Q_{\text{ВВ}}$ – теплота взрыва соответственно эталонного и принятого ВВ, кДж/кг; $V_{\text{ЭТ}}$, $V_{\text{ВВ}}$ – объем продуктов взрыва эталонного и принятого ВВ.

Увеличение теплоты взрыва может быть обеспечено за счет введения в состав ВВ горючих добавок (алюминия, ферросилиция и др.). В работе [5] отмечается, что для смесей, содержащих порошок алюминия, наблюдается повышение взрывной эффективности по воронке выброса.

Для определения рецептуры составов ЭВВ с добавками алюминия и ферросилиция необходимо составить замкнутую систему уравнений, в которую включаются уравнения материального баланса для каждого элемента, содержащегося в ВВ. Кроме того, для минимизации выброса вредных веществ при взрыве составы ЭВВ должны быть сбалансированы по кислороду, т.е. иметь нулевой кислородный баланс [6].

Расчетные взрывчатые характеристики составов ЭВВ с горючими добавками, имеющие нулевой кислородный баланс, представлены в табл. 2.

Окончательно выбор состава ЭВВ должен определяться технико-экономическими расчетами, с учетом стоимости, переводного коэффициента, степени обводненности скважин и плотности заряжания.

Таблица 2

Расчетные взрывчатые характеристики составов ЭВВ с горючими добавками, имеющие нулевой кислородный баланс

Содержание, %			Теплота взрыва $Q_{\text{ВВ}}$, кДж/кг	Объем продуктов взрыва $V_{\text{ВВ}}$, м ³ /кг	Переводной коэффициент $K_{\text{ВВ}}$
Горючая добавка	Эмульсия	Пористая аммиачная селитра			
Горючая добавка – алюминий					
1,0	73,15	25,85	3228	0,995	1,21
2,0	68,93	29,07	3443	0,977	1,16
3,0	64,72	32,28	3659	0,959	1,11
4,0	60,51	35,49	3876	0,942	1,07
5,0	56,30	38,70	4092	0,924	1,03
6,0	52,09	41,91	4308	0,906	1,00
7,0	47,88	45,12	4524	0,888	0,96
8,0	43,66	48,34	4739	0,870	0,94
9,0	39,45	51,55	4955	0,852	0,91
10,0	35,24	54,76	5171	0,835	0,89

Окончание таблицы

Содержание, %			Теплота взрыва $Q_{\text{ВВ}}$, кДж/кг	Объем продуктов взрыва $V_{\text{ВВ}}$, м ³ /кг	Переводной коэффициент $K_{\text{ВВ}}$
Горючая добавка	Эмульсия	Пористая аммиачная селитра			
Горючая добавка – ферросилиций ФС-75					
1,0	72,85	26,15	3153	0,994	1,23
2,0	68,35	29,65	3295	0,976	1,19
3,0	63,85	33,15	3437	0,957	1,16
4,0	59,34	36,66	3579	0,939	1,13
5,0	54,84	40,16	3721	0,920	1,11
6,0	50,34	43,66	3863	0,902	1,08
7,0	45,83	47,17	4005	0,884	1,06
8,0	41,33	50,67	4147	0,865	1,04
9,0	36,83	54,17	4289	0,847	1,02
10,0	32,32	57,68	4431	0,828	1,00

Список литературы

1. Дубнов Л.В., Бахаревиц Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. М.: Недра, 1988. 358 с.
2. Кукиб Б.Н. Об инженерных методах расчета теплоты взрыва промышленных взрывчатых веществ // Взрывное дело. Вып. №103/60. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2010. С. 171–177.
3. Афанасенков А.Н. О работоспособности взрывчатых веществ. Метод Трауцля // Физика горения и взрыва, 2004. Т. 40. №1. С. 132–139.
4. Угольников В.К., Симонов П.С. Определение переводных коэффициентов при расчете эквивалентных зарядов дробления // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. №4. С 14–17.
5. Викторов С.Д., Старшинов А.В., Жамьян Ж. Экспериментальная оценка и сравнение работоспособности смесевых взрывчатых веществ различного состава // Взрывное дело. Вып. №105/62. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2011. С. 142–149.
6. Симонов П.С. Определение способности ВВ к дымообразованию при взрыве // Взрывное дело. 2012. Вып. №107/64. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2012. С. 213–222.

М.Ф. Тулубаева, А.М. Мажитов

ПРИМЕНЕНИЕ SURPAC В КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. *Выполнена визуализация геологических данных скважин по данным химического опробования. Оконтурены зоны минерализации по значениям бортового содержания. Создана каркасная модель месторождения. Трехмерная модель участка пространства построена путем разбиения этого участка на блоки.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, оконтуривание, опробование, визуализация данных, каркасная модель, блочное моделирование.*

Наращивание объемов добычи полезных ископаемых осуществляется путем интенсификации и концентрации горных работ на действующих предприятиях. Поэтому возникает проблема разработки новых прогрессивных методов изучения строения месторождений с целью наиболее полного и экономичного извлечения запасов. Традиционно применяемые методы математического и геометрического моделирования, а также прогнозирования качественных и структурных показателей месторождений не всегда дают результаты, удовлетворяющие требованиям технологических служб горного предприятия [1].

Программное обеспечение (ПО) для трехмерного проектирования получает все большее распространение на многих горнодобывающих предприятиях, проектных организациях, научных институтах, учреждениях государственного контроля и горного надзора. Их основное назначение – работа с геопространственными данными. Использование подобных ПО позволяет значительно ускорить процесс обработки и анализа информации, автоматизировать процессы обработки и интерпретации данных геологоразведки, а также использовать их для моделирования месторождений и выполнения всевозможных расчетов и оценок.

Компьютерное моделирование месторождений с использованием статистических и геостатистических методов наиболее точно и полно отражает пространственные закономерности распределения широкого комплекса параметров минерализации для месторождений твердых полезных ископаемых. Количественная оценка минерального сырья на основе компьютерных моделей определяет большую точность в сравнении с традиционными методами, поскольку позволяет учитывать произвольное количество показателей, которые влияют на подсчет запасов (прямые и косвенные).

Адаптация трехмерного компьютерного моделирования к современным условиям недропользования позволяет: усовершенствовать методи-

ку создания геологических моделей, повысить точность, надежность и правдивость оценки запасов месторождений. Эти обстоятельства являются весьма актуальными в современных экономических условиях.

При формировании трехмерных моделей месторождений используются различные методы, в зависимости от структуры и вида полезных ископаемых. В ПО *Surpac* реализован способ пространственного моделирования по данным опробования разведочных скважин с возможностью уточнения параметров размещения рудных тел и залежей по данным геофизических исследований, а также данным эксплуатационной разведки [2].

Отличием моделей, создаваемых при помощи ПО *Surpac*, является их использование и уточнение по результатам обработки месторождения.

Процесс моделирования состоит из следующих этапов:

1) разработка структуры базы данных (БД) для хранения информации о данных геологической разведки.

Геологическая база данных состоит из множества таблиц, каждая из которых содержит различного вида данные. Каждая таблица содержит несколько полей данных. Каждая таблица будет иметь много записей, каждая запись будет содержать поля данных;

2) ввод исходной информации в базу данных геологических выработок; наполнение базы информацией геологического опробования, геофизических и других измерений;

3) визуализация данных геологической разведки, моделирование месторождений: определение и оконтуривание рудных и нерудных интервалов по стратиграфическому принципу и литологии, уточнение интервалов по значениям бортового содержания (визуализация геологических данных);

4) создание каркасных моделей пространственных объемов: каркасное моделирование;

5) блочное моделирование месторождений;

6) оценка и подсчет запасов.

Для выполнения визуализации геологических данных в скважинах используются стратиграфические и литологические индексы пород, а также данные опробования (химическое или физико-технологическое). Оконтуривание зон минерализации выполняется по значениям бортового содержания. В результате визуализации создаются замкнутые контуры, которые описывают минеральные разновидности и породы (рис. 1).

Следующим этапом моделирования является создание каркасных моделей. Каркасные модели строятся для рудных тел, для минеральных разновидностей в контурах рудных тел и разновидностей пород вскрыши (пустых пород) (рис. 2).

зультате интерполяции пространственных данных (результатов опробования, определений объемного веса и т.п.).

При моделировании распределения компонентов учитывается большое число факторов: характер изменчивости геологических характеристик, структура и морфология месторождения, густота и равномерность разведочной сети. В связи с этим используются различные методы пространственной интерполяции: полигональный, крайгинга (обычный, индикативный, полииндикативный). После формирования блочной структуры выполняют корректировку каркасных моделей путем исключения областей с некондиционными породами (рис. 3).

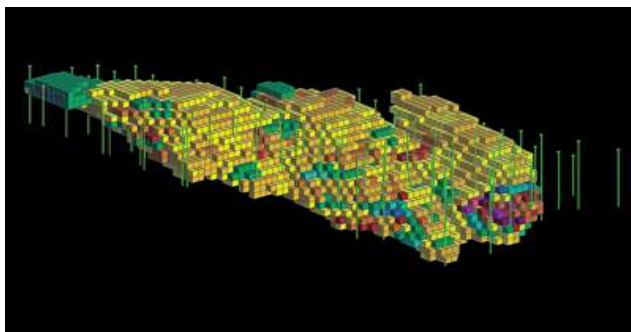


Рис. 3. Блочная модель месторождения

Сформированная трехмерная модель месторождения в дальнейшем может быть использована для подсчета запасов месторождения или его участков, геолого-экономической оценки, в задачах календарного планирования и определения экономически целесообразных контуров отработки.

Список литературы

1. Горбатова Е.А., Колесатова О.С., Тулубаева М.Ф. Анализ качественных показателей Учалинского месторождения // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: материалы 10 Междунар. научной школы молодых ученых и специалистов, 18–22 ноября 2013 г. М.: ИПКОН РАН, 2013. С. 47–50.
2. Тулубаева М.Ф., Горбатова Е.А., Колесатова О.С. Геометризация качественных показателей для обеспечения рационального освоения медно-колчеданных месторождений // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики: сб. науч. тр. / БНТУ. Минск, 2013. Т.1. С. 316–321.
3. Ушаков И.Н. Горная геометрия: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1979. 440 с.

А.В. Цыганов, А.В. Федорина

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЕСПЕРЕГРУЗОЧНЫХ СООБЩЕНИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

***Аннотация.** Рассмотрены состояние и тенденции развития бесперегрузочных сообщений. Выявлен ряд недостатков, влияющих на организацию перевозок. Представлены наиболее перспективные виды бесперегрузочных сообщений и направления их дальнейшего развития.*

***Ключевые слова:** бесперегрузочное сообщение, контейнерные перевозки, контрейлерные перевозки, «бегающее шоссе», роудрейлерные перевозки.*

Под бесперегрузочным сообщением подразумевают технологию последовательной перевозки грузов несколькими видами транспорта в одной и той же грузовой единице или транспортном средстве без перегрузки самого груза при переходе на другой вид транспорта.

К бесперегрузочным сообщениям относятся:

- 1) трейлерные, контрейлерные перевозки;
- 2) контейнерные, пакетные перевозки;
- 3) перевозка по железной дороге с разной шириной колеи;
- 4) паромная система (Фрейджерная система перевозок);
- 5) суда смешанного плавания типа «река-море», ролкерная система ("Ро-Ро");
- 6) лихтеровозная система [2].

Применение технологии бесперегрузочных сообщений позволяет сократить время, трудозатраты и расходы на погрузочно–разгрузочные работы, уменьшить потребности в перегрузочных механизмах, улучшить взаимодействие видов транспорта. В результате ускоряется доставка грузов и увеличивается сохранность груза в процессе перевозки [1]. При этом бесперегрузочные сообщения, обладая определенной спецификой, имеют ряд недостатков, представленных в табл. 1.

Наибольшее развитие в настоящее время получили два вида бесперегрузочных сообщений: контейнерные и контрейлерные перевозки.

Рост объемов контейнерных перевозок обусловлен, в первую очередь, увеличением объемов внешней торговли, приоритетную роль в транспортировке выполняет морской транспорт, на долю которого приходится до 80% мировых отправок.

Основными факторами, влияющими на развитие международного рынка контейнерных перевозок, являются:

- рост мировой экономики и торговли;
- увеличение количества контейнерных потоков;

- развитие морских перевозок, портовой и терминальной инфраструктуры;
- изменение требований к качеству транспортно-логистических услуг со стороны клиентов, прежде всего необходимость обеспечения доставки грузов «от двери до двери».

Таблица 1

Основные недостатки технологии бесперегрузочных сообщений

Виды бесперегрузочных сообщений	Выявленные недостатки		
Наземные виды транспорта			
Трейлерные перевозки	Неполное использование номинальной грузоподъемности транспортного средства	Высокие затраты на покупку и содержание транспортных средств и оборудования	Транспортировка требует особого внимания ввиду негабаритности груза
Контейнерные перевозки			Возврат порожних контейнеров
Контрейлерные перевозки			Перевозка водителя с необходимостью создания комфортных условий (в некоторых случаях)
Пакетные перевозки	Отнимается до 10% полезного объема подвижного состава и емкости складов	Дополнительные затраты на приобретение, ремонт и возврат средств пакетирования	Регулирование потоков средств пакетирования
Водный вид транспорта			
Лихтеровозная система	Ограничения по погодным условиям, периоду навигации	Неполное использование номинальной грузоподъемности транспортного средства	Высокие капитальные вложения и необходимость создания дополнительных сооружений
Паромная система			Относительно большая осадка
«Река-море»		Ограниченная номенклатура перевозимых грузов	Периодичность отплытий в среднем 1 раз в 2 недели

В целом для рынка контейнерных перевозок характерен подъем, который за последние годы составил около 9% с сохранением данного уровня в перспективе до 2020 года. Рост будет происходить за счет растущего товарообмена между странами Азиатско-Тихоокеанского региона

и странами Европы. При этом часть этого грузопотока может пройти транзитом через страны СНГ при создании необходимых технологических, нормативных, правовых и тарифных условий [5]. Кроме этого все большее применение получает использование специализированных контейнеров. Для России, торгующей энергоносителями и имеющей развитую химическую промышленность, наибольший интерес представляют танк-контейнеры, позволяющие перевозить жидкие грузы, в том числе опасные.

В России контейнерные перевозки являются приоритетным направлением, но из-за ряда проблем наблюдается отставание использования данной технологии от зарубежных стран. Так, мировой контейнерооборот за последние 10 лет увеличился в 2,5 раза, в России всего в 1,5 раза. Основные направления развития контейнерных перевозок в России приведены в табл. 2 [3].

Контрейлерные перевозки концентрируют преимущества автомобильного транспорта (дают возможность организовать доставку груза по принципу «от двери до двери») и железнодорожного транспорта (дешевый и экологически более чистый) Они давно применяются на территории США, Канады и стран Европы.

Разновидностью контрейлерных перевозок является система «бегущее шоссе», в которой используются железнодорожные платформы, имеющие углубления (карманы) в днище для размещения в них колес автопоездов и автотрэйлеров с целью соблюдения габарита погрузки.

В настоящее время также активно развивается безвагонная технология (система Road Railer), исключая использование платформ путем оснащения автомобильного полуприцепа парой железнодорожных тележек.

Таблица 2

Основные направления развития контейнерных и контрейлерных перевозок в России

Контейнерные перевозки	Контрейлерные перевозки
Совершенствование внутренней инфраструктуры для транспортировки, обработки контейнеров	Постройка терминалов и остальных элементов инфраструктуры
Обновление материально-технической базы морских портов	Разработка или приобретение специализированных платформ
Увеличение количества и укрупнение транспортных компаний	Создание и вовлечение транспортных компаний в данный вид перевозок
Согласование процесса управления контейнерными перевозками	Разработка тарифов и правовой базы по контрейлерным перевозкам

В России в начале 1990-х годов предпринимались попытки создания специализированных платформ для контрейлерных перевозок под колею 1520 мм, но в связи с рядом недостатков применить их не удалось. В настоящее время для развития контрейлерных перевозок в России необходимо решение ряда проблем (см. табл. 2) [4].

В целом для России контрейлерные перевозки являются перспективным направлением, так как автомобильные дороги имеют значительный износ, высокую интенсивность движения и низкую пропускную способность. Помимо этого для страны характерны сложные климатические условия и значительная протяженность транспортных маршрутов перевозки.

Перспективными маршрутами внутри России являются направления: Санкт-Петербург–Краснодар, Москва–Санкт-Петербург; для международных перевозок: Россия–Финляндия, Россия–страны Прибалтики, Европа – СНГ – Китай.

Большая разновидность бесперегрузочных сообщений приводит к значительному количеству транспортных параметров, которые необходимо учитывать при организации перевозок. В настоящее время требуется их систематизация и разработка методики выбора наиболее эффективного вида сообщения для конкретных перевозок.

Список литературы

1. Организация перевозок и управление на транспорте. Технология. Ч. 2: учеб. пособие / А.С. Довженок, С.Н. Корнилов, Л.В. Лабунский, Н.А. Осинцев, А.Н. Рахмангулов, А.В. Цыганов; под ред. С.Н. Корнилова и А.Н. Рахмангулова. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. 176 с.
2. Троицкая Н.А., Чубуков А.Б., Шилимов М.В. Мультимодальные системы транспортировки и интермодальные технологии: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 336 с.
3. Корнилов С.Н., Самуйлов В.М., Фридрихсон О.В. Проблемы организации контейнерных перевозок по международным транспортным коридорам // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. №2. С. 108–118.
4. Багинова В.В., Кузьмин Д.В. Особенности развития контрейлерных перевозок в России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №4. С. 49 – 52.
5. Официальный сайт ОАО «Трансконтейнер» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trcont.ru>.

О.П. Шавакулева, М.Ю. Круглякова, Э.Ф. Сибатуллина

СПОСОБ ДОИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЖЕЛЕЗО-ВАНАДИЕВОГО КОНЦЕНТРАТА

***Аннотация.** В данной работе освоена технология получения сырых окатышей и проведена серия опытов по обжигу и магнитной сепарации окатышей. Изучено влияние расхода связующего и степени увлажнения шихты на прочность сырых окатышей и определены оптимальные температурные параметры для обжига.*

***Ключевые слова:** титано-магнетитовая руда, железованадиевый концентрат, окомкование, обжиг, магнитная сепарация.*

В настоящее время запасы железосодержащих руд истощены. Вследствие этого в переработку вовлекается труднообогатимые руды, одним из представителей которых являются высокотитанистые руды, запасы которых на Южном Урале огромны.

Известные методы переработки титаномагнетитовых руд позволяют получить железо-ванадиевый концентрат с массовой долей железа 53–56% и диоксида титана 12–15%, что является некондиционным для металлургического передела, он может использоваться только с подготовкой, что позволяет снизить массовую долю диоксида титана.

В работе были изучены способы повышения массовой доли железа и снижения массовой доли диоксида титана в некондиционном железованадиевом концентрате.

Литературный анализ показал, что для повышения качества железосодержащего концентрата возможно применение технологии окомкования тонкоизмельченного концентрата с твердым восстановлением сырых окатышей при восстановительном обжиге. При этом материал приобретает структуру «ореха» – в ядре концентрируется металлическое железо и ванадий, который представлен легированной ванадиевой сталью, и шлаковую оболочку, в которой концентрируется оксид титана.

Объектом исследования являлся железованадиевый концентрат с массовой долей железа 54,5% и диоксида титана 11,5%, полученный по магнитно-гравитационной схеме из титаномагнетитовой руды Медведевского месторождения. Крупность продукта составляла менее 0,074 мм.

Исследования проводились в три этапа: определение оптимального состава окатышей, изучение влияния обжига окатышей, проведение опытов по магнитной сепарации обожженных железованадиевых концентратов.

Определение оптимальных параметров для изготовления окатышей проводилось на тарельчатом грануляторе. Для улучшения физико-механических свойств, при формировании структуры окатышей, в шихту вносили упрочняющие добавки – цемент и шлак в различных соотноше-

ниях. Результаты проведенных исследований показали, что оптимальными параметрами является: расход шлака 0,5 кг/т, расход воды 0,5 л/ч, без добавления цемента.

Изучение влияния обжига на железованадиевые окатыши проводилось в муфельной печи с изменением температуры в диапазоне от 50 до 600°С. После обжига окатыши направляли на магнитную сепарацию с целью доизвлечения железа и снижения массовой доли диоксида титана. Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Влияния температуры на показатели черного железованадиевого концентрата Медведевского месторождения

Условия опыта	Продукт		Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
t=50	Магнитная фракция	87,1	61,0	97,5
	Немагнитная фракция	12,9	10,56	2,5
	Итого	100	54,5	100
t=100	Магнитная фракция	78,3	62,0	89,07
	Немагнитная фракция	11,7	50,9	10,93
	Итого	100	54,5	100
t=350	Магнитная фракция	86,2	60,0	94,8
	Немагнитная фракция	13,8	20,5	5,2
	Итого	100	54,5	100
t=600	Магнитная фракция	84,5	59,8	92,7
	Немагнитная фракция	15,5	25,67	7,3
	Итого	100	54,5	100

Результаты магнитной сепарации обожженных окатышей железованадиевого концентрата показали возможность повышения массовой доли железа в концентрате на 5–8 % и снижения массовой доли диоксида титана в 1,5 раза, при этом оптимальная температура обжига – 100 .

Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности доизвлечения железа из черного концентрата титаномагнетитовой руды с помощью восстановительного обжига окатышей и магнитной сепарации.

Список литературы

1. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. Обогащаемость различных типов титаномагнетитовых руд // Материалы международного совещания. Екатеринбург: Издательство «Форт Диалог-Исеть», 2011. С. 529–531.
2. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П., Гмызина Н.В. Обогащение титаномагнетитовых руд Южного Урала // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №2(38). С. 5–7.
3. Шавакулева О.П. Обогащение титаномагнетитовых руд // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2012. С. 39–41.
4. Состояние и перспективы развития сырьевой базы ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / Гладских В.И., Гром С.В., Емелин К.А., Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. // Горный журнал. Черные металлы. Спец. выпуск. 2012. С. 12–14.
5. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. Технология обогащения титаномагнетитовых руд Чернореченского месторождения // Международное совещание «Плаксинские чтения-2012». Петрозаводск, 2012. С. 291–292.
6. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. Обогащение титаномагнетитовых руд с целью получения кондиционного ильменитового концентрата // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №4. С. 10–12.

УДК 656.025

А.А. Шаронова, Н.А. Осинцев

ИССЛЕДОВАНИЕ СПРОСА НА УСЛУГИ ПАССАЖИРСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

***Аннотация.** В статье представлен анализ состояния железнодорожного транспорта РФ и результаты исследования спроса на услуги пассажирского транспорта в Уральском регионе.*

***Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, качество транспортных услуг, спрос, вагон.*

Транспорт является одной из важнейших отраслей народного хозяйства, обеспечивающей жизненно необходимую потребность общества в перевозке пассажиров и грузов. Он представляет собой совокупность средств и путей сообщения, нормальную деятельность которых обеспечивают различные технические устройства и сооружения.

Системный анализ современного состояния железнодорожного транспорта в России [1,2,5] и тенденций его развития показывает, что,

несмотря на его стабильную работу, для отрасли в целом характерен ряд серьезных проблем:

- уровень эффективности железнодорожного транспорта, ассортимент и качество услуг, предоставляемых пользователям, не в полной мере отвечают требованиям складывающейся экономической ситуации;
- система государственного регулирования деятельности железнодорожного транспорта недостаточно эффективна, в частности отсутствует дифференцированный подход к регулированию естественно-монопольных, конкурентных и потенциально конкурентных видов деятельности;
- наблюдается высокая степень износа основных фондов отрасли в условиях прогнозируемого роста спроса на перевозки, требует больших затрат на их текущее содержание и ремонт, создает опасность потери технологической устойчивости железнодорожного транспорта и определяет значительную потребность в инвестициях.

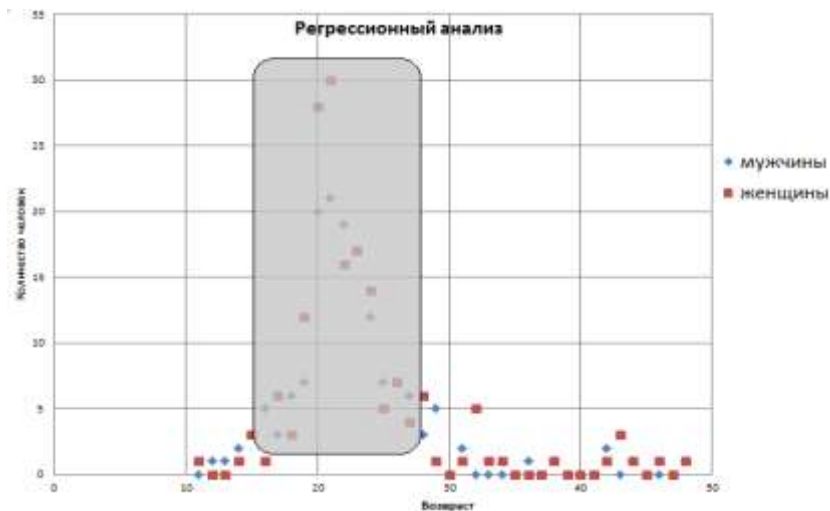
Усиление конкуренции на рынке транспортных услуг и изменения во взаимоотношениях с клиентурой потребовали переориентации железнодорожного транспорта на маркетинговые принципы управления [3,4]. Существующая в России федеральная целевая программа «Модернизация транспортной системы России (2010–2020 гг.)» включает следующие мероприятия модернизации железнодорожного транспорта [5]: повышение доступности услуг транспортного комплекса для населения; строительство новых приоритетных железнодорожных направлений; проведение мероприятий по обеспечению безопасности на железнодорожном транспорте; строительство новых железнодорожных линий для организации скоростного и высокоскоростного пассажирского движения; замена или модернизация подвижного состава; внедрение новых технологий; модернизация и увеличение пропускной способности железнодорожных линий.

Большая часть пассажирских вагонов железных дорог России была введена в эксплуатацию в 70–80 гг. прошлого столетия, и срок их службы подходит к концу. Сохранение численности пассажирского вагонного парка достигается путем капитального ремонта старых вагонов с продлением им срока эксплуатации и закупкой новых. Средний возраст вагонов составляет 23,5 года, эти вагоны израсходовали свой ресурс на 83,9% [6].

В Челябинской области отсутствуют высокоскоростные и скоростные железнодорожные линии, не полностью используются возможности железнодорожного транспорта для освоения городских и пригородных пассажирских перевозок. Сохраняется недостаточное обеспечение пассажирским подвижным составом. Парки локомотивов и пассажирских вагонов крайне изношены. В связи с этим уровень эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта остается чрезмерно высоким, мед-

ленно осваиваются прогрессивные технологии перевозок, снижается качество транспортных услуг. Решение указанных проблем требует увеличения объемов инвестиций в железнодорожный транспорт, в том числе и за счет расширения государственной поддержки.

Авторами проекта в сети Интернет были проведены социологические исследования с целью оценки спроса на услуги пользования железнодорожным транспортном. В опросе приняли участие 324 человека. Распределение респондентов по полу и возрасту представлено на рисунке. Средний возраст участвующих в исследовании мужчин составляет 22 года, женщин – 23 года.



Распределение респондентов по возрасту и полу

В результате опроса 56,5% респондентов ответили, что не пользуются услугами пассажирского железнодорожного транспорта. Распределение ответов между мужчинами и женщинами одинаково как среди всего объема выборки, так и среди молодых людей в возрасте от 17 до 27 лет и составляет 49,4 и 50,6% соответственно.

Из 183 респондентов, которые ответили, что не пользуются услугами пассажирского железнодорожного транспорта, свой отказ прокомментировали 73 человека. Основными недостатками, по мнению респондентов, являются:

- высокая стоимость проезда (4%);
- низкое качество обслуживания пассажиров (13%);
- продолжительной срок доставки (23%);

- неудовлетворительное состояние подвижного состава (60%).

В свою очередь, под неудовлетворительным состоянием вагонов респонденты указали на три основные причины – физический и моральный износ подвижного состава (34%), отсутствие вентиляции (15%), неудовлетворительное состояние санитарного узла (11%).

Перечисленные респондентами недостатки не соответствуют ГОСТ Р 51004-96 и ГОСТ Р 51006-96, снижают спрос на пассажирские железнодорожные перевозки и требуют разработки решений по повышению качества услуг. В качестве мероприятий по повышению качества услуг в работе рассмотрены два варианта: модернизация вагона ЦМВО-66 или приобретение вагона 61-4447. Углубленная оценка экономической эффективности предлагаемых мероприятий показала, что наиболее выгодным является вариант модернизации подвижного состава.

Список литературы

1. Ключевая роль транспорта в современном мире: монография / А.Л. Блохин, К.Ф. Боряк, Т.В. Коваленко и др. Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2013. 163 с.
2. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Управление вагонопотоками в промышленных транспортных системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2013. № 1 (41). С. 16 – 20.
3. Оруджов Р.Н., Жигунова А.В. Проблемы развития транспортной системы в Российской Федерации // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 3. С. 57 – 64.
4. Скорев М.М., Киришичева И.Р. Мониторинг позиционирования пригородных железнодорожных перевозок как информационный и компетентностный инструмент повышения их эффективности // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 3. С. 213 – 221.
5. Постановление Правительства РФ № 848 от 05.12.2001 «О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.garant.ru/1587083/#ixzz32K0xcJ62>
6. Логистика ремонта железнодорожного подвижного состава: монография / Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Дудкин Е.П., Горшенин А.А. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. 182 с.
7. Громыко Г.Л., Башина О.Э. Теория статистики: учебник / под ред. Р.А. Шмойловой. 3-е изд., перераб. М.: Финансы и статистика, 2001. 560 с.

Ю.И. Климов, А.М. Айдарханов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСОСНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ПРИВОДА ПЕРЕДВИЖКИ КРЕПИ

***Аннотация.** Рассмотрена математическая модель гидропривода передвижки механизированной крепи. Использование насосно-аккумуляторного привода позволяет сократить суммарное время цикла передвижки линейной секции крепи, а следовательно, увеличить производительность механизированного комплекса по добыче угля в целом на 31,9%.*

***Ключевые слова:** гидропривод, крепь, механизм передвижения, гидродомкрат, моделирование.*

У современных механизированных комплексов по добыче угля в подземных условиях недостатком является отставание передвижки линейных секций крепи на новую дорогу вслед за движущимся комбайном. Это обстоятельство усугубляется, во-первых, тем, что на шахтах в настоящее время применяются мощные высокопроизводительные комбайны, способные обеспечивать скорость подачи до 12 м/мин, а во-вторых, тем, что большинство современных шахт переводится на прогрессивную схему работы по принципу «шахта-лава». Такая работа предполагает наличие длинных лав протяженностью 200 м и более, что увеличивает простои лавы из-за отставания крепи и, тем самым, снижает производительность добычи.

Работает гидропривод крепи от насосной станции СНТ-32, имеющей производительность 80 л/мин и обеспечивающей давление 32 МПа. С целью повышения скорости передвижки крепи нами предложено оснастить каждую линейную секцию двумя аккумуляторами, представляющими собой гидроцилиндр, разделенный поршнем на жидкостную и газовую полости, причем один из них подключен в поршневую, а другой – в штоковую полости гидродомкрата передвижки. Одновременно в рабочие полости гидродомкрата передвижки поступает рабочая жидкость от насосной станции. Сложение потоков приводит к увеличению общего расхода рабочей жидкости, а следовательно, к уменьшению времени передвижки крепи.

Выбираются параметры аккумуляторов из условия обеспечения дополнительного притока рабочей жидкости на всем протяжении двух рабочих ходов: при перемещении секции конвейера на новую дорогу и при подтягивании крепи.

В данной работе выполнено моделирование насосно-аккумуляторного привода механизма передвижки крепи «Пиома» в среде программы «ADAMS 2003». Твердотельная модель механизма передвиж-

ки линейной секции крепи, которая состоит из цилиндра гидродомкрата передвижки, шарнирно соединенного с секцией конвейера, а шток гидродомкрата шарнирно закреплен к основанию крепи.

Зарядка аккумулятора производится до величины настройки предохранительного клапана, равной 32 МПа. Начальное давление газа в аккумуляторе составляет 20 МПа. Процесс сжатия и расширения газа в аккумуляторе принят адиабатическим. По окончании зарядки аккумулятора происходит переключение золотника в рабочее положение и жидкость устремляется в поршневую полость гидроцилиндра передвижки. Выдвигающийся цилиндр при неподвижном штоке перемещает секцию конвейера на новую дорогу.

По завершении передвижки секции конвейера происходит переключение золотника, и жидкость от насоса и аккумулятора направляется в штоковую полость. При этом происходит подтягивание секции крепи. На этом цикл передвижки секции крепи завершается.

Модель позволила исследовать различные варианты подключения аккумуляторов: один аккумулятор на поршневую и штоковую полости гидродомкрата передвижки с последовательным срабатыванием его без дополнительной подзарядки при выдвигании секции конвейера и при подтягивании крепи; два аккумулятора – один для поршневой, другой – для штоковой полостей гидродомкрата.

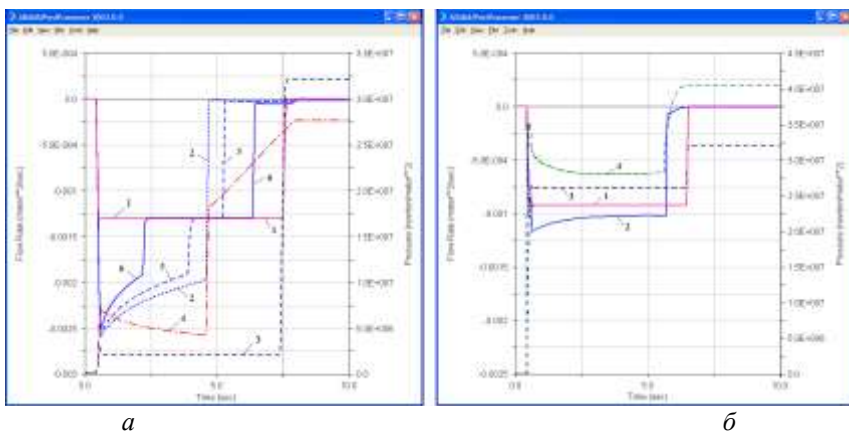
Исходные данные при моделировании были следующие: ход гидродомкрата – 0,63 м; диаметры цилиндра и штока гидродомкрата соответственно – 0,135 и 0,085 м; масса секции конвейера – 500 кг; масса секции крепи – 15000 кг; коэффициенты трения покоя и движения соответственно – 0,7 и 0,3.

На рисунке, *a* приведены результаты моделирования процесса передвижки секции конвейера при выдвигании гидроцилиндра передвижки при неподвижном штоке.

Как видно из рисунка, *a*, расход жидкости от насоса на всем протяжении передвижки секции конвейера не изменяется (прямая 1) и составляет 0,0013 м³/с (80 л/мин), что обеспечивает передвижку секции за время около 7 с со средней скоростью 0,09 м/с. При этом в поршневой полости поддерживается стабильное давление около 2,4 МПа (прямая 3).

В процессе моделирования установлено влияние объема жидкости в аккумуляторе на выходные параметры системы, т.е. на суммарный расход насосно-аккумуляторного привода и среднюю скорость перемещения секции конвейера. Расчет выполнялся при следующих соотношениях между объемами жидкости в аккумуляторе $V_{ж}$ и поршневой полости гидродомкрата $V_{пп}$: 0,5; 1,0 и 1,5. Как показали исследования, во всех случаях выходные параметры (кривые 2, 5 и 6 на рисунке, *a*) улучшились по сравнению с насосным приводом (прямая 1). Однако наибольший эффект получен при $V_{ж} = 1,5 V_{пп}$ (кривая 2). В начальный момент времени сум-

марный расход жидкости имеет наибольшую величину, равную $0,0026 \text{ м}^3/\text{с}$, а по мере разрядки аккумулятора он снижается до $0,002 \text{ м}^3/\text{с}$. Использование насосно-аккумуляторного привода позволило значительно увеличить среднюю скорость передвижки, которая составила $0,158 \text{ м/с}$, а время передвижки сократить до 4 с. Давление в поршневой полости гидродомкрата в начале движения составляет $7,5 \text{ МПа}$, а к концу перемещения цилиндра становится равным 5 МПа . Более высокие значения давления в цилиндре при насосно-аккумуляторном приводе объясняются увеличением гидравлических сопротивлений с возрастанием скорости перемещения.



Изменение расхода и давления в поршневой (а) и штоковой (б) полости при передвижке секции конвейера:

- 1, 3 – расход и давление жидкости при насосном приводе; 2, 4 – расход и давление жидкости при насосно-аккумуляторном приводе (а) и с мультипликатором (б) ($V_{ж} = 1,5 V_{пп}$);
- 5, 6 – расход жидкости при насосно-аккумуляторном приводе ($V_{ж} = V_{пп}$; $V_{ж} = 0,5 V_{пп}$ соответственно)

Таким образом, применение насосно-аккумуляторного привода позволяет сократить время передвижки секции конвейера на 42,9%.

После завершения передвижки секции конвейера начинается процесс передвижки (подтягивания) секции крепи. В этом процессе участвует штоковая полость гидродомкрата. Поскольку масса линейной секции крепи значительно больше секции конвейера, то для ее передвижки требуется гораздо большее по величине усилие. Это обстоятельство, наряду с тем, что штоковая полость меньше поршневой, обуславливает значительное повышение рабочего давления в гидроцилиндре, что делает неэффективной схему насосно-аккумуляторного привода, использованную

при передвижке секции конвейера. Попытка применения той же схемы во втором случае привела к обратному эффекту – время передвижки секции крепи при насосно-аккумуляторном приводе возросло по сравнению с насосным приводом. Это произошло из-за того, что аккумулятор отбирал часть рабочей жидкости от насоса для подзарядки.

Для достижения эффекта снижения времени передвижки секции крепи в этом случае, очевидно, необходимо повысить давление зарядки аккумулятора. С этой целью в гидросистему введен мультипликатор, позволяющий увеличить давление зарядки аккумулятора, подключенного к штоковой полости гидродомкрата, до 40 МПа.

На рисунке, б приведены результаты моделирования процесса передвижки (подтягивания) секции крепи с использованием мультипликатора. При этом выходные параметры насосно-аккумуляторного привода также сравнивались с аналогичными параметрами насосного привода.

Как следует из рисунка, б, при использовании мультипликатора, обеспечивающего зарядку аккумулятора до 40 МПа, удается уменьшить время передвижки (подтягивания) секции крепи на 0,8 с, т.е. на 13,6%, за счет увеличения расхода рабочей жидкости (кривая 2) по сравнению с расходом насоса (прямая 1). Средняя скорость передвижки секции крепи при насосном приводе равна 0,108 м/с, а при насосно-аккумуляторном – 0,124 м/с. Выигрыш во времени передвижки секции крепи составил 13,6%. При этом давление жидкости в штоковой полости гидродомкрата составляет 26 МПа при насосном приводе (прямая 3), а при насосно-аккумуляторном приводе изменяется от 36 МПа в начале движения до 28 МПа в конце рабочего хода (кривая 4), что значительно выше соответствующих значений при передвижке секции конвейера.

Таким образом, использование насосно-аккумуляторного привода позволяет сократить суммарное время цикла передвижки линейной секции крепи, а следовательно, увеличить производительность механизированного комплекса по добыче угля в целом на 31,9%.

Список литературы

1. Сырицын Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода. М.: Машиностроение, 1981. 216 с.
2. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1990. 248 с.

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАЛООБРАБОТКИ

УДК 531.43/46

А.В. Анцупов (мл.), А.М. Овсов, А.В. Анцупов, В.П. Анцупов

ПОСТАНОВКА КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ ВАЛКОВОЙ СИСТЕМЫ «КВАРТО»

Аннотация. Разработана физико-вероятностная модель параметрических отказов прокатных валков клетей «кварто» на стадии их проектно-конструкторской разработки (модернизации) по кинетическим критериям прочности материалов.

Ключевые слова: валковая система, надежность, безотказность, критерий, кинетическая прочность, ресурс.

Краевая задача для оценки показателей безотказности и долговечности валковых систем «кварто» (ВСК) на стадии их конструирования или эксплуатации с опережением времени может быть сформулирована на основе общей теории прогнозирования надежности технических объектов [1–9].

Согласно правилам исходной концепции построения моделей отказов:

I – формулирование уравнений (операторов) эволюции объекта по выбранным параметрам его состояния;

II – вывод соответствующих параметрам уравнений для оценки показателей его безотказности;

III – вывод уравнений для оценки показателей долговечности объекта по выбранным параметрам, применительно к валковым системам «кварто» краевая задача теории их надежности в общем виде может быть представлена следующей незамкнутой системой уравнений:

I – уравнения (операторы) эволюции валковой системы :

$$X_{i,t} = X_{i,0} \pm \int_0^t X_{i,t} \cdot dt; \quad (I)$$

II – уравнения для оценки показателей безотказности ВСК – вероятности ее безотказной работы на любой момент времени t :

$$P_i(t) = P_i(X_{i,t} < x_{i,np}) = F_i(x_{i,np}) \text{ или } P_i(t) = P_i(X_{i,t} > x_{i,np}) = 1 - F_i(x_{i,np}), \quad (II)$$

III – уравнения для оценки показателей долговечности ВСК – ее гамма – процентного ресурса по параметрам $X_{i,t}$:

$$X_{i,t} = X_{i,0} \pm \int_0^{t_{7,i}} X_{i,t} \cdot dt = x_{i,np}, \quad \text{т.е. } t_{7,i} = t_{7,i}(X_{i,0}, X_{i,t}, x_{i,np}). \quad (III)$$

В уравнениях (I)–(III) случайными параметрами состояния валковой системы $X_{i,t}$ ($i = 1 \dots N$, $N = 5$ – номер и число параметров), изменение которых во времени t моделирует ее поведение в процессе будущей эксплуатации, являются:

$X_{1,t}$ – текущее значение профиля активной образующей рабочего валка;

$X_{2,t}$ – текущая энергоемкость материала его поверхностного слоя в зоне действия максимальных контактных напряжений;

$X_{3,t}$ – текущее значение профиля опорного валка;

$X_{4,t}$ – текущая энергоемкость объемов материала его поверхностного слоя в зоне действия максимальных контактных напряжений;

$X_{5,t}$ – текущая энергоемкость материала бочки или шейки опорного валка в зоне действия максимальных изгибающих напряжений;

$x_{i,np}$ – предельные значения параметров состояния ВСК;

$\dot{X}_{i,t} = dX_{i,t} / dt$ – скорость деградации (старения) валковой системы по выбранному параметру.

Для однозначного решения краевой задачи математической физики (I)–(III) необходимо сформулировать условия однозначности, выделяющие исследуемую систему из класса подобных, которые должны содержать:

- отличительные признаки ВСК, описывающие схему нагружения рабочего и опорного валков, физический смысл параметров состояния

$X_{i,t}$ и закон их распределения, назначенный ресурс t_{ni} при оценке $P_i(t)$ или $[P_i(t)]$ при определении t_{yi} ;

- начальные условия, описывающие значения параметров состояния $X_{i,0}$, геометрических, физико-механических, теплофизических и других характеристик валков и прокатываемой полосы в начальный момент времени;

- граничные условия – математические зависимости, описывающие взаимодействие рабочего валка с полосой и опорным валком, закон теплообмена полосы с валками, законы трения, закон распределения предельных величин $x_{i,np}$ и др.

Для того чтобы совокупность уравнений системы (I)–(III) и условий однозначности оказалась статически определимой, необходимо в явном виде сформулировать кинетические уравнения деградации ВСК для оценки скорости $\dot{X}_{i,t}$ изменения параметров ее состояния.

С этой целью для оценки скорости изменения $\dot{X}_{2,4,5}$ параметров $X_{2,t}$, $X_{4,t}$, $X_{5,t}$ следует использовать зависимости вида

$$\dot{X}_i = \dot{u}_e(\sigma, T), \quad (\text{IV})$$

выведенные в [1–3] для объемно нагруженных деталей в стационарных условиях с использованием базовых положений структурно-энергетической теории прочности твердых тел. Здесь $\dot{u}_e(\sigma, T)$ – скорость изменения (накопления) плотности скрытой энергии дефектов структуры наиболее нагруженных объемов материалов валков, в которых действуют максимальные контактные (для $i = 2$ и $i = 4$) и максимальные изгибные (для $i = 5$) напряжения σ при температуре T .

Для оценки скорости изменения $\dot{X}_{1,3}$ параметров $X_{1,t}$, $X_{3,t}$ следует использовать зависимости вида

$$\dot{X}_{1,3} = \dot{Y}_{1,3}, \quad (\text{V})$$

выведенные в [4–9] для деталей, работающих в условиях фрикционного взаимодействия на основе совместного решения базовых уравнений структурно-энергетической и молекулярно-механической теорий стационарного трения и усталостного изнашивания. Здесь $\dot{Y}_{1,3}$ – скорости линейного изнашивания рабочего валка с полосой и опорным валком (для $i = 1$) и опорного валка с рабочим (для $i = 3$).

Совокупность уравнений (I)–(V) представляет постановку статически определимой краевой задачи теории надежности валковых систем «кварто», решение которой позволяет на стадии проектно-конструкторской разработки (модернизации) рассчитывать показатели безотказности $P_i(t)$ и долговечности t_{γ_i} валковой системы по выбранным параметрам, анализировать различные варианты конструкции валков и выбирать наиболее долговечный для заданных условий будущей эксплуатации (сортамента прокатываемых полос).

Список литературы

1. Методология вероятностной оценки элементов машин по различным критериям / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), В.П. Анцупов и др. // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 29–37.
2. Antsupov A.V. Methodology of machine elements' reliability prediction by means of various criteria / A.V. Antsupov, A.V. Antsupov (jun), V.P. Antsupov // Dependability. 2013. №3 (46). P. 15–23.
3. Designed assessment of machine element reliability due to efficiency criteria / A.V. Antsupov, A.V. Antsupov (jun), V.P. Antsupov // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5 (45). P. 62–66.
4. Прогнозирование надежности трибосопряжений на основе термодинамического анализа процесса трения / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), М.Г. Слободянский и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №3. С. 54–60.
5. Прогнозирование безотказности трибосопряжений по критерию износостойкости на стадии их проектирования / Анцупов А.В., Анцупов В.П., Анцупов А.В.(мл.) и др. // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. №11. С. 38–45.
6. Методология вероятностного прогнозирования безотказности и ресурса трибосопряжений / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), А.С. Губин и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 4(3). С. 947–950.
7. Научные и методологические основы прогнозирования надежности трибосопряжений на стадии их проектирования / А.В. Анцупов, М.В. Чукин, А.В. Анцупов (мл.) и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №4. С. 56–61.
8. Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П. Методология прогнозирования надежности трибосопряжений // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2012. №2. С.3–9.
9. Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П. Обеспечение надежности узлов трения машин на стадии проектирования: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 293 с.

А.Б. Иванцов, Д.А. Гудзенко

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ РИСКИ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ

Аннотация. Произведен анализ формоизменения, смоделированного в программе *Deform*, распространенного поверхностного дефекта «риска», в процессе прохождения им волоочильного инструмента. Определены тенденции изменения конфигурации риски в зависимости от угла ее раскрытия. Показан неодинаковый характер поведения внутренней и внешней частей риски.

Ключевые слова: риска, очаг деформации, напряжение, формоизменение риски.

Одной из задач при производстве проволоки является максимальное снижение интенсивности образования и развития поверхностных дефектов. Поскольку требования к качеству продукции постоянно ужесточаются, исследования, направленные на изучение поведения дефектов поверхности металла и совершенствование технологии производства проволоки, с целью снижения ее дефектности, являются актуальными. В качестве примера рассмотрено поведение наиболее распространенного и постоянно образующегося в процессе волочения поверхностного дефекта «риска».

Наиболее характерная форма поперечного сечения риски близка к треугольной, с прямыми сторонами и со скругленной вершиной. Возможны два варианта завершения ее формоизменения – выглаживание и превращение в поверхностную трещину (рис. 1). Количественные закономерности изменения формы дефектов и особенности влияния технологических факторов изучены недостаточно полно [1].

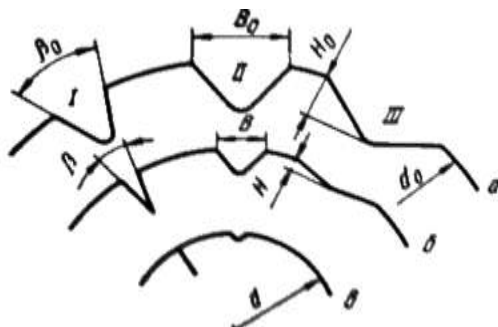


Рис 1. Схема вариантов изменения формы риски при волочении:
 a – заготовка; b – промежуточный размер; b – готовый размер

В программе *Deform* произведено моделирование процесса волочения заготовки диаметром 10 мм из стали марки *ШХ15* с относительным обжатием $q=20\%$, двойным углом обжимной зоны, равным 12° . Упорядоченную сетку конечных элементов сгенерировали с использованием 150000 элементов, с трехкратным уплотнением в области дефекта. Дефект построен в виде продольной риски треугольной формы сечения значительной протяженности. Рассмотрены три риски с исходными углами раскрытия $\beta=137^\circ$ (тупой угол), $\beta=94^\circ$ (нормальный угол), $\beta=32^\circ$ (острый угол). Так как в процессе деформации угол раскрытия риски по высоте неодинаков, выделили угол β во внешней приповерхностной части риски и β' во внутренней части.

Формирование контура поверхностного дефекта в процессе деформации в волоке определяется, прежде всего, изменением условий на поверхности контакта. На рис. 2 показаны полученные в процессе анализа схемы напряженного состояния вблизи поверхности моделируемой проволоки. На значительной части поверхности контакта в начале рабочего конуса волокна имеется область всестороннего неравномерного сжатия (---), возможность наличия которой описано в работе [2]. Данная схема напряжений определяет низкую интенсивность накопления пластической деформации, с одновременным снижением потерь пластичности практически до нуля.

В приповерхностном слое по обе стороны от области напряжений всестороннего сжатия имеются два участка основной деформации, лежащие в диапазонах $(-0,06-0,10)/l_{очага}$ и $(0,90-1,04)/l_{очага}$ (рис. 3). Здесь интенсивность деформации сечения проволоки и самого дефекта «риска» возрастает в 3–4 раза, картина напряженного состояния постоянно меняется. Наличие растягивающих напряжений определяет основную долю потери пластичности на данных участках. Интенсивность накопления деформации в области риски на 15–20 % выше, чем на аналогичных бездефектных участках сечения, что определяется процессом ее формоизменения.



Рис. 2. Схемы главных напряжений при волочении в приповерхностном слое:

«+» – растягивающие напряжения; «-» – сжимающие напряжения;

«0» – напряжения близкие к нулю ($0\pm 80\text{ МПа}$);

затемненные области – участки с преобладанием сжимающих напряжений

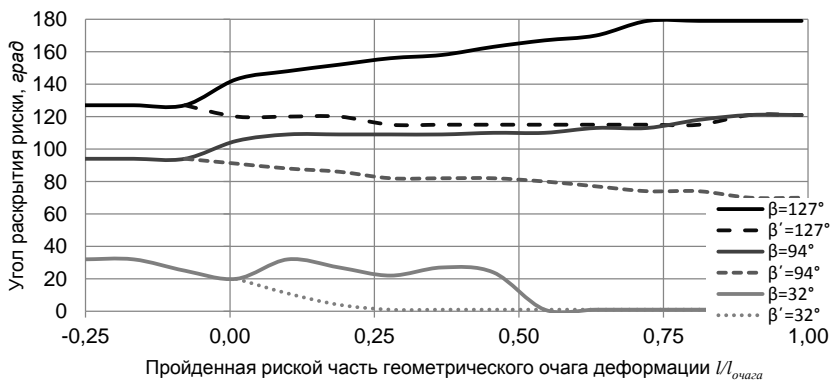


Рис. 3. Изменение угла раскрытия риски при прохождении очага деформации

Большеугловые риски с углом $\beta \geq 90^\circ$ при деформации показали себя достаточно однообразно (см. рис. 3). При вхождении большеугловой риски в область интенсивных пластических деформаций $(-0,06-0,10)/L_{\text{очага}}$ происходит противоположное изменение углов раскрытия внешней и внутренней частей: внешняя часть риски начинает разглаживаться, а внутренняя закрываться. Увеличение угла большеугловых рисков на участке интенсивной пластической деформации $(0,90-1,04)/L_{\text{очага}}$ фактически приводит к выглаживанию верхней части риски с преобразованием внутренней части риски в более остроконечную форму (см. рис. 3).

Магоугловая риска с углом $\beta=32^\circ$ при вхождении в очаг деформации изначально ведет себя одинаково по всей высоте, уменьшая угол раскрытия. К концу первого участка интенсивной пластической деформации $(-0,06-0,10)/L_{\text{очага}}$ малоугловая риска, аналогично большеугловым рискам, имеет тенденции к раскрытию на поверхности. Схлопывание внутренней части малоугловой риски вновь создает временную тенденцию к раскрытию трещины.

При волочении для всех вариантов рисков наблюдается равномерное уменьшение ширины (рис.4) и глубины (рис. 5), но завершение процесса разглаживания верхней части тупой риски ускоряет процесс изменения ее ширины. После прохода через волоку глубина тупой риски уменьшилась на 35,5% , нормальной – на 66,7% , острая риска закрылась полностью. На 8,0% снижение глубины достигнуто уменьшением сечения проволоки, остальная часть определилась выглаживанием рисков. Закрытие острой риски не привело к ее выходу на поверхность проволоки и последующей ликвидации, а сохранило как концентратор напряжений.

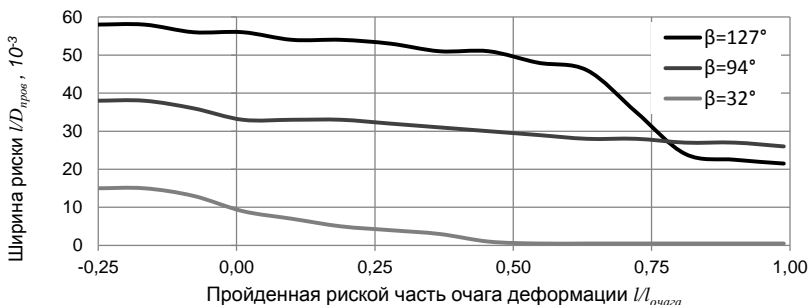


Рис. 4. Изменение ширины риски при прохождении очага деформации

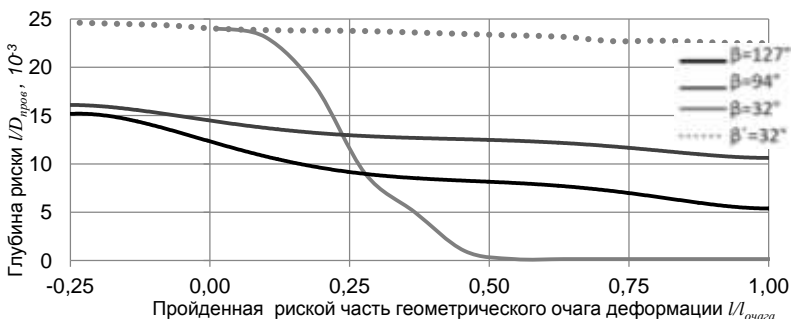


Рис. 5. Изменение глубины риски при прохождении очага деформации

Таким образом, по данным моделирования, основную деформацию и наиболее интенсивное разрушение риска получает в процессе входа и выхода из очага деформации. Большеугловая риска раскрывается во внешней своей части и сохраняет большой угол во внутренней, что предполагает ликвидацию риски в последующих волоках. Малоугловая риска, уменьшая глубину соответственно деформации проволоки, закрывается за проход, оставаясь при этом концентратором напряжений. Развитие риски средних углов определяется раскрытием ее внешней части, сужением внутренней и последующим развитием оставшейся риски как более острой и менее глубокой, переходящей без полной ликвидации, в следующие волоки.

Список литературы

1. Никифоров Б.А., Королев Н.А., Кургузов С.А. Формоизменение рисков при волочении проволоки // Сталь. 1988. № 3. С. 67–69.
2. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. М.: Металлургия, 1971. 448 с.

В.А. Харитонов, И.М. Петров

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы формирования и оценки конкурентоспособности. Предложена методика оценки конкурентоспособности технологических процессов изготовления арматурной стали и выбраны показатели, необходимые для её проведения.*

***Ключевые слова:** конкурентоспособность, оценка конкурентоспособности, показатели качества, арматурная сталь, технологические процессы.*

Выпуск конкурентоспособной продукции – это основная задача отечественной экономики в целом и металлургической промышленности в частности. Конкурентоспособность формируется в производственном процессе, который представляет собой систему, выходом которой является готовая продукция с требуемым набором качественных показателей, а входом – заготовка. Реализацию процесса осуществляют основные операторы: люди (специалисты) и технические системы (технологическое оборудование). Эффективность процесса обеспечивают обобщённые операторы: внутренние и внешние условия; специальная информация; управление и регулирование. Основой производственного процесса является технологический процесс, состоящий из операций основных, вспомогательных и операций обслуживания [1].

Для характеристики уровня конкурентоспособности технологического процесса используется система показателей, номенклатура которой весьма обширна [2]. Для наиболее полной оценки можно выделить три группы показателей: показатели уровня качества готовой продукции, показатели эффективности применяемой технологии и показатели затрат на производство.

В современных методах оценки конкурентоспособности, как правило, отсутствует системность при учёте перечисленных показателей, т.е. оценка проводится только по некоторым частным показателям.

Целью является разработка методики оценки конкурентоспособности технологических процессов, учитывающей системный характер данного показателя и позволяющей на основе этой оценки выбрать технологию, позволяющую выпускать конкурентоспособную продукцию.

Предлагаемая методика основана на методике определения индекса конкурентоспособности [3] и рассматривает показатель эффективности как сумму трёх индексов – Q (характеризует прогрессивность и уровень качества продукции и определяется требованиями стандартов), E (харак-

теризует прогрессивность применяемых технологических процессов) и C (характеризует затраты на производство). Показатель эффективности производственного процесса может быть рассчитан по следующей зависимости:

$$I = \alpha_1 Q + \alpha_2 E + \alpha_3 C,$$

где Q – показатель прогрессивности и качества продукции;

E – показатель прогрессивности технологических процессов;

C – показатель затрат на производство;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты весомости указанных показателей, причём,

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1.$$

Сами индексы можно рассчитать по следующим зависимостям:

$$Q = \beta_{Q_1} Q_1 + \beta_{Q_2} Q_2 + \dots + \beta_{Q_n} Q_n;$$

$$E = \beta_{E_1} E_1 + \beta_{E_2} E_2 + \dots + \beta_{E_m} E_m;$$

$$C = \beta_{C_1} C_1 + \beta_{C_2} C_2 + \dots + \beta_{C_k} C_k,$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n – частные показатели прогрессивности и качества продукции;

E_1, E_2, \dots, E_m – частные показатели прогрессивности применяемых технологических процессов;

C_1, C_2, \dots, C_k – частные показатели затрат на производство;

β – коэффициенты весомости, соответствующие частным показателям.

Рассмотрим частные показатели на примере производства низкоуглеродистой бунтовой арматурной стали – важного армирующего компонента железобетона. Именно она по своим физико-механическим и эксплуатационным признакам может оказать существенное позитивное влияние на основные признаки эффективности железобетона – металлоемкость, индустриальность, долговечность и безопасность [4].

Первой группой показателей являются показатели прогрессивности и качества продукции. В качестве частных показателей данной группы для арматурной стали можно выделить следующие три подгруппы показателей: параметры периодического профиля арматурной стали, механические свойства и химические свойства. Для оценки уровня качества арматурной стали нет необходимости использовать все показатели, входящие в эти подгруппы. Необходимо выделить те основные показатели, по которым можно однозначно судить об уровне свойств арматурной стали. Так, из первой подгруппы свойств для оценки можно выделить допускаемое отклонение от номинальной площади поперечного сечения, от-

клонение от номинальной массы 1 м длины профиля, относительная площадь смятия поперечных ребер профиля f_R . Остальные показатели из данной подгруппы свойств применяются в первую очередь при выборе инструмента для производства арматурной стали и не характеризуют её уровень качества напрямую.

Из второй подгруппы свойств можно выделить предел текучести σ_T ($\sigma_{0,2}$), временное сопротивление σ_B , относительное удлинение δ_5 , полное относительное удлинение при максимальном напряжении δ_{max} и отношение σ_B/σ_T ($\sigma_B/\sigma_{0,2}$).

Из третьей подгруппы достаточно использовать углеродный эквивалент.

Второй группой являются показатели прогрессивности применяемых технологических процессов. Свойства арматурной стали и издержки на ее производство, т.е., по сути, ее конкурентоспособность, формируются основными операциями технологического процесса. Основной операцией в применяемых в настоящее время технологических процессах изготовления бунтовой арматурной стали является способ ОМД, с технологической точки зрения характеризуемый следующими показателями [1]: способ подвода энергии в очаг деформации, механическая схема деформации, очаг деформации, температурно-скоростные условия, количество и сложность вспомогательных операций, необходимых для реализации способа, схема напряженного состояния, равномерность деформации и получаемая структура.

Третья группа – показатели затрат на изготовление продукции. При выборе показателей C_i целесообразно сгруппировать затраты по какому-либо признаку. Например, C_1 – затраты, относящиеся к прошлому труду (производству заготовки для производственного процесса), C_2 – к настоящему труду (т.е. затраты технологического процесса) и C_3 – к будущему труду.

Данная методика позволяет ещё на предпроектной стадии выбирать наиболее рациональный способ производства, исходя из необходимого уровня свойств арматурной стали. Также она позволяет определить направления развития или корректировки рабочих параметров для уже существующих вариантов технологий, реализованных в условиях действующего производства.

Список литературы

1. Харитонов В.А. Классификация способов ОМД по технологическим признакам при производстве проволоки // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 49–58.

2. Комплексный экономический анализ финансово-хозяйственной деятельности организации : учеб. пособие / Б.И. Герасимов, Т.М. Коновалова, С.П. Спиридонов и др. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 160 с.
3. Коротков Э.М., Шестопап Ю.Т., Дорофеев В.Д. Конкурентные позиции бизнеса: монография. М.: ИНФРА-М, 2003. 261 с.
4. Дорохин П.С., Харитонов В.А. Прогресс в структуре потребления арматурного проката диаметром до 18 мм неизбежен // Стройматериалы. 2012. №3. С. 14–23.

УДК 621.7.044: 669.14: 620.18

М.С. Жеребцов, А.С. Ишимов, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ РОCKET JAW (СЖАТИЕ-РАСТЯЖЕНИЕ) КОМПЛЕКСА GLEEBLE 3500

***Аннотация.** С использованием исследовательского комплекса Gleeble 3500 осуществлена высокоскоростная деформация стали 20 при температурах 800, 900, 1000 и 1200°C. Изучена микроструктура и определена микротвердость образцов. Показана принципиальная возможность обеспечить деформационное измельчение структуры низкоуглеродистой стали 20 при высокоскоростной деформации при температурах 800–1000°C до размера зерна около 400 нм подобно тому, как это достигается при больших пластических деформациях без нагрева металла.*

***Ключевые слова:** низкоуглеродистая сталь, высокоскоростная деформация, повышенная температура, ультрамелкозернистая структура, микротвердость.*

В настоящее время известны различные способы получения объемных ультрамелкозернистых (УМЗ) металлов и сплавов, большинство из которых основаны на интенсивных пластических деформациях. К числу основных методов, с помощью которых были достигнуты большие деформации с истинными степенями, равными 10 и более, без разрушения образцов, относятся кручение под высоким давлением и равноканальное угловое прессование, использование всесторонней ковки, равноканальной угловой протяжки, винтовой экструзии и др. Однако перечисленные методы получения УМЗ структуры не применимы для массового производства, что затрудняет их практическое использование.

В настоящее время большие возможности для моделирования процесса высокоскоростной деформации при повышенных температурах предоставляют комплексы физического моделирования Gleeble 3150, 3500, 3800. Они являются, по сути, высокоскоростным пластометром с

возможностью реализации практически неограниченного числа стадий обработки металлов давлением с постоянной или переменной по ходу обработки температурой или скоростью деформации. Характеристики комплекса GLEEBLE-3500: скорость нагрева/охлаждения образцов до 10000°C/с, точность поддержания температуры 1°C, скорость движения траверсы 1000 мм/с.

Для исследования возможностей получения ультрамелкозернистой структуры в стали 20 при высокоскоростной горячей деформации был проведен ряд экспериментов на комплексе Gleeble 3500 с использованием модуля «сжатие-растяжение». Образцы диаметром 10 мм и длиной 100 мм деформировались на сжатие при температурах 800, 900, 1000 и 1200°C со скоростью деформирования 1000 мм/с и с последующим охлаждением со скоростью 34 °C/с. Степень деформации при различных температурах была одинаковой и задавалась сжатием образца на 25 мм, которое осуществлялось перемещением траверсы на соответствующее расстояние (рис. 1).

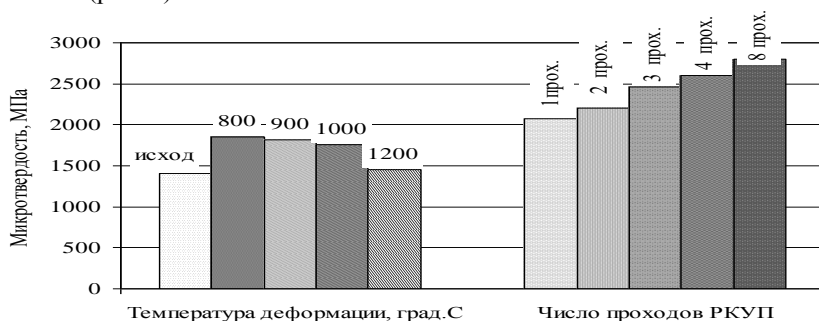


Рис. 1. Сопоставление микротвердости стали 20 после высокоскоростной деформации при различных температурах и после РКУП при 400°C

Микроструктура после ВСД при различных температурах приведена на рис.2. Она характеризуется наличием параллельных или взаимно перпендикулярных деформационных полос, расположенных с шагом 300–1000 нм, которые образуются в наиболее благоприятно ориентированных зернах и подобны полосовым структурам, возникающим при традиционных способах деформации со степенями $\varepsilon \leq 3-4$. Одновременно прослеживается разбиение деформационных полос и исходных «чистых» зерен феррита (в которых отсутствовали деформационные полосы) на более мелкие по размерам области (фрагменты), которые имеют вид зерен равноосной формы с тонкими прямолинейными границами и равновесными углами в тройных стыках. Это свидетельствует о формировании большеугловых границ, измельчении ферритных зерен до размеров 300–400 нм (фрагментировании) и образовании УМЗ структуры.

Сравнение микротвердости стали 20, полученной при высокоскоростной деформации с повышенной температурой и при РКУП, иллюстрирует рис. 2.

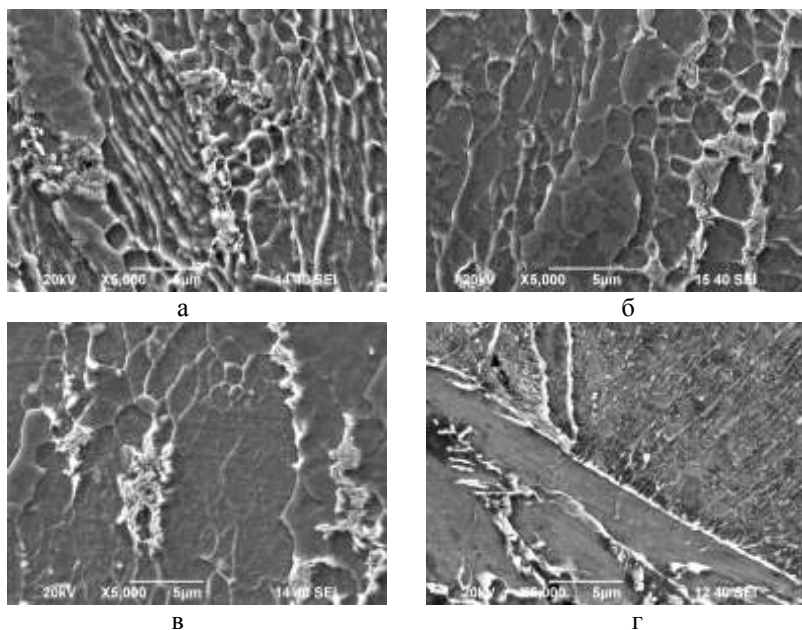


Рис. 2. Микроструктура стали 20 после высокоскоростной деформации при температуре 800 (а), 900 (б), 1000 (в) и 1200°C (г)

Заметное уменьшение твердости наблюдается только после деформации при температуре 1200°C, а по сравнению с РКУП твердость после ВСД понижена. Однако после ВСД при температурах 800–1000°C твердость по сравнению с исходным состоянием возросла примерно на 20%, что обусловлено измельчением зерна и фрагментацией феррита.

Результаты исследования показали принципиальную возможность обеспечить деформационное измельчение структуры стали 20 при высокоскоростной деформации при температурах 800–1000 °C до размера зерна около 400 нм подобно тому, как это достигается при больших пластических деформациях без нагрева металла или с небольшим нагревом, не превышающим температуру рекристаллизации.

Список литературы

1. Song R., Speer J.G., Matlock D.K., Ponge D., Raabe D. Overview of processing, microstructure and mechanical properties of ultrafine grained bcc steels // Materials Science and Engineering: A. 2006. Т. 441. № 1–2. С. 1–17.

2. Meyers M.A. Dynamic Behavior of Materials. John Wiley & Sons, New York, 1994. P. 393.
3. Koptseva N.V., Chukin M.V., Nikitenko O.A. Use of the Thixomet PRO software for quantitative analysis of the ultrafine-grain structure of low-and medium-carbon steels subjected to equal channel angular pressing // Metal Science and Heat Treatment. 2012. Т. 54. № 7–8. С. 387–392.
4. Чукин Д.М., Ишимов А.С., Жеребцов М.С. Использование комплекса Gleeble 3500 для анализа фазовых превращений в стали эвтектоидного состава, микролегированной бором // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Вып. 38. С. 53–57.
5. Ситдиков О.Ш. Эволюция микроструктуры высокопрочного алюминиевого сплава в процессе высокотемпературной всестороннейковки с большой степенью деформации // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 11. С. 15–26.

УДК 378. 147.88

О.В. Лешер, Е.А. Асабина

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ РОДИТЕЛЕЙ УЧАЩИХСЯ ШКОЛЫ: КОГНИТИВНЫЙ АСПЕКТ

***Аннотация.** Рассмотрена сущность экономической грамотности взрослого населения. Показана необходимость повышения уровня экономической грамотности взрослого населения.*

***Ключевые слова:** экономическая грамотность, взрослое население, родители.*

В настоящее время в России идет становление новой системы образования, ориентированной на вхождение в мировое образовательное пространство. В этом контексте особую значимость приобретает проблема экономического образования всех субъектов образовательного процесса. В соответствии с нормативными документами в большинстве школ раздел «Экономика» включен в курс «Обществознание». На его изучение выделена одна четверть в учебном году. Таким образом, учащиеся школ изучают лишь основы экономической грамотности, их дальнейшее познание в данной области является лишь их желанием и стремлением.

Намного сложнее, на наш взгляд, складывается ситуация со взрослым населением – родителями, у которого нет даже основ этой грамотности, так как в свое время обучение основам экономики не осуществлялось. Вместе с тем именно от них, от принятых ими решений, зависит экономическая стабильность семьи, которая позволяет ребенку чувство-

вать себя в безопасности. Поэтому в первую очередь именно родители нуждаются в изучении экономической грамотности. Также необходимо отметить, что экономически грамотное и активное население способно обеспечить развитие национального производства страны, а следовательно, процветание всего общества.

Экономическая грамотность взрослого населения является одним из самых важных факторов экономического роста России и повышения уровня его доходов. Общество достигает наибольших экономических успехов, когда граждане страны обладают развитыми навыками принятия ответственных и сознательных решений в финансовой сфере. Экономическая грамотность – главное средство против бедности, один из способов снижения экономических рисков страны [2].

Экономическая грамотность, будучи одним из первых инструментов создания средств адаптации личности к социально-экономическим изменениям, служит способом развития личности, распространения экономических знаний и средством формирования человеческого капитала [3].

В процессе исследования экономической грамотности родителей нами было проведено анкетирование среди родителей учащихся первых классов одной из школ г.Магнитогорска Челябинской области. Данная анкета содержала 13 вопросов, но лишь половина опрошенных родителей смогли ответить на все вопросы. Самое главное затруднение у них вызвало определение понятия экономической грамотности, в данной графе родители поставили прочерк. Несмотря на наличие высшего образования (80% опрошенных), процент родителей, беседующих с детьми по данным вопросам, составляет лишь 50%. Сами родители оценивают свои знания в экономической грамотности следующим образом: 20% – слабые знания, 60% – средние знания, по 10% распределились знания выше среднего и как отличные. При ответе на вопрос о возможности повышения уровня знаний по экономической грамотности 70% родителей ответили о нежелании повысить уровень и только 30% родителей высказали желание их повысить.

В ходе проведенного нами анализа по результатам анкетирования родителей уровень экономической грамотности остается ниже среднего, так как половина родителей не смогли дать определение понятия экономической грамотности, не беседуют с детьми по различным вопросам в области экономики. В то время как любая семья, по своей сути, является «маленьким предприятием» и имеет свою «бухгалтерию», благодаря которой ее члены знают свое финансовое положение. Для организации семейного бюджета вовсе не обязательно знание тонкостей, но о таких вещах как норма сбережения или первоочередные траты знать необходимо. Это должно быть неотъемлемой частью экономической культуры семьи и общества.

Следовательно, экономическая грамотность должна быть предметом обсуждения на конференциях и семинарах различного уровня, и, таким

образом, произойдет повышение роли экономической грамотности в современной обществе. Этому способствует рост потребности и стремления населения участвовать в экономической жизни страны. Но без элементарных знаний по экономической грамотности невозможно представить участие населения в жизни страны, потому что именно от взрослого населения, то есть родителей, зависит принятие решений, которые позволяют обеспечить личную финансовую безопасность и собственное благосостояние, а также внести вклад в экономику и способствовать устойчивому развитию мировой экономической системы.

Список литературы

1. Лешер О.В., Аришина Э.С. Введение в профессионально-педагогическую деятельность: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 176 с.
2. Назарова О. Г. Формирование экономической компетентности учащихся профессиональных лицеев при изучении курса «Экономическая культура» // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2008. №49.
3. Соломченко М.А., Молчанов А.С. Формирование экономической грамотности у студентов факультетов физической культуры и спорта // Успехи современного естествознания. 2011. № 8. С. 307–311.
4. Экономическая грамотность – первая ступень к развитию компетентности. URL: <http://nsportal.ru/shkola/ekonomika/library>.

УДК 378.147.88

О.В. Лешер, Н.В. Балакина

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрена сущность профессионально-педагогической направленности студентов педагогических специальностей. Показана зависимость развития профессионально-педагогической направленности от проведения педагогических практик студентов педагогических специальностей университета.*

***Ключевые слова:** педагогическая практика, развитие профессионально-педагогической направленности, студенты педагогических специальностей.*

Высшее образование в России на протяжении последнего десятилетия находится в состоянии непрерывного совершенствования и развития, что привело к пересмотру функций данного вида образования в направлении от простой подготовки специалистов с высшим образованием к

выпускникам, востребованным на рынке труда, способным выполнять разнообразные профессиональные действия, решать профессиональные задачи, осуществлять профессиональное саморазвитие.

В становлении специалиста, отмечают М.Е. Дуранов, В.И. Жернов, О.В. Лешер, большую роль играет развитие его профессионально-личностных свойств, в частности развитие профессионально-педагогической направленности [2]. Профессионально-педагогическая направленность личности, подчеркивает А.К. Маркова, является одним из определяющих факторов пригодности личности к педагогической профессии [5]. Она включает в себя общий интеллектуальный уровень развития личности, систему специальных знаний, умений, навыков, практическую реализацию общепедагогических знаний и умений, интерес к педагогической деятельности, потребность реализовывать себя в ней, профессиональные мотивы, ценности, ценностные ориентации, а также наличие и развитость профессионально значимых качеств личности педагога [4].

В педагогической литературе является дискуссионным вопрос о понимании сущности профессионально-педагогической направленности личности студентов педагогических специальностей в силу того, что нет однозначной трактовки данного понятия. Исследователи рассматривают данный вид направленности как:

- интерес и склонность к педагогической деятельности (Г.И. Щукина, М.И. Дьяченко, Л.А. Кандыбович, А.К. Маркова);
- положительное эмоционально-ценностное отношение к профессии учителя (Н.В. Кузьмина, Т.П. Маралова, Г.А. Томилова и др.);
- профессионально-значимое качество личности или компонент педагогических способностей (В.А. Слостенин, А.Н. Леонтьев, В.П. Симонов и др.);
- система мотивов выбора педагогической профессии (И.Н. Алешина, Л.И. Мельникова, Л.М. Митина, Е.М. Никиреев, Н.Ю. Ткачева, И.В. Фастовец и др.).

Анализируя литературу по исследуемой проблеме, можно сказать, что все авторы определяют профессионально-педагогическую направленность как многокомпонентное целостное личностное образование, которое выступает в качестве многогранной интегральной характеристики личности. Поэтому раскрывают её не как отдельное понятие, а как комплекс компонентов, характеризующих профессионально-педагогическую направленность личности.

Наиболее близкой для нас является позиция А.К. Марковой, рассматривающей профессионально-педагогическую направленность как интегральную характеристику мотивации профессиональной деятельности, определяемой всеми побуждениями в мотивационной сфере [5].

В нашем исследовании под профессионально-педагогической направленностью студентов педагогических специальностей мы понимаем личностное новообразование студентов, выражающееся в иерархизированной динамичной системе ведущих мотивационных комплексов, стимулирующих учебно-профессиональную деятельность и определяющих существенные особенности направленности их деятельности.

Учёные выделяют такие формы проявления направленности личности, которые могут быть мотивами ее активности: интересы, идеалы, мировоззрение, склонности и т.д. По мнению Г.И. Щукиной, направленность личности определяет жизненную позицию человека, так как в основе направленности лежат потребности – «двигатель всякого развития» (К. Маркс), – и в ней наиболее ярко воплощается результат взаимодействия внешних и внутренних условий жизнедеятельности [6].

Развитие профессионально-педагогической направленности личности студентов педагогических специальностей представляет собой количественные, качественные и структурные изменения в профессионально-мотивационной сфере личности будущего педагога. Количественные изменения в профессионально-педагогической направленности личности проявляются в обогащении мотивов предпочтения профессии педагога: начиная с частных мотивов, связанных с отдельными сторонами профессии, до целой совокупности мотивов. Качественные изменения проявляются в смене лидирующих мотивов предпочтения профессии, что приводит к структурным изменениям в профессионально-педагогической направленности личности, которые проявляются в смене ведущей группы мотивов предпочтения профессии.

Развитие данного профессионально-личностного свойства, по мнению В.И.Земцовой, носит стадийный характер. Возникновение личностных новообразований на определенной стадии развития профессионально-педагогической направленности личности студента подготовлено процессом предшествующего развития личности [3].

Исследователь отмечает, что первая стадия развития профессионально-педагогической направленности (ППН) (осознания) характеризуется внутренним принятием данной профессии, появлением не просто ситуативного интереса (любопытства), а целевого (опосредованного) интереса. Вторая стадия развития ППН (становления) студентов характеризуется появлением уже не просто целевого интереса, но и процессуально-целевого интереса, при котором сочетается удовольствие и результат. Для третьей стадии развития ППН (самосовершенствование) характерно, то, что лидирующими мотивами предпочтения профессии педагога являются мотивы «Ядра» профессии. Студент имеет сильный устойчивый интерес к педагогической профессии.

Понятие «развитие профессионально-педагогической направленности студентов педагогических специальностей» в нашем исследовании мы трактуем как процесс закономерного, направленного количественно-

го, качественного и структурного изменения профессионально-педагогической направленности студентов, её переход из одного состояния в другое, более совершенное (от старого качественного состояния к новому).

Проводимое нами исследование позволяет сделать вывод, что профессионально-педагогическая направленность личности не дана человеку изначально, она развивается постепенно. Важное место в этом процессе занимает педагогическая практика студентов.

В современных психолого-педагогических исследованиях педагогическая практика рассматривается как форма профессионального обучения в высших учебных заведениях, ведущее звено практической подготовки будущих учителей (О.А. Абдуллина); средство подготовки будущего учителя к инновационной деятельности в процессе профессионально-педагогического образования (О.С. Гребенюк, Т.Б. Гребенюк); как органическое звено единого учебно-воспитательного процесса вуза, предусматривающего соответствие теоретической подготовки требованиям практики, формирование педагогических умений и профессионально-ценностных качеств личности будущих учителей, форма становления и формирования личности будущего учителя (Л.А. Трепоухова); как основная форма методической подготовки студентов (Э.Ф. Матвеева); как вид учебной работы, который организуется преподавателем вуза со студентами в условиях изучения предмета (Л.В. Андриянова); как одна из основных форм профессиональной подготовки в высшей школе, позволяющая осуществить обучение студентов «от опыта» собственной педагогической деятельности (И.А. Бочкарева) и др.

Под педагогической практикой мы понимаем поэтапную систему организации взаимодействия преподавателя и студента в реальных образовательных условиях, направленную на постепенное усложнение многоуровневой подготовки студента, способствующую развитию профессионально-педагогической направленности личности будущего учителя с целью дальнейшего профессионального саморазвития.

Именно педагогическая практика играет неосценимую роль в развитии профессионально-педагогической направленности студентов. В непрерывном поэтапном (усложняющемся) процессе студент не только интегрально и творчески может применять полученные в вузе знания и умения, но и развивать данный вид направленности, овладевая образовательным и профессиональным опытом. Заметим, что в период педагогической практики студент в настоящее время должен быть профессионально направленным субъектом, а не только объектом в системе учебно-профессиональной подготовки [1].

Таким образом, нацеленность учебно-воспитательного процесса в вузе на профессиональное развитие личности студентов педагогических специальностей делает педагогическую практику системообразующим фактором всей подготовки студентов университета к предстоящей педа-

гогической деятельности в целом и развитию профессионально-педагогической направленности личности студентов педагогических специальностей в частности.

Список литературы

1. Балакина Н.В. Производственная практика как фактор профессионального становления студентов технического университета // Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Вып. 12. С. 265–269.
2. Педагогика воспитания и развития личности учащегося / Дуранов М.Е., Дуранов И.М., Жернов В.И., Лешер О.В. Магнитогорск: МГПИ, 1996. 315 с.
3. Земцова В.И. Управление учебно-профессиональной деятельностью студентов на основе функционально-деятельностного подхода: монография. М.: Компания Спутник+, 2008. 208 с.
4. Лешер О.В., Вахрушева И.А. Потребности как компонент формирования математической направленности студентов технического вуза. М.: Международный центр науки и образования, 2012. С.12–16.
5. Маркова А.К. Психология профессионализма. М.: Просвещение, 1996. 233 с.
6. Щукина Г.И. Педагогические проблемы формирования познавательных интересов учащихся. М.: Педагогика, 1988. 208 с.

УДК 621.852.11

О.Е. Селезнёв, А.А. Мельник, И.В. Поляруш

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ С ГИБКОЙ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТОЙ В ПРИВОДАХ МАШИН

***Аннотация.** Рассмотрена возможность применения гибкой стальной ленты в приводах машин вместо дорогостоящих ремней, которые имеют некоторое непостоянство передаточного отношения, вызванное зависимостью скольжения ремня от нагрузки; повышенную нагрузку на валы и опоры, вызванную большим предварительным натяжением ремня, его низкую долговечность, особенно когда пусковая нагрузка до 300% нормальной.*

***Ключевые слова:** привод, гибкая стальная лента, нагрузочное устройство.*

При исследовании патентного фонда найдено 11 патентов СССР и РФ, 3 – Японии, 1 – Германии и 1 – Англии, относящиеся к приводным ремням из цельной металлической ленты. Таким образом, в технике перспективное направление – применение гибкой нерастяжимой стальной ленты в приводах машин вместо клиноременной и других передач не получило современного развития, кроме бесступенчатой фрикционной передачи (вариаторов с толкающим ремнем, предложенного голландской

фирмой «Ван Доорн») сложной конструкции, применяемой на автомобилях «Subaru», «Fiat», «Ford», «Rover», «Toyota», «Honda» и др.

Применяемая обычная клиноременная передача в качестве вентиляторных ремней имеет срок службы на тракторах (Англия – 583–1200 ч; Канада – 2200 ч; Италия – 845–1220 ч; Германия – 186 ч; Чехия – 585 ч; США – 750–1000 ч, срок службы в странах СНГ такой же).

Новым и перспективным направлением является конструирование ременных передач на основе бесконечной гибкой стальной ленты, которая не вытягивается, не стареет, допускает малое провисание, исключает возникновение дуг скольжения и может работать в короткоосной передаче и при неограниченном расстоянии между валами, КПД такой передачи 0,99.



Целью настоящего исследования является разработка стенда со специальным гидравлическим нагрузочным устройством для проведения испытаний в лаборатории динамических исследований механических систем кафедры ТМиСМ.

Стенд включает трехфазный электродвигатель В71А4У2 ($N=0,55$ кВт, $n_d = 1350$ об/мин), нагрузочное устройство – насос шестеренчатый Г11-11А ($P = 0,5$ МПа; $Q = 5$ л/мин; $n = 1450$ об/мин).

Нагружение ведомого вала передачи осуществлялось изменением проходного сечения нагнетательного трубопровода насоса, соосно установленного с ведомым валом. Давление в магистрали плавно регулировалось до 2 МПа.

Растягивающее усилие в ветвях ленты создавалось винтовым устройством и измерялось динамометром растяжения.

Привод осуществлялся лентой марки У10А, временное сопротивление $\sigma_b = 1600$ МПа, ширина $b_d = 8$ мм, толщина $\delta_d = 0,3$ мм.

Максимальное межосевое расстояние между шкивами 850 мм, минимальное 220 мм.

Концы ленты соединялись механическим способом – заклепкой и при помощи волнообразных участков.

Испытание проводилось на основании выполненных для привода расчетов. Максимальное суммарное напряжение в ленте

$$\sigma_{\Sigma} = \dots, \quad (1)$$

где $n = 4$ – коэффициент запаса прочности;

$[\sigma] = \dots$ – допускаемое напряжение для привода из стальной ленты.

Взаимосвязь между пределом выносливости при изгибе σ_{-1} и σ_b для сталей с $\sigma_b = 1200\text{--}1800$ МПа:

$$\sigma_{-1} = \dots \cdot \sigma_b. \quad (2)$$

Напряжение изгиба в ленте:

$$\sigma_{\text{изг}} = \dots, \quad (3)$$

где $E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости;

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

$D_{\text{шк}} = 190$ мм – диаметр наименьшего шкива.

Наименьшее отношение $D_{\text{шк}}$ к δ_l

$$\dots \quad (4)$$

где $n_y = 2$ – запас усталостной прочности ленты.

Конструктивно принято

$$\dots$$

Линейная скорость ленты $V_l = 13,4$ м/с.

Передаваемая мощность одной лентой

$$N = b_l \delta_l V_l = 3,9 \text{ кВт}, \quad (5)$$

где $\dots = \dots$

Таким образом, теоретически передаваемая мощность одной лентой ограничивается только её прочностными характеристиками и фрикционной связью со шкивами трения.

Список литературы

1. Пат. 22375 2007/0802.1 Казахстан, МПК F16G 3/00. Способ соединения концов гибкой стальной ленты ременной передачи / Борохович Б.А., Еркетаев Е.С., Токмашев М.А. (Казахстан).
2. Борохович Б.А. К вопросу совершенствования механических передач с гибкой связью в приводах машин // Проблемы индустриально-инновационного развития горнодобывающих отраслей промышленности и мировая геополитика освоения хризотилового волокна: материалы Пятой международной научно-практической конференции), Республика Казахстан. Житикара: АО «Костанайские минералы», 2010. С. 220 – 225.

А.Н. Шаповалов, Е.В. Овчинникова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗВЕСТИ В АГЛОПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ОАО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Аннотация. Рассмотрена возможность улучшения условий окомкования аглошихты в агломерационном цехе ОАО «Уральская Сталь» за счет оптимизации условий применения извести – ее дробления до крупности менее 5 мм перед подачей в аглошихту и увеличения расхода до 50 кг/т, что позволит увеличить долю концентратов в аглошихте до 84%.

Ключевые слова: аглошихта, эффективность окомкования, дробленая известь, замкнутый цикл дробления.

Производство агломерата в условиях ОАО «Уральская Сталь» осуществляется на 4-х агломашинах площадью спекания 84 м². В табл. 1 представлены усредненные показатели работы агломерационного цеха за период с ноября 2010 по октябрь 2012 года.

Таблица 1
Усредненные среднемесячные показатели работы агломерационного цеха ОАО «Уральская Сталь» за период с ноября 2010 г. по октябрь 2012 г.

Показатели	Значение*
Удельная производительность, т/(м ² ·ч)	0,930–1,154 / 1,095
Содержание концентратов в шихте, %	59,39–66,38 / 62,81
Высота слоя шихты, мм	248–295 / 266
Содержание возврата в шихте, мм	24,1–27,5 / 26,2
Температура шихты, °С	40–61 / 51
Содержание в шихте горюч. углерода, %	3,71–5,09 / 4,08
Содержание влаги в шихте, %	6,93–7,97 / 7,24
Расход извести, кг/т	17,9–34,8 / 29,0
Содержание железа в агломерате, %	50,3–54,1 / 52,07
Основность агломерата по CaO/SiO ₂ , ед.	1,35–1,85 / 1,65
Содержание мелочи (фр. 0–5 мм), %	15,1–17,1 / 16,2
Показатели прочности, %:	
удар	65,0–72,3 / 68,26
истираемость	4,9–5,4 / 5,19
* В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.	

Невысокие показатели работы цеха как по производительности, так и по качеству агломерата объясняются недостаточно эффективной технологией подготовки аглошихты к спеканию.

Определяющую роль при ее подготовке оказывает гранулометрический состав компонентов шихты, а также параметры увлажнения и окомкования [1,3]. Исследование гранулометрического состава компонентов аглошихты позволило установить, что одной из основных причин ухудшения условий окомкования является высокое содержание фракций +5 мм в извести (23,9–31,6%), что наряду с низкой степенью ее обжига (40–60%) существенно снижает равномерность ее распределения в аглошихте при смешивании и ведет к уменьшению степени ее использования в качестве интенсификатора процесса окомкования. Кроме того, крупнокусовый состав извести ухудшает ее усвоение в процессе спекания, что также снижает прочностные свойства агломерата [2,4].

В лабораторных условиях проведено исследование по улучшению окомкования аглошихты за счет оптимизации условий применения извести. Состав аглошихты рассчитывался на получение агломерата основностью 1,65 ед. с содержанием 2,1% MgO. Улучшение условий окомкования и показателей аглопроцесса добивались за счет применения дробленой до фракции менее 5 мм извести и увеличения ее расхода от «базового» уровня 30 кг/т до 60. С повышением расхода извести одновременно увеличивали долю тонкозернистых концентратов в аглошихте до 84%.

Условия проведения экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2

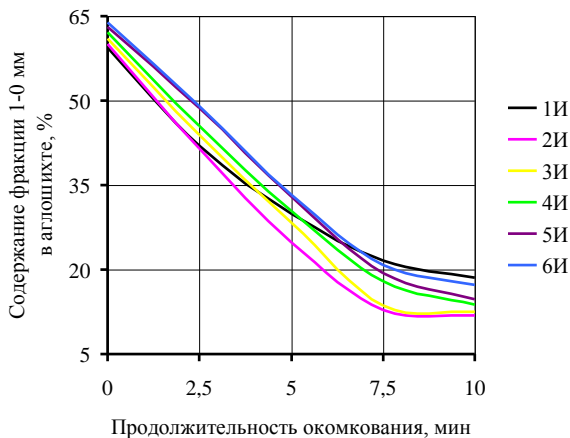
Условия экспериментов по улучшению окомкования аглошихты за счет оптимизации условий применения извести

Показатели	Номер опыта								
	1И	2И	3И	4И	5И	6И	7И	8И	9И
Крупность извести, мм	0-10	дробленая до крупности 0–5 мм							
Расход извести, кг/т	29						40	50	60
Доля тонкозернистых материалов, %	65,2	65,2	70,0	75,0	80,0	83,6	83,6	83,6	83,6
Сш, %	4,5						4,4	4,3	4,2
Влажность шихты, %	по внешним признакам (на ощупь) до состояния «нормальной»								
Высота слоя шихты, мм	320-330								
Содержание возврата в шихте, %	26,0								
Расчетное содержание Fe в агломерате, %	52,45	52,45	52,95	53,48	54,02	54,40	54,42	54,44	54,46

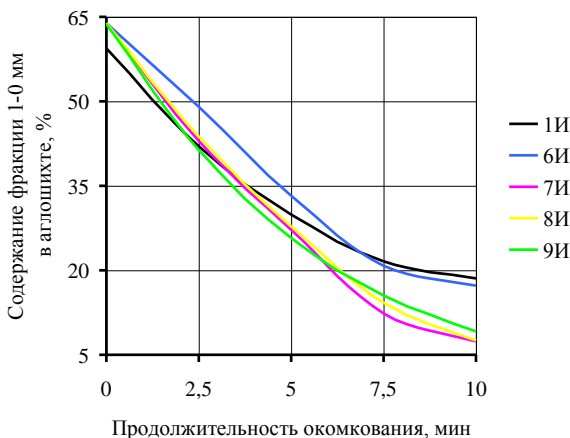
Для оценки эффективности окомкования в различных условиях проведения опытов, в процессе подготовки аглошихты в барабанном оком-

кователе, в течение всего периода обработки проводился отбор проб аглошихты через каждые 2,5 мин с целью изучения динамики окомкования. Каждая проба рассеивалась для определения фракционного состава аглошихты и степени ее окомкования.

Полученные результаты показали, что использование дробленой извести существенно улучшает динамику окомкования, что подтверждается уменьшением содержания фракции менее 1 мм в аглошихте (см. рисунок).



а



б

Динамика содержания фракции 1–0 мм в аглошихте в процессе окомкования при различной крупности (а) и расходе дробленой извести (б)

Улучшение условий окомкования происходит за счет увеличения удельной реакционной поверхности дробленой извести, что способствует повышению скорости ее гидратации и связующей способности [2,4]. Таким образом, использование дробленой извести существенно улучшает результаты окомкования аглошихт с долей концентратов до 80%. При доле концентрата более 80% в шихте для успешного окомкования необходимо увеличение расхода извести до 40–50 кг/т.

Улучшение результатов окомкования при оптимизации условий использования извести проявляются и на показателях аглопроцесса – увеличивается выход годного и удельная производительность, а также прочность агломерата (табл. 3).

Таблица 3

Усредненные результаты экспериментальных спеканий

Показатели	Номер опыта								
	1И	2И	3И	4И	5И	6И	7И	8И	9И
Крупность извести, мм	0–10		дробленая до крупности 0–5 мм						
Расход извести, кг/т	29						40	50	60
Доля тонкозернистых материалов, %	65,2	65,2	70,0	75,0	80,0	83,6	83,6	83,6	83,6
Выход годного агломерата после сбрасывания, %	72,78	77,60	76,77	74,52	73,36	71,48	73,45	76,69	75,37
Уд. произв. годн. агл., т/(м ² ·ч)	0,873	1,020	1,015	1,001	0,969	0,911	1,056	1,091	1,070
Сопrotивление истиранию по ГОСТ 15137-77, %	6,49	3,76	5,16	5,71	5,68	5,35	4,84	4,62	4,54
Прочность на удар по ГОСТ 15137-77, %	66,50	71,39	71,73	71,13	70,10	67,81	70,67	70,55	69,33

Таким образом, для повышения эффективности использования извести необходима глубокая модернизация участка ее подготовки, позволяющая обеспечить аглоцех известью с высокой степенью обжига крупностью менее 5 мм с расходом до 50 кг/т [5].

Список литературы

1. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. 400 с.

2. Влияние извести на процесс спекания тонкоизмельченных концентратов / Г.В. Коршиков, Е.В. Невмержицкий, М.А. Хайков, В.Н. Пономарев // Сталь. 1974. № 4. С. 7–12.
3. Совершенствование технологии агломерации мелкозернистых концентратов / В.Н. Бургов, В.А. Мирко, В.К. Головкин, Ю.А. Кабанов // Металлург. 1985. № 6. С. 22-24.
4. Гурин П.И., Хлапонин Н.С., Осипенко А.М. Эффективность применения извести при агломерации шихты высокой основности // Сталь. 1981. № 9. С.9–12.
5. Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В. Модернизация технологической линии подготовки аглошихты к спеканию в условиях ОАО «Уральская Сталь» // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2013. №2. С.34–39.

УДК 669.162.22-52

В.Г. Дружков, М.Ю. Ширшов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САРД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ ДОМЕННЫХ ПЕЧАХ

***Аннотация.** Обобщены причины неравномерного распределения дутья по фурмам доменных печей, результаты работ по внедрению систем автоматического распределения дутья по фурмам (САРД), показана высокая эффективность этого мероприятия, выявлены причины свертывания работ в мире по этому направлению. Обоснована необходимость и возможность внедрения САРД нового поколения в настоящее время.*

***Ключевые слова:** печь доменная, подача дутья в горн, неравномерность распределения его по фурмам, САРД первого поколения, эффективность внедрения их, необходимость разработки и использования САРД нового поколения.*

Для обеспечения высокой технико-экономической эффективности доменной плавки необходимо поддерживать ровный ход доменной печи. Под ровным ходом печи, в самом общем смысле, понимается стабильность выбранного рационального газодинамического режима и нормального теплового состояния процесса.

Одной из главных задач управления доменной плавкой остается поиск направлений и средств совершенствования противотока газа и шихтовых материалов путем изучения основных его закономерностей [1].

Методом воздействия на противоток в горне доменной печи является регулирование с помощью распределения и скорости истечения дутья. Однако расходы дутья по отдельным фурмам в горне доменных печей неодинаковы. Отклонения чаще всего составляют 10–15% от среднего

значения, максимально – до 30–50%. Это приводит к существенной неравномерности работы печи по окружности и снижению технико-экономических показателей доменной плавки. Такое различие в значительной мере способствует такому же неравномерному распределению природного газа и других добавок к дутью [2]. Поэтому доменщики вынуждены менять распределение дутья по фурмам путем изменения их диаметра, закрытием и др.

Давно была выявлена неравномерность распределения дутья по фурмам в горне доменных печей. Обобщены уже известные причины:

- односторонний подвод горячего дутья к кольцевому воздухопроводу, в результате чего расход его на фурмах в секторах места ввода и диаметрально противоположного ему, как правило, выше;

- подвод дутья к кольцевому воздухопроводу в двух местах сверху (доменная печь № 9 Криворожстали, $V_{II}=5037 \text{ м}^3$) добавил количество секторов с повышенным расходом дутья по фурмам;

- разная газопроницаемость материалов в надфурменных зонах из-за неравномерного окружного распределения шихты;

- изменение сечения фурм при зарастании их шлаком;

- перекосы уровня шихты;

- искажение профиля печи в связи с излишним разгаром футеровки (в секторах над чугунными и шлаковыми летками), образованием настелей и гарнисажа излишней толщины;

- разные значения архимедовой силы по секторам горна на выпуске, а значит, и скорости схода материалов;

- геометрия фурменных рукавов, попадание в диффузор фурменных приборов фрагментов огнеупорных изделий при частичном разрушении камеры горения воздухонагревателей и воздухопровода горячего дутья.

Удалось выявить новые причины неравномерного распределения дутья по фурмам. Например, место врезки в кольцевой воздухопровод устройства для взятия печи «на тягу», которое создает дополнительную турбулентность потока горячего дутья.

В 60-х годах XX столетия были внедрены на ряде отечественных и зарубежных доменных печей системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам (САРДы первого поколения). Была доказана высокая эффективность этого мероприятия, несмотря на то, что средства замера и регулирования расхода дутья располагались внутри фурменных приборов и увеличивали сопротивление их. При маломощности воздушных машин это снижало эффективность.

Эксплуатация САРД на доменных печах ММК, Азовстали, КМК, Макеевского металлургического завода показала, что неравномерность распределения его по фурмам снизилась в 4 раза, улучшилась степень использования газового потока, что способствовало снижению темпера-

туры кладки шахты, увеличению производительности печи на 4,1% и сокращению удельного расхода кокса на 2,7% [1, 3, 4].

Чаще всего в промышленности расход жидкостей и газов замеряется с помощью стандартных сужающих (дроссельных) устройств – шайб (диафрагм), напорных трубок, сопел Лавалья, труб Вентури и др., с использованием зависимости $Q = k \cdot \sqrt{\Delta h}$. На доменных печах применялись шайбы, сопла, напорные трубки (Пито) и др. На рис. 1 представлен способ измерения перепада давлений на неподвижном колене фурменного прибора [5].

Расход дутья [1] на n-фурме определяется по формуле

$$Q_n = k \cdot \sqrt{\Delta h_n}, \quad (1)$$

где Δh_n – перепад на фурменном колене (диффузоре) n-й фурмы;

Q_n – расход дутья, $m^3 / мин$, на n-й фурме;

k – коэффициент, определяемый по формуле

$$k = \frac{Q_D}{\sum_{n=1}^n \sqrt{\Delta h}}, \quad (2)$$

где Q_D – суммарный расход дутья на печь, $m^3/мин$.

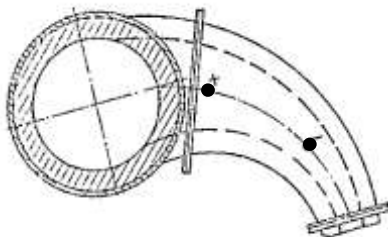


Рис.1. Места отбора давления в неподвижном колене

Для регулирования расхода дутья по фурмам применяли охлаждаемые регулирующие конусы (Германия), дроссельные заслонки (мотыльки) (КМК, Азовсталь, Япония), шиберы (ММК). Расположение измерительного сопла и регулирующего дросселя [3] представлены на рис. 2.

Наиболее стойкими оказались регулирующие органы, предложенные на ММК, – водоохлаждаемые шиберы, дополнительно охлаждаемые свер-

ху компрессорным воздухом и убирающиеся при взятии печи «на тягу». На рис. 3 представлено регулирующее устройство шиберного типа [5].

Повышение температуры дутья до – привело к выходу из строя средств замера и регулирования расходов дутья по фурмам и свертыванию работ по внедрению САРД первого поколения.

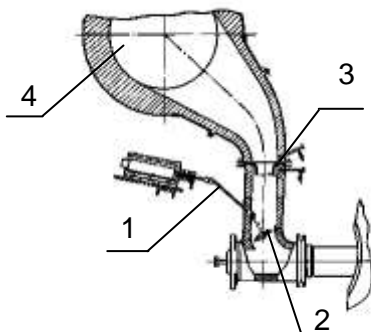


Рис.2. Расположение измерительного сопла и регулирующего дросселя в фурменном приборе: 1 – рычаг управления дросселем; 2 – дроссельная заслонка; 3 – измерительное сопло; 4 – кольцевой воздухопровод

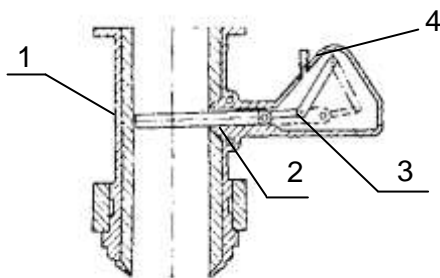


Рис. 3. Шиберное устройство для регулирования расхода дутья через фурму печи: 1 – неподвижный патрубок; 2 – шибер; 3 – рычаг; 4 – кожух

Однозначно, что повышение равномерности распределения дутья по фурмам будет способствовать лучшему использованию тепловой и химической энергии газа. Новый импульс к возобновлению этих работ на более высоком уровне может придать предложение кафедры металлургии черных металлов МГТУ им. Г.И. Носова о регулировании расхода дутья по фурмам изменением места ввода природного газа (топливной добавки)

в фурменном приборе. Увеличение расстояния места ввода природного газа от носка фурмы (следовательно – времени пребывания его в фурменном приборе) способствует росту степени полного горения и температуры газовоздушной смеси, а значит, объема, скорости истечения и, в конечном итоге, сопротивления. Расход дутья через данную фурму упадет, а на остальные – увеличится. Необходимо устроить несколько мест ввода природного газа и поставить краны для подключения их к магистрали [6]. На фурменном приборе типовой конструкции можно организовать два места ввода: во фланец (как делалось раньше) и в средней части фурмы. На фурменном приборе сильфонного (карданного) типа можно организовать три места ввода: одно в соплах и два в фурме, если она герметично соединена.

Наиболее убедительным подтверждением необходимости регулирования распределения дутья по фурмам являются данные, которые были получены на печах № 9 и 10 ОАО «ММК». Разность почасовых расходов дутья по фурмам доменной печи № 9 достигали 17–28%, на доменной печи № 10 отклонения составили 13–39%. Графически распределения горячего дутья по фурмам доменных печей № 9 и 10 представлены на рис. 4.

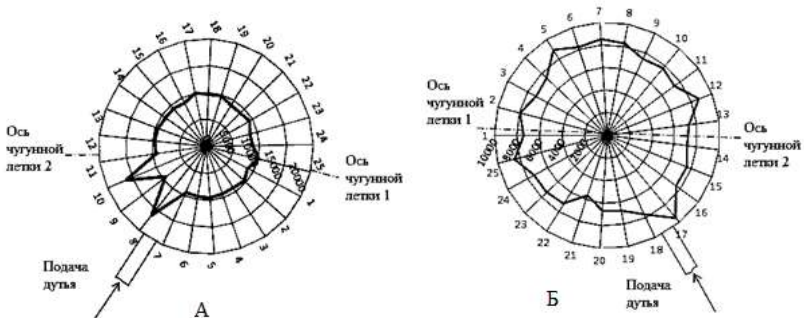


Рис. 4. Распределения горячего дутья по фурмам доменных печей № 10 (А) и № 9 (Б) ОАО «ММК»

Сочетание «бесконтактного» замера расхода дутья на фурму с «бесконтактным» способом регулирования его гарантирует надежную и продолжительную службу локальной системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам в горне доменных печей.

Список литературы

1. Разработка и внедрение системы автоматического распределения дутья по фурмам / Н.Н. Сажнев, Н.И. Иванов, М.А. Стефанович и др. // Вопросы теп-

- лотехники и автоматизации металлургического производства: сб. науч. трудов / МГМИ им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 1970. Вып. 76. С.4–9.
2. Тарасов В.П., Тарасов П.В. Теория и технология доменной плавки. М.: Интермет Инжиниринг, 2007. 384 с.
 3. Автоматическое регулирование распределения дутья по фурмам доменной печи Кузнецкого металлургического комбината / Б.Н. Жеребин, В.А. Хромов, П.П. Мишин и др. // Сталь. 1964. №4. С.292–296.
 4. Анализ работы доменной печи при автоматическом регулировании дутья по воздушным фурмам / Г.Е. Сенько, В.Н. Оноприенко, А.П. Царицын и др. // Сталь. 1965. №7. С.590–593.
 5. Сажнев Н.Н. Система автоматического распределения дутья по фурмам доменной печи // Бюл. ЦИИИ. 1969. №13. С. 37–39.
 6. Необходимость и возможность оснащения современных доменных печей системами автоматического распределения дутья нового поколения / Дружков В.Г., Ваганов А.И., Прохоров И.Е., Ширшов М.Ю. // Теплофизика и информатика в образовании, науке и производстве: сб. докл. II Всерос. науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ ` 2013) с международным участием. Екатеринбург: УрФУ, 2013. С.182–184.

УДК 621.771.073.9

С.В. Цыбров, А.В. Авдиенко, А.Б. Бойко, Д.В. Лисичкин

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАБОЧЕГО СЛОЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

***Аннотация.** В работе проведен обзор методов изготовления прокатных валков с рабочим слоем из быстрорежущей стали, анализ микроструктуры с описанием морфологии карбидов. Представлен анализ влияния легирующих элементов на структуру и эксплуатационные свойства прокатных валков.*

***Ключевые слова:** прокатный валок, быстрорежущая сталь, микроструктура.*

В условиях постоянной интенсификации производства проката, повышения механических свойств проката, в том числе из легированных марок стали, очень важным является качество основного технологического инструмента прокатного производства – прокатных валков. Наиболее перспективным материалом рабочего слоя прокатных валков является быстрорежущая сталь, обеспечивающая высокие эксплуатационные свойства благодаря структуре сложных карбидов в мартенситной матрице.

На сегодняшний день известны три способа производства валков из быстрорежущей стали:

1. Центробежное литье рабочего слоя с последующим металлургическим сцеплением с металлом ядра, изготовленным статическим способом.

2. Непрерывная заливка плакированным металлом на стальную ось с использованием водоохлаждаемого кристаллизатора.

3. Раздельное изготовление рабочего слоя и металлической основы с последующим механическим соединением с помощью шпоночного паза или горячей посадки.

Технология изготовления прокатных валков способом центробежного литья представлена на рис. 1.

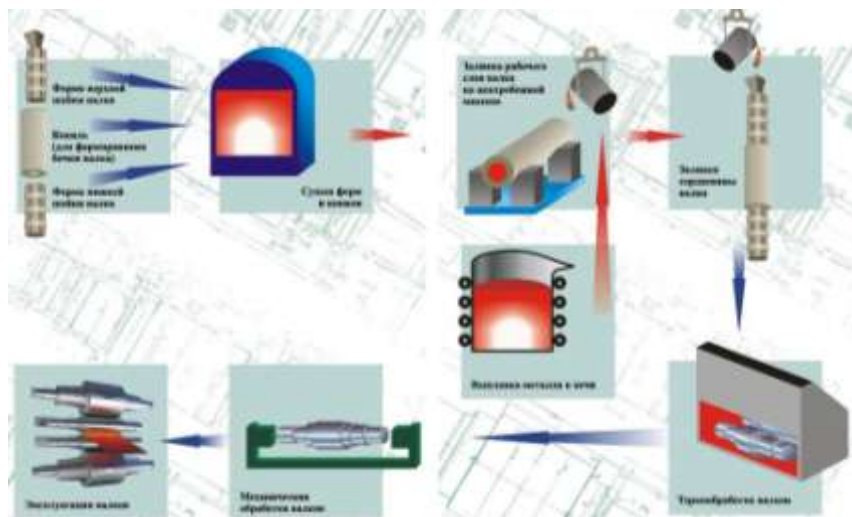


Рис. 1. Схема технологического процесса изготовления прокатных валков методом центробежного литья [1]

Изготовление прокатных валков методом центробежного литья на сегодняшний день является наиболее технологичным и позволяет сократить издержки производства. Необходимо отметить высокую плотность легирующих элементов, которые под действием центробежной силы в процессе центробежного литья с гравитационным коэффициентом до 120 склоны к сегрегации, в результате чего необходимо ограничивать скорость вращения кокиля.

Изготовление валиков способом непрерывной наплавки заключается в подаче стальной оси через индукционную катушку, применяемую для подогрева металлоосновы к кристаллизатору. Расплавленный металл подается к водоохлаждаемому кристаллизатору и со скоростью до 30 мм/мин затвердевает на стальной оси.

Технология изготовления валков методом непрерывной наплавки обеспечивает наиболее благоприятную мелкозернистую структуру рабочего слоя благодаря ускоренному охлаждению.

Производство составных прокатных валков заключается в раздельном изготовлении рабочего слоя и металлической основы с последующим механическим соединением с помощью шпоночного паза или горячей посадкой.

Преимуществом данной технологии является возможность проведения раздельной термической обработки рабочего слоя и сердцевины, отсутствие зоны свариваемости и соответственно места возникновения повышенных термических напряжений и возможность повторного использования металлоосновы.

Рабочий слой прокатных валков должен обеспечивать высокую стойкость против абразивного износа. Устойчивые карбиды ванадия, вольфрама, молибдена и хрома, обладающие высокой микротвердостью (более 1200 HV), обеспечивают требуемые показатели износостойкости, превосходящие легированные чугуны в 5–6 раз. Микроструктура рабочего слоя состоит из первичных и эвтектических карбидов в мартенситной матрице (рис. 2). Эвтектические карбиды представлены в виде MC , M_2C и M_7C_3 . Ванадий выделяется в виде мелких карбидов непосредственно в матрице и образует в основном карбиды типа MC , что повышает стойкость к абразивному износу при повышении пластичности, но снижает характеристики шероховатости поверхности валка. Вольфрам поддерживает твердость при высоких температурах эксплуатации, что увеличивает износостойкость прокатных валков. Молибден способствует повышению износостойкости и прокаливаемости при термообработке и частично может заменить вольфрам, в микроструктуре выделяется эвтектическими карбидами в форме иголок. Карбиды вольфрама и молибдена в основном распределены типом M_2C , карбиды хрома M_2C и M_7C_3 .

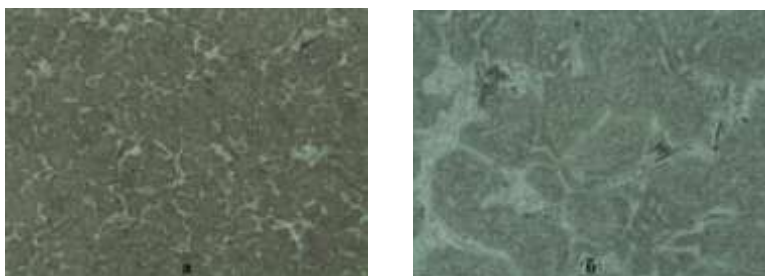


Рис. 2. Микроструктура рабочего слоя прокатного валка из быстрорежущей стали при увеличении $\times 100$ (а) и $\times 500$ (б)

Благодаря содержанию износостойких карбидов в мартенситной матрице достигается высокая стойкость, превышающая показатели валков из индифинитного в 4–6 и высокохромистого в 2–3 раза (табл. 1).

Таблица 1
Сравнение структуры валковых материалов [2]

Тип валка	Структура	Морфология карбидов	Объемная доля карбидов	Твердость валка, HSD	Микротвердость карбидов, HV	Износостойкость
ICDP	Мартенсит, бейнит, остаточный аустенит	M3C	20–45	до 85	850–1100	1
NiCr	Мартенсит, троостит, перлит, остаточный аустенит	M7C3	20–40	до 85	1200–1600	1–2
HSS	Мартенсит и карбиды	MC M2C M7C3	7–15	до 90	1800–3000	4–6

Быстрорежущая сталь имеет высокое содержание карбидообразующих элементов, таких как хром, молибден, ванадий и вольфрам. Химический состав рабочего слоя валков из индифинитного, высокохромистого чугунов и быстрорежущей стали представлен в табл. 2.

Таблица 2
Химический состав валковых материалов

Тип валка	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	W
ICDP	2,8-3,4	0,7-1,3	0,5-1,2	2,5-4,7	1,4-2,0	0,2-0,8	0-0,5	-
NiCr	2,4-3,0	0,5-1,0	0,5-1,2	0,9-2,0	15,0-20,0	0,9-2,0	0-0,5	-
HSS	1,2-2,8	0,4-1,7	0,4-1,7	0,7-2,7	2,0-10,0	2,0-9,0	2,5-8,5	1,0-5,0

Применение прокатных валков с рабочим слоем из быстрорежущей стали позволит увеличить продолжительность прокатной кампании при снижении съемов при шлифовке и обеспечить хороший профиль на протяжении всей прокатной кампании.

Список литературы

1. Магнитогорский завод прокатных валков [Электронный ресурс] // Российская ассоциация литейщиков. URL: <http://www.ruscastings.ru/work/168/169/221/5496>.
2. Xin Z., Perks M. C. The Centrifugal Casting of HSS Rolls for Narrow Strip Mills and Rod Mills // Advances in Mill Roll Technology, 1999.

УДК 669.15-196

В.М. Колокольцев, Е.В. Петроченко, О.С. Молочкова, А.А. Ахметова

ВЛИЯНИЕ БОРА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЖАРОИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

***Аннотация.** Исследовано влияние бора на структуру и свойства жароизносостойких чугунов. Изучены фазовый состав, морфология и дисперсность карбидной фазы, дендритов твердого раствора, межфазное распределение элементов, жаростойкость и износостойкость сплавов.*

***Ключевые слова:** жароизносостойкий чугун, бор, фазовый состав, карбидная фаза, структура, жаростойкость, износостойкость.*

По результатам проведенного информационно-патентного поиска и литературного обзора в российской и зарубежной литературе, в наукометрических базах Springer и Elsevier была подтверждена актуальность темы о возможности применения бора в качестве микролегирующей и модифицирующей добавки для повышения свойств высокохромистых чугунов, а также выявлены концентрационные интервалы содержания бора и его влияние на структуру и свойства этих сплавов. Бор способствует устранению столбчатого строения кристаллов твердого раствора и диспергированию карбидной фазы, увеличению микротвердости структурных составляющих, упрочнению металлической матрицы, увеличению износостойкости при содержании его в чугуне не менее 0,01% и не более 0,08% [1–4].

Исследования проводились на сплавах системы Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-Al-Nb, дополнительно микролегированных бором в количестве 0,005, 0,01, 0,02, 0,03%.

Количественный металлографический анализ проводили на анализаторе изображений Thixomet Standart PRO. Химический состав образцов определяли на эмиссионном спектрометре фирмы «Бэрд».

Рентгеноспектральный микроанализ фаз проводили на растровом электронном микроскопе "TESCAN VEGA II XMU" с микрорентгеноспектральным анализатором. Фазовый состав сплавов исследовали на ди-

фрактометре ДРОН-М по комплексу КО-ИМЕТ. Фазовый анализ осуществлялся с помощью программы XRAYAN и баз данных PDF.

Жаростойкость оценивали по двум показателям: окалиностойкость и ростоустойчивость. Окалиностойкость оценивали по ГОСТ 6130-71, ростоустойчивость – по ГОСТ 7769-82. Испытания на абразивную износостойкость проводились в соответствии с ГОСТ 23.208-79.

Фазовый состав базового чугуна ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ представляет собой α -фазу (феррит), γ -фазу (аустенит), карбиды типа M_7C_3 и карбиды типа MC . Сплав является доэвтектическим. Структура состоит из избыточных карбидов (Nb, Ti)C, дендритов аустенита и аустенитохромистокарбидной эвтектики и вторичных карбидов типа Cr_7C_3 [5, 6].

Установлено, что бор как микролегирующая добавка влияет на фазовый состав, на превращения в твердом состоянии при охлаждении в литейной форме и на структуру исследуемых чугунов. Например, при добавлении бора в количестве 0,03% металлическая основа чугуна становится однофазной – ферритной, а вторичное твердение при охлаждении в литейной форме происходит за счет выделения дисперсных карбидов ниобия. Структура сплава состоит из первичных карбидов NbC, дендритов твердого раствора, эвтектики и вторичных карбидов NbC (рис. 1).

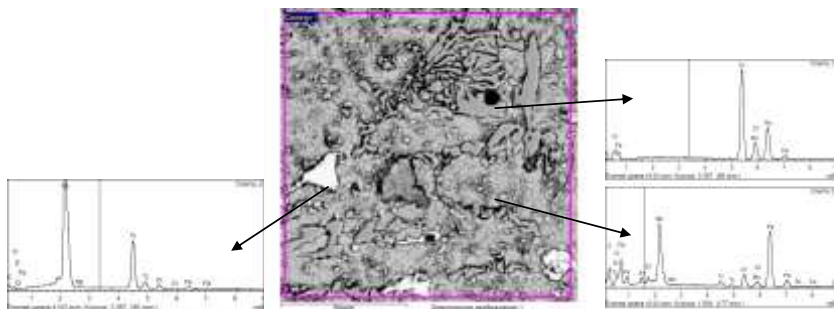


Рис. 1. Химический состав карбидной фазы чугуна с добавками бора

Определен тип и химический состав карбидной фазы чугунов с добавками бора. Первичные карбиды (Nb, Ti, Cr, Fe)C содержат до 60,3–65,5% ниобия, около 17,0% титана, 3,0% хрома и 2,0% железа. Во вторичных карбидах (Nb, Cr, Fe)C количество ниобия снижается до 55,0%, а хрома и железа возрастает до 4,0 и 6,0 % соответственно. Титан в металлической части вторичных карбидов отсутствует. Эвтектические карбиды являются комплексными карбидами $(Cr, Fe, Mn)_7C_3$.

Бор как модификатор существенно изменяет морфологию первичных карбидов ниобия от разветвленной дендритной до компактной (рис. 2). Дендриты α -фазы становятся более равноосными (рис. 3).

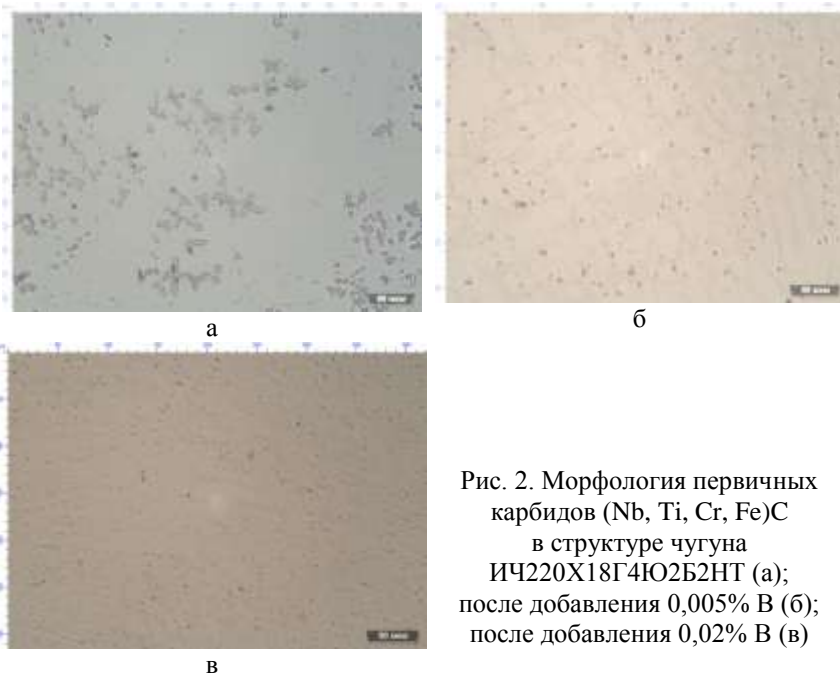


Рис. 2. Морфология первичных карбидов (Nb, Ti, Cr, Fe)C в структуре чугуна ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ (а); после добавления 0,005% В (б); после добавления 0,02% В (в)

Также бор значительно влияет на дисперсность структурных составляющих чугунов. Размеры дендритов твердого раствора в среднем уменьшились с 1500 до 200 мкм² (см. рис. 3). Дисперсность первичных карбидов в зависимости от содержания бора увеличилась в среднем в 1,3 раза. Объемная доля первичных карбидов ниобия (Nb,Ti)C в чугунах с бором уменьшилась на 25–30%.

Бор сдвигает эвтектическую точку в сторону меньших концентраций углерода, что приводит к увеличению объемной доли эвтектики в структуре исследуемых чугунов.

Наличие бора на межфазных границах тормозит развитие диффузионных процессов [7], вследствие чего твердый раствор обогащается ниобием. Поэтому упрочняющей фазой при вторичном твердении в чугунах, легированных бором, являются дисперсные карбиды ниобия (без добавок бора – карбиды хрома).

Износостойкость сплава при добавлении бора повысилась с 5,49 до 7,65 ед., а окалиностойкость в среднем увеличилась в 1,5 раза.

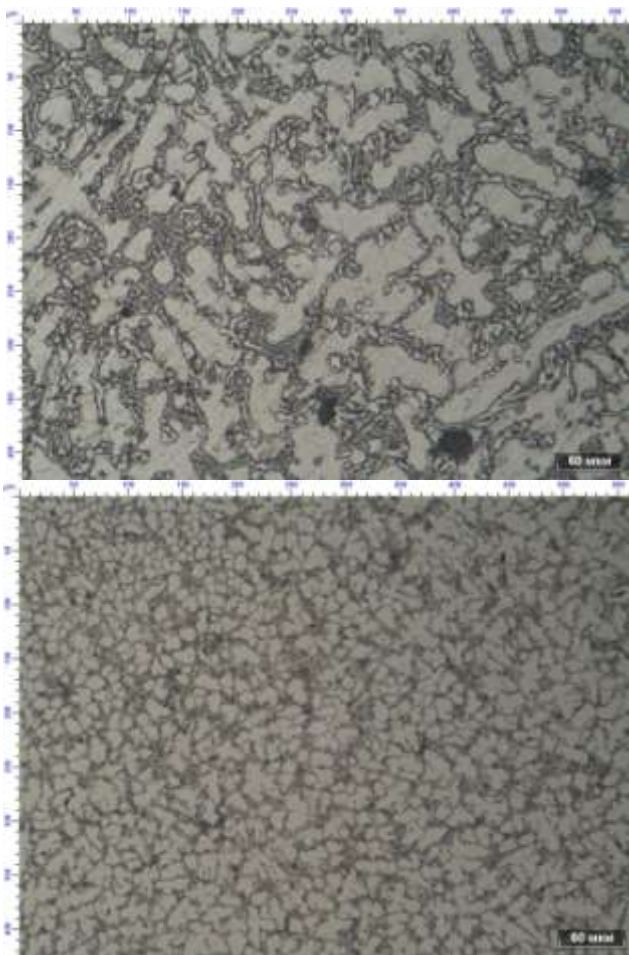


Рис. 3. Структура чугунов до и после добавления 0,02% бора

Установлено влияние добавок бора на особенности формирования структуры, фазовый состав жароизносостойких чугунов, распределение элементов между структурными составляющими, тип и морфологию первичных и вторичных карбидов, дисперсность и объемную долю структурных составляющих, что позволило определить характер влияния бора как микролегирующей и модифицирующей добавки.

Список литературы

1. Laino S., Sikora J.A., Dommarco R.C. Development of wear resistant carbidic austempered ductile iron (CADI) // Wear, 265 (2008), pp.1–7.
2. Correea R., Bedolla-Jacuindea A., Zuno-Silvab J., Cardosoc E., Мејна I. Effect of boron on the sliding wear of directionally solidified high-chromium white irons // Wear, 267 (2009) , pp.495–504.
3. Peng Yun-Cheng, Jin Hui-Jin, Liu Jin-Hai, Li Guo-Lu. Effect of boron on the microstructure and mechanical properties of carbidic austempered ductile iron//J Materials Science and Engineering A, 2011, №529, pp.321– 325.
4. Zeytin Kazdal, Yildirim Hakan, Berme Banu, Duduoglu Selim, Kazda Giirkan, Deniz Adem. Effect of Boron and Heat Treatment on Mechanical Properties of White Cast Iron for Mining Application. J Iron and steel research, International, 2011, №11(18), pp.31–39 .
5. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Влияние химического состава, условий охлаждения при затвердевании на структуру и свойства жаропрочностостойких комплексно-легированных железоуглеродистых сплавов // Технология металлов. 2013. № 1. С. 10–14.
6. Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Анализ взаимосвязи химического состава, условий охлаждения при затвердевании с особенностями строения сплавов, окисленной поверхности и свойствами комплексно-легированных белых чугунов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 4 (36) С. 50–53.
7. Микролегирование бором и структурная стабильность никелевых сплавов / С.З. Бокштейн, Л.Б. Василенок, Е.Н. Каблов, И.В. Радин, Г.Г. Рябова // Металлы. 1986. № 6. С. 15–21.

УДК 622.788.3

С.К. Сибгатуллин, Д.Н. Гущин, З.Р. Миникаева, С.Р. Миникаев

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В АГЛОМЕРЕТЕ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРОЦЕССА ЕГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗ МАГНЕТИТОВЫХ И ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

***Аннотация.** Спекание титаномагнетитовых концентратов вместо магнетитовых может не вызывать осложнений в производстве агломерата. Однако вывод из аглошихты аглоруды делает титаномагнетитовые концентраты по сравнению с магнетитовыми менее привлекательным материалом как по прочностным характеристикам агломерата, так и по производительности агломашин.*

***Ключевые слова:** агломерация, концентраты магнетитовые и титаномагнетитовые, прочностные характеристики агломерата.*

Российская Федерация обладает большим запасом титаномагнетитовых руд. Переработка их требует обогащения, а следовательно, при использовании в доменной плавке, предварительного окускования. Производство агломерата, содержащего оксиды титана, имеет значение для формирования защитного гарнисажа [1 – 3].

Агломерация титаномагнетитовых концентратов имеет особенности по сравнению с агломерацией магнетитовых концентратов [4]. В связи с этим исследовали показатели его производства. Для этого провели серии спеканий агломерационных шихт. Титаномагнетитовые концентраты были получены по технологии, разработанной в МГТУ [5]. Спекание агломератов производили на лабораторной агломерационной установке МГТУ [6]. Спекали шихту, содержащую магнетитовый и титаномагнетитовый концентрат, с использованием аглоруды и без нее. Основность во всех опытах была равной 1,5.

Химический состав концентратов представлен в табл. 1, полученного агломерата – в табл. 2, результаты исследований – в табл. 3–5.

Таблица 1
Химический состав железорудной части агломерационной шихты, %

Вид компонента	Fe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P	Zn	Cr	Mn
Концентрат магнетитовый	66,0	28,2	3,72	1,33	0,85	1,33	0,32	0,016	0,012	0,005	0,22
Концентрат титаномагнетитовый	61,3	28,7	2,00	0,72	0,31	1,43	9,82	0,01		0,32	0,20
Аглоруда стойленская	56,2		8,11	0,88	0,39	1,56		0,06			

Из сопоставления данных опытов, проведенных с участием в железорудной смеси аглоруды и в ее отсутствии, видно, что при наличии в шихте аглоруды титаномагнетитовые концентраты спекаются по сравнению с магнетитовыми с уменьшением на 0,5 % отн. выхода годного агломерата.

Таблица 2
Химический состав агломерата, %

Вид агломерата	Fe	Mn	P	Ti	Cr	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	TiO ₂
Магнетитовый	59,2	0,14	0,033	0,13	0,003	5,42	8,13	1,08	15,2	0,21
Титаномагнетитовый	56,7	0,13	0,028	3,9	0,212	4,33	6,49	0,66	14,6	6,51

Таблица 3

Показатели производства агломерата из магнетитового
и титаномагнетитового концентратов с аглорудой, %

Показатели	Вид концентрата	
	магнетитовый	титаномагнетитовый
Выход годного (+5 мм от аглоспека), %	89,84	89,39
Удельная производительность. т/м ² *ч	0,976	1,179
Сопротивление годного агломерата удару	75,11	78,09
Разрушение годного агломерата	20,37	17,94
Истирание годного агломерата	4,44	3,95

Таблица 4

Показатели производства агломерата при спекании магнетитовых
и титаномагнетитовых концентратов без добавки аглоруды, %

Показатели	Вид концентрата	
	магнетитовый	титаномагнетитовый
Выход годного (+5 мм от аглоспека), %	90,8	82,12
Удельная производительность. т/м ² *ч	1,02	0,92
Сопротивление годного агломерата удару	78,69	73,12
Разрушение годного агломерата	16,78	21,95
Истирание годного агломерата	4,52	4,92

Таблица 5

Различия при спекании титаномагнетитового концентрата по сравнению
со спеканием магнетитового («+» – превышение, «-» – снижение), % отн.

Показатели	Вид спекания	
	с аглорудой	без аглоруды
Выход годного (+5мм от аглоспека),% отн	-0,5	-9,56
Удельная производительность, % абс	+20,8	-9,8
Сопротивление годного агломерата удару	+3,97	-7,08
Разрушение годного агломерата	-11,78	+30,81
Истирание годного агломерата	-11,04	+8,85

Удельная производительность увеличивалась на 20,8% абс., сопротивление годного агломерата удару увеличивалось на 4,0% отн., разрушение годного агломерата и его истирание уменьшались на 11,8 и 11,0% отн. соответственно.

При отсутствии в шихте аглоруды титаномагнетитовые концентраты по сравнению с магнетитовыми спекаются с меньшим на 9,6% отн. выходом годного агломерата, с меньшей на 9,8% абс. удельной производительностью, с меньшим на 7,1% отн. сопротивлением годного агломерата удару, с большим на 30,8% отн. разрушением агломерата и с большим на 8,9% отн. истиранием годного агломерата.

Заключение

Спекание титаномагнетитовых концентратов вместо соколовско-сарбайских магнетитовых не вызовет осложнений в производстве агломерата. Однако вывод из аглошихты аглоруды делает титаномагнетитовые концентраты по сравнению с магнетитовыми менее привлекательным железорудным сырьем для производства агломерата как по прочностным характеристикам агломерата, так и по производительности агломашин.

В этом случае спекание титаномагнетитового концентрата по сравнению со спеканием соколовско-сарбайского магнетитового будет идти с меньшим на 9,6% отн. выходом годного агломерата, с меньшей на 9,8% производительностью агломашин, с меньшим на 7,1% отн. сопротивлением агломерата удару, с большим на 30,8% отн. разрушением, с большим на 8,9% отн. истиранием.

Список литературы

1. Изучение влияния содержания железа в сырье на восстановительные процессы в доменной печи / Терентьев В.Л., Гостенин В.А., Терентьев А.В., Сибатуллин С.К. // Сталь. 2004. № 12. С. 21–24.
2. Воздействие ввода шунгита в шихту на ход и результаты доменной плавки / Сединкин В.Н., Гостенин В.А., Гридасов В.П., Сибатуллин С.К., Канин Л.С. // Metallurg. 2007. № 1. С. 38–40.
3. Стефанович М.А., Сибатуллин С.К., Гушин Д.Н. Закономерности движения шихты и газа в доменной печи. Магнитогорск, 2011.
4. Качула Б.В., Кобелев В.А. Особенности металлургических свойств титаномагнетитового железорудного сырья и их влияние на процесс доменной плавки // Проблемы комплексной переработки титаномагнетитов Южного Урала. Магнитогорск: Дом печати, 2011. С.57–62.
5. Чижевский В.Б. Оценка обогатимости титанистых руд Медведевского и Копанского месторождений и рациональные схемы обогащения титаномагнети-

- товых и ильменитовых руд // Проблемы комплексной переработки титано-магнетитов Южного Урала. Магнитогорск: Дом печати, 2001. С. 47–52.
- 6 Качество агломерата из железорудных концентратов с повышенным содержанием оксида титана / Колокольцев В.М., Бигеев В.А., Сибатагуллин С.К., Гушин Д.Н., Иванов А.В. // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. Вып. № 11. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2011. С. 4–8.

УДК 621.77.019

С.А. Кургузов, И.Г. Шубин, Е.А. Бурмистрова, А.И. Бурмистров

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПОЛОС ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕЩИН

***Аннотация.** Для ускорения решения проблемы производства горячекатаного листа с дефектом «трещина» в работе проведен сравнительный анализ адекватности физического моделирования в лабораторных и промышленных условиях. Установлена возможность моделирования процесса горячей прокатки, в лабораторных условиях, с целью изучения трансформации дефекта «трещина».*

***Ключевые слова:** дефект поверхности «трещина», горячая прокатка, физическое моделирование, корреляционный анализ, адекватность модели.*

В настоящее время на рынке черной металлургии, ввиду стремительно роста и развития новых транспортных систем, пользуется спросом горячекатаный листовой прокат из микролегированных конструкционных сталей.

Данная продукция имеет ряд преимуществ в машиностроении и судостроении, основанных на таких технологических свойствах, как свариваемость, хладостойкость и т.д. Однако производство данного вида продукции связано с рядом технологических проблем. Одной из наиболее значительных является склонность к трещинообразованию в процессе прокатки.

Анализ причин, оказывающих наибольшее влияние на образование дефекта «трещина», показал, что наряду с такими факторами, как дефекты сталеплавильного передела, химический состав сталей, огневая зачистка слэбов важное значение представляет собой нарушение технологии горячей прокатки [1].

Для выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние при горячей прокатке на данный дефект, провели промышленный эксперимент с целью определения динамики формоизменения искусственных

«трещин», моделирующих дефекты сталеплавильного производства, в процессе прокатки на ШСП 2000 ОАО «ММК» [2].

В кислородно-конверторном цехе «ОАО ММК» выплавляли опытную партию металла (марка стали 17Г1С-У). На одном из слябов сформировали искусственные дефекты, имитирующие трещины: паукообразные (позиция 2 и 4) и угловые по направлению прокатки (позиция 1 и 3) (рис. 1). Поверхность сляба не подвергали зачистке газовыми резаками.

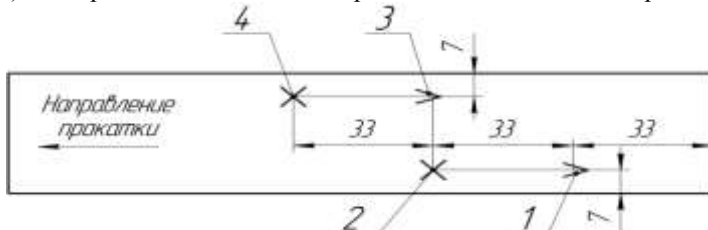


Рис. 1. Схема расположения и формы дефектов, мм: 1, 4 – «угловая трещина по направлению прокатки»; 2, 3 – «паукообразная трещина»

Опытный сляб размерами 250x1720x5600 мм нагрели в методических печах стана 2000 ОАО «ММК» согласно технологической инструкции. Далее, на стане провели прокатку заготовки до размера 8x1690 мм в соответствии с требованиями ТУ 14-1-1950-2004.

После прокатки рулон с искусственными дефектами разрезали на листы на АПР 1 и провели полистную сортировку с целью определения размеров и фактического местоположения дефектов поверхности на раскате. Размеры дефектов представлены в таблице, местоположение дефектов – на рис. 2 [3].

Вследствие большого числа дефектов на стальном раскате и их дискретного характера в качестве результатов приняли, что трещина неразрывная.

Проведение промышленных экспериментов связано с большими технологическими и экономическими трудностями. Для ускорения решения проблем, нацеленных на повышение качества продукции и освоения новых видов прокатной продукции, предпочтительно проводить лабораторные исследования данного процесса.

Для анализа возможности физического моделирования процесса формоизменения «трещин» в лабораторных условиях и более точного определения влияющих на данный дефект в процессе горячей прокатки факторов было принято решение провести эксперимент в лабораторных условиях.

Результаты замеров и вычислений

	Форма и номер дефекта	< 1		< 3		X 2		X 4	
Промышленный эксперимент, фактические значения	Начальная длина дефекта, мм	115	117	78	76	76	77	121	123
	Конечная длина дефекта, мм	27040	27040	16210	16210	15470	15470	29250	29250
	Удлинение дефекта	235	231	207	213	127	125	384	379
Лабораторный эксперимент, фактические значения	Начальная длина дефекта, мм	7,6	7,8	5,2	5,0	5	5,1	8,0	8,3
	Длина дефекта, мм	141	126	118	132	89	132	157	167
	Удлинение дефекта	18	16	22	26	17	25	19	20
Относительное изменение длины дефекта промышленного и лабораторного эксперимента		12	14	9	8	11	7	12	11

111

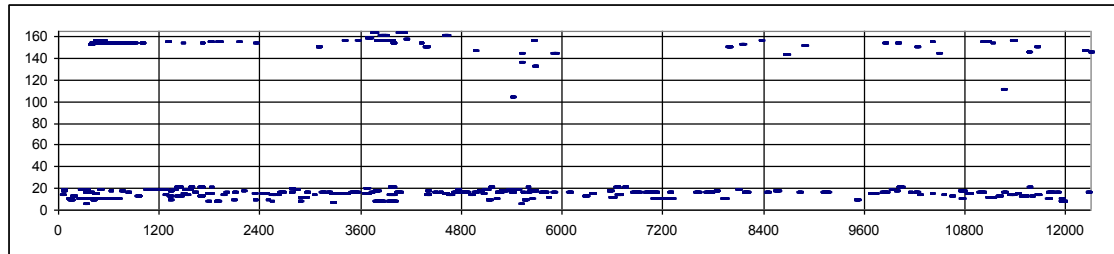


Рис. 2. Схема фактического местоположения трещин после прокатки на раскате

С этой целью на лабораторном прокатном стане прокатывали свинцовые образцы, имитирующие прокатку сляба, на которой нанесли дефекты по той же схеме (см.рис.1), соблюдая коэффициент геометрического подобия, равный 15, в соответствии с режимам, применяемым на стане 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» [4].

Размеры дефектов определяли после каждого прохода. В таблице приведены данные по фактическому месторасположению и длине искусственно созданных трещин на свинцовом раскате после конца прокатки.

Провели сравнительный анализ длины искусственно созданных дефектов на стали и на свинцовой заготовке с целью определения адекватности проведенного моделирования. Результаты замеров и вычислений занесли в таблицу.

По результатам эксперимента провели корреляционный анализ, пользуясь стандартной программой, заложенной в пакет Excel, между относительным изменением длины дефектов в промышленном эксперименте и относительным изменением длины дефектов в лабораторном исследовании, $R=0,53$.

Средняя величина коэффициента относительного к вытяжке удлинения дефекта в промышленном и лабораторном экспериментах – 10,94.

Таким образом, в лабораторных условиях моделировать процесс горячей листовой прокатки с целью изучения трансформации дефекта типа «трещина» необходимо с учетом коэффициента, равного 10,94.

Список литературы

1. Шубин И.Г., Бурмистрова Е.А. Анализ причин появления «трещин» на листовом прокате трубных марок стали при производстве на ШСПП // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы межрегион. науч.-техн. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 279–281.
2. Изучение причин возникновения дефекта «плена» на автолисте в ЛПЦ-5 и разработка мероприятий по его уменьшению: отчет о НИР / Магнитогорск. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; К.Н. Вдовин, Н.И.Мельник, А.Г.Медведев, Е.А. Бурмистрова и др. Магнитогорск, 2009. 59 с. №2008-78.
3. Шубин И.Г., Бурмистрова Е.А. // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. Вып. 38. С. 45–49.
4. Кургузов С.А., Бурмистрова Е.А., Якунина И.В., Красноперова И.А. // Сборник научных трудов SWorld. Вып. 4. Т. 16. Одесса: КУПРИЕНКО С.В., 2013. С. 67–70.

**А.М. Песин, Д.О. Пустовойтов, А.С. Колесник, Е.Л. Шарлыков,
А.Э. Новосёлов, М.К. Свердлик**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЛИЯНИЯ НА ПОПЕРЕЧНУЮ ДЕФОРМАЦИЮ МЕТАЛЛА ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ С ПОМОЩЬЮ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧАГОВ ДЕФОРМАЦИИ

***Аннотация.** Разработаны технические решения, позволяющие исправить дефекты поверхности, возникающие при прокатке путем создания условий для поперечного течения металла в очаге деформации. В частности, предложено полосу последовательно деформировать из прямоугольного в поперечном сечении профиля с периодическими прямоугольными канавками и снова в прямоугольный. В работе выполнено численное исследование в программном комплексе DEFORM 3D.*

***Ключевые слова:** поперечная деформация, FEM, DEFORM 3D, прокатка.*

Принято считать, что основной особенностью прокатки листов и лент является отсутствие уширения, т.е. отсутствие плоской деформации. Весь объем металла, смещенный по толщине, идёт в вытяжку. Поэтому если степень высотной деформации распределена по ширине полосы неравномерно, более деформированные участки получают большее удлинение, а менее деформированные – меньшее. Наличие в пределах сплошной полосы «длинных» и «коротких» продольных участков приводит к известным дефектам геометрии проката: симметричным по ширине (при симметричном распределении неравномерности деформации) – коробоватости, волнистости или асимметричным (при несимметричном распределении) – смещенной коробоватости, односторонней волнистости, серповидности и др. Однако большинство из известных способов компенсации таких возмущений предусматривает сохранение исходной формой поперечного течения полосы – выпуклой, вогнутой или асимметричной (например, клиновидной).

На рис. 1 и 2 показан процесс формирования продольных канавок в локальных очагах деформации и последующего получения листового проката. Продольные канавки формируются в локальных очагах деформации, причем каждый такой очаг организуют с шириной меньшей его длины, что практически предотвращает вредную в данном случае вытяжку. Периодический профиль формируют с переменной амплитудой, большей для исходно утолщенной и меньшей для утоненной части поперечного сечения. Полосу с периодическим профилем первоначально деформируют в валках с гладкой бочкой с абсолютным обжатием, меньшим минимальной амплитуды этого профиля. Именно на этой стадии достига-

ется новый технический эффект. Благодаря тому, что металл обжимаемых выступов идет в локальное уширение, требуемым образом корректируется форма поперечного сечения прокатываемой полосы без появления дефектов.

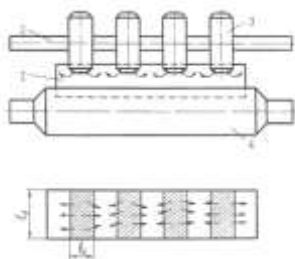


Рис. 1. Формирование продольных канавок в локальных очагах деформации: а – схема деформации металла; б – схема течения металла; 1 – полоса; 2 – ось; 3 – диски, насаженные на ось; 4 – валок; b_d и l_d – соответственно ширина и длина локального очага деформации

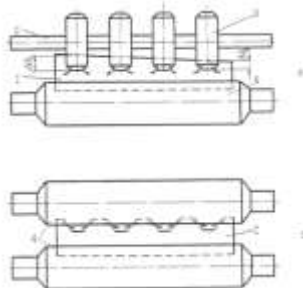


Рис. 2. Схема получения листового проката: а – обжатие клиновидной полосы; б – обжатие полосы периодического профиля в валках с гладкой бочкой

Выполнено численное моделирование в программном комплексе DEFORM 3D трех последовательных процессов: 1) формирования продольных канавок; 2) проглаживание продольных канавок в гладких валках; 3) получение заданной толщины листового проката.

В качестве исходной заготовки задавали образец из алюминия AL-1100 толщиной 6,00 мм и шириной 50 мм (рис. 3). При формировании продольных канавок толщина впадин составляла 4,70 мм, а выступов – 5,58 мм (рис.4).

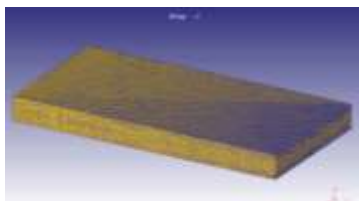


Рис. 3. Исходный образец

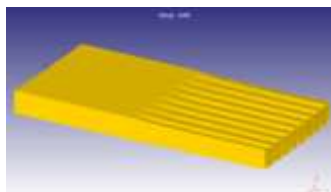


Рис. 4. Описание процесса формирования продольных канавок

Поля перемещений, деформаций и напряжений даны на рис. 5–7.

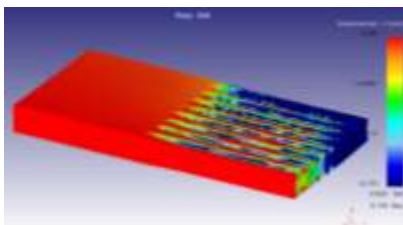


Рис. 5. Поле перемещений в поперечном направлении в процессе формирования канавок

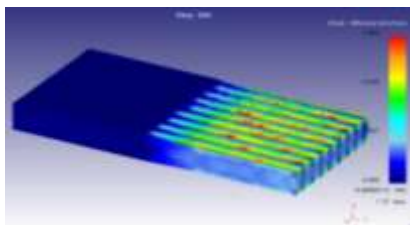


Рис. 6. Поле интенсивностей деформаций

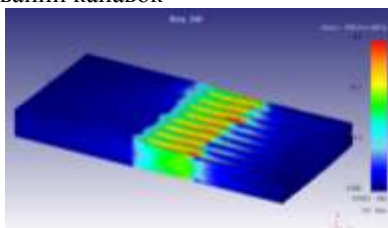


Рис. 7. Поле интенсивностей напряжений

Процесс проглаживания осуществлялся с четырьмя вариантами обжатий: 1) 0,8 мм; 2) 1,0 мм; 3) 1,2 мм; 4) 1,4 мм. На рис. 8–10 показаны результаты расчета для варианта 2.

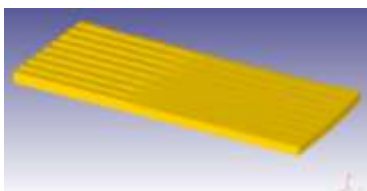


Рис. 8. Описание процесса проглаживания продольных канавок в гладких валах

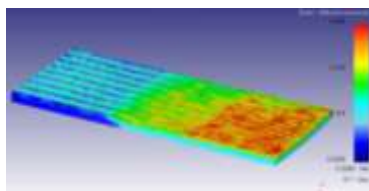


Рис. 9. Поле интенсивностей деформаций в процессе проглаживания канавок

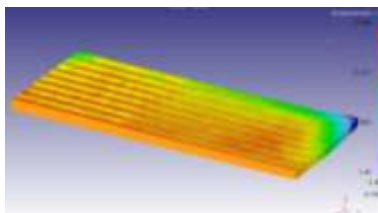


Рис. 10. Поле перемещений в поперечном направлении в процессе проглаживания канавок

Моделировали прокатку всех полученных ранее листов с проглаженными канавками до заданной толщины 4 мм. Получили следующие поля интенсивности деформаций и перемещений (рис. 11, 12).

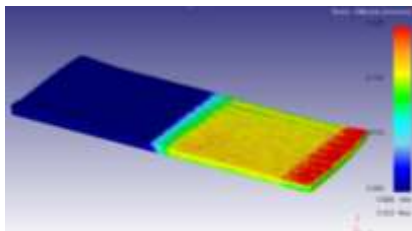


Рис. 11. Поле интенсивностей деформаций в процессе получения заданной толщины листа

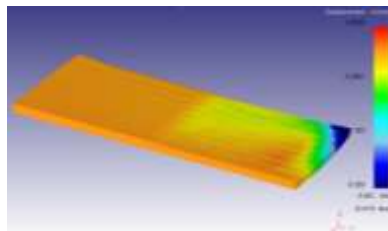


Рис. 12. Поле перемещений в поперечном направлении в процессе получения заданной толщины листа

Сравнивали уширение, полученное по всем четырем описанным ранее случаям с вариантом №5, при котором металл прокатывают только в гладких валках без образования канавок (см. таблицу).

Уширение металла при прокатке по различным вариантам

Параметр	Вариант прокатки				
	1	2	3	4	5
Ширина конечная	51	51	51,25	51,45	54,6
Уширение	2.0%	2.0%	2.5%	2.9%	9.2%

Получили, что предварительное формирование канавок существенно изменяет характер течения металла в очаге деформации. Проверку адекватности модели осуществляли на лабораторном стане 150 МГТУ им. Носова. Прокатку осуществляли по пяти предложенным вариантам. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало хорошую сходимость.

В результате численного и экспериментального исследования показана возможность регулирования поперечным течением металла и уширением при **ХОЛОДНОЙ** листовой прокатке. Варьируя глубину, частоту и ширину наносимых канавок, можно различным образом в ходе прокатки изменять исходную форму поперечного сечения полосы.

Список литературы

1. Pesin A.M. Modeling and development of the processes of asymmetric deformation to improve sheet rolling: thesis. Magnitogorsk, 2003. 395 p.
2. Sverdlík M., Pesin A., Pustovoytov D. Theoretical basis and technology development of the combined process of asymmetric rolling and plastic bending // Advanced Materials Research. 2012. Т. 586. С. 259–264.
3. Pesin A.M. Scientific school of asymmetric rolling in Magnitogorsk // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №5 (45). С. 23–28.

УДК 539.379.2

А.Г. Корчунов, Д.В. Константинов

К ВОПРОСУ ВОССОЗДАНИЯ РЕАЛЬНОГО СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА МЕТАЛЛА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОМД

***Аннотация.** Проведен обзор существующих методов структурной репрезентации металла в компьютерном моделировании процессов ОМД. Обозначены актуальность и специфика воссоздания структуры металла при моделировании. Предложен оптимальный метод компьютерного воссоздания структуры металла. Проведена апробация метода на репрезентативном объеме стали 20.*

***Ключевые слова:** структура, моделирование, технологическая наследственность, репрезентативный объем, метод Монте-Карло, функционалы Минковского.*

Изучение деформационных процессов с позиции теории наследственности невозможно без перехода на микроуровень и формализованного учета структурной составляющей металла, так как именно микроструктура стали является «генетическим индикатором» изменений, происходящих в обрабатываемых изделиях. В классической теории при описании пластической деформации в подавляющем большинстве случаев не берется в учет анизотропия свойств металла по объему вследствие структурной неоднородности. Подобного рода допущения позволяют солидно упростить методологию расчетов и проектирование технологий, так как протекание пластической деформации принимается однородным во всем объеме деформируемого металла [1–3]. Но на данный момент в научной среде складывается мнение, что представления о сплошном теле не соответствуют действительности, так как изначально любой металл обладает определенной степенью структурной неоднородности. Поэтому на данный момент появляется все больше работ, в которых предпринимаются

попытки связать особенности строения материалов с характером и последующими результатами их деформации [4–6].

Рассмотрение процессов ОМД с позиции структурной анизотропии заготовки приведено в многочисленных исследованиях [7–9]. Анализ процесса классического волочения золотой проволоки с учетом несовершенств структурной организации заготовки приведен в работе [10]. Исследования [11] также были посвящены изучению вопроса зависимости между микроструктурной неоднородностью проволоки и стабильностью процесса ее обработки давлением. Обоснованным является предположение о том, что неоднородность распределения деформации по объему металла во время обработки давлением напрямую зависит от распределения структурных составляющих в сечении заготовки. Поэтому развитие теории технологической наследственности требует абсолютно иного подхода к методам исследования, так как ключевым объектом исследования в данной теории является структурно-фазовое состояние металла и его изменение в ходе обработки давлением. Поэтому в рамках изложенной теории изучение НДС должно строиться на компьютерных моделях, которые могут учитывать неоднородность структурно-фазового состояния металла.

Свой вклад в развитие моделирования материалов с учетом структурного строения внесли представители как отечественной, так и зарубежной научных школ [12–15]. К наиболее развитым методам относятся:

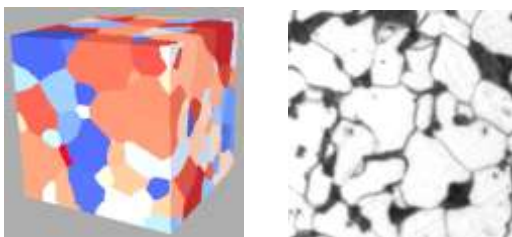
1. Image-Compression Method основан на создании геометрической модели структуры материала, исходя из изображений реальных микрошлифов. Преимущества данного метода заключаются в относительной простоте процедуры, доступных программных средствах и возможности реализации реальных структурных композиций. Недостатками метода является трудоемкость, усложнение при моделировании структурно более сложных металлов и отсутствие учета изменения структурно-фазового строения металла.

2. Репрезентация с помощью простых геометрических элементов заключается в использовании для воссоздания микроструктуры простых геометрических элементов (пирамиды и конусы). Данная методика является менее трудоемкой и предоставляет возможность построения 3D-модели исследуемых структур любой сложности, но недостатком таких моделей являются критичные допущения и сложности при воспроизведении ряда структурных составляющих.

3. Метод реверс-инжиниринга обладает высокой точностью моделирования и гибким формализованным математическим описанием, но при этом его практическая реализации невозможна без передового программного обеспечения и работающего в совокупности с ним оптического оборудования.

4. CAFE модели (Cellular Automata – Finite Element) предоставляют возможность воссоздания мультимасштабных моделей реальных процессов локализации деформации в ходе металлообработки и получения сверхточных, приближенных к реальности результатов прогнозирования распределения деформаций в объеме металла. Преимущества таких моделей сопряжены с ростом требований к аппаратной части оборудования, что снижает потенциальную возможность оперативного расчета модели того или иного процесса.

5. Предлагаемый метод структурной репрезентации включает в себя основные преимущества вышеописанных методик при лишении их ключевых недостатков. Главной проблемой создания модели микроструктуры любого материала является его удельное количество структурных составляющих на единицу микрообъема. Построение такой геометрической модели можно автоматизировать за счет использования классических методов Монте-Карло, которые основаны на многоповторных циклах реализации случайного процесса. Результаты материаловедческих исследований могут выступать в качестве вероятностных характеристик решаемой задачи. При совместном решении итерационных уравнений и функционалов Минковского, в результате получим геометрический объем, заполненный случайно ориентированными в пространстве элементарными объемными геометрическими фигурами. Затем посредством корректировочных итераций исключим из всех созданных геометрических фигур перекрытые части объемов. Апробация данного метода на стали 20 позволила получить геометрическую модель репрезентативного объема, представленную на рисунке.



Репрезентация реальной структуры стали 20

Таким образом, преимущества предложенного метода заключаются в следующем: относительная простота методологии; метод не требует от пользователя профессиональных навыков программирования; метод позволяет воспроизводить структуры как из статистических данных о размерных параметрах микроструктуры; при этом полученные геометрические модели в полной мере отвечают потребностям современной концепции технологической наследственности, благодаря чему в перспективе могут беспрепятственно быть использованы для моделирования реальных процессов металлообработки.

Список литературы

1. Влияние комбинированного нагружения на получение нанокристаллической и субмикроструктурной структуры вблизи поверхности деформируемой заготовки / О.М. Смирнов, М.А. Цепин, В.В. Бегнарский [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. 2006. № 5. С. 19–24.
2. Increasing of the drawing depth using tailor rolled blanks – Numerical and experimental analysis / A. Meyer, B. Wietbrock, G. Hirt // International Journal of
3. Dynamic effects during sinter forging of axi-symmetric hollow disc performs / S. Singh, A. K. Jha, S. Kumar // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2007. № 47. P. 1101–1113.
4. Вайнштейн А.А., Алехин В.Н. Основы теории упругости и пластичности с учетом микроструктуры материала. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 384 с.
5. Кукса Л.В., Евдокимов Е.Е. Разработка конечно-элементной модели и метода расчета элементов конструкций из структурно-неоднородных материалов с факторами концентрации напряжений // Изв. вузов. Строительство. 2002. № 5. С. 16–21.
6. Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука, 1990. 252 с.
7. CHEN Jian, YAN Wen, LI Bing, MA XiaoGuang, DU XinZhi & FAN XinHui Microstructure and texture evolution of cold drawing <110> single crystal copper. SCIENCE CHINA. Technological Sciences. June 2011. Vol.54. No.6: 1551–1559.
8. Garcia-Infanta J.M., Zhilyaev A.P., Carreño F., Ruano O.A., Su J.Q., Menon S.K., McNelley T.R. Strain path and microstructure evolution during severe deformation processing of an as-cast hypoeutectic Al–Si alloy. ULTRAFINE GRAINED MATERIALS. J Mater Sci (2010) 45:4613–4620.
9. Dougherty J., Cerreta E.K., Gray G.T. III, Trujillo C.P., Lopez M.F., Vecchio K.S., and Kusinski G.J. Mechanical Behavior and Microstructural Development of Low-Carbon Steel and Microcomposite Steel Reinforcement Bars Deformed under Quasi-Static and Dynamic Shear Loading. ULTRAFINE GRAINED MATERIALS. J Mater Sci (2010) 45:4613–4620.
10. Yoshida K., Yamashita T., Tanaka A. Prevention of Wire Breaks in Gold Fine Wire Drawing and Improvement in Wire Straightening. Bulk Metal Forming_steel research int. 2011, Special Edition.
11. Seoung-Bum Son, Hyunshul Roh, Suk Hoon Kang. Relationship between microstructure homogeneity and bonding stability of ultrafine gold wire. ULTRAFINE GRAINED MATERIALS. J Mater Sci (2010) 45:4613–4620.
12. Компьютерное моделирование процесса вытяжки полых стаканчиков из сплава амгб с учетом реальной структуры материала / Бунова Г.З., Воронин С.В., Гречников Ф.В., Юшин В.Д. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 3-1. С. 219–224.

13. Guk S., Kawalla R. Microstructure strain localization during sheet metal hydroforming processes in steel research international 76; №12; S. 843 – 851; 2005.
14. Bhandari Y., Sarkar S., Groeber M., Uchic M.D., Dimiduk D.M., Ghosh S. 3D polycrystalline microstructure reconstruction from FIB generated serial sections for FE analysis. Computational Materials Science 41 (2007) 222–235.
15. Development of the Multi-scale Analysis Model to Simulate Strain Localization Occurring During Material Processing Lukasz Madej • Peter D. Hodgson • Maciej Pietrzyk Arch Comput Methods Eng (2009) 16: 287–318 DOI 10.1007/s11831-009-9033-6.

УДК 621.77.019

**С.А. Кургузов, Е.А. Бурмистрова, И.В. Якунина,
А.И. Бурмистров, И.А. Красноперова**

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ДЕФЕКТА «ТРЕЩИНА» ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. СООБЩЕНИЕ 1

***Аннотация.** В работе рассмотрена проблема производства горячекатаного проката с дефектом «трещина», для решения которой изучено влияние процесса горячей прокатки на формоизменение «трещин», сформированных в сталеплавильном переделе. Выявлены зависимости между обжатием и фактической длиной «трещины», обжатием и значениями углов наклона «трещин», а также между фактической длиной испытуемого дефекта и углом его наклона «трещины».*

***Ключевые слова:** дефект поверхности «трещина», горячая прокатка, физическое моделирование, корреляционный анализ.*

Современное состояние рынка продукции черной металлургии характеризуется неуклонным ростом требований к качеству выпускаемой продукции.

Одной из наиболее трудно решаемых проблем при производстве горячекатаного проката из микрелегированных марок сталей является такой дефект поверхности, как «трещина», отбраковка по которому составляет до 60% от всей несоответствующей продукции [1].

Выделяют следующие факторы, оказывающее непосредственное влияние на появление данного дефекта: сталеплавильное производство, особенности химического состава, дефекты огневой зачистки, неравномерность нагрева в методических печах и режимы обжатий при прокатке [2]. Следовательно, большая часть металла в прокатный передел попадает с уже имеющейся «трещиной», а в процессе прокатки ввиду воздействия других факторов видоизменяется [3]. Поэтому вызывает научный интерес

изучение влияния процесса горячей прокатки на формоизменение «трещин», сформированных в сталеплавильном переделе.

Поведение трещины исследовали путем физического моделирования процесса в условиях лаборатории резания кафедры технологии машиностроения. Эксперимент проводили на лабораторном прокатном стане с диаметром валков 73 мм и постоянной скоростью прокатки 7,9 м/мин.

В качестве материала образца использовали свинец. Для соблюдения коэффициента подобия, равного 15, изготовили образец 15x47x204 мм, размеры которого соответствуют размерам сляба, выплавляемого в условиях ККЦ ОАО «ММК» и диаметру валков прокатного стана с учетом коэффициента подобия.

Дефекты, моделирующие «трещины» сталеплавильного перехода перед горячей прокаткой, формировали искусственно. Для этого изготовили приспособление, которое позволяет формировать дефект «трещины», сопоставимые по размерам с возникающими в процессе сталеплавильного производства. Схема расположения сформированных дефектов и их форма представлена на рис. 1.

Искусственно созданные «трещины» заполняли порошком из талька, моделирующим образующуюся окалину в дефектах в процессе нагрева сляба в металлургических печах перед прокаткой. Отличие цвета талька от цвета поверхности образца позволило более точно проводить измерения дефектов.

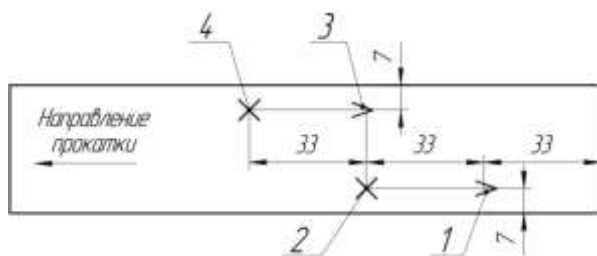


Рис. 1. Схема расположения и формы дефектов, мм: 1, 3 – «угловая трещина по направлению прокатки»; 2, 4 – «паукообразная трещина»

Прокатку образца осуществляли за 12 проходов в соответствии с режимами обжатий для конструкционных марок сталей, используемыми на широкополосном стане горячей прокатки 2000 ОАО «ММК». Суммарное обжатие составило 96,3%, уширение 4%.

Размеры дефектов измеряли после каждого прохода. В таблице приведены результаты замеров начального состояния, а также после черновых и чистовых клетей.

Результаты измерения дефектов и их положения

Начальные размеры дефектов	Форма и номер дефекта	< 1		< 3		X 2		X 4	
	длина дефекта, мм	6,32	7,02	5,5	5,3	6,02	7,44	7,2	10,17
	угол наклона дефекта, град	45	-48	35	-20	49	-44	42	-47
Размеры дефектов после черновой группы	длина дефекта, мм	27,2	22,6	30	32	22,4	31,2	27,2	31,6
	угол наклона дефекта, град	7	-12	5	-7	11	-8	6	-8
Размеры дефектов после чистовой группы	длина дефекта, мм	141	126	118	132	89	132	157	167
	угол наклона дефекта, град	2	-0,1	2,5	-0,5	3,5	-2	1,5	-0,1

По результатам эксперимента провели корреляционный анализ между суммарным обжатием и длиной дефекта (рис.2), суммарным обжатием и углом наклона «трещины» (рис.3), а также между длиной дефекта и значением угла наклона «трещины» (рис.4).

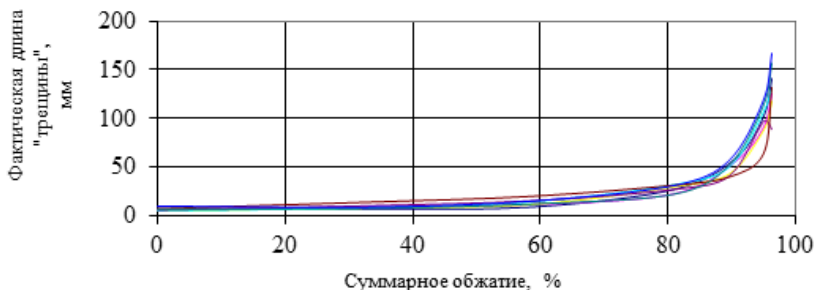


Рис. 2. Корреляционная зависимость между суммарным обжатием и фактической длиной «трещины»

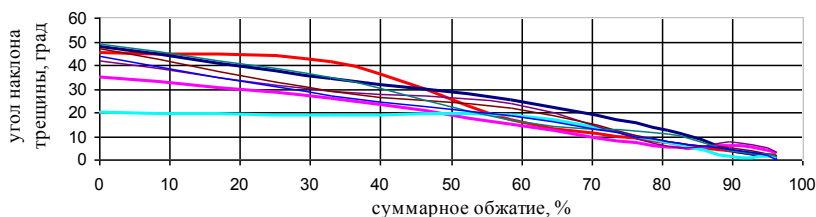


Рис. 3. Корреляционная зависимость углов наклона «трещины» к направлению прокатки от суммарного обжатия

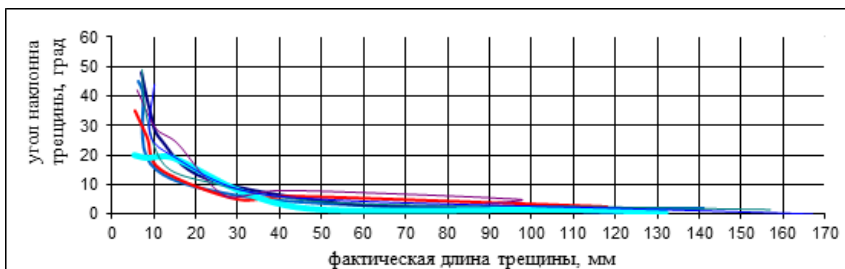


Рис. 4. Корреляционная зависимость между углом наклона «трещины» к направлению прокатки и фактической длиной «трещины»

Угол наклона дефектов измеряли относительно направления прокатки (см. рис 1).

Коэффициенты корреляции k_1 (между суммарным обжатием и фактической длиной «трещины»), k_2 (между обжатием и значениями углов наклона «трещин») и k_3 (между углом наклона «трещины» и ее фактической длиной) составили 0,7225, 0,711 и 0,951 соответственно (см. рис. 2–4). Значения коэффициентов корреляции указывают на то, что эксперимент поставлен адекватно.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что:

- длина «трещины», при прокатке, с увеличением суммарного обжатия, увеличивается, зачастую превышая ее расчетные размеры с учетом вытяжки;

- уменьшение угла наклона «трещины» относительно направления прокатки прямопропорционально «росту» длины дефекта;

- имеет место быть тенденция к формоизменению искусственных «трещин», заключающемуся в преобразовании данных дефектов к линейной трещине на готовом раскате, расположенной параллельно направлению прокатки.

Список литературы

1. Салганик В.М., Песин А.М., Пустовойтов Д.О. // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. №3. С 22–24.
2. Бурмистрова Е.А., Шубин И.Г. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы межрегион. 71-й науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 279–281.
3. Кургузов С.А., Бурмистрова Е.А., Якунина И.В., Красноперова И.А. // Сборник научных трудов SWorld. Вып. 4. Т. 16. Одесса: КУПРИЕНКО С.В., 2013. С. 67–70.

**М.В. Лапин, А.Н. Шаманов, О.Ю. Шещуков,
И.В. Некрасов, Д.К. Егиазарьян, В.В. Конашков**

МЕТОДИКА ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ РАСПЛАВА К ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЮ СРЕДСТВАМИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВИСКОЗИМЕТРИИ

***Аннотация.** В статье описывается методика проведения эксперимента по выявлению склонности расплава к переохлаждению на основе метода крутильных колебаний тигля с расплавом и определения гистерезиса вязкости в режиме нагрева и охлаждения. Также описывается методика определения расхода модификатора на основе склонности расплава к переохлаждению.*

***Ключевые слова:** модификатор, метод крутильных колебаний, вязкость, склонность к переохлаждению.*

Одним из основных физических свойств жидкостей, в том числе расплавленных металлов, является их вязкость или текучесть. Свойство вязкости тесно связано со структурой жидкости и определяется межчастичным взаимодействием, т.е. силами взаимодействия атомов, ионов или молекул, составляющих жидкость. Самой характерной особенностью вискозиметрии как метода физико-химического анализа следует считать ее чувствительность. Очень редки примеры того, когда процессы взаимодействия и межмолекулярного переноса не регистрируются изотермами вязкости. Напротив, случаи, когда из всех изученных свойств одна вязкость указывает на протекающие в системе изменения, очень распространены. Таким образом, вязкость является одной из наиболее характерных структурно-чувствительных характеристик жидкости, поэтому ее изучение наряду с исследованием других физико-химических свойств открывает возможности для установления структуры металлических расплавов, природы и сил взаимодействия между компонентами в сплавах. Позволяет выявить связь между твердым и жидким состоянием.

Основным физическим свойством, используемым в исследовании, является кинематическая вязкость. Существующие методы измерения вязкости основаны на регистрации в процессе измерений различных параметров, функционально связанных с величиной вязкости. Связь между этими параметрами и вязкостью жидкости обосновывается в математических теориях методов.

Наиболее распространенным среди нестационарных методов является метод крутильных колебаний тигля с расплавом. Его преимущест-

* Швидковский Е.Г. Некоторые вопросы вязкости расплавленных металлов. М.: Гостехиздат, 1955. 206 с.

вами является простота и технологичность конструкции вискозиметра, возможность проведения измерений на малых количествах вещества. Последнее обстоятельство упрощает решение вопроса термостатирования, вакуумирования и герметизации рабочего объема и тем самым обеспечивает чистоту образца.

Эксперименты проводилось по методике, которая иллюстрируется схемой, представленной на рис.1.

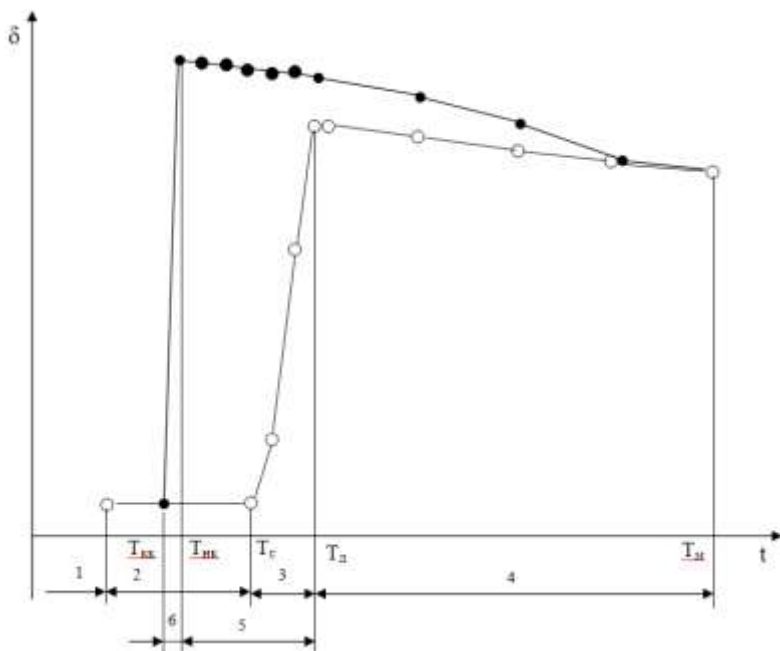


Рис. 1. Зависимость логарифмического декремента затухания крутильных колебаний от температуры

1 – нагрев образца до температуры, заведомо ниже температуры начала плавления со средней скоростью до $100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и выдержка при этой температуре в течение 10 мин;

2 – ступенчатый нагрев металла, находящегося в твердом состоянии, до температуры солидус T_c . Измерение логарифмического декремента затухания колебаний осуществляется после нагрева на $3-4^{\circ}\text{C}$ от предыдущей температуры и изотермической выдержки в течение 10 мин;

3 – плавление металла от температуры солидус T_c до температуры ликвидус T_l . Режим нагрева и проведения измерений такой же, как в интервале 2;

4 – ступенчатый нагрев металла в жидком состоянии от T_l до какой-либо заданной максимальной температуры нагрева T_m и последующее

охлаждение этой температуры до температуры ликвидус. Измерение логарифмического декремента затухания колебаний производится через $20-25^{\circ}\text{C}$ после изотермической выдержки при каждой температуре в течение 10 мин;

5 – ступенчатое охлаждение от температуры ликвидус до температуры начала кристаллизации $T_{\text{нк}}$. Измерение логарифмического декремента затухания колебаний производят после охлаждения на $3-4^{\circ}\text{C}$ от предыдущей температуры и изотермической выдержки в течение 10 мин;

6 – кристаллизация металла от температуры начала до температуры конца кристаллизации. Режим охлаждения и измерений совпадает с режимом в интервале 5.

Главным образом нас интересует именно величина гистерезиса, т.е. значение вязкости, зафиксированное при охлаждении расплава, отличается от значений вязкости в режиме нагрева. При достижении определенной величины переохлаждения начинается кристаллизация металла. С увеличением степени переохлаждения скорость образования зародышей возрастает, количество их увеличивается и размер зерна в затвердевшем металле уменьшается. Размер зерна металла сильно влияет на его механические свойства, особенно на вязкость и пластичность.

В рамках данного исследования предлагается провести ряд экспериментов:

- Провести замеры вязкости на исходном материале (сталь марок 42CrMo4V, СК45 и др.).
- Подобрать шихтовки для экспериментальных замеров из расчета ввода 0,5 – 1 – 1,5 – 2 кг модификатора на 1 т стали.
- Провести замеры вязкости на экспериментальных шихтовках.
- После анализа экспериментальных замеров выделить, при каком расходе достигается наибольшее значение переохлаждения и сузить диапазон расхода модификатора.
- Для подтверждения измельчения зерна подготовить шлифы экспериментальных образцов и провести металлографический анализ.

На основе полученных результатов можно выдвинуть предложение на проведение полупромышленных испытаний с полученным расходом модификатора.

Был произведен последовательно ряд экспериментов в схожих условиях (одинаковая атмосфера, температура нагрева, состав тигля). В одном эксперименте производился замер промышленного образца, во втором – опытного образца (подача модификатора перед вакуумированием с расходом 0,9–1 кг/т стали). Черным точками обозначен режим нагрева, белыми – режим охлаждения. Результаты представлены на рис. 2.

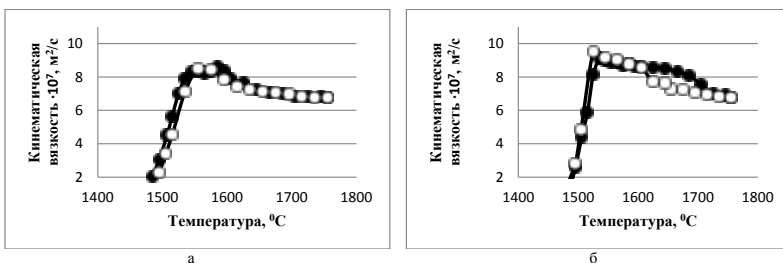


Рис. 2. Результаты исследования промышленного (а) и опытного (б) образца металла марки 42CrMo

Данный расход дает незначительный эффект переохлаждения, что может быть объяснено избыточным расходом модификатора либо недостаточной раскисленностью металла перед вводом модификатора. Результаты металлографического анализа показывают значительное уменьшение количества неметаллических включений (что во многом обусловлено переносом процедуры ввода модификатора перед вакуумированием), а также небольшим уменьшением размера зерна.

УДК 669.18

**М.В. Лапин, О.Ю. Шешуков, И.В. Некрасов,
Т.В. Сапожникова, Л.А. Овчинникова**

ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ РАСПЛАВА СМЕСЕВЫМИ И ЧИПСОВЫМИ ФЕРРОСПЛАВАМИ

Анотация. В статье рассматриваются особенности модифицирования расплава при помощи слиточного и чипсового модификаторов. Приводятся данные по фазовому и химическому составу в зависимости от размера фракции модификатора.

Ключевые слова: модификатор, силикокальций, чипсовые ферросплавы, модифицирование РЗМ.

Современная технология производства стали развивается в направлении использования основных металлургических агрегатов (дуговая печь, конвертер) только для расплавления твердой составляющей шихты и окисления углерода, кремния, марганца. Все остальные металлургические операции (раскисление, дегазация, легирование, десульфурация, а также доводка по химическому составу и температуре) осуществляется в ковшах, оснащенных соответствующим оборудованием. Такой процесс

производства стали позволяет значительно увеличить производительность печей, снизить расходы энергии и материалов, а также обеспечивает получение стали высокого качества*.

Широкое распространение получило применение порошковой проволоки, заполненной кальцием или его сплавами. Это связано с благоприятным влиянием кальция на химический состав и морфологию неметаллических включений в стали. Обычные способы присадки кальция и других ЩЗМ в сталь не обеспечивают соответствующего раскисляющего, десульфуризирующего и модифицирующего эффекта. Это связано с тем, что его точка кипения – 1490°C, поэтому при температуре жидкой стали он находится в газообразном состоянии. Растворимость кальция в чистом железе при 1600°C составляет 0,032%, а плотность – 1,5 г/см³. Особенно интересно использование совместной обработки силикокальцием и модифицирование РЗМ.

Проведено исследование по сравнению структуры 2-х модификаторов, используемых для обработки стали в виде ПП, полученных различными способами (слиточный – Forsteel 3 производства ЗАО «Ферросплав» и чипсовый – Insteel 3.2 производства ООО «НПП Технология»), имеющих примерно одинаковый состав. Быстро охлажденный «чипсовый» модификатор был получен методом намораживания расплава на водоохлаждаемый кристаллизатор, медленно охлажденный – «слиточный» (смесевой) – общепринятой кристаллизацией в изложнице.

С целью определения гранулометрического и фазового состава образцы порошковых модификаторов были просеяны через ряд сит (3,0–0,045 мм), после чего каждую фракцию взвесили и провели анализ фазового состава каждой фракции (результаты исследований гранулометрического состава модификаторов представлены на рис. 1).

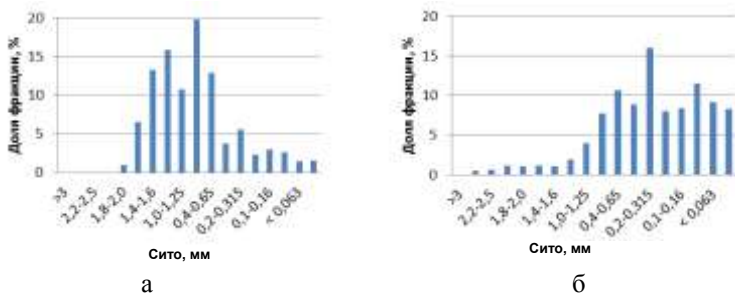


Рис.1. Гранулометрический состав модификаторов:
а – модификатор Insteel 3.2; б – модификатор Forsteel 3

* Шкирмонтов А.П., Курагин О.В., Тимофеев А.А., Долбилов С.Б. Развитие процессов внепечной обработки стали: Обзор по системе «Информсталь» / Ин-т «Черметинформация». М., 1989. Вып.18 (351). 41 с.

После проведения оценки гранулометрического состава был проведен фазовый анализ каждой фракции, посчитано процентное содержание каждой фазы в каждой фракции. Результаты подсчетов представлены ниже на рис. 2, показывающем зависимость процентного соотношения фаз от размера фракции.

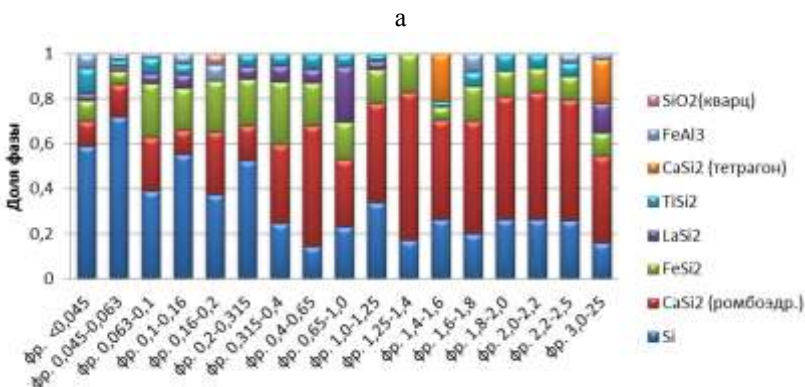
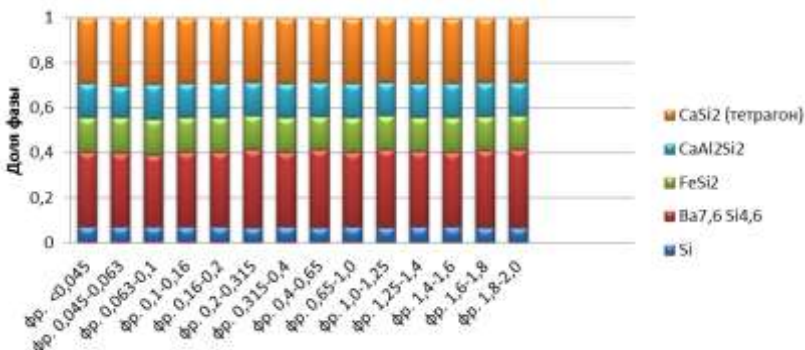


Рис.2. Фазовый состав модификаторов:
а – модификатор Insteel 3.2; б – модификатор Forsteel 3

Дополнительно были проведены металлографические исследования рассматриваемых модификаторов и исследования химического состава, включая определение состава газов (см. таблицу).

Химический состав модификаторов

Марка	Массовая доля элементов, %									
	Mg	Si	Ca	Al	Ba	Ti	Fe	P	S	Ce
Insteel 3.2	1,28	44,90	10,88	7,01	6,13	0,25	18,67	0,02	0,015	6,63
Forsteel 3	1,52	45,10	12,64	3,80	0,12	0,42	22,93	0,01	0,037	3,40

Продолжение таблицы

Марка	Массовая доля элементов, %									
	La	Pb	Sb	Sn	Zn	Bi	As	N	O	H
Insteel 3.2	2,37	0,002	-	0,002	0,038	0,0004	0,003	0,03633	1,1567	0,0066
Forsteel 3	1,80	0,010	<0,001	<0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,094	8,10	-

После анализа его фазового состава можно сделать следующие выводы:

1) Фазовый состав модификатора INSTEEL 3.2 более равномерен по фракциям, нежели модификатора FORSTEEL 3, что видно по графикам фазового состава.

2) Гранулометрический состав модификатора INSTEEL 3.2 сосредоточен в области от 0,315 до 1,0 мм, в то время как гранулометрический состав модификатора FORSTEEL 3 сосредоточен в области от 0,045 до 1,0 мм, отсюда следует, что модификатор FORSTEEL 3 склонен к самодиспергированию на фракции малого размера.

3) Благодаря постоянному фазовому составу модификатора INSTEEL 3.2 можно использовать модификатор любой фракции.

4) Также в смесевом модификаторе наблюдается увеличенное количество содержащихся газов (см. таблицу).

Внепечная обработка жидкой стали порошковой проволокой является эффективным средством повышения качества металла и его прецизионной доводки по химическому составу. Технология применения порошковой проволоки имеет ряд преимуществ, таких как высокая степень усвоения особенно высокоактивных элементов, например кальция или магния; невысокое снижение температуры металла во время обработки и возможность очень точного контроля количества вводимых легирующих добавок. Однако применение порошковой проволоки имеет и недостатки: трудность введения большого количества добавок, особенно в ковши большой емкости; порошковая проволока недостаточно эффективна для глубокой десульфурации стали.

А.В. Лысенин

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** Рассмотрена проблема управления показателями качества металлических изделий в условиях неопределенности. Предложена методика оценки сквозной технологии на основе критерия неопределенности результата технологического процесса, как энтропия. Предложен алгоритм работы нечеткой модели корректировки параметров управления.*

Ключевые слова: металлические изделия, неопределенность, энтропия, показатели качества, параметры управления, технологические операции.

Технология производства металлических изделий, как любая непрерывная, определяется множеством параметров управления, причем каждый в отдельности из них не может характеризовать технологию, необходимо учитывать и оценивать их совместное влияние. Зависимость показателей качества от технологии может быть установлена на основе определения соответствия между множествами параметров управления и свойств готовой продукции [1].

Процессы технологической обработки метизного производства включают в себя множество технологических операций. Данные технологические операции существенным образом отличаются как технически, так и технологически. Степень влияния технологических режимов на изменение показателей качества полупродукта на каждой последующей операции в значительной степени зависит от достигнутых значений соответствующих показателей качества на предыдущих операциях. В реальных производственных условиях нестабильность осуществления различных технологических операций приводит к тому, что при обработке заготовки или полупродукта по одним и тем же режимам на одной технологической операции в итоге может быть получена продукция с существенно различающимися конечными свойствами, поэтому важной является задача повышения эффективности управления показателями качества на каждой стадии технологической обработки изделия с целью получения готовой продукции заданного качества.

Под управлением понимается осуществление совокупности воздействий, выбранных из множества возможных на основании поступившей информации (в системах управления технологический процесс является одним из основных источников информации), с задачей поддержать или улучшить функционирование объекта (в соответствии с целью управления) независимо от внешних возмущений. Процессы управления могут

протекать только в случае организованного получения информации о поведении объекта.

Протекание неуправляемого процесса беспорядочно, хаотично. Под неуправляемостью здесь понимается не только отсутствие управляющих воздействий, но и отсутствие знаний общих закономерностей и характеристик процесса. Неуправляемый процесс не позволяет предвидеть общее число его конечных состояний, которые представляются для наблюдателя равновероятными. Такой процесс называется неорганизованным, максимально неупорядоченным. Соответственно упорядоченным называется такой процесс, о котором имеется полное представление, позволяющее осуществить управление процессом [2].

Главное в случайных событиях, к которым сводятся неупорядоченные процессы, – *неопределенность их результата*. Для решения ряда технических задач по управлению показателями качества металлических изделий необходимо уметь численно оценивать степень неопределенности результата технологических процессов. А это позволит, в свою очередь, оценивать процессы и сравнивать их по степени неопределенности. Такой показатель должен характеризоваться некоторой функцией возмозного числа результатов n .

Для вычисления количественной оценки меры неопределенности результата технологических операций предложена энтропия [3]. С использованием нечетких множеств формула энтропии имеет вид

$$H(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_R) = - \frac{1}{\ln R} \sum_{i=1}^R \mu_R \ln \mu_R, \quad (1)$$

где μ_r – функция принадлежности показателя качества на интервале его значений;

R – количество интервалов значений показателя качества.

Энтропия принимает значения в интервале от 0 и 1.

Когда мы говорим об энтропии в терминах нечетких множеств, мы получаем нечеткую энтропию, которая описывает степень размытости нечеткого множества. Она обращается в ноль, когда одно из состояний системы достоверно, а другие – невозможны. При заданном числе состояний она обращается в максимум, когда эти состояния равновероятны, а при увеличении числа состояний – увеличивается.

В процессе изменения энтропии в системе из-за инерционности системы возникают энтропийные колебания относительно энтропийного равновесия, или критического уровня ($\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_k$), которые могут затухать со временем, а система становится стабильной. На рис. 1 показано изменение энтропии технологической системы (например, при различных режимах технологической обработки, при производстве нового вида продукции $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$).

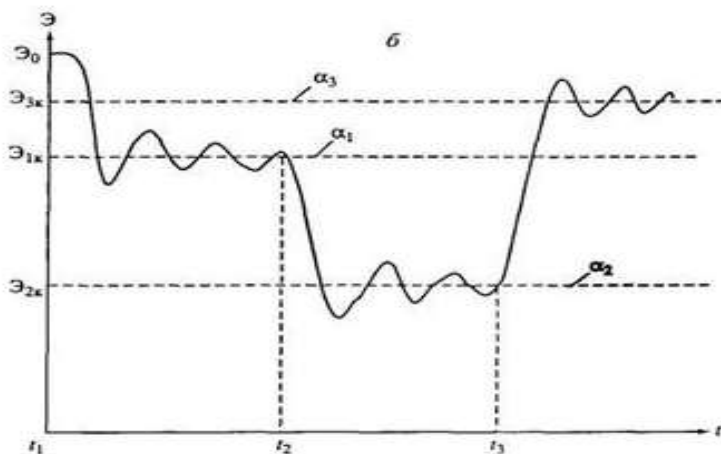


Рис. 1. Энтропийные колебания при производстве металлических изделий

В работе [4] была предложена формализованная модель управления показателями качества металлических изделий. В рамках разработанной схемы сформулирована задача управления показателями качества, согласно которой при отклонении фактических показателей качества от заданных предусмотрены обратные связи, т.е. для повышения эффективности управления показателями качества готовой продукции предусмотрена корректировка параметров управления на каждой технологической операции. В блоке корректировки параметров управления и заложен весь алгоритм нечеткого управления с оценкой неопределенности результата технологической операции.

Формализованный алгоритм нечеткой модели корректировки параметров управления при производстве металлических изделий представлен на рис. 2.

Процесс управления показателями качества металлических изделий с учетом неопределенности результата технологического процесса – это многоэтапный процесс, который начинается с изучения объекта и получения конкретного задания и заканчивается этапом, когда по известному алгоритму формируются параметры управления, обеспечивающие определенный, наиболее желательный закон функционирования технологического процесса.

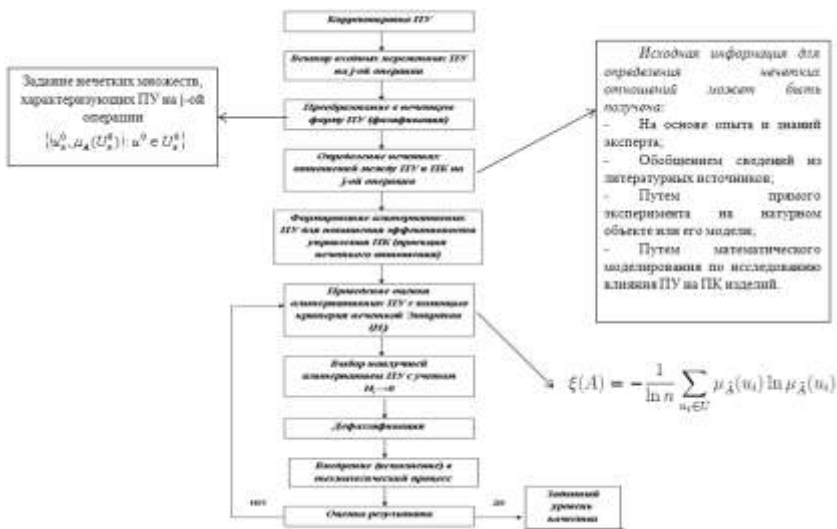


Рис. 2. Алгоритм работы нечеткой модели корректировки параметров управления

Список литературы

1. Korchunov A., Chukin M., Lysenin A. Methodology of developing mathematical models with fuzzy logic elements for quality indices control // Mechanics and Materials: Trans Tech Publications, Switzerland. Vol. 436 (2013), pp. 374–381.
2. Корытин А.М., Петров Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов и промышленных установок: учеб. пособие для вузов. Киев: Виша шк., 1980. 372 с.
3. Корчунов А.Г., Лысенин А.В. Оценка вариативности технологии метизного производства на основе энтропии // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.1. С.258–261.
4. Корчунов А.Г., Лысенин А.В. Управление качеством метизной продукции в условиях неопределенности технологической информации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. 2012. № 3. С. 45–48.

С.В. Михайлицын, М.А. Шекшеев, Р.Р. Дема, М.Н. Иванов

ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Аннотация. Исследована стойкость электродов для контактной точечной сварки, выполненных из сплавов на основе меди с различным легированием.

Ключевые слова: точечная сварка, электрод, медь, стойкость электрода.

Большие объёмы производства сварных соединений в автомобилестроении приводят к необходимости выбора электродов, обеспечивающих их наименьший износ.

Применение сварки обуславливается локальным нагревом и интенсивным охлаждением, вследствие чего происходит изменение структуры и свойств металла свариваемых деталей и электродов [1–3].

Целью данной работы является выбор материала электродов точечной сварки для обеспечения наименьшего износа электродов. Под износом электродов понимается увеличение контактных поверхностей, образование дефектов на контактной поверхности и глубина диффузионной зоны.

Рассматривали сплавы на основе меди (табл.1).

При испытаниях стойкости электродов для определения количества сварных точек образцы имели размер 500×500 мм.

Критерием оценки стойкости электродов являются: число сварных точек N, полученных до образования дефекта «непровар» при постоянных параметрах режима сварки. Методика проведения испытаний на стойкость основана на оценке изменения диаметра литого ядра сварной точки в процессе сварки листового проката [4].

Таблица 1

Химический состав исследуемого материала

№	Cr	Zr	Fe	Sn	Zn	Pb	Cu
Нормативные требования							
	0,6–1,2	0,03–0,2	Н.б 0,05	Н.б 0,05	Н.б 0,05	Н.б 0,01	Остальное
Исследуемые сплавы							
822	0,77	0,20	0,05	Менее 0,01	0,01	Менее 0,01	Остальное
822	0,73	0,20	0,05	Менее 0,01	0,02	Менее 0,01	Остальное
502	0,98	0,13	0,05	Менее 0,01	0,002	Менее 0,01	Остальное
502	0,90	0,13	0,05	Менее 0,01	0,002	Менее 0,01	Остальное

Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 2.

Результаты испытаний

№	Ток сварки I _d , кА	Время сварки тсв, пер(с)	Усилие сжатия электродов F _{сж} , даН	Кол-во св. точек N с постоянным I _d до непровара		d _{нач/кон} , мм
				в каждой серии	средн.	
502	9,0±0,2	9(0,18)	230±15	600 600 700	650	5,5 / 6,5
822	9,0±0,2	9(0,18)	230±15	300 300 100	233	5,5 / 6,5

Внешний вид электродов после испытаний приведен на рис. 1.

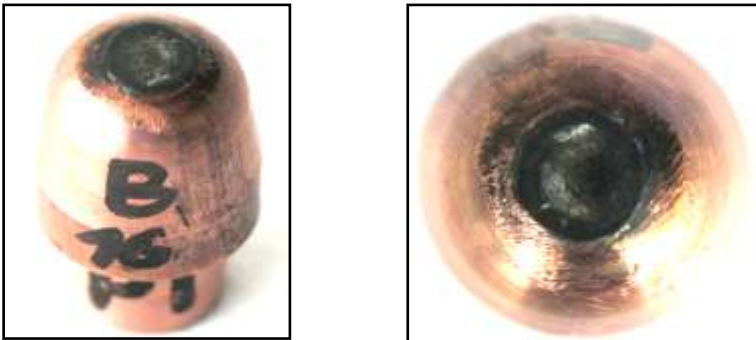


Рис. 1. Внешний вид верхнего электрода после испытаний

Были проведены металлографические исследования (рис. 2) и измерение микротвердости металла электродов (табл. 3).

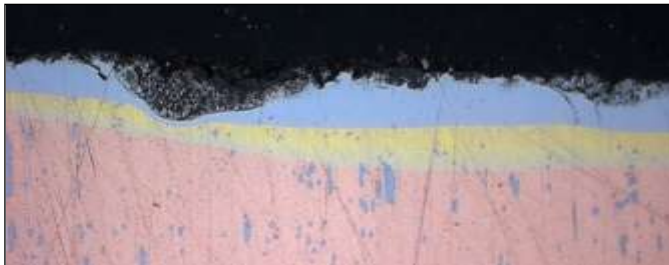


Рис. 2. Рельеф контактной поверхности и диффузионная зона электрода 502 (не травленный образец), ×500

Из анализа полученных данных следуют следующие выводы:

1. Наибольшая глубина проникновения цинка в материал контактной поверхности отмечена для электродов 822 партии – до 60–64 мкм.

2. В процессе сварки горячеоцинкованной стали 01ЮТ с одинаковым темпом сварки (20 точек в мин) происходит разупрочнение рабочих поверхностей электродов с разной степенью интенсивности.

3. По результатам лабораторных испытаний средняя стойкость опытных электродов 502 и 822 при контактной точечной сварке горячеоцинкованной стали 01ЮТ толщиной 0,76+0,76 мм составляет: для 502 партии 650 сварных точек; для 822 партии 250 сварных точек.

Таблица 3

Результаты исследования электродов

Проверенные показатели	Фактические результаты			
	Электроды № 502		Электроды № 822	
	верхний	нижний	верхний	нижний
Дефекты на контактной поверхности (рельефные неровности – вмятины), мкм	max до ~ 90	max до ~ 20	max до ~ 40,	max до ~ 50,
Глубина проникновения цинка в материал электрода, мкм	~ 10...26	~ 10...46	~ 8...64	~ 10...60
Микротвердость диффузионной зоны, HV 0,025	Участки желтого цвета			
	~202...230	~160...187	~156...177	~146...155
	Участки голубовато-серого цвета			
	553...580	524...537	502...528	513...521

Список литературы

1. Гуляев А.И. Технология точечной и рельефной сварки сталей. М.: Машиностроение, 1978. 246 с.
2. Емелюшин А.Н., Беляев А.И., Шекшеев М.А. Современные методы выбора рациональных параметров режима сварки низколегированных сталей // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 2. № 70. С. 163–164.
3. Исследование формирования структуры многослойных сварных соединений трубной стали / Емелюшин А.Н., Шекшеев М.А., Пупейко А.А., Окулова А.А. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 1. № 70. С. 242–245.
4. И 32500.37.101.0192 – 2010. Методика оценки свариваемости листового стального проката при контактной точечной сварке.

С.Ю. Саранча, А.Б. Моллер

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ И РАСКРОЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В СОРТОПРОКАТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В современной промышленности всё большую роль играют информационные технологии (ИТ) – электронные системы проектирования, моделирования, системы управления производственными потоками, системы контроля и учета производственных ресурсов. Металлургическое производство не исключение. В сортопрокатных цехах металлургического производства существует задача, связанная с отгрузкой проката по мерным длинам. Без применения ИТ решение данной задачи имеет низкую эффективность.

Ключевые слова: незаказная длина, немера, немерный остаток, мерная длина, раскрой, информационные технологии, оптимизация технологии раскроя, сортопрокатное производство.

В современной промышленности всё большую роль играют информационные технологии (ИТ), и металлургическое производство не исключение. Электронные системы проектирования, моделирования, системы управления производственными потоками, системы контроля и учета производственных ресурсов – всё это является нормой для современной промышленности. Стоит заметить, что современные прокатные станы также оснащены системами моделирования и контроля процесса прокатки, повышающими качество готовой продукции. Без применения ИТ предприятие рискует оказаться неконкурентоспособным, так как не только не сможет обеспечить требуемого качества продукции, но и не обеспечит быстрой реакции на изменяющийся рынок.

Одним из главных вопросов металлургического производства является сокращение количества брака и увеличение выхода годного [1]. Если же посмотреть на сортопрокатный передел, то, на первый взгляд, этот вопрос к данному переделу не относится, так как выход годного в среднем около 98–99% [1]. Рассматривая этот вопрос более детально, становится ясно, что при пересчете в денежное выражение каждая десятая часть процента выливается в миллионы рублей в год.

Для примера возьмем средне- и крупносортный стан с годовой производительностью 500 000 т [1]. При выходе годного в 99–99.4% [1] это дает 3000–5000 т нетоварной продукции, или 60–100 млн руб. (при стоимости одной тонны прутковой сортопрокатной продукции 20 000 руб.) [2]. То есть каждая десятая часть процента несет в себе около

10 млн руб. в год. Таким образом, экономически целесообразно сокращение даже одной десятой процента.

Углубляясь дальше в вопрос брака, а именно в процентное распределение видов брака, обнаруживаем, что более половины имеющегося брака образуется по причине неправильного раскроя. Продукция, не соответствующая требованиям заказа по длине, является браком в производстве и называется «незаказная» или «немерная» длина.

Сокращение потерь металла в виде немерной длины в прокатном переделе, а значит, повышение коэффициента выхода годного является достойным способом повышения эффективности и рентабельности производства.

Данная задача раскроя имеет, как минимум, 6 способов решения:

- бесконечная прокатка: технология непрерывного литья заготовок [3];
- бесконечная прокатка: технология стыкосварки заготовок [3–5];
- варьирование длины заготовки;
- варьирование длины технологической обрезки в пределах допустимых значений;
- варьирование площади поперечного сечения заготовки;
- варьирование площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений.

Наиболее подробно рассмотрим метод варьирования площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений (далее Метод), так как это наиболее простой и недорогой способ, который не требует много времени и ресурсов на внедрение. Варьирование площади идет в пределах допустимых значений. Тем самым, варьируя межвалковый зазор [6, 7], а значит, и площадь поперечного сечения готовой продукции в большую или меньшую сторону, можно управлять длиной немерного остатка, сводя его к минимуму. Соответственно увеличение площади поперечного сечения готовой продукции выгодно при отгрузке продукции по фактической массе, а уменьшение площади поперечного сечения позволяет увеличить количество прутков, что выгодно при отгрузке по теоретическому весу и количеству прутков.

Если известны геометрические размеры заготовки, масса заготовки, вид профиля, размеры готовой продукции, длина прутка, расходный коэффициент, то через закон постоянства объемов нам известна и общая длина готовой продукции. А через общую длину продукции, зная заказную длину, известна кратность (количество прутков). Тем самым задача сводится к тому, чтобы найти такую площадь готовой продукции, при которой или количество прутков было бы максимальным и выражалось целым числом, а продукция находилась в пределах допусков, или немерный остаток был сведен к минимуму при отгрузке продукции по факти-

ческой массе [8]. Для решения данной задачи было разработано программное обеспечение «Раскрой продукции сортопрокатных станов», получившее свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619897, авторами которого являются Саранча С.Ю., Моллер А.Б., Кинзин Д.И. и Новицкий Р.В. [9].

Рассмотрим работу программного обеспечения на примере профиля круг 48 (см. рисунок). Заказная длина 11.7 м, масса заготовки в пределах 2 т, также учитывается технологическая обрезь после черновой и чистой групп клетей, холодильника.



Сравнение режимов прокатки по умолчанию и в минусовых допусках

При прокатке по умолчанию общая длина раската составляет 143.4 м или 11 заказных прутков. Немерный остаток в таком случае равняется 11.3 м, который не может являться товарной продукцией и отправляется в брак. Прокатка в минусовых допусках позволяет получить длину раската в 144.8 м или 12 заказных прутков, немерный остаток в таком случае равняется всего 0.5 м. Стоит заметить, что рассчитанная величина немерного остатка при прокатке по умолчанию в ПО будет, как правило, меньше, чем в реальности – это обусловлено тем, программное обеспечение помимо расчета оптимального межвалкового зазора рассчитывает и оптимальную длину штанги на холодильник, а в реальности до внедрения ПО резка на холодильник неоптимальна с точки зрения раскроя, что повышает выход брака в виде немерной длины.

Рассмотрим более детально получившиеся результаты: масса немеры сокращается с 158.02 до 7.19 кг, и в то же время повышается выход годного с 90,09 до 97,3%; потери с одной заготовки снижаются с 2918 до

132 рублей. Такой эффект достигнут снижением межвалкового зазора с 2 до 1.63 мм. Результаты говорят сами за себя. Метод варьирования площади поперечного сечения готовой продукции является одним из резервов повышения эффективности и рентабельности производства, при этом не требующих значительных вложений и времени.

Что касается применимости Метода, то в данный момент программное обеспечение поддерживает такие профили, как круг и арматура. Опытные испытания на сортопрокатном стане 370 ОАО «ММК» показывают положительные результаты, а это значит, что модель работает [10].

С экономической точки зрения сокращение немеры даже на 50% повлечет за собой экономию в размере 15–25 млн руб. в год на средне- и крупносортомном стане с объемом выпуска 500 000 т в год. Авторы же считают, что Модель и соответственно программный продукт позволят сократить немеру на 80–90%, что обеспечит еще больший экономический эффект.

Практическое применение данного подхода позволяет сделать вывод, что наиболее выгодно применять данный метод на фасонных профилях крупных размеров (например, равнополочный уголок 125x125 или швеллер 18У).

На данный момент ПО «Раскрой продукции сортопрокатных станов» активно развивается и уже сменило несколько версий – поддержка фасонных профилей находится в процессе реализации со сроком выхода альфа-версии в 2014 году.

Список литературы

1. Освоение производства проката на новом сортовом стане 370 ОАО «ММК» / А.В. Титов, В.Л. Носов, А.В. Гасилин и др. // Производство проката. 2007. Вып. 5. С.33–37.
2. http://www.mmk.ru/for_buyers/marketplace/enter/
3. Тенденции развития технологии и оборудования для реализации процесса бесконечной сортовой прокатки / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. трудов ИЧМ НАН Украины. Киев, 2003. Вып. 6. С.152–161.
4. Аустен Т.Х. EBROS – система бесконечной прокатки сортовых профилей // ОАО «Черметинформация». Новости черной металлургии за рубежом. 2004. Вып. 2. С.40–42.
5. Зиновьев А.В. Поточное соединение заготовок – главный технический прием при бесконечной горячей прокатке // ОАО «Черметинформация». Новости черной металлургии за рубежом. 2003. Вып. 1. С.52–53.
6. Моллер А.Б., Тулупов О.Н., Зайцев А.А. Модель настройки сортопрокатного стана при матричном описании формоизменения в калибрах простой формы // Изв. вузов. Черная металлургия. 1999. Вып. 10. С.15.

7. Методы применения математической модели настройки непрерывных сортовых станов / Моллер А.Б., Зайцев А.А., Тулупов О.Н., Рашников С.Ф. // Производство проката. 1999. №5. С.7–12.
8. Саранча С.Ю., Моллер А.Б., Новицкий Р.В. Немерная длина в сортопрокатном производстве и способы ее устранения // Калибровочное бюро. 2013. №2. С.48–55.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619897. Раскрой продукции сортопрокатных станов / Саранча С.Ю., Моллер А.Б., Кинзин Д.И., Новицкий Р.В. // ОБПБТ. 2013. № 2013619897.
10. Отчет о НИР/НИОКР / Моллер А.Б., Тулупов О.Н., Левандовский С.А., Кинзин Д.И., Ручинская Н.А., Саранча С.Ю., Гущина М.С., Найденова А.В., Елесина В.В., Кулакова А.Е.; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. № ГР 01201366941.

УДК 62.722.1

А.В. Кузьмин, А.В. Нефедов

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СМАЗКИ К ПОДШИПНИКАМ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ МАШИНЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ПРАВКИ ЛИСТА ЛПЦ-1 ОАО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

***Аннотация.** Была обоснована возможность и необходимость модернизации системы подачи смазки к подшипникам опорных роликов машины для горячей правки листа путем переконструирования верхнего и нижнего корпусов роликов и верхней опорной рамы.*

***Ключевые слова:** листопрокатный цех, машина для горячей правки, система смазки, подшипник, опорный ролик.*

Практика показала, что возможности большинства машин ограничены ввиду конструктивных особенностей, что сказывается на выпуске продукции и на металлопотоке в целом.

В ЛПЦ-1 ОАО «Уральская Сталь» на участке стана «2800», который предназначен для производства листов толщиной 8–50 мм, шириной 1500–2500 мм и длиной до 20 м из углеродистых, низколегированных, а также высокопрочных марок сталей, находится машина горячей правки листа (МПП).

Таким образом, все прокатанные на стане листы проходят горячую правку на машине для горячей правки листа и после дискового холодильника на листопрямильной машине №2 [2].

Во избежание неудовлетворительной правки вследствие большого охлаждения, листы толщиной до 10 мм перемещают по рольгангу клетки

«кварто» с максимальной скоростью и задают в машины без задержек. Перед задачей в машины листов с загнутым передним концом его выправляют. Схема работы правильной машины представлена на рис. 1.

При отправке с клетки «кварто» листа новой толщины в необходимых случаях оператор сообщает об этом вальцовщику по селекторной связи. Выходной ролик правильной машины при прохождении листа должен вращаться и устанавливаться для каждой толщины так, чтобы передний и задний конец листа выходили ровными.

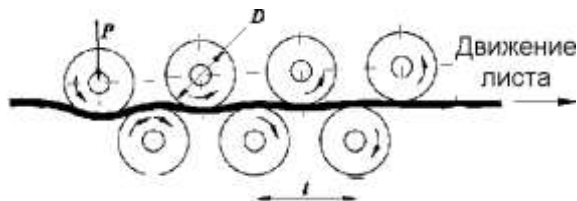


Рис. 1. Схема работы правильной машины

Листы, которые после правки имеют волнистость, подают на термический участок в роликовые печи для нагрева, после чего они подвергаются правке и обязательному полистному испытанию механических свойств.

У МГП также есть свои недостатки: нет возможности контролировать систему смазки подшипников верхних и нижних опорных роликов.

Подвод масла осуществляется от главного распределителя к вторичным. От них рабочая жидкость по термостойким шлангам подводится к блокам смешивания. К блокам также подводится и воздух (для охлаждения подшипников), который подхватывает капли масла, и получившаяся смесь поступает к верхним опорным роликам через высверленные отверстия в верхней опорной раме, а затем через отверстия в корпусе к подшипникам роликов.

К нижним опорным роликам смесь подводится напрямую от блоков смешивания в корпус роликов через аналогичные высверленные в нем отверстия.

Верхний и нижний корпуса опорных роликов сконструированы таким образом, что смазка, поступая к ним, подводится не одновременно ко всем подшипникам, а постепенно, последовательно.

Смесь поступает по отверстию в корпусе до первой заслонки, которые установлены в отверстиях в корпусе, перед каждым подшипником. На своем пути смазка встречает сопротивление вследствие меньшего диаметра, и определенная порция поступает в подшипник ролика. Остальной объем смазки поступает дальше до второй заслонки, где происходит то же самое, и так ко всем подшипникам.

После того как смазка прошла через первую заслонку, уже невозможно проконтролировать, поступит она к остальным подшипникам или нет. Смесь может создать затвор на любой заслонке и не поступить дальше в подшипники. Это, в свою очередь, может привести к заклиниванию ролика и задержке листа в машине.

При задержке раската на правильной машине прокатка на стане должна быть немедленно прекращена, о чем вальцовщик сообщает на клетки по селекторной связи. Такая ситуация неизбежно приведет к простоя и ремонту машины, в связи с чем предприятие понесет убытки.

Актуальность проблемы подтверждается реальными случаями поломок МГП (на ремонт задействуется бригада из 6–8 человек, в среднем выработка машины составляет 700000 руб./ч в денежном эквиваленте):

- Март 2014 г. Простой и ремонт машины составил 7 ч 15 мин, «недопрокат» составил 786 т. Предприятие понесло убыток 2466000 руб.

- Декабрь 2013 г. Простой и ремонт машины составил 8 ч 20 мин, «недопрокат» составил 911 т. Предприятие понесло убыток 6000000 руб.

Цель работы: провести анализ данной конструкции и разработать предложения по ее модернизации.

После анализа конструкции и опыта её эксплуатации была выдвинута гипотеза: для бесперебойной работы машины необходимо модернизировать систему подачи смазки таким образом, чтобы подвод осуществлялся гарантированно ко всем подшипникам опорных роликов [2].

Для достижения поставленной цели и подтверждения выдвинутой гипотезы в работе было предложено переконструировать нижний и верхний корпус подшипников, а также верхнюю опорную раму под индивидуальную схему смазки всех подшипников, работающую на новых гидрораспределителях: SP-VM 10/9-18/8/8 N1 (4 шт.) для нижней опорной рамы, и SP-VM 12/11-18/8/8 N1 (4 шт.) для верхней опорной рамы [3].

Модернизация нижнего корпуса подшипников предполагает выполнение дополнительных отверстий, ведущих ко всем подшипникам роликов (индивидуальное отверстие для каждого ролика). Наряду с этим нужно установить заглушки в корпусе, чтобы перекрыть уже ненужные каналы, по которым раньше смесь подводилась поступательно к подшипникам, так как выполнение новых отверстий предполагает гарантированную подачу смазки к каждому подшипнику (рис. 2).

Модернизация верхнего корпуса подшипников предполагает аналогичную процедуру. Необходимо выполнить также дополнительные отверстия для подвода смазки к подшипникам и установить заглушки в корпусе. Верхний корпус подшипников прижимается к верхней опорной раме и стягивается болтами.

Также необходимо заменить старые блоки смешивания на новые, которые будут обеспечивать индивидуальный подвод смеси к каждому подшипнику.

Для обеспечения индивидуального подвода воздушно-масляной смеси была разработана усовершенствованная гидросхема, произведен подбор её компонентов и произведены основные проверочные расчеты (способность существующего гидроборудования работать с новыми элементами гидросхемы; расчет подшипников на долговечность) [4].

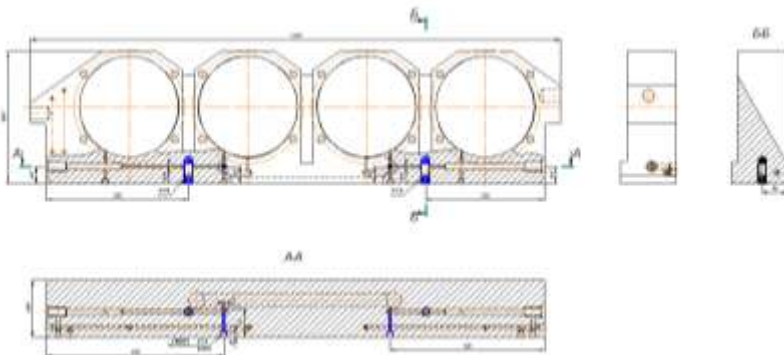


Рис. 2. Корпус подшипников нижних опорных роликов

Применение разработанных технических решений на производстве позволит улучшить условия работы МПП, значительно снизить количество простоев, время и ресурсы, затраченные на ремонт, повысить его надежность и экономическую эффективность как машины, так и предприятия в целом. Реализация этого проекта не требует больших затрат, и его внедрение возможно в условиях комбината, что позволит избежать значительных потерь.

Таким образом, обоснована целесообразность внедрения предлагаемых в работе технических решений по модернизации системы подачи смазки к подшипникам опорных роликов машины для горячей правки листа ЛПЦ-1 на предприятии ОАО «Уральская Сталь».

Список литературы

1. Инструкция по системе управления машиной для горячей правки листа ЛПЦ-1 ОАО «Уральская Сталь». Новотроицк, 2006.
2. Заводяный А.В., Нефедов А.В., Чиченев Н.А. Организация, выполнение и оформление курсовых научно-исследовательских работ: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 41 с.
3. Кружков В.А., Чиченев Н.А. Ремонт и монтаж металлургического оборудования: учебник. М.: Металлургия, 1983. 256 с.
4. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т.3 / под ред. И. Н. Жестковой. 9 изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2006. 928 с.

О.С. Железков, И.Ш. Мухаметзянов, С.А. Малаканов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация. *Выполнено компьютерное моделирование процесса изготовления проволоки трапецевидного профиля для производства путевых пружинных шайб, применяемых в рельсовых скреплениях железнодорожного пути. Исследуемый процесс изготовления проволоки включает плющение в двухроликковой волоке и волочение через монолитную волоку. Определены рациональные режимы деформирования, обеспечивающие снижение технологических усилий.*

Ключевые слова: *пружинные шайбы, проволока трапецевидного профиля, двухроликковая волока, плющение, волочение, монолитная волока, метод конечных элементов, усилие волочения.*

В рельсовых креплениях полотна железных дорог используются путевые пружинные шайбы по ГОСТ 19115-91, которые изготавливаются на шайбонави-вочных станках из проволоки трапецевидного профиля (ГОСТ 11850-72) из сталей марок 65Г, 40С2А.

Проволока трапецевидного профиля, в основном, изготавливается либо волочением в монолитных волоках (ОАО «Северстальметиз», г. Череповец), либо волочением в четырехроликковых волоках (ОАО «ММК-МЕТИЗ»). Процессы волочения в монолитных волоках связаны с низкой стойкостью инструмента, что обусловлено действием значительных сил трения на поверхности контакта деформируемого металла с волокой [1]. Использование четырехроликковых волок связано со сложностью их настройки. Поэтому поиск рациональных технологических решений, направленных на повышение эффективности производства проволоки трапецевидного сечения, является актуальной задачей.

С целью повышения эффективности изготовления проволоки трапецевидного сечения предложено вначале исходную заготовку круглого сечения деформировать двумя гладкими роликами (плющение), а затем придавать окончательную форму волочением в монолитной волоке. Для поиска рациональных режимов деформирования при использовании предлагаемой технологии выполнено компьютерное моделирование разработанного процесса.

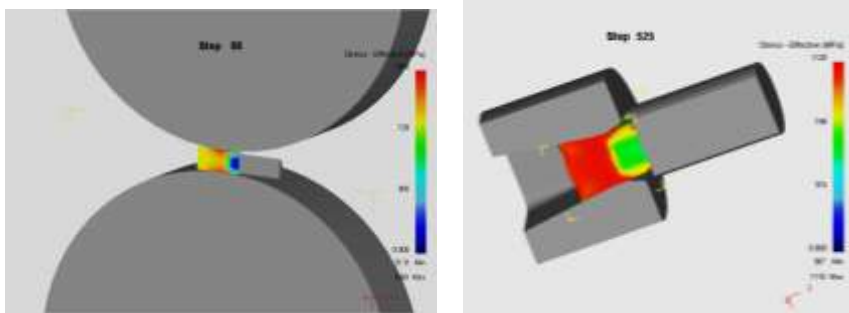
Используя программный комплекс «DEFORM-3D», в основу которого положен метод конечных элементов [2], выполнено моделирование процесса волочения трапецевидной проволоки 10 (ГОСТ 11850-72) из заготовки круглого сечения диаметром 11 мм последовательно, сначала в двухроликковой волоке, а затем в монолитной волоке.

При моделировании использовали следующие допущения: материал заготовки изотропный, пластический; процесс является изотермическим; заготовка не имеет внутренних и внешних дефектов; условие пластичности по Губеру-Мизесу; силы внешнего трения учитываются применением закона трения Кулона-Амонтона; эволюция микроструктуры не учитывается; все объекты, кроме заготовки, несжимаемые (абсолютно жесткие). Реологические свойства стали марки 65Г задавались по данным, изложенным в работе [3].

На основании выполненных расчетов получена информация об энергосиловых параметрах процесса волочения в двухроликовой волоке – операция плющение, в монолитной волоке, в монолитной волоке после волочения в двухроликовой волоке, напряженно-деформированном состоянии в очагах деформации и геометрических параметрах получаемой проволоки.

В частности, на рисунке показаны поля интенсивности напряжений в очагах деформации при волочении в двухроликовой волоке (рисунок, а) и в монолитной волоке (рисунок, б).

По результатам выполненных исследований определена рациональная высота плющенной заготовки, получаемой после деформирования в двухроликовой волоке. Применение такой заготовки обеспечивает снижение усилий волочения в монолитной волоке на 25–30% по сравнению с технологией, включающей однократное волочения без плющения.



Поля интенсивности напряжений при волочении трапецевидной проволоки в роликовой и монолитной волоках

Список литературы

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. М.: Металлургия, 1971. 447 с.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов: пер. с англ. М.: Мир, 1984. 428 с.
3. Кроха В. А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации: справочник. М.: Машиностроение, 1980. 157 с.

М.А. Полякова, А.Е. Гулин

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАНИЕМ СХЕМ ДЕФОРМАЦИИ

Аннотация. Рассмотрена возможность комбинирования различных схем деформации для создания метода непрерывного деформационного наноструктурирования проволоки. Показана возможность формирования ультрамелкозернистой структуры в углеродистой проволоке при различных режимах обработки данным методом. Получена формула для расчета суммарной степени деформации при комбинировании деформаций растяжения, кручения и изгиба.

Ключевые слова: деформационное наноструктурирование, углеродистая проволока, степень деформации, перлитная колония, ультрамелкозернистая структура.

Сочетание высоких прочностных свойств металлов и сплавов при сохранении их пластических свойств является актуальной задачей современного материаловедения и одним из направлений развития технологий. Выделяют следующие механизмы повышения прочностных характеристик стали [1]: деформационный (дислокационный) механизм упрочнения; дисперсионный механизм упрочнения; твердорастворный механизм упрочнения; упрочнение за счет прочной структурной составляющей (мартенсит, бейнит, феррокарбидная смесь); а также зернограничный механизм упрочнения.

Зачастую разработанные технологии получения материалов с повышенными характеристиками основаны на использовании комбинации нескольких механизмов. Наибольшее упрочнение сталей достигается за счет деформационного упрочнения, которое можно осуществлять, как завершающий этап обработки стали. В ряде случаев существует стремление к изменению комплекса механических свойств без изменения геометрии обрабатываемой заготовки. Это достижимо путем воздействия на микроструктуру обрабатываемой заготовки, т.к. при этом вдобавок к деформационному механизму упрочнения включается зернограничный механизм.

Наиболее яркими представителями процессов с зернограничным механизмом упрочнения являются процессы интенсивной пластической деформации (ИПД). Анализируя существующие методы ИПД, стоит отметить, что большинство из них не позволяет непрерывно получать изделия круглого профиля. Кроме того, для их реализации необходимо создание специального нестандартного оборудования и инструмента.

Результаты исследований доказали, что комбинирование различных простых видов деформирования (кручение, растяжение, сжатие, изгиб) может быть использовано для получения такого сочетания прочностных и пластических свойств в проволоке, который не обеспечивается при воздействии на проволоку одним из этих видов деформации [2, 3]. На основе данного комбинирования был разработан способ получения ультрамелкозернистых полуфабрикатов волочением с кручением, на который был получен патент № 2467816 RU (рис. 1) [4].

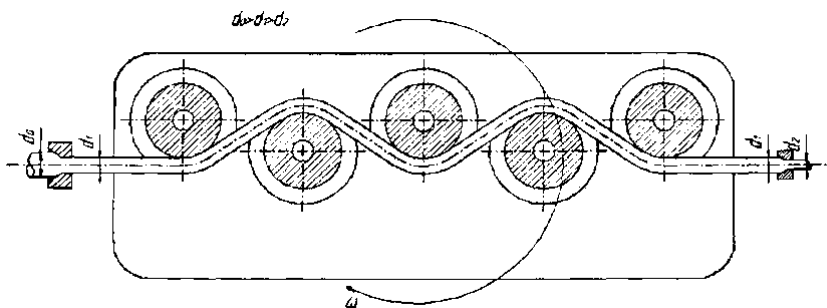


Рис. 1. Схема изготовления проволоки с ультрамелкозернистой структурой за счет комбинированной деформационной обработки волочением со знакопеременным изгибом с кручением (патент № 2467816 RU)

Стальная проволока с начальным диаметром d_0 заправляется в первую по ходу ее движения неподвижно закрепленную коническую волоку и далее направляется в систему роликов, обеспечивающую знакопеременный изгиб проволоки. Далее она, имеющая после первой волоку диаметр $d_1 < d_0$, поступает во вторую неподвижно закрепленную, расположенную соосно с первой коническую волоку меньшего диаметра, после которой проволока имеет диаметр d_2 с последующим закреплением ее переднего конца в намоточном устройстве.

После этого осуществляется процесс последовательной комбинированной деформации металла волочением за счет тянущего усилия, создаваемого вращением намоточного устройства. При этом одновременно с деформацией волочением в зоне между волоками производят дополнительную деформацию сдвигом, за счет вращения системы роликов вокруг продольной оси металла, обеспечивающей совместный знакопеременный изгиб металла и его вращение вокруг своей продольной оси.

Волочение металла в двух последовательно расположенных конических монолитных волоках с одновременным приложением сдвиговых

напряжений за счет применения кручения позволяет организовать сложную комбинированную схему напряженно-деформированного состояния обрабатываемого металла. Такая схема приложения нагрузки способствует развороту зерен при их одновременной вытяжке. В результате происходит дополнительный сдвиг зерен близкой ориентации вдоль их границ при одновременном их измельчении. Дополнительным фактором, повышающим интенсивность пластической деформации в данном способе, является организация знакопеременного изгиба в процессе вращения деформируемого металла в зоне между волокнами. Это позволяет обеспечить большую проработку структуры металла, что, в конечном итоге, способствует выравниванию его свойств по сечению.

Суммарную степень деформации можно рассчитать как сумму степеней деформации при растяжении, изгибе и кручении

$$e = \ln \frac{F_0}{F_1} + \ln \frac{l_1}{l} + \sum_{i=1}^n \ln \frac{1}{1 - \delta_i} + \ln \frac{F_{n+2}}{F_{n+3}}, \quad (1)$$

где F_0 – площадь поперечного сечения исходной заготовки, мм^2 ; F_1 – площадь поперечного сечения после обжатия в первой волоке, мм^2 ; l_1 – длина образующей после кручения, мм ; l – исходная длина образующей, мм ; δ – относительное удлинение поверхностного слоя при изгибе; F_{n+2} – площадь поперечного сечения проволоки перед второй волокой, мм^2 ; F_{n+3} – площадь поперечного сечения проволоки после выхода из второй волоки, мм^2 .

Делая допущение, что при кручении и знакопеременном изгибе на роликах одинакового диаметра диаметр проволоки не меняется, выражение для расчета суммарной деформации упрощается до следующего вида:

$$e = \ln \frac{d_0^2}{d_1^2} + \ln \frac{\sqrt{l_0^2 + \left(\phi \frac{d_1}{2} \right)^2}}{l_0} + n \ln \frac{D + d_1}{D} + \ln \frac{d_1^2}{d_2^2}, \quad (2)$$

где d_0 – исходный диаметр проволоки, мм ; d_1 – диаметр проволоки после первой волоки, мм ; d_2 – диаметр проволоки после второй волоки, мм ; ϕ – угол скручивания проволоки; l_0 – расстояние от волоки до системы роликов, мм ; D – диаметр роликов, мм .

В качестве объекта исследований была выбрана проволока из высокоуглеродистой стали 70 диаметром 3,0 мм . Были проведены исследования зависимости величины перлитных колоний от суммарного обжатия (12,7; 18,7; 28,45; 35,47 %) и скорости скручивания (70 и 180 об/мин) (рис. 2).

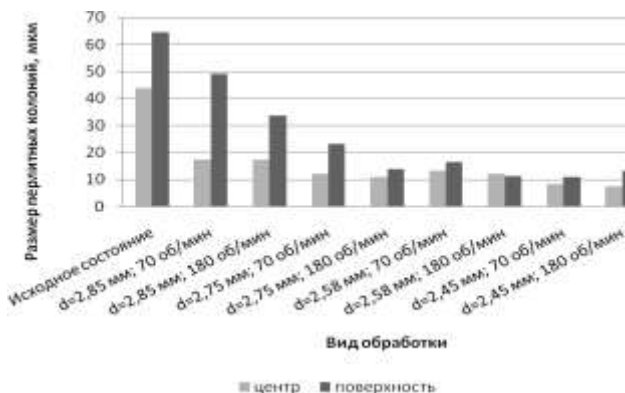


Рис. 2. Изменение размера перлитных колоний

Из полученных данных видно, что увеличение суммарного обжата приводит к уменьшению данного параметра микроструктуры. Это позволяет судить, что в ходе разработанного метода в высокоуглеродистой проволоке формируется ультрамелкозернистая структура.

Таким образом, преимуществом разработанного метода деформационного наноструктурирования является его непрерывность, возможность формировать УМЗ структуру в длинномерных изделиях, высокая технологичность, перспективность интеграции в традиционные технологические схемы производства проволоки из углеродистых сталей.

Список литературы

1. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов: учебник для вузов. М.: Металлургия, 1983. 352 с.
2. Полякова М.А., Гулин А.Е. Перспективы применения непрерывного метода деформационного наноструктурирования для получения проволоки с заданным уровнем механических свойств // Труды IX Конгресса прокатчиков. 16–18 апреля 2013. Череповец, 2013. Т. 1. С. 250–253.
3. Полякова М.А., Гулин А.Е., Никитенко О.А. Влияние технологических параметров совмещенного процесса на механические свойства и структуру углеродистой проволоки // Металлургические процессы и оборудование. 2013. № 3. С. 21 – 25.
4. Пат. 2467816 RU, МПК В21С 1/04, В21С 1/00. Способ получения ультрамелкозернистых полуфабрикатов волочением с кручением / Чукин М.В., Полякова М.А., Голубчик Э.М., Рудаков В.П., Носков С.Е., Гулин А.Е. Заявл. 28.02.2011; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.

М.И. Румянцев

АККОМОДАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ – ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ

***Аннотация.** Изложен подход к созданию моделей, которые позволяют минимизировать погрешность расчетов за счет свойства аккомодации к граничным условиям. Приведено сравнение результатов использования различных вариантов таких моделей для прогноза температуры металла при горячей прокатке на широкополосном стане*

***Ключевые слова:** автоматизированное проектирование режимов прокатки, модель, адаптация, аккомодация, широкополосный стан горячей прокатки, температура металла.*

При совершенствовании технологических систем листопрокатного производства важное значение имеет задача разработки режима прокатки, которая наиболее эффективно решается с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) [1, 2]. При этом, несмотря на значительные достижения в развитии теории и практики моделирования процессов обработки металлов давлением, остаются актуальными задачи развития специального математического обеспечения САПР режимов прокатки с целью повышения точности прогноза параметров процесса при ограниченном времени на решение задачи. Причиной пониженной точности известных моделей в тех или иных условиях являются несоответствия реальным условиям осуществления процесса упрощений и диапазонов граничных условий, принятых при построении каждой из них.

Поэтому предположили, что может быть продуктивным подход к моделированию различных процессов в технологических системах производства проката, как к конструированию с применением уже известных зависимостей, которые при реализации модели выбираются в связи со значениями некоторых существенных факторов. Подобная структура модели обеспечивает выбор соотношений, наиболее соответствующих конкретному случаю.

По нашему мнению, модели такого типа можно назвать аккомодационными. Обычно точность модели обеспечивают выбором математических объектов и созданием соотношений между ними, которые, по мнению разработчиков, наиболее соответствуют отображаемой системе и последующей адаптацией модели. Из анализа определений адаптации (от лат. *Adapto* – приспособляю) следует, что по существу адаптация представляет собой деятельность субъекта, направленную на приведение некоторой системы в такое состояние, при котором ошибка достижения

цели функционирования будет минимальна. Применительно к моделированию это означает действия исследователя по минимизации погрешности результата, получаемого с применением модели.

Термин аккомодация (от лат. *Assomodatio* – приспособление, приращение) широко известен в биологии и медицине, где он трактуется как приспособление органа либо организма в целом к изменению внешних условий. Таким образом, аккомодация – это реакция системы, направленная на достижение такого состояния, при котором ошибка достижения цели функционирования будет минимальна. Следовательно, аккомодационная модель представляет собой такую совокупность математических объектов и соотношений между ними, в которой, по крайней мере, одно из свойств моделируемой системы отображается несколькими соотношениями, а алгоритм модели предусматривает выбор одного из указанных соотношений в зависимости от особенностей граничных условий. Выбор может осуществляться, например, по следующим признакам: «участок технологической системы» или «значение существенного фактора».

В работах [3–5] представлены результаты построения и оценки точности аккомодационных моделей температуры полосы при горячей прокатке на широкополосном стане (ШСП), а на рисунке приведены результаты расчета по указанным моделям температуры конца прокатки в чистой группе полос толщиной 1,5–2,5 мм из малоуглеродистой стали. Модель, в которой зависимости выбираются в связи со значениями существенных факторов [4], дает абсолютную погрешность прогноза не более 25°C и относительную до 3,5% во всем диапазоне температур конца прокатки, характерных для подобной продукции (линия 2 на рисунке). Относительная погрешность прогноза с применением модели [3], в которой расчетные зависимости выбираются по признаку принадлежности клетки к черновой или чистой группе, достигает 6%, при абсолютной погрешности до 50°C (линия 1 на рисунке). Таким образом, модель температурного режима прокатки, предусматривающая выбор известных формул в зависимости от значений существенных факторов, позволяет заметно повысить точность прогнозирования температуры металла на контрольных участках в линии стана.

При построении аккомодационных моделей поиск существенных (наиболее информативных) факторов целесообразно производить с применением парного регрессионного анализа их физически обоснованной связи с отображаемым свойством. При этом должна применяться аппроксимация одного и того же типа (линейная, полиномиальная и т.д.), а в качестве существенного выбирается фактор, которому соответствует наибольшая из статистически значимых величина показателя достоверности аппроксимации R^2 . Анализ графиков, отображающих взаимосвязи

составляющих изменения температуры с различными факторами процесса, показал, что для излучения и конвекции существенным является отношение времени охлаждения к толщине полосы (τ/h), при контакте с рабочими валками решающим оказалось произведение скорости и толщины полосы на выходе из очага деформации ($v_n \cdot h_1$), для разогрева в результате пластической деформации – среднее контактное давление p_{cp} .

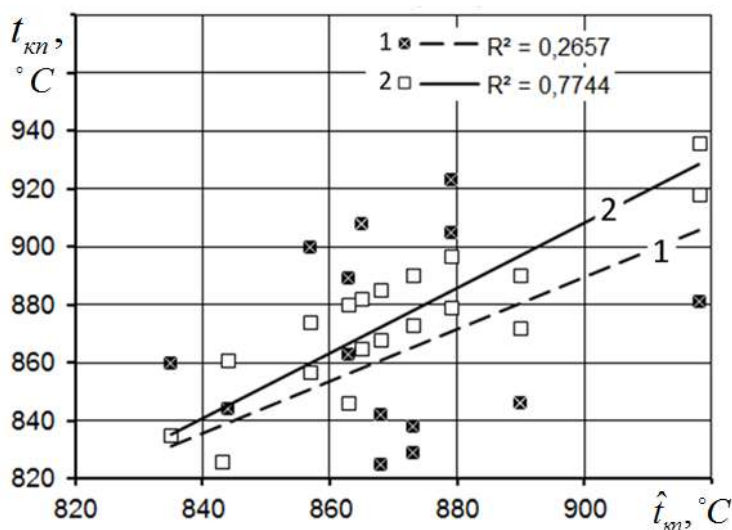


Диаграмма соответствия фактической (t_{kn}) и рассчитанной (\hat{t}_{kn}) температуры конца прокатки в чистовой группе полос толщиной 1,5–2,0 мм из малоуглеродистой стали:

1 – с выбором формул в зависимости от значений существенных факторов; 2 – с выбором формул по принадлежности к группе клетей

Аккомодационная модель температуры полосы, предусматривающая выбор соотношений для расчета составляющих изменения температуры в зависимости от значений существенных факторов, использована в программе автоматизированного проектирования режимов горячей прокатки и охлаждения широкополосной стали разнообразного назначения на станах различных типов [6]. С применением данной программы, в частности, была выполнена оценка возможностей прокатки на ШСПП 2000 ОАО «ММК» горячекатаного подката для производства холоднока-

таных лент из стали HC340LA, HC380LA, HC420LA; холоднокатаных полос из стали H220P, HC220Y, HC260LA, HC300LA; горячеоцинкованного широкополосного проката марки HX260BD, а также горячекатаного проката из стали марок S315MC, S355MC, DP 600 [7–8].

Список литературы

1. Румянцев М.И. Методика разработки режимов листовой прокатки и ее применение // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2003. № 3. С. 16–18.
2. Румянцев М.И. Опыт развития и применения автоматизированного проектирования режимов горячей и холодной прокатки листовой стали разнообразного назначения на станах различных типов // Труды IX Конгресса прокатчиков. 16–18 апреля 2013 г. Череповец, 2013. Т. II. С. 43–54.
3. К вопросу построения модели для расчета составляющих температурного режима металла в линии широкополосного стана горячей прокатки / М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, Д.Ю. Загузов, О.С. Носенко // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2006. С. 26–34.
4. Синтез модели для расчета температуры тонких полос из малоуглеродистых сталей в линии широкополосного стана горячей прокатки / Р.А. Исмагилов, М.И. Румянцев, И.Г. Шубин и др. // Производство проката. 2007. № 5. С. 5–9.
5. Моделирование изменения температуры металла при горячей прокатке толстых полос из низколегированных сталей на широкополосных станах с целью повышения результативности процесса / М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, О.Ю. Сергеева и др. // Производство проката. 2009. № 9. С. 7–11.
6. Программа автоматизированного проектирования безаварийных режимов горячей прокатки и охлаждения широкополосной стали разнообразного назначения на станах различных типов / М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, А.В. Горбунов и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013612426 от 27.02.2013.
7. Автоматизированное проектирование технологии горячей прокатки высокопрочной стали на широкополосных станах различных типов для автомобилестроения / Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О. и др. // Черные металлы. 2012. № 7. С. 17–21.
8. Опыт освоения производства горячекатаной двухфазной ферритно-мартенситной стали в условиях ОАО «ММК» для изготовления диска колеса автомобиля / Г.А. Куницын Г.А., С.В. Денисов С.В., А.В. Горбунов др. // Моделирование и развитие процессов ОМД: сб. науч. трудов. Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова, 2009. С. 45–52.

**В.М. Салганик, С.В. Денисов, П.П. Полецков,
П.А. Стеканов, Г.А. Бережная, Д.Ю. Алексеев**

СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ С УНИКАЛЬНЫМ СОЧЕТАНИЕМ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

***Аннотация.** Рассмотрен процесс моделирования технологических процессов обработки металлов давлением на примере двух наиболее распространенных видов моделирования: математическое и физическое. Представлен инновационный лабораторный комплекс «Термодеформ-МГТУ», предназначенный для фрагментарного физического моделирования технологических процессов производства горячекатаного листа, позволяющий при минимальных затратах осуществлять исследования по проектированию и совершенствованию технологических режимов толстолистовой прокатки.*

***Ключевые слова:** горячая прокатка, толстый лист, моделирование, лабораторный комплекс, физическое моделирование, горячекатаный лист.*

Введение

Разработка новых технологических решений производства горячекатаного листа, в условиях металлургического предприятия, требует вложения больших затрат, связанных с производством пробной партии металла. Способом, позволяющим снизить эти затраты, является моделирование технологических процессов.

Моделирование в настоящее время стало неотъемлемой частью любой научно-исследовательской работы. Оно позволяет с относительно небольшими затратами труда и времени описать сложный процесс, оценить влияние внешних факторов и выявить среди них наиболее значимые.

Модель – это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.

Существует множество различных способов моделирования:

- математическое;
- цифровое;
- структурное;
- физическое;
- имитационное.

При построении модели какого-либо процесса главной задачей является обеспечение ее адекватности, то есть получение моделью значе-

ний технологических параметров, которые бы корректно отображали данные реального процесса.

Математическое моделирование является наиболее распространенным видом исследования технологических процессов. Это связано с доступностью данного способа, так как компьютер, необходимый для него, в настоящее время есть практически у каждого человека.

Математическое моделирование – это набор всевозможных теоретических средств (формул, уравнений, таблиц, диаграмм и др.), которые описывают интересующий процесс целиком. Однако такой вид моделирования не дает полностью достоверных данных из-за невозможности учесть влияние всех внешних факторов, воздействующих на процесс. И поэтому обеспечить полную адекватность модели невозможно.

Для повышения адекватности получаемой модели возможно применение физического моделирования, при котором создается уменьшенная копия реального объекта. Однако физическое моделирование требует создания специальных экспериментальных установок, требующих многомиллионных затрат. Не случайно в нашей стране отсутствуют достаточно подробные физические модели прокатных станов, хотя в мире (Германия, Япония, США) таких моделей существует немало.

Одним из таких случаев фрагментарного физического моделирования является лабораторный комплекс «Термодеформ-МГТУ» (рис. 1).

Основной его задачей является разработка и анализ новых технологических решений в области производства металлопродукции с уникальным сочетанием физико-механических свойств.



Рис.1. Общая структура лаборатории «Термодеформ-МГТУ»

В составе оборудования данного комплекса имеются:

1. Сталеплавильная индукционная печь с двумя плавильными узлами (рис. 2).
2. Камерная печь с температурой нагрева до 1250°C (рис. 3).
3. Гидравлический пресс для предварительной обработки заготовок усилием 250 т (рис. 4).
4. Реверсивный стан 500 «ДУО», совмещенный с установкой контролируемого охлаждения (рис. 5).

Указанное оборудование позволяет моделировать основные технологические операции толстолистовой прокатки:

- выплавку стали заданного химического состава с последующим получением заготовки массой до 30 кг. При этом процесс от загрузки шихтовых материалов до получения готового слитка занимает не более 40 мин;
- нагрев полученной заготовки в камерной печи до температуры 1250°C ;
- осадку заготовки на определенную толщину на гидравлическом прессе;
- прокатку на реверсивном стане до достижения конечной толщины;
- ускоренное охлаждение раската по заданному режиму (ламинарное охлаждение со скоростью до $80^{\circ}\text{C}/\text{с}$);
- изготовление образцов для последующих механических испытаний и анализа их результатов.



Рис. 2. Сталеплавильная индукционная печь



Рис. 3. Камерная нагревательная печь



Рис. 4. Гидравлический пресс



Рис. 5. Реверсивный прокатный стан, совмещенный с установкой контролируемого охлаждения

Данным комплексом была успешно выполнена научно-исследовательская работа по увеличению доли вязкой составляющей проката при испытании падающим грузом (ИПГ) путем реализации двухстадийной контролируемой деформации. Проведена работа по определению оптимального химического состава стали марки типа S700, применяемой для изготовления деталей грузовых автомобилей.

Лабораторный комплекс «Термодеформ-МГТУ» дает новые разнообразные возможности по исследованию, проектированию и совершенствованию технологических режимов толстолистовой прокатки, начиная от варьирования химического состава выплавленной стали и заканчивая сложным комплексом механических свойств готовой продукции. Он позволяет быстрее искать, проверять и совершенствовать технологические режимы работы.

В.М. Салганик, П.П. Полецков, М.С. Гушина

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. *Сделан анализ существующих параметров оценки исполнения технологии и достижения качества продукции металлургической отрасли. Предложен подход к интегральной оценке и прогнозу работы предприятия, объединяющий качество продукции, уровень технологии и работу по заказам. Разработана методика управления технологическими процессами с расчетом показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа».*

Ключевые слова: *статистическое управление процессами; показатели интегральной оценки уровня исполнения технологии и качества продукции; вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа.*

В современных экономических условиях наблюдается устойчивое стремление предприятий к повышению качества своей продукции. Для крупнотоннажного металлургического производства традиционное отношение к качеству, заключающееся в формальном соответствии инструментально измеренных свойств продукта установленным требованиям, является недостаточным. Известно, что любое измерение носит условный, вероятностный характер. Например, механические свойства длинномерной продукции определяются на пробе, представляющей незначительную часть общей длины продукции. В то же время проведение полного исследования каждой единицы продукции зачастую технически невозможно или экономически нерентабельно. В таких условиях управление технологией и качеством, а также осуществление корректирующих воздействий на основе единичных отклонений приводит лишь к дестабилизации всей системы [1,2].

В отличие от традиционного подхода применение статистических методов позволяет увидеть обобщенное состояние на основе множества измерений, произведенных на различных стадиях технологического процесса. При этом статистические методы не заменяют традиционного подхода, но делают его более объективным. Кроме того, введение управляющего воздействия на основе обобщенного представления о состоянии технологического процесса позволяет избежать брака еще до его появления [3].

Оценка работы предприятий металлургической отрасли по качеству и выполнению заказов состоит из следующих блоков [4,5]:

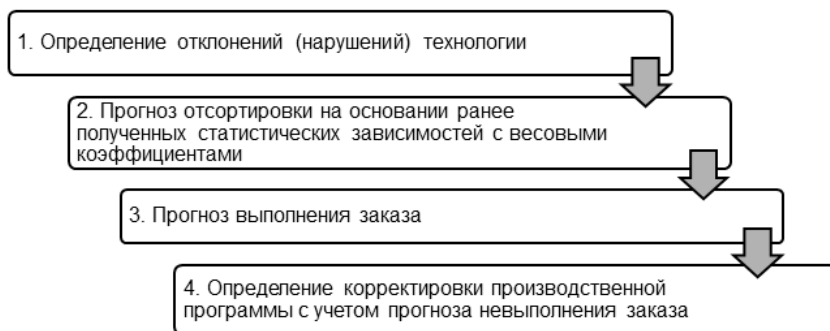
1. Оценка работы подразделений путем подсчета выхода годного, несоответствующей продукции по получению и брака.

2. Оценка уровня стабильности технологических параметров, свойств продукции и качества по ЗАКАЗЧИКУ (с возможностью разбивки по структурным подразделениям).

3. Мониторинг выполнения заказов.

Предлагается связать эти три блока в единый алгоритм (см. рисунок).

Предлагаемый подход по представленному алгоритму позволяет активным образом корректировать процесс выполнения заказов и связывает воедино три указанных выше блока оценки работы предприятия по качеству, технологии и выполнению заказов.



Алгоритм оценки уровня исполнения технологии и качества продукции

Разработана методика управления процессом производства продукции по результатам статистического анализа технологических процессов, включающая следующие этапы.

1. Расчет показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа» по формуле

$$P = \left(1 - \frac{n}{N} \right) \times 100, \quad (1)$$

где P – вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа, %;

n – количество продукции (тонн, партий, раскатов или штук) с отклонениями по качеству, произведенной с нарушениями технологических

параметров за период с нулевого отсчета до момента, предшествующего производству рассматриваемой продукции;

N – количество продукции (тонн, партий, раскатов или штук), произведенной с нарушениями технологических параметров за период с нулевого отсчета до момента, предшествующего производству рассматриваемой продукции.

Моментом нулевого отсчета считается момент освоения технологии производства рассматриваемой продукции с началом накопления статистической информации.

2. При отклонении от нормативного документа нескольких технологических параметров, влияющих на отсортировку по качеству, показатель P рассчитывается для каждого технологического параметра. Общая вероятность выполнения заказа равна сумме вероятностей выполнения заказа при отклонении от нормативного документа каждого технологического параметра:

$$P = \sum_{i=1}^m P_i, \quad (2)$$

где P_i – вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа i -го технологического параметра, %;

m – количество технологических параметров при производстве продукции с отклонениями от нормативного документа.

3. Обновление (корректировка) показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа» P .

3.1. В случае, если фактическое количество полученной несоответствующей продукции в отчетном периоде (месяц) *меньше или равно* количеству несоответствующей продукции, рассчитанной на основании показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа» P , то обновление (корректировка) данного показателя осуществляется автоматически один раз в месяц.

3.2. В случае, если фактическое количество полученной несоответствующей продукции в отчетном периоде (месяц) *больше* количества несоответствующей продукции, рассчитанной на основании показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа» P , решение об обновлении (корректировке) данного показателя и способ этого обновления принимается экспертной группой. В состав экспертной группы входят технологи производства и специалисты в области статистической обработки данных.

3.3. Обновление (корректировка) показателя «Вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа» осуществляется один раз в месяц по формуле

$$P_{кор} = \left(1 - \frac{\sum n}{\sum N} \right) \times 100, \quad (3)$$

где $P_{кор}$ – скорректированная вероятность выполнения заказа при отклонении от нормативного документа, %;

$\sum n$ – суммарное количество продукции (тонн, партий, раскатов или штук) с отклонениями по качеству, произведенной с нарушениями технологических параметров с момента нулевого отсчета с учетом последнего отчетного периода (месяц);

$\sum N$ – суммарное количество продукции (тонн, партий, раскатов или штук), произведенной с нарушениями технологических параметров с момента нулевого отсчета с учетом последнего отчетного периода (месяц).

Заключение. Достоинством предлагаемой методики является возможность прогноза отклонения по качеству при несоблюдении технологических параметров. Такой прогноз позволяет активным образом корректировать процесс выполнения заказов.

Список литературы

1. Круглов А.В., Якименко В.Н., Каплан Д.С. Корпоративная система управления качеством продукции и контроля стабильности технологических процессов на основе статистических методов (SPC) // Тр. VIII конгресса прокатчиков. Магнитогорск: Магнитогорский Дом печати, 2010. Т. 2. С. 543–551.
2. Салганик В.М., Рашников В.Ф., Шемшурова Н.Г. Основы квалиметрии. Инструменты и системы управления качеством: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2012. 344 с.
3. Новые подходы к производственному планированию / А.М. Песин, В.М. Салганик, Г.А. Бережная, Д.Н. Чикишев, В.М. Шмаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №2. С. 75–76.
4. Салганик В.М., Полецков П.П., Кухта Ю.Б. Алгоритм определения и корректировки параметров горячекатаного проката на металлургическом предприятии // Моделирование и развитие процессов ОМД. 2013. № 19. С. 90–94.
5. Кухта Ю.Б., Полецков П.П., Егорова Л.Г. Алгоритм функционирования информационно-управляющей системы управления качеством на металлургическом предприятии: сб. статей II междунар. заочной науч.-техн. конф. «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012)» (Тольятти, апрель 2012). Ч. 2. Тольятти, 2012. С. 329–334.

М.В. Ефремова, И.В.Макаренко, Е.В. Кожевникова, А.Н. Завалицин

ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРОКАТКИ НА СТРУКТУРУ НЛС И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОКАТА ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

***Аннотация.** Исследовано влияние структуры на механические свойства горячекатаной, листовой, низколегированной стали в зависимости от условий ускоренного охлаждения после прокатки.*

***Ключевые слова:** микролегирование, горячекатаная сталь, структура, свойства.*

При производстве горячекатаной толстолистовой стали одним из основных параметров, влияющих на формирование структуры и требуемых механических свойств готового проката является температура конца ускоренного охлаждения*.

Для исследования влияния технологических параметров охлаждения на механические свойства, долю вязкой составляющей в изломах образцов ИПГ и формирование структуры проката, был произведен отбор проб на механические испытания и оценку микроструктуры. Механические свойства проката определялись на поперечных и продольных образцах в соответствии с нормативной документацией. Испытание падающим грузом проводилось на полнотолщинных образцах с вдавленным/прессованным надрезом в соответствии с ГОСТ 30456 и API RP 5L3. Микроструктура проката изучалась на микрошлифах на оптическом микроскопе при увеличениях $\times 100$, $\times 500$ и $\times 1000$ после травления в 4%-ом спиртовом растворе HNO_3 .

Химический состав листового проката из микролегированной стали представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали К60. Массовая доля элементов, %

C	Si	Mn	S	P	Другие элементы
0,05–0,07	0,22–0,32	1,47–1,61	$\leq 0,003$	$\leq 0,013$	Ni, (Cu), Nb, Ti, V

* Изменение структуры низколегированной стали в процессе производства / Денисов С.В., Завалицин А.Н., Кожевникова Е.В., Румянцев М.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №3. С. 51-54.

Для более детального исследования свойства проката группировали по толщинам в различных температурных диапазонах температуры ускоренного охлаждения (T_{yo}). Для толщин 14–20 мм свойства изучали в интервале температур ускоренного охлаждения 546–610 и 610–685°C, для толщины свыше 20 мм –580–590°C, 590–600°C, свыше 600°C. Статистическое распределение результатов механических испытаний представлено на рис. 1–3.

С повышением T_{yo} прочностные свойства проката снижаются, а относительное удлинение растет, однако свойства остаются в пределах допустимых (табл. 2) и только для проката толщиной более 20 мм при температурах T_{yo} свыше 600°C наблюдалось падение доли вязкой составляющей ниже допустимой НД нормы.

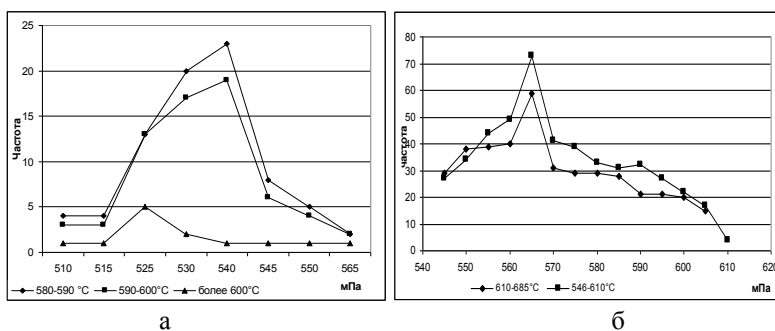


Рис. 1. Распределение предела текучести (МПа) в зависимости от T_{yo} : а – 14–20 мм; б – свыше 20 мм

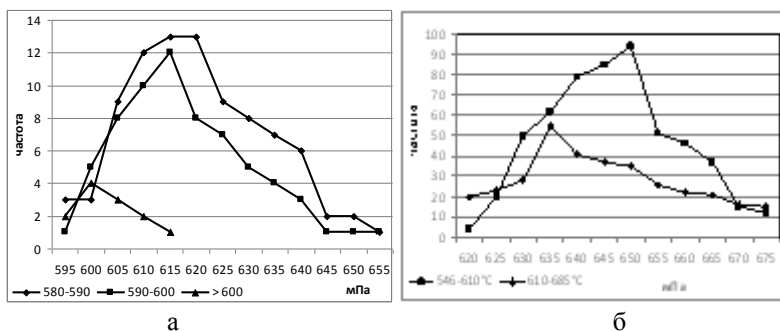


Рис. 2. Распределение предела прочности (МПа) в зависимости от T_{yo} : а – 14–20 мм; б – свыше 20 мм

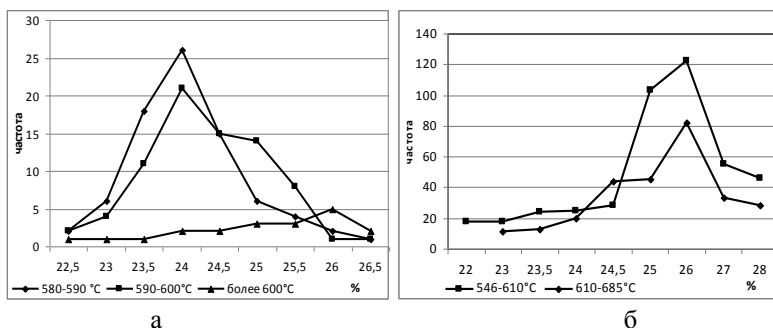


Рис.3. Распределение относительного удлинения (%) в зависимости от T_{y0} :
а – 14–20 мм; б – свыше 20 мм

Механические свойства проката находятся в пределах, представленных в табл. 2.

Таблица 2

Механические свойства стали толщиной 25,8 мм

Свойства	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	ИПГ ⁻²⁰ , %
<u>Мин-макс</u>	<u>510–590</u>	<u>595–660</u>	<u>22,5–26</u>	<u>60–90</u>
Среднее	540	630	24	89
ТУ 14-101-725-2009	500–608	590–698	≥ 22	≥ 90

Механические свойства проката обусловлены структурой, которая зависит от T_{y0} . Микроструктура проката толщиной 20 мм, охлажденного в интервале температур 580–600⁰С состоит из зерен феррита различной морфологии: полигонального, квазиполигонального и игольчатого и мелких включений сорбитообразного перлита, без выраженной полосчатости. С повышением T_{y0} величина зерна феррита растет. Так, в интервале $T_{y0}=580–600^0\text{С}$ номер зерна соответствует 10–11 номеру по шкалам ГОСТ 5639-82, в интервале температур 590–600⁰С – 9–11 номеру, а выше 600⁰С появляется полигональный феррит с величиной зерна №8, что объясняет падение доли вязкой составляющей ниже допустимой нормы (рис.4).

В прокате толщиной до 20 мм с повышением T_{y0} существенного увеличения зерна не происходит, но появляется небольшая полосчатость 2 балла.

Вывод. Необходимое сочетание высокой прочности и хладостойкости проката из микролегированных сталей обеспечивается в нижнем допустимом интервале температур ускоренного охлаждения с формированием однородной, мелкозернистой структуры стали, состоящей из полигонального, квазиполигонального и игольчатого феррита 9–11 номеров.

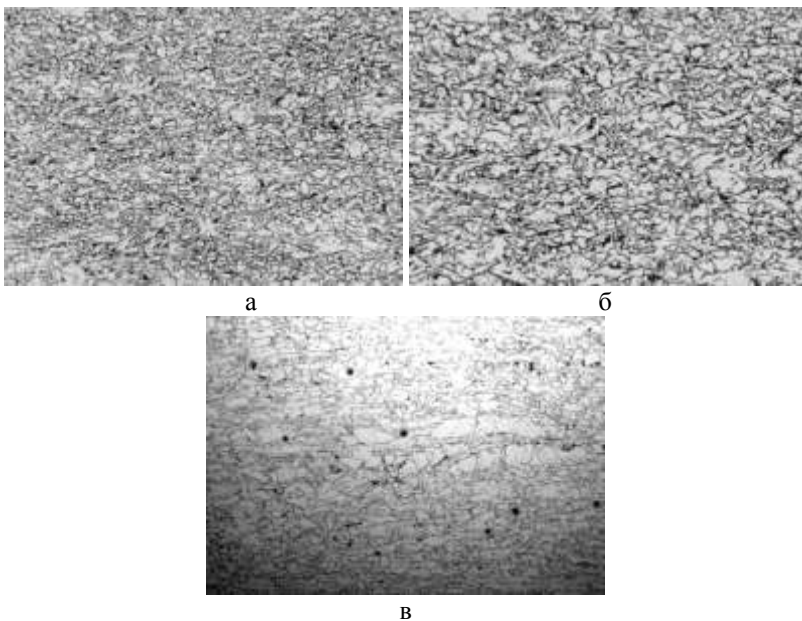


Рис. 4. Структура проката толщиной 20 мм в интервалах T_{yo} :
 а – 580–600°C; б – 580–600°C; в – выше 600°C

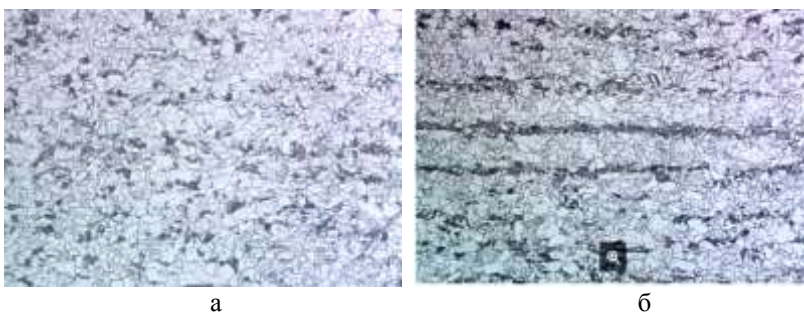


Рис. 4. Структура проката толщиной 15,7 мм в интервалах T_{yo} :
 а – 546–610°C; б – 610–685°C

Наличие в структуре протяженных областей полигонального феррита 8 номера в верхнем интервале температур ускоренного охлаждения приводит к ухудшению свойств проката при ИПГ и снижению сопротивления стали хрупкому разрушению.

С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, В.А. Бегинюк,
С.Р. Миникаев, Д.М. Кузнецов

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАЦИИ СООТНОШЕНИЯ РАСХОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДУТЬЯ ПО ФУРМАМ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. Проведением промышленных испытаний на доменной печи ОАО «ММК» объемом 2014 м³ исследовано влияние стабилизации соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам на показатели работы печи. Выявлено, что повышение коэффициента равномерности расхода ПГ к горячему дутью по фурмам с 0,94 до 0,99 позволило эффективно повысить расход природного газа на 400 м³/ч с коэффициентом замены, равным 0,7 кг/кг.

Ключевые слова: доменная печь, природный газ, дутье.

Одними из способов снижения удельного расхода кокса является вдувание в горн печи топливных добавок, в том числе природного газа. Коэффициент замены им кокса составляет 0,6–0,8 кг/м³ в зависимости от его расхода, распределения процессов по высоте, сечению и окружности печи. Ввиду пониженной его стоимости по сравнению со скиповым коксом увеличение расхода природного газа существенно повысит экономичность доменной плавки. Однако превышение предельного допустимого значения приводит к ухудшению работы печи – снижению производительности и перерасходу кокса. В связи с этим необходимо использовать мероприятия, взаимодополняющие друг друга, применение которых позволит устранить отрицательное действие расхода газа в лимитирующей зоне по газодинамике, вследствие чего повысить предельно допустимую величину его расхода без осложнения работы печи [1–3]. Одним из таких мероприятий является стабилизация соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам [4,5]. Ее влияние на ход доменной плавки оценили на одной из доменных печей ОАО «ММК» объемом 2014 м³.

Исследовали два периода. В первом расход газа составил 100,1 м³/т чугуна, во втором 105,2 м³/т чугуна (табл. 1).

Отрицательное действие от увеличения количества восстановительного газа компенсировали стабилизацией соотношения расходов газа и дутья по фурмам. Это обеспечили путем регулирования расхода газа по фактическому количеству дутья, поступающему через соответствующую фурму. В результате интервалы между максимальной и средней, а также средней и минимальной величинами этого отношения уменьшились соответственно с 1,15 и 3,81 до 0,13 и 1,15. Коэффициент равномерности распределения отношений расходов природного газа к дутью по каждой фурме увеличился с 0,94 до 0,99 (см. табл. 1).

Таблица 1

Параметры дутья

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	22	22,4	
Расход: дутья, м ³ /т чугуна	1053	1057	
природного газа м ³ /т чугуна	100,1	105,2	
Открытие малого снорта, %	3,8	2,5	
Давление горячего дутья, кПа	275	274	
Температура дутья, °С	1126	1122	
Расход водяного пара, г/м ³	4,5	3,8	
Содержание кислорода, %	27,7	27,7	
Отношение расхода природного к дутью, %:			
	среднее	8,39	8,71
	максимальное	9,54	8,84
	минимальное	4,58	8,56
Интервал от среднего, максимальный минимальный	1,15	0,13	
	3,81	0,15	
Коэффициент равномерности расхода ПГ к горячему дутью по фурмам	0,94	0,99	

Стабилизация отношения расхода газа к дутью сопровождалась увеличением степени использования водорода с 48,6 до 54,4 % (табл. 2). В опытном периоде уменьшились коэффициент сопротивления шихты и динамический напор газа (табл. 3), несмотря на некоторое снижение холодной прочности кокса по показателям М10 и М25 и увеличение в агломерате фракции 0–5 мм с 7,6 до 8,2 % (табл. 4).

Таблица 2

Параметры колошниковога газа

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	22	22,4	
Состав колошниковога газа, %:			
	CO ₂	19,7	19,7
	CO	24,9	25,1
	H ₂	7,8	7,2

Окончание табл. 2

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч	
	22	22,4
Степень использования, %: CO	44,2	44
	H ₂	48,6
Температура в газоотводах, °С	159,2	162,6
Давление колошникового газа, кПа	129	130
Градиент температур по периферии	337	423
Уровень засыпи фактический, м	0,75	0,75

Таблица 3

Показатели газодинамического режима работы доменной печи

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /час	
	22	22,4
Коэффициент сопротивления шихты движению газов	12,7	12,5
Динамический напор газа на пустое сечение колошника в рабочих условиях по температуре и давлению, н/м ²	2,6	2,3

Таблица 4

Показатели качества шихтовых материалов в исследуемые периоды

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч	
	22	22,4
Содержание фракции 0–5 мм в агломерате	7,6	8,2
Доля окатышей, %	26	27
Качество кокса по M10	9,3	9,6
	по M25	86,7

Эффективное использование природного газа обеспечило снижение приведенного удельного расхода кокса с 430,1 до 426,5 кг/т чугуна. Фактический расход кокса в опытном периоде увеличился до 431,6 кг/т чугуна (табл. 5). Одной из причин являлось ухудшение качества кокса.

С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, С.Р. Миникаев, Д.М. Кузнецов

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫПУСКА ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БУНКЕРА БЗУ ЛОТКОВОГО ТИПА

Аннотация. Установлено влияние последовательности расположения компонентов шихты в бункере БЗУ и расхода материалов на равномерность поступления их в колошниковое пространство. Выявлено, что наиболее равномерно компоненты шихты поступали при расположении в нижней части бункера 60% агломерата от общего его расхода, затем добавочных материалов, в том числе окатышей, после чего оставшихся 40% агломерата.

Ключевые слова: доменная печь, бесконусное загрузочное устройство, поступление шихты из бункера БЗУ.

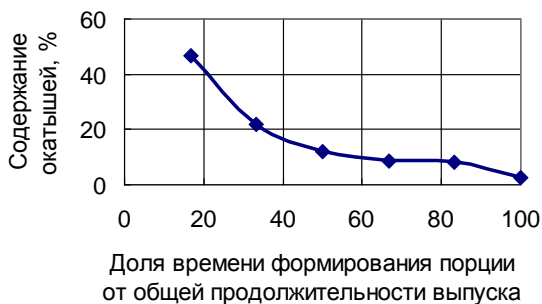
Равномерное распределение шихты и газа по окружности печи обеспечивает ровный ход доменной плавки, что положительно сказывается на удельном расходе кокса и производительности. На доменных печах, оснащенных компактным БЗУ лоткового типа, сложно обеспечить равномерное распределения компонентов шихты по окружности. В связи с этим на печах с БЗУ лоткового типа градиент температур по периферии зачастую выше, чем с конусным загрузочным устройством.

На равномерность поступления материалов в колошниковое пространство печи в значительной степени влияет расположение компонентов шихты в бункере БЗУ относительно друг друга. При этом рациональное размещение материалов зависит от расхода каждой из них [1,2].

Для выявления рационального режима загрузки шихты в доменную печь провели серию опытов на физической модели однокотлового компактного загрузочного устройства лоткового типа, изготовленной в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 2, 4, 6 ОАО «ММК» [3].

Исследовали равномерность поступления компонентов шихты из бункера БЗУ при расположении окатышей совместно с добавочными материалами под агломератом, в среднем его слое и над ним. Суммарный расход коксового орешка, марганцевой и железной руд изменяли в интервале 1,6–16 кг, что соответствовало 200–2000 кг/подачу реальной печи полезным объемом 1370 м³. Доля окатышей составляла 30% от железорудной части шихты. Добавочные материалы располагали тем дальше от выпускного отверстия, чем выше насыпная плотность.

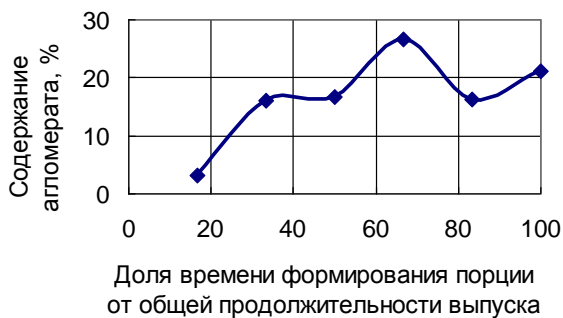
При расположении добавочных материалов в нижней части бункера БЗУ, после чего агломерата при суммарном расходе добавок 1,6 кг последовательность выхода компонентов шихты из бункера соответствовала рис. 1–3.



а



б



в

Рис.1. Содержание окатышей (а), коксового орешка (б) и агломерата (в) по мере истечения их из бункера БЗУ в смеси друг с другом при суммарном расходе добавок 1,6 кг и расположении их под агломератом

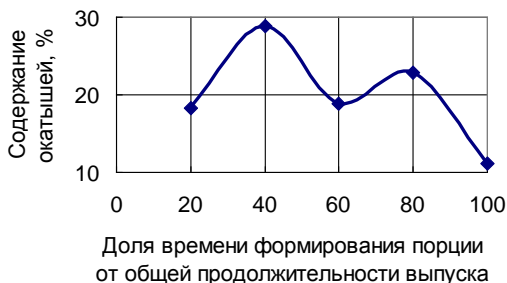


Рис.2. Содержание окатышей по мере истечения их из бункера БЗУ в смеси с агломератом и добавочными материалами при суммарном расходе добавок 16 кг и расположении их под агломератом

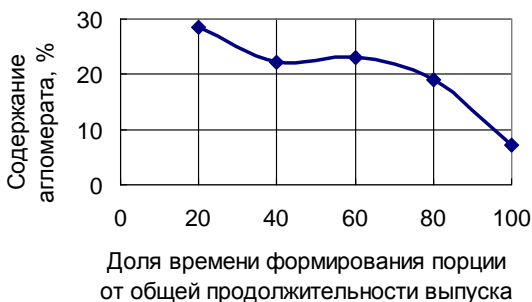


Рис.3. Содержание агломерата по мере истечения его из бункера БЗУ в смеси с окатышами и добавочными материалами при суммарном расходе добавок 1,6 кг и расположении их в среднем слое агломерата

Согласно рис. 1 (а, б) в первых порциях наблюдали высокое содержание окатышей и добавочных материалов, так как они располагались в нижней части бункера БЗУ под агломератом. Напротив, в начальный момент времени истечения шихты из бункера выход агломерата был незначительным и составлял 3,2 %. По мере выпуска шихты содержание агломерата увеличивалось и достигало своего максимума по истечении 70% времени.

При увеличении расхода добавочных материалов они совместно с окатышами поступали равномернее (см. рис. 2). Увеличение материала, располагающегося под агломератом, сопровождалось смещением максимума выхода агломерата до 90 % при расходе добавок 8,8 кг и 100% при – 16 кг.

При расположении 30% окатышей от железорудной части шихты и 1,6 кг добавок в среднем слое агломерата максимальное его количество поступало в начальный момент времени выпуска шихты. По мере истечения ее из бункера содержание агломерата снижалось (см. рис. 3). Увеличение

ние расхода добавочных материалов сопровождалось повышением равномерности поступления агломерата (рис. 4). В условиях загрузки добавок в средний слой агломерата наиболее высокую равномерность поступления компонентов шихты наблюдали при суммарном их расходе 8,8 кг.

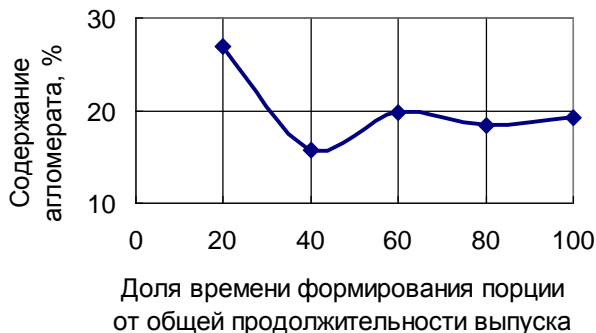


Рис.4. Содержание агломерата по мере истечения его из бункера БЗУ в смеси с окатышами и добавочными материалами при суммарном расходе добавок 8,8 кг и расположении их в среднем слое агломерата

В условиях расположения добавочных материалов в верхней части бункера над агломератом увеличение их расхода отрицательно влияло на распределение всех компонентов шихты.

Таким образом, наиболее равномерно компоненты шихты поступали при расположении в нижней части бункера 60% агломерата от общего его расхода, затем добавочных материалов, в том числе окатышей, после чего оставшихся 40% агломерата.

Список литературы

1. Сибгатуллин С.К., Харченко А.С. Использование коксового орешка на доменных печах: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. 162 с.
2. Рациональный режим загрузки коксового орешка в шихтовый бункер БЗУ /Чевычелов А.В., Харченко А.С., Сибгатуллин С.К. и др // Сталь. 2013. № 7. С. 8–10.
3. Влияние последовательности набора материала в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи / Сибгатуллин С.К., Теплых Е.О., Харченко А.С. и др. // Черные металлы. Спец. выпуск. 2012. С. 43–45.

**М.В. Андросенко, В.И. Кадошников,
И.Д. Кадошникова, М.С. Столярова**

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СОРТОВОЙ МНЛЗ

***Аннотация.** ЗВО – зона вторичного охлаждения размещена в машине непрерывного литья заготовок следом за кристаллизатором и оказывает существенное влияние на качество заготовки. Для улучшения качества необходимо грамотно произвести проектирование этой зоны. В статье представлена общая методика проектирования зоны вторичного охлаждения сортовой МНЛЗ.*

***Ключевые слова:** проектирование, зона вторичного охлаждения, качество.*

Основной технологической функцией зоны вторичного охлаждения (ЗВО) является создание оптимальных условий для полного затвердевания непрерывно отливаемого слитка, обеспечивающих требуемое качество металла.

ЗВО должна отвечать следующим требованиям:

1. Обеспечить поддержку слитка на выходе, поскольку механическая прочность низка, а толщина оболочки будет минимальна.

2. ЗВО должна уменьшать растягивающие напряжение, которые возникают в оболочке заготовки и не допустить выпучивание корки слитка под действием ферростатического давления.

3. В зависимости от сортамента и скорости отливаемой заготовки обеспечить оптимальный теплоотвод, а также его регулирование.

4. Иметь возможность произвести быструю замену узлов ЗВО при аварийных ситуациях, минимальные потери времени на переналадку.

Знание основных теплотехнических закономерностей работы ЗВО позволяет совершенствовать работу действующих установок, а также прогнозировать изменение основных параметров при проектировании новых машин.

Для изучения работы ЗВО применяются методы промышленных экспериментов на действующих установках, проводятся лабораторные исследования на специальных стендах и физических моделях, широко используются расчетно-теоретические исследования, в том числе на основе метода математического моделирования с применением ЭВМ.

Наиболее эффективно применение комплексных экспериментально-теоретических исследований условий охлаждения непрерывного слитка.

Расчет геометрических и физических параметров литой заготовки

Рас считаем геометрические и физические параметры отлив аемой заготовки с учетом существующей конструкции подвесного блока роликов кристаллизатора ЗВО сортовой МНЛЗ.

Расчет толщины корочки заготовки

Время, за которое заготовка проходит от мениска в кристаллизаторе до заданных точек технологической оси разливки, определяем по формуле

$$t = \frac{L}{v},$$

где L – расстояние от мениска до крепления подвесного блока роликов, расстояние между креплением подвесного блока роликов и первой секцией роликов, шаг между первой и второй секцией роликов соответственно, м;

v – скорость разливки стали, м/мин.

Толщину корочки заготовки определяем по формуле

$$\delta = \frac{L}{v} \cdot \frac{v}{\lambda},$$

где δ – толщина оболочки заготовки, от мениска до заданных точек технологической оси, м;

λ – коэффициент кристаллизации металла, с^{-1} ;

t – время, за которое заготовка проходит от мениска до заданных точек технологической оси, мин.

Расчет геометрии жидкой фазы заготовки

Расчет длины жидкой фазы заготовки определяем по формуле

$$L_{\text{ж}} = \frac{L}{2},$$

где L – ширина грани квадратного слитка, мм.

Расчет величины ферростатического давления

Величину ферростатического давления определяем по формуле

$$P_{\text{ф}} = \rho \cdot g \cdot h,$$

где $P_{\text{ф}}$ – величина ферростатического давления, Па;

ρ – плотность жидкой стали, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

h – расстояние по вертикали от мениска в кристаллизаторе до заданной точки технологической оси, м.

Определение зависимости модуля упругости металла заготовки в диапазоне температур

Формула расчета модуля упругости примет вид

$$E = E_0 \cdot \left(1 - \alpha \cdot (T - T_0) \right),$$

где E – модуль упругости материала, Па;

T – температура литой заготовки, $^{\circ}\text{C}$.

Определение предела текучести металла заготовки в зависимости от скорости деформации и температуры

При известном значении деформации скорость ее определяется по зависимости

$$v = \dots$$

- где v – скорость деформации, м/мин;
 n – степень деформации;
 L – расстояние от мениска до заданных точек технологической оси, м;
 v_0 – скорость разливки стали, м/мин.

Проектирования подвесного блока с тремя рядами роликов ОАО «ММК» ЭСПЦ

Координаты осей отверстий под ролики в направлении оси y определим по зависимостям:

$$y_i = \dots$$

- где i – порядковый номер секции;
 d – диаметр роликов, мм;
 R – радиус машины непрерывного литья заготовок, мм;
 L – размер отливаемой заготовки, мм.

Координаты осей отверстий под ролики в направлении оси x , образующие ближнее и дальнее радиальные полотна относительно оси, перпендикулярной основанию исходящей из середины ручья, определяем по зависимостям:

$$x_{1i} = \dots; \quad x_{2i} = \dots$$

Образующие ближнее и дальнее радиальные полотна относительно основания определим по зависимостям:

$$x_{1i} = \dots; \quad x_{2i} = \dots$$

Блок роликов ЗВО МНЛЗ, состоящий из рядов роликов (2-х радиальных и 2-х боковых), повернутых под углом к горизонтальной поверхности, отличается тем, что:

1. Система рядов роликов повернута под углом α ($3,45^\circ$; $4,35^\circ$; $5,25^\circ$), изменяющемся в зависимости от положения системы в пространстве.
2. Угол каждой последующей системы рядов роликов, с учетом положения в пространстве, определяется по формуле

$$\alpha_i = \dots$$

- где α_{i-1} – угол предыдущей системы;
 $\Delta\alpha$ – шаг равный $0,9^\circ$.

3. Две ближайшие друг от друга системы рядов роликов h должны располагаться в диапазоне

4. С увеличением расстояния между двумя ближайшими системами рядов роликов, от минимального, шаг будет иметь зависимость, при которой на каждые шаг будет равен

Список литературы

1. Андросенко М.В., Кадошников В.И. Проектирование зоны вторичного охлаждения МНЛЗ ЭСПЦ // Механика и актуальные проблемы металлургического машиностроения: междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. С. 98–102.
2. Буланов Л.В. и др. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет. Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы, 2003. 320 с.
3. Аксенова М.В., Влияние позиционирования роликов при изготовлении блоков на качество сортовой заготовки МНЛЗ // Сб. науч. тр. SWorld. Материалы междунар. науч.-практ. конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании–2011». Вып. 4. Т. 7. Одесса: Черноморье, 2011. С.37–39.
4. Пат. на полезную модель 105849 РФ. Устройство для поддержания слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ / Кадошников В.И. Зайцев С.Ю. Аксенова и др. Заявлен 01.11.201; опубл. 27.06.2011, Бюл. № 18.

УДК 669.046.581.4

**Д.К. Егиазарян, А.Н. Шаманов, О.Ю. Шешуков,
И.В. Некрасов, А.А. Метелкин, Л.А. Овчинникова**

АНАЛИЗ РАФИНИРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ И ВЯЗКОСТИ ШЛАКОВ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Аннотация. Проведен химический и математический анализ шлаков сталеплавильного передела производств ОАО «НСММЗ» (г. Ревда) и ЗАО МЗ «Кама-сталь» (г. Пермь). Изучены рафинирующая способность и вязкость отобранных шлаков методом математического моделирования.

Ключевые слова: шлак, вязкость, десульфурация, полимерная модель строения шлаков,

На сегодняшний день большая часть различных марок стали, выплавляемых в мире, производится дуплекс-процессом. На первой стадии

в дуговой сталеплавильной печи (ДСП) или конвертере получают металлический полупродукт, проводят его дефосфорацию. На второй стадии с помощью агрегатов внепечной обработки проводят следующие операции: рафинирование металла от вредных примесей; доведение металла до марочного состава и пр.

При обработке металла на агрегате ковш-печь (АКП), для обеспечения благоприятных условий рафинирования металла от вредных примесей специально навоят синтетический шлак. Состав этого шлака должен обеспечивать быстрое удаление серы в требуемых пределах, доведение металла по химическому составу, а также он должен быть жидкоподвижен.

На металлургических предприятиях навести жидкоподвижный шлак, с сохранением его рафинирующих свойств, получается далеко не всегда. Современные модели строения шлаков позволяют на основе анализа химического состава шлака определить его гетерогенность и какой компонент в избытке.

В ходе полупромышленного испытания шлакообразующей добавки на основе шлака от вторичного переплава алюминия авторами были отобраны пробы шлака и металла на предприятиях ОАО «НСММЗ» (г. Ревда) и ЗАО МЗ «Камасталь» (г. Пермь). Полученные данные по химическому составу отобранного шлака представлены в табл. 1.

На МЗ «Камасталь» пробы отбирались на ДСП и АКП. На ДСП пробы с индексами «-1» отбирались в конце плавки до ввода испытуемой шлакообразующей добавки, а пробы с индексами «-2» – после ввода добавки, но перед выпуском металла в ковш. На АКП пробы с индексом «-1» отбирались по прибытию ковша на стенд АКП (до ввода добавки и ферросплавов), а с индексом «-2» – после ввода добавки, но до модифицирования металла силикокальциевой проволокой. В ОАО «НСММЗ» шлаки отбирались на АКП в конце обработки.

В табл. 2 приведены расчетные показатели по шлакам «Камастали» и «НСММЗ». Анализ представленных химических составов шлаков с помощью полимерной модели строения шлаков показал, что почти все шлаки первой группы (пробы с номерами 2705, 2706, 2707) были гомогенны. Во второй серии проб (2151,2152,2153,2154) шлаки ДСП – гомогенны, шлаки АКП отобранные по прибытию ковша на стенд – гомогенны, а пробы, отобранные после наведения синтетического шлака и применения испытуемой добавки, гетерогенны по (СаО) (табл. 3). При этом в пробах 2151-2 и 2154-2 присутствовал избыточный (MgO). Расчетные вязкости жидкой фазы шлаков на ДСП после применения шлакообразующей добавки незначительно увеличились, в то время как на АКП после наведения рафинировочного шлака её вязкость возростала в 2–3 раза.

Таблица 1

Химические составы отобранных шлаков, масс. %

ЗАО МЗ «Камасталь»									
	Номер пробы	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	SiO ₂	(S)
АКП	2705-1	13,54	н/д	2,09	3,38	10,03	38,32	30,66	0,24
	2705-2	10,61	н/д	1,35	0,30	7,20	56,64	23,60	1,16
	2706-1	5,65	н/д	23,86	15,00	6,42	24,82	23,53	0,11
	2706-2	9,22	н/д	1,55	1,56	8,30	50,46	28,40	0,41
	2707-1	6,66	н/д	17,10	11,32	8,18	23,54	32,78	0,07
	2707-2	14,23	н/д	1,05	0,32	10,24	51,45	22,47	1,20
ДСП	2705-1	4,48	10,05	29,04	5,93	5,83	25,13	19,19	0,14
	2705-2	5,64	12,78	30,54	5,91	6,40	25,14	12,78	0,15
	2706-1	3,84	15,03	39,56	4,56	10,84	15,95	10,01	0,12
	2706-2	5,33	16,34	42,61	4,47	5,81	15,95	8,85	0,15
АКП	2150-1	7,31	н/д	1,72	0,31	8,56	51,60	30,45	0,31
	2150-2	13,26	н/д	0,62	0,04	6,61	59,48	19,09	1,10
	2151-1	7,26	н/д	4,18	6,29	13,94	36,21	32,07	0,14
	2151-2	18,99	н/д	1,31	0,13	9,99	52,18	17,06	1,32
	2152-1	7,64	н/д	2,68	9,19	9,93	38,27	32,24	0,21
	2152-2	21,13	н/д	0,63	0,18	7,23	54,59	16,07	1,43
	2153-1	11,12	н/д	1,96	2,74	9,92	47,74	26,47	0,59
	2153-2	22,64	н/д	0,60	0,20	8,39	51,95	15,33	1,29
	2154-1	14,21	н/д	1,51	1,23	12,26	44,27	26,47	1,00
	2154-2	20,18	н/д	0,57	0,20	9,65	52,31	16,09	1,93
ДСП	2151-1	3,52	14,12	17,90	5,69	5,73	37,05	15,50	0,19
	2152-1	3,43	9,17	34,86	6,35	5,41	27,82	12,60	0,15
	2153-1	4,48	8,34	26,54	7,36	5,31	32,72	14,78	0,14
	2154-1	4,82	9,09	12,46	6,93	6,53	40,73	18,75	0,19
ОАО «НСММЗ»									
	Номер пробы	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	SiO ₂	(S)
	24870	20,21	н/д	1,27	0,51	1,42	60,62	14,25	2,00
	24871	20,18	н/д	1,52	0,50	1,51	60,53	15,43	1,60
	24872	20,76	н/д	1,21	0,52	1,04	62,28	13,49	2,00
	24873	20,61	н/д	1,12	0,52	1,03	61,84	14,33	2,00
	24874	20,39	н/д	1,37	0,51	1,02	61,17	15,09	1,60

Это обусловлено тем, что в ходе обработки металла на АКП в ковш вводят шлакообразующие добавки, увеличивающие вязкость шлака (пре-

имуущественно это известь), но способствующие рафинированию металла. Гетерогенность, что в целях выполнения рафинировочных операций, в ковш вводится слишком много извести. Шлаки ОАО «НСММЗ», отобранные в конце обработки металла на АКП, все были гетерогенны. В них содержался избыточный (СаО). Избыток варьируется от 5,5 до 10,7%. Данные по вязкости жидкой фазы завершения обработки металла на АКП согласуются с данными по ЗАО МЗ «Камасталь».

На рис. 1 представлен график зависимости коэффициента распределения серы от количества твердой фазы в шлаке. Количество твердой фазы увеличивается за счет увеличения СаО в шлаке. При появлении твердой фазы значение коэффициента достигает своего максимального значения, а значит, с увеличением СаО в шлаке выше его предела насыщения рафинирующие свойства шлака не изменятся.

Таблица 2

Расчетные показатели по шлакам ЗАО МЗ «Камасталь»
и ОАО «НСММЗ»

Агрегат	Номер пробы	Расчетный избыток (СаО), масс. %	Расчетная вязкость по ПМ, Па*с	Агрегат	Номер пробы	Расчетный избыток (СаО+MgO), масс. %	Расчетная вязкость по ПМ, Па*с
АКП	2705-1	0	0,095	АКП	2150-1	0	0,053
	2705-2	1,46	0,068		2150-2	10,32	0,091
	2706-1	0	0,025		2151-1	0	0,043
	2706-2	0	0,058		2151-2	2,77	0,126
	2707-1	0	0,043		2152-1	0	0,052
	2707-2	0	0,082		2152-2	2,12	0,147
ДСП	2705-1	0	0,027		2153-1	0	0,060
	2705-2	0	0,030		2153-2	0,88	0,163
	2706-1	0	0,023		2154-1	0	0,077
	2706-2	0	0,027		2154-2	3,93	0,142
	24870	9,507	0,129		2151	0	0,032
«НСММЗ»	24871	5,639	0,121	ДСП	2152	0	0,024
	24872	10,749	0,138		2153	0	0,029
	24873	8,387	0,134		2154	0	0,036
	24874	6,308	0,127				

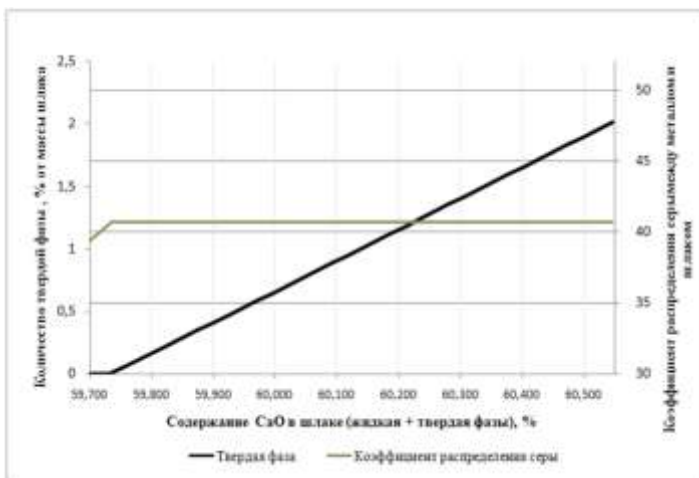


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения серы от количества твердой фазы в шлаке

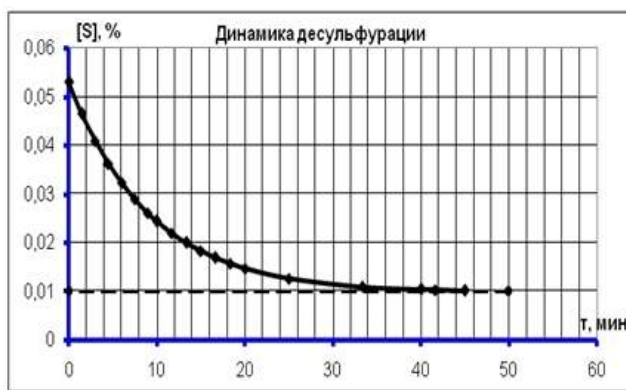


Рис. 2. Расчетная кривая десульфурации металла по ходу процесса

Поскольку снижение расхода извести приведет к снижению кратности шлака, то была проанализирована динамика десульфурации металла (см. рис.2). Достижение требуемого уровня удаления серы из металла происходит за 35–40 мин, что является приемлемым для времени внепечной обработки металла.

Проведенный анализ позволяет заключить, что на проанализированных плавках возможно снижение расхода шлакообразующих материалов. При этом рафинирующая способность шлаков не будет снижаться.

Представленный анализ шлаков планируется в дальнейшем расширить и углубить. Для этого будет сделано следующее:

- анализ вязкостей данных шлаков с использованием вибрационного вискозиметра;
- анализ электрических характеристик шлаков (в частности, электросопротивление);
- анализ влияния на свойства шлаков оксидов с различной валентностью (а именно оксиды Al и Fe);

На основе дальнейшего анализа будут разработаны рекомендации по проведению шлакового режима на агрегатах внепечной обработки предприятий ОАО «НСММЗ» и ЗАО МЗ «Камасталь».

УДК 669.162

Т.М. Насыров, В.Г. Дружков, И.В. Макарова

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ СПЕКАНИЙ ГИБРИДНОГО АГЛОМЕРАТА ИЗ ТОНКИХ КОНЦЕНТРАТОВ ОАО «ММК»

Аннотация. *В настоящее время добывается большое количество бедных железных руд, требующих глубокого обогащения с получением тонкоизмельченных концентратов. Спекание их на агломерационной машине затруднено из-за плохой газопроницаемости последних. Рассмотрен способ спекания тонких концентратов с предварительным окомкованием их с твердым топливом. Проведены лабораторные спекания тонких концентратов ОАО «ММК».*

Ключевые слова: *тонкий концентрат, окомкование, спекание, гибридный агломерат, конвейерная агломерационная машина.*

Для обеспечения рудным сырьем металлургических предприятий мира освоено производство тонкоизмельченных концентратов крупностью до 44 мкм.

Все ведущие аглофабрики мира уже работают на таком, так называемом, «ультраконцентрате». Спекание их традиционным способом ограничено плохой газопроницаемостью спекаемого слоя.

В Японии разработана технология HPS [1,2] спекания ультратонких концентратов с предварительным окомкованием их с твердым топливом, включающая:

- 1) подготовку шихтовых материалов (концентрат; флюс, твердое топливо);
- 2) получение сырых гранул в тарельчатом грануляторе с введением в шихту половины необходимой части твердого топлива;

3) накатывание оставшейся части твердого топлива на поверхность сырых гранул в барабанном окомкователе;

4) спекание гранул на агломерационной машине конвейерного типа, которая отлична от традиционной наличием зоны сушки перед зажимательным горном, что исключает «термический шок» (рис. 1).

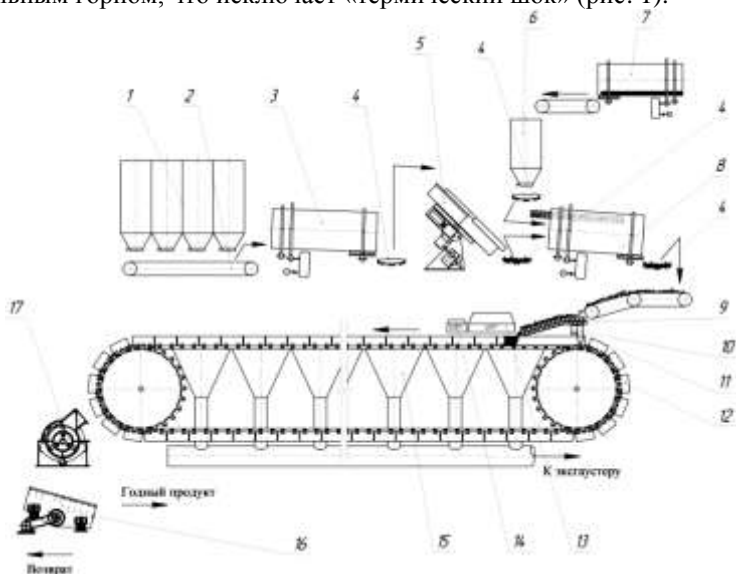


Рис. 1. Технологическая схема промышленного оборудования для производства агломерата процессом НПС: 1 – шихтовые бункеры; 2 – сборочный транспортер; 3 – смесительный барабан; 4 – ленточный транспортер; 5 – тарельчатый гранулятор; 6 – коксовая (угольная) мелочь; 7 – стержневая мельница; 8 – барабанный окомкователь; 9 – роликовый укладчик; 10, 11 – бункера донной и бортовой постели; 12 – паллета; 13 – зона сушки; 14 – зажимательный горн; 15 – вакуум-камера; 16 – грохот; 17 – роторная дробилка

Данный агломерат получил название «гибридный агломерат» или «агломератыши». При проплавке их в доменной печи снижается расход кокса и увеличивается производительность [3–5].

Используя данную технологию, проведены опытные спекания с использованием предварительного окомкования [6].

Шихта состояла из концентрата ММК, кокса а/ф № 4, воркутинского угля и известняка ДОФ-2.

Технология включала следующие этапы: дозирование компонентов (причем в шихту вводилось до 50 % твердого топлива); смешивание в барабанном смесителе; окомкование в тарельчатом окомкователе в гра-

нулы крупностью 1–7 мм; накатывание на гранулы остальной части твердого топлива; сушка гранул; спекание на лабораторной агломерационной чаше.

На рис. 2 представлен образец агломерата, спеченного по данной технологии.

Были исследованы прочностные свойства и химический состав полученного продукта, результаты представлены в табл. 1 и 2.



Рис. 2. Образец гибридного агломерата, полученный в лабораторных условиях

Таблица 1

Данные о прочности различного окучкованного сырья

Сырье	Выход фракции >5 мм, %
Агломерат	60–70
Окатыши	93–95
Брикеты (опытные)	65–70
Агломерат из тонкого концентрата (опытный)	70–90

Таблица 2

Химический состав лабораторного гибридного агломерата

Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P
65,2	50,8	3,75	5,3	1,37	0,93	0,27	0,013

По сравнению с обычным аглопроцессом, при спекании тонких концентратов по данной технологии получили значительное улучшение га-

зопроницаемости слоя. Это позволяет предполагать, что есть возможность повысить высоту спекаемого слоя без увеличения мощности эксгаустеров.

Как известно, увеличение высоты спекаемого слоя приводит к улучшению прочности и увеличению выхода годного продукта.

Технология предварительного окомкования шихты была внедрена в 2007 г. на аглофабрике ОАО «НЛМК». Высота слоя шихты увеличена на 30 мм, при этом удельная производительность агломерационной машины возросла на 5,0%, улучшены металлургические свойства агломерата, экономия коксика составила 3%. Снижение с/с агломерата составила около 25 млн руб. в год.

Список литературы

1. Development of sinter mixture granulation at Nisshin Steel Kure works / O. Tadashi, Y. Sassa, S. Naoya et al. // Zairo to Prosesu=CAMP ISIJ. 2010, № 1, pp. 117–120.
2. Нива Я. Промышленное производство окускованного рудного доменного сырья с массовым использованием руды с низким содержанием пустой породы // Новейшие зарубежные достижения. Экспресс-обзор. 1993. № 6.
3. Насыров Т.М., Макарова И.В. Производство гибридного агломерата в лабораторных условиях ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова» и исследования его свойств //Литейные процессы: межрегион.сб.науч.тр. под ред. Колокольцева В.М. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. Вып. 12. С. 70–80.
4. Насыров Т.М., Макарова И.В., Дружков В.Г. Производство агломерата в современных сырьевых условиях // Актуальные проблемы современной науки: сб. статей Междунар. науч.-практ. конференции, 13–14 декабря 2013 г. / под ред. Сукиасяна А.А. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. Ч.4. С. 197–207.
5. Дружков В.Г., Макарова И.В., Насыров Т.М. Производство нового вида железорудного сырья для доменных печей – агломератышей по японской и украинской технологиям // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Колокольцева В.М. Вып. 13. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 115–119.
6. Насыров Т.М., Макарова И.В. Исследования возможности производства гибридного агломерата в условиях ОАО «ММК» // Наука и производство Урала: межрегион. сб. науч. тр. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2013. Вып. 9. С. 19–22.

Вас. В. Точилкин, А.В. Шадрин, А.М. Филатов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПНЕВМОПРИВОДА МАНИПУЛЯТОРОВ КОМПЛЕКСА РАЗЛИВКИ СТАЛИ

Аннотация. Рассмотрена возможность модернизации манипуляторов эркера дуговой сталеплавильной печи и МНЛЗ. Разработаны пневматические схемы манипуляторов и отдельные конструкции пневматических цилиндров.

Ключевые слова: манипулятор, пневматический привод, сталеплавильное производство, МНЛЗ.

Совершенствование металлургических машин комплекса разливки [1–3]: машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), дуговых сталеплавильных (ДСП) играет огромную роль в развитии металлургического машиностроения.

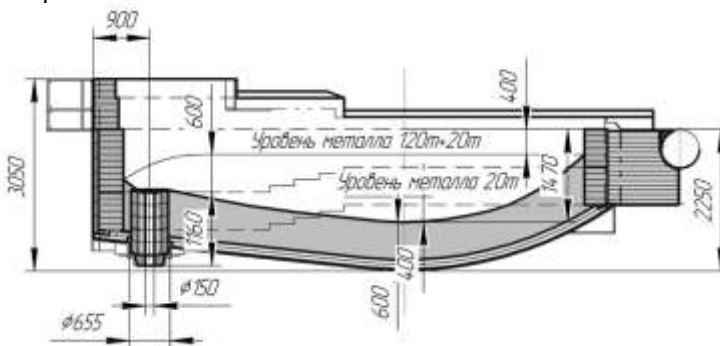


Рис. 1. Дуговая сталеплавильная печь ДСП 120

В настоящее время на предприятиях металлургического профиля функционирует ряд ДСП (рис. 1), но их производительность снижают непредвиденные простои. В частности, эти простои вызваны неполадками в пневмосистемах, например манипулятора эркера. Наиболее ответственным узлом этой конструкции является пневмоцилиндр. Для того чтобы сделать его надежнее, в данной разработке предлагается усовершенствованная конструкция пневматического цилиндра.

На рис. 1 представлена компоновка дуговой сталеплавильной печи ДСП 120 в момент выпуска стали. Данные машины непрерывного литья заготовок находятся в электросталеплавильных цехах (ЭСЦ).

Пневмопривод (рис. 2) предназначен для открывания и закрывания эркерного шиберного затвора электропечи [1].

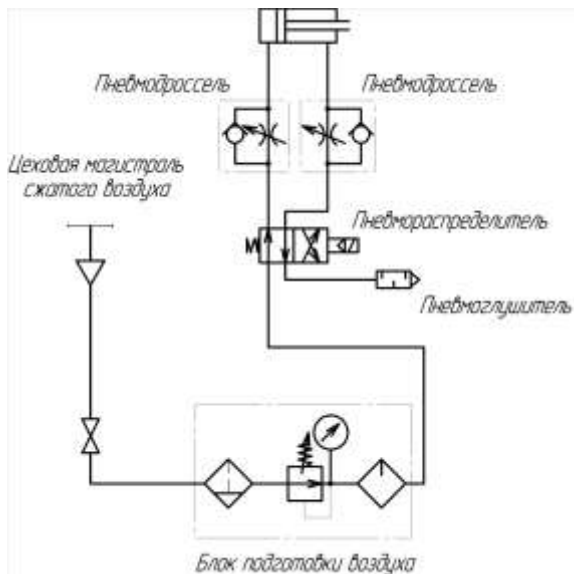


Рис. 2. Схема пневмопривода

Затвор закрывает отверстие для выпуска жидкого металла из печи. Отверстие футеровано огнеупорами в виде стаканчиков, сердцевина выпускного отверстия заделывается смесью на основе кварцевого песка, что предохраняет затвор от прожига. При выпуске (при открытом затворе) сердцевина выдавливается жидким металлом, производится выпуск. Затвор движется поступательно по расположенным горизонтально направляющим с помощью роликов. В движение приводится пневмоцилиндр. Воздух поступает из воздухопровода цеха, проходит через блок подготовки воздуха, где очищается в фильтре от твердых частиц величиной 0,005 мм и более, частиц воды и компрессорного масла. Маслораспылитель блока служит для внесения в сжатый воздух распыленного масла с целью смазки трущихся поверхностей пневматических устройств. В блоке подготовки воздуха предусмотрен регулятор давления для понижения давления сжатого воздуха и поддержания его на заданном уровне. Далее сжатый воздух подается к распределителю, который предназначен для изменения потоков сжатого воздуха. Распределитель имеет электропневматическое одностороннее управление с пружинным возвратом. При подаче того или иного сигнала к электромагниту распределитель подает сжатый воздух либо в штоковую (при этом затвор открывается), либо в поршневую полость пневмоцилиндра (затвор закрывается). Сжатый воздух при подаче в пневмоцилиндр проходит через дроссель, позволяющий

регулировать расход. В обратном направлении воздух проходит свободно через обратный клапан. На линии выхлопа пневмораспределителя установлен пневмоглушитель для снижения уровня шума при сбросе сжатого воздуха в атмосферу [4].

Из-за воздействия высокой температуры порядка 100°C в зоне работы пневмопривода [4], а при выпуске жидкого металла она увеличивается до 350°C , конструктивным недостатком пневмоцилиндра являются: воротниковые манжеты, уплотнительные кольца, грязесъемное уплотнение.

Воздействие высокой температуры отрицательно сказывается на прочностных характеристиках установленных резиновых изделий, следовательно, происходит повышение скорости износа взаимодействующих между собой деталей, вызывающих задиры внутренней полости гильзы пневмоцилиндра [4]. Влияние данных недостатков на технологический процесс и экономическую составляющую включает в себя снижение производительности ЭСПЦ от простоя ДСП, увеличение аварийных простоев, связанных с заменой цилиндра, увеличение затрат на ремонт.

Проанализировав технические характеристики и экономические показатели продукции РТИ, был выбран материал ECORUBBER I.

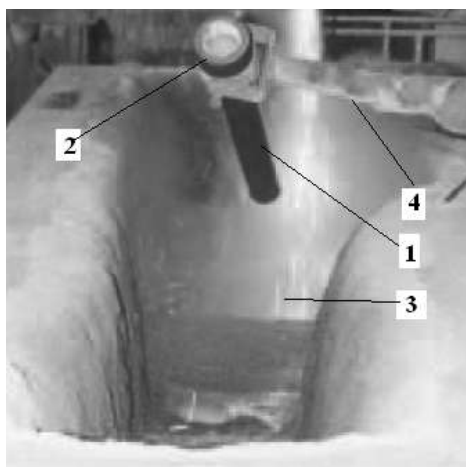


Рис. 3. Установка манипулятором защитной трубы сталеразливочного ковша в промежуточном ковше:

1 – защитная труба; 2 – уплотнительное устройство;
3 – приемная камера промежуточного ковша; 4 – манипулятор

Подсистема «сталеразливочный ковш–промежуточный ковш–кристаллизатор» – важнейший технологический элемент сортовой МНЛЗ. При разливке стали отмеченная подсистема в значительной сте-

пени определяет стабильность процесса, оказывая большое влияние на повышение качества разливаемого металла.

В связи с этими требованиями на металлургических предприятиях в последние годы проводят реконструкцию действующих установок или сооружают новые, используя новейшие разработки в области технологии непрерывной разливки. Неотъемлемой частью является разработка и совершенствование устройств и систем для защиты стали от вторичного окисления (рис. 3) [1].

Манипуляторы и устройства для защиты металла от вторичного окисления различаются по принципу действия и по видам приводов и служат в конечном итоге одной цели – защите струи металла от окисления. В качестве самой защиты при разливке металла используются жаропрочные неметаллические трубы. В устройствах используются различные принципы подвода – отвода защитных труб к отверстию в шиберном или ином затворе на сталеразливочном ковше и применяется ряд манипуляторов.

Недостатком устройств защиты является низкое качество разливаемого металла за счет попадания в него газов. Между внутренней поверхностью огнеупорной трубы и поверхностью стакана шиберного затвора в процессе разливки возникают зазоры. В результате происходит интенсивное насыщение разливаемого металла газами, в частности азотом, что приводит к снижению качества непрерывно литой заготовки. Для условий сортовой МНЛЗ разработано устройства для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ.

Выводы:

1. Установка воротниковых манжет, уплотнительных колец, грязесъемного уплотнения (пыльника) пневматического цилиндра, изготовленного из материала ECORUBBER I, позволила исключить аварийные простои агрегата ДСП, связанные с заменой цилиндра, увеличить межремонтный период, снизить затраты на ремонт.
2. Конструкция устройства для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок исключает прохождение воздуха в струю металла при разливке и обеспечивает рациональные параметры подачи аргона в кольцевую выемку огнеупорной трубы, что позволяет повысить качество разливаемого металла.

Список литературы

1. Точилкин В.В., Вдовин К.Н. Электромеханические манипуляторы для транспортирования и ориентации устройств, обеспечивающих защиту струи стали при разливке // Изв. вузов. Электромеханика. 2004. № 2. С. 111 – 112.
2. Вдовин К.Н., Марочкин О.А., Точилкин В.В. Создание имитатора рабочей среды для повышения износостойкости огнеупоров при разливке стали на сортовых МНЛЗ // Новые огнеупоры. 2013. № 11. С. 10–13.

3. Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Ячиков И.М. Непрерывная разливка стали: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 540 с.
4. Точилкин В.В., Филатов А.М. Пневмопривод металлургических манипуляторов: монография. Магнитогорск. МГТУ им. Г.И.Носова, 2005. 211 с.

УДК 621.771.252:621.78; 621.771.261:004.5

А.Б. Сычков, А.Ю. Столяров, С.О. Малашкин

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ DEFORM 3D СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ КАТАНКИ

***Аннотация.** Про моделированы режимы охлаждения стали 80P и Св-08ГНМ, производимые на линии Стелмор стана 170 ОАО «ММК». Получены структуры однородного сорбитообразного перлита для стали 80P и крупного ферритного зерна без закалочных структур для стали Св-08ГНМ, выданы рекомендации по коррекции режимов охлаждения.*

***Ключевые слова:** математическое моделирование, Deform 3D, кинетика охлаждения, Стелмор, однородная структура, бейнитно-мартенситные участки.*

В данной статье рассматривается выбор эффективной технологии термической обработки катанки диаметром 16 мм из стали 80P и 5,5 мм из стали Св-08ГНМ в условиях ее обработки на линии Стелмор стана 170 сортового цеха ОАО «ММК», основываясь на математическом моделировании процессов охлаждения металла в программной среде Deform 3D Heat Treatment [1]. Математическое моделирование фазовых превращений, формирования микроструктуры, распределения температур по сечению в течение всего периода охлаждения позволяет подобрать научно обоснованную технологию термической обработки, исключая эмпирические ошибки.

Применяемая в настоящее время технология термической обработки (ТО) катанки из стали 80P диаметром 16 мм на линии Стелмор представляет собой использование тепла прокатного нагрева металла с окончанием деформации после водяного охлаждения в аустенитном состоянии при температуре 840–880°C с дальнейшим охлаждением 15-тью вентиляторами мощностью по 50 кВт со скоростью роликового транспортера 0,15 м/с. Данный вариант технологии ТО не обеспечивает получение однородной структуры сорбитообразного перлита 1 балла по ГОСТ 8233-56, в связи с низкой мощностью и КПД вентиляторных систем. Для решения производственной задачи были представлены рекомендации, заключающиеся в

увеличении температуры аустенитизации до 950–980°C, скорости роликового транспортера до 0,5–0,8 м/с и заменой вентиляторов системы до 200–220 кВт повышенного КПД (90–95 вместо 30–35%) [2–5].

При производстве катанки 5,5 мм из стали СВ-08ГНМ не обеспечивается полная герметизация под теплоизолирующими крышками с целью получения эффективной относительно крупнозернистой ферритной структуры без мартенситно-бейнитных участков (БМУ). Нами [6–8] рекомендуется технология термической обработки в виде охлаждения катанки с температуры аустенитизации 950–980°C замедленным движением по роликовому транспортеру со скоростью 0,08–0,12 м/с (скорость охлаждения – не более 0,3°C) с полной герметизацией витков под теплоизолирующими крышками, с целью достижения квазиизотермической выдержки при 650–700°C. Данный процесс обеспечивает получение крупного ферритного зерна, минимизирует или исключает наличие БМУ.

Согласно графику на рис. 1,а диффузионное превращение по сечению катанки 80P диаметром 16 мм заканчивается на 33 секунде, что подтверждается рекалесценцией с 20-й по 33-ю секунду на рис.1,б. В целом, теоретически этот режим термической обработки удовлетворяет условию получения структуры сорбитообразного перлита. Однако при скорости роликового транспортера 0,15 м/с существует проблема наложения боковых витков друг на друга на линии Стелмор, и требуется либо увеличение скорости транспортера, либо более интенсивное и дифференцированное по ширине роликового транспортера воздушное охлаждение. Эта проблема препятствует образованию требуемой структуры сорбитообразного перлита по длине витка бунтового проката.

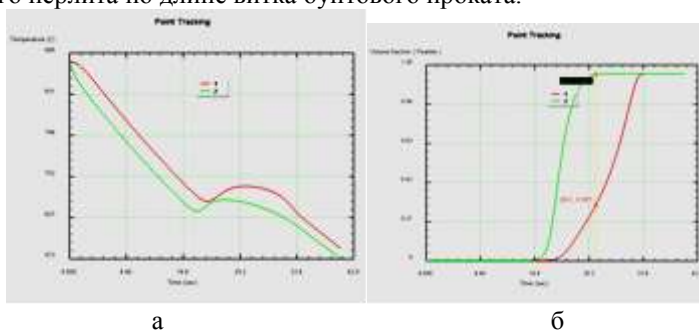


Рис. 1. График диффузионного превращения (а) и кривые охлаждения по сечению (б) стали 80P по действующей технологии ТО на стане 170 (1 – центр катанки; 2 – поверхность катанки)

На рис. 2,а представлена кривая структурного превращения по сечению бунтового проката по рекомендуемому режиму воздушного охлаждения на линии Стелмор. Увеличение мощности вентиляторной системы от 50 до 200 кВт уменьшит время полного диффузионного превращения

до 23 с, что создаст условия для увеличения скорости роликового транспортера и снимет влияние наложения витков, о чем свидетельствует и рекалесценция с 17-й по 23-ю секунду на рис.2,б.

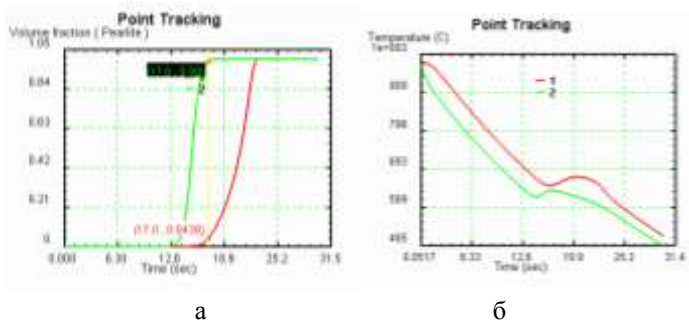


Рис. 2. График диффузионного превращения (а) и распределения температур по сечению (б) стали 80Р по рекомендованной технологии ТО на стане 170 (1 – центр катанки; 2 –поверхность катанки)

Структура сорбитизированного перлита или перлита 1 балла обеспечивает сочетание высоких значений прочности и пластичности, а также высокую деформируемость катанки и проволоки при волочении. В прокате из стали 80Р не допускается наличие неравномерной структуры по сечению и ликвационного структурно-свободного цементита, что приводит к охрупчиванию проката* (рис. 3).

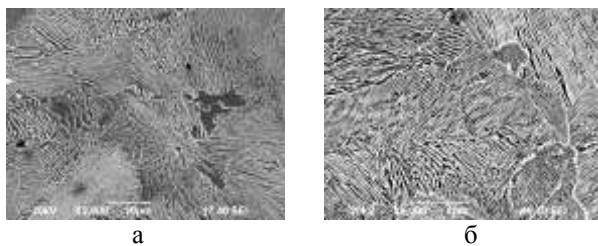


Рис.3. Микроструктура стали 80Р:

а – микроструктура по действующему режиму охлаждения (0,3 мкм);
 б – микроструктура по рекомендованному режиму охлаждения (0,15 мкм)

Получение в стали Св-08ГНМ крупного ферритного зерна без бейнитно-мартенситных участков, достигаемое путем квази- и изотермической выдержки под теплоизолирующими крышками, является необходимой структурой для последующего волочения катанки без разупрочняю-

* Исследование проведено под руководством Н.В. Копцевой.

щей термической обработки (рис. 4). Возможно появление троостита после 136-й секунды, но в целом процесс изотермической выдержки сводится к сохранению крупного ферритного зерна.

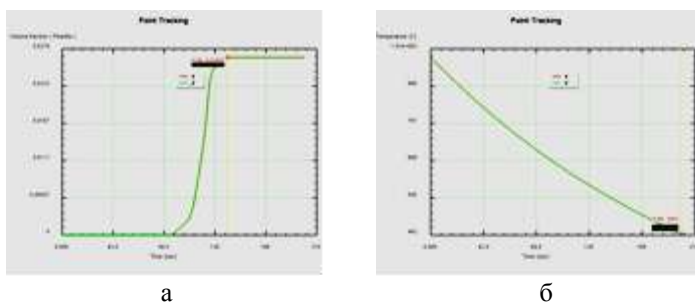


Рис. 4. График диффузионного превращения (а) и распределения температур по сечению (б) стали Св-08ГНМ диаметров 5,5 мм по рекомендованной технологии ТО на стане 170 (1 – центр; 2 –поверхность)

Результаты исследований микроструктуры видны на рис. 5, который показывает, что предложенные рекомендации обеспечиваются по мере увеличения температуры аустенитизации и замедления скорости роликового транспортера. Наличие в структуре стали (рис. 5,б) БМУ и трооститных участков возможно снизить путем достижения полной герметизации теплоизолирующего тоннеля.

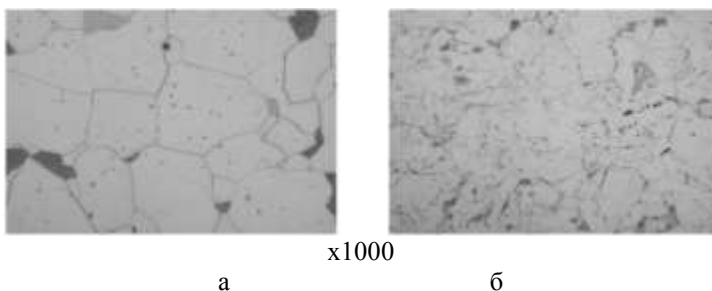


Рис. 5. Микроструктура стали Св-08ГНМ:
а – $t_{в.у.} = 1000^{\circ}\text{C}$ – № 9–8; б – $t_{в.у.} = 850^{\circ}\text{C}$ – №10–11 (ГОСТ 5639-82)

Исходя из вышеизложенных теоретических представлений, математического моделирования процессов термической обработки в среде Deform 3D проката из низкоуглеродистой легированной стали сварочного назначения Св-08ГНМ и высокоуглеродистой стали ответственного назна-

чения 80Р, можно прийти к выводу, что предложенные рекомендации по коррекции режимов термической обработки в условиях стана 170 сортового цеха ОАО «ММК» эффективны, что доказывается моделированием термоструктурных процессов в программном комплексе Deform 3D.

Список литературы

1. Лицензия:Machine 38808. «DEFORM» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.«DEFORM».com/products/«DEFORM»-3d/>.
2. Сычков А.Б., Малашкин С.О. Выбор технологии термомеханической обработки арматурного проката // Теория и технология металлургического производства: сб. науч. трудов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 53–54.
3. Сычков А.Б., Малашкин С.О., Макарушина О.Б. Влияние качественных параметров непрерывно-литой заготовки и технологии термической обработки на структуру и свойства бунтового проката // Литейные процессы: сб. науч. трудов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 175–178.
4. Высокоуглеродистая катанка для производства высокопрочных арматурных канатов / А.Б. Сычков, М.А. Жигарев, А.М. Нестеренко, С.Ю. Жукова, А.В. Перегудов. Бендеры: Полиграфист, 2010. 280 с.
5. Повышение качества высокоуглеродистой катанки на базе совершенствования сквозной технологии выплавки стали, ее внепечной обработки, непрерывной разливки, производства сортового проката и метизного производства: отчет о НИР / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»; рук-ль Сычков А.Б. Магнитогорск, 2013. 117 с. № ГР 201534.
6. Тонкая микроструктура катанки из стали Св-08Г2С повышенной деформируемости / А.М. Нестеренко, А.Б. Сычков, С.Ю. Жукова, В.И. Сухомлин // Металлург. 2008. № 9. С. 48–51.
7. Нестеренко А.М., Сычков А.Б., Жукова С.Ю. Исследование причин разрушения при волочении катанки-проволоки из стали Св-08Г2С // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2006. № 6. С. 60–63.
8. Структура и свойства катанки для изготовления электродов и сварочной проволоки / А.Б. Сычков, В.В. Парусов, А.М. Нестеренко, С.Ю. Жукова, М.А. Жигарев, А.В. Перчаткин, А.В. Перегудов, И.Н. Чуйко. Бендеры: Полиграфист, 2009. 608 с.

Н.В. Оншин, Н.Ш. Тютряков, И.В. Радомская

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ РОЛИКОВ ВАЛКОВОЙ АРМАТУРЫ FR5 СОРТОВОГО СТАНА 170 ОАО «ММК»

Аннотация. Разработана компьютерная модель теплообмена роликов валковой арматуры с прокатываемой полосой, выполнен расчет температурных полей роликов валковой арматуры, в зависимости от конструктивных параметров, таких как диаметр и длина ролика, и технологических факторов в виде охлаждающей воды.

Ключевые слова: прокатка, сортовой стан, прокатные валки, валковая арматура, ролик, тепловая модель.

Валковая арматура, образуя с прокатными валками единый комплекс технологического инструмента, является неотъемлемой частью основных агрегатов сортовых станов – рабочих клетей. Она включает в себя детали, работающие длительное время и не требующие замены, регулярно восстановления – арматурные брусья, коробки, крепежные элементы и др. В то же время валковая арматура содержит сменные детали, подвергающиеся изнашиванию. Эти детали требуют периодической замены или восстановления.

Для определения путей совершенствования конструктивных и технологических параметров роликов валковой арматуры необходимо проведение теоретических исследований теплового состояния роликов при различных режимах эксплуатации, которое можно осуществить с помощью программного комплекса FlowVision.

Для расчета теплового состояния ролика валковой арматуры были определены его граничные условия (рис. 1).

Математическая формулировка задачи в подвижной системе координат записывается в виде следующей системы уравнений*, включающей:

уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \omega \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} = a_p \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

$$(t > 0, R_1 < r < R_2, \quad 0 \leq \varphi < 2\pi, -l < z < l);$$

* Голубев М.С. Исследование теплообмена в роликах металлургических машин для совершенствования их теплового расчета: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Череповец, 2009. 20 с.

начальное и граничные условия

$$\theta(r, \varphi, z, 0) = t_0(r, \varphi, z),$$

где θ – температура в точке в момент времени τ ; r – координата по радиусу ролика; φ – угловая координата; z – координата в осевом направлении; t_0 – начальная температура ролика;

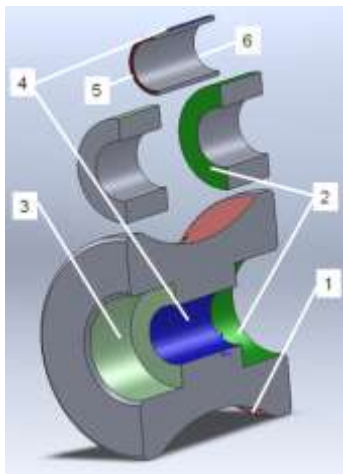


Рис. 1. Задание граничных условий модели

начальное и граничные условия

$$\theta(r, \varphi, z, 0) = t_0(r, \varphi, z),$$

где θ – температура в точке в момент времени τ ; r – координата по радиусу ролика; φ – угловая координата; z – координата в осевом направлении; t_0 – начальная температура ролика;

$$\frac{t_n - t_k}{R_k} = \lambda_p \left. \frac{\partial \theta}{\partial r} \right|_{r=R_2},$$

где R_k – термическое сопротивление контакта горячего металла с роликом; t_n – температура полосы; t_k – температура на контактной поверхности ролика; λ_p – коэффициенты теплопроводности материала ролика;

$$\lambda_p \frac{\partial \theta}{\partial r} \Big|_{r=R_2} = f_n(\varphi, z, t),$$

где $f_n(\varphi, z, t)$ – плотность теплового потока на внешней поверхности ролика; R_2 – внешний радиус ролика;

$$\theta(R_1, \varphi, z, t) = t_1, \quad (2)$$

где R_1 – внутренний радиус ролика; t_1 – температура на внутренней поверхности ролика.

Распределение температурных полей роликов валковой арматуры, рассчитанных по тепловой модели, представлено на рис. 2.

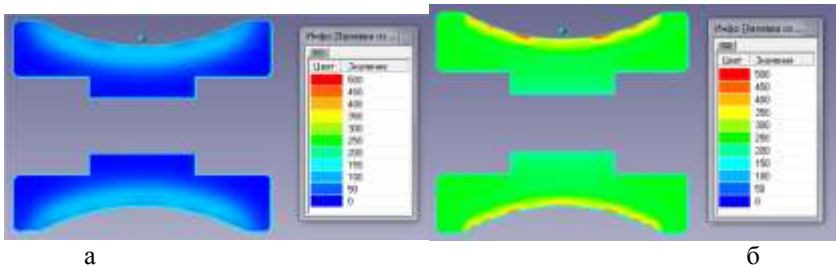


Рис. 2. Распределение температурных полей роликов валковой арматуры: а – во время паузы; б – во время прокатки

Для уточнения исходных параметров и граничных условий тепловой модели был проведен промышленный эксперимент на сортовом стане 170 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (рис. 3).



Рис. 3. Расположение роликов валковой арматуры при замере их температуры во время прокатки

Температуру на поверхности роликов (рис. 4) измеряли с помощью тепловизора марки FLIR.



а



б

Рис. 4. Измерение температуры роликов после прохождения полосы между роликов валковой арматуры (а) и перед прохождением полосы между роликами валковой арматуры (б)

Предложенная математическая модель с достаточной точностью отражает тепловое состояние роликов валковой арматуры в процессе их работы. Сравнение результатов расчетов с измеренными значениями температур роликов, определенными с помощью тепловизора марки FLIR, показали приемлемую сходимость результатов для моделей подобного типа.

В.А. Харитонов, Т.В. Смирнова

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТЯЖЕНИЯ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Аннотация. Рассмотрена возможность применения процесса растяжения при производстве высокопластичной, высокопрочной арматурной стали, проведен анализ отечественных и зарубежных стандартов, требований, предъявляемых к арматурному прокату. В программном комплексе Defopt было проведено экспериментальное растяжение арматурной проволоки (прутка) диаметром 12 мм из стали марки сталь 20. Рассмотрена технология производства арматурной стали по схеме «растяжение-знакопеременный изгиб».

Ключевые слова: упрочнение, арматурная сталь, растяжение, легирование, термообработка, пластичность.

Конкурентоспособность проволоки обуславливается ценой и качеством, которые формируются в ходе технологического процесса производства. Основой технологических процессов в действующих схемах является обработка давлением, в том числе и способом растяжения, который является одним из наиболее простых обработок и эффективным механизмом воздействия на проволоку.

В настоящее время для упрочнения арматурной стали применяются операции: легирование, термообработка и холодная пластическая деформация. Все эти способы позволяют получить высокую прочность, но низкую пластичность и являются затратными. При получении проволоки холодной пластической деформацией возникают неравномерные свойства и дополнительные растягивающие напряжения.

Для того чтобы производить конкурентоспособную продукцию, отвечающую всем мировым стандартам, необходимо провести сравнительный анализ требований, предъявляемых к данному виду продукции отечественных и зарубежных стандартов.

В табл. 1 приведены свойства арматурного проката по нормам AS 3600:2009(AS/NZS 4671:2001), а в табл. 2 – основные требования к арматурному прокату A400C, A500C и B500C по действующим отечественным нормам.

Судя по приведенной информации (см. табл. 1, 2), в России нормативно применяется прокат, соответствующий низшей категории «А», каким бы его способом ни производили – горячим или холодным [1].

Таблица 1

Свойства арматурного проката по нормам
AS 3600:2009(AS/NZS 4671:2001)

Класс и категории пластичности арматурного проката	500L	500N	500L	430
Прочностные характеристики R_{erL} R_{erU}	≥ 500 МПа ≤ 750 МПа	≥ 500 МПа ≤ 650 МПа	≥ 500 МПа ≤ 600 МПа	≥ 410 МПа ≤ 520 МПа
Отношение R_{erU}/R_{er}	$\geq 1,03$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$	$\geq 1,15$
Характеристика деформации при максимальном усилии Agt , %	$\geq 1,5$	$\geq 5,0$	$\geq 10,0$	$\geq 10,0$

Таблица 2

Основные требования к арматурному прокату
A400C, A500C и B500C по действующим отечественным нормам

Норматив	Класс	Технические требования к прокату					
		σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_B/σ_T	δ_{10} , %	δ_5 , %	δ_{max}/δ_p
ТУ 14-1-5254-94	A400C	440	550	-	10	16	-
	A500C	500	600	-	10	14	-
СТО АСЧМ 7-93	A400C	400	500	1,05	-	16	2,5/2,0*
	A500C	500	600	1,05	-	14	2,5/2,0*
ГОСТ Р 52544-2006	A500C	500	600	1,08	-	14	-
	A500C	500	550	1,05	-	-	2,5/2,0*
ТУ 14-4-5580-2009	A400C	400	500	1,08	-	16	2,5/2,0*
	A500C	500	600	1,08	-	14	2,5/2,0*

Таким образом, для того чтобы решить все проблемы отечественного производства арматурной стали, необходимо разработать и внедрить принципиально новую технологию ее производства. Основным аспектом в области производства арматурной стали является способ ее упрочнения. Известно, что процессы упрочнения представляют собой комплексное воздействие множества факторов, которые необходимо учитывать при разработке технологии.

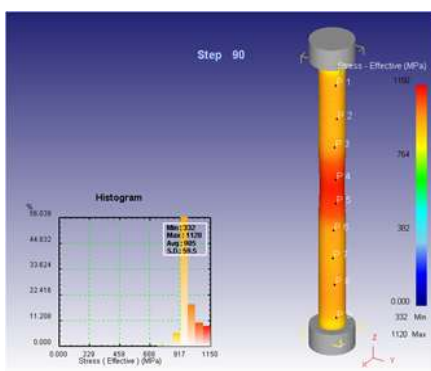
Остановимся более подробно на упрочнении растяжением. Данный процесс был исследован многими авторами, которые пришли к выводу, что процесс чистого растяжения как способ деформации и увеличения сопротивления деформированию эффективно снижает остаточные напряжения и дает равномерный прирост упрочнения по сечению за счет

равномерности деформации, в наибольшей степени увеличивает прочностные характеристики.

Наряду с достоинствами, процесс чистого растяжения имеет ряд недостатков: процесс неустойчив, имеет высокую вероятность получения неравномерности свойств по длине проволоки при минимальном отклонении от параметров процесса и большие энергетические затраты по отношению к конечному эффекту, резко понижает пластичность.

Нами в программном комплексе Deform было проведено экспериментальное растяжение арматурной проволоки (прутка) диаметром 12 мм из стали марки сталь 20, был взят аналог AISI 1020 (США). Равномерное удлинение образца наблюдается до шага 70–80, т.е. составляет 7–8%, далее на 90 шаге начинается процесс зарождения явной сосредоточенной деформации (см. рисунок).

Испытания показали: что при использовании чистого растяжения наблюдается быстрая деформация образца, с образованием шейки, при этом упрочнение стали отсутствует.



Растяжение образца, сталь 20

Таким образом, можно сделать вывод, что применение чистого процесса растяжения арматурной стали нецелесообразно, но есть способы повышения эффективности процесса растяжения, такие как термопластическое растяжение, совмещение процессов термо- и механопластического растяжения, механопластическое растяжение по схеме «растяжение-знакопеременный изгиб».

На последнем остановимся более подробно. Процесс упрочнения арматурной стали, в основе которого лежит растяжение, носит название cold stretching, он нашел широкое применение в Европе.

Процесс заключается в сочетании растяжения горячекатаного проката с добавлением элементов изгиба на ролик с контролируемой дефор-

мацией сечения до 5–8%. Это дает равномерный прирост упрочнения по сечению прутка и практически не снижает пластические свойства. В качестве подката используется горячекатаный прокат периодического профиля, что обеспечивает в готовом прокате высокие показатели прочности и жесткости сцепления, если производится прокат периодического профиля. Способ может применяться и для гладкого арматурного проката, если в арматурном прокате необходимо получить пониженную линейную массу и сформировать компактную большеобъемную бухту рядной смотки. Для обеспечения необходимого уровня прочности и пластичности в готовом прокате способ интегрирует в себе сочетание оптимальных свойств горячекатаной стали (без термической закалки) и оптимальных возможностей холодной деформации (малая степень). Поэтому является самым энергетически и экономически эффективным из всех известных способов получения упрочненного и пластичного проката.

Список литературы

1. Харитонов В.А., Иванцов А.Б., Лаптева Т.А. Обработка проволоки растяжением: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 162 с.
2. Харитонов Вик. А. Повышение конкурентоспособности холоднодеформированного арматурного проката путем совершенствования технологии и оборудования для его производства // Бюл. «Черная металлургия», ин-т Черметинформация. 2009. № 6. С.15–22.

УДК 621.746.5.047

Е.А. Шевченко, А.М. Столяров, А.Н. Шаповалов

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СТАЛИ

Аннотация. Экспериментально определены значения предела прочности и условного предела текучести непрерывно-литой стали 09Г2С, 15ХСНД и Ст3сп в диапазоне температур от 400 до 1400°С. Установлены статистически значимые зависимости условного предела текучести металла разного состава от температуры, необходимые для разработки методики определения длины поддерживающей системы на раме кристаллизатора с целью предотвращения образования дефекта в виде выпуклости узких граней слябовой непрерывнолитой заготовки в условиях ОАО «Уральская Сталь».

Ключевые слова: непрерывно-литой сляб, механические свойства литой стали, предел прочности, условный предел текучести.

В ОАО «Уральская Сталь» слябовая непрерывно-литая заготовка с размерами поперечного сечения 190, 270×1200 мм отливается на одно-ручьеваой МНЛЗ фирмы «SMS Demag». Машина криволинейного типа с вертикальным участком имеет базовый радиус 10,5 м и металлургическую длину около 30 м. На слябовой заготовке толщиной 270 мм часто появляется дефект в виде выпуклости узких граней величиной от 3 до 15 мм [1, 2]. Выпуклость узких граней является внешним признаком наличия внутри сляба повышенной степени развития осевой рыхлости, осевой химической неоднородности, трещин, что вызывает возрастание отбраковки листового проката по результатам ультразвукового контроля [3–5]. Прочность затвердевшей оболочки сляба зависит от многих факторов, в том числе от химического состава разливаемого металла и температуры.

Поэтому были проведены исследования по определению механических свойств образцов литого металла разного химического состава в диапазоне температур от 400 до 1400°C. Образцы вырезались из узких граней слябовых темплетов в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.

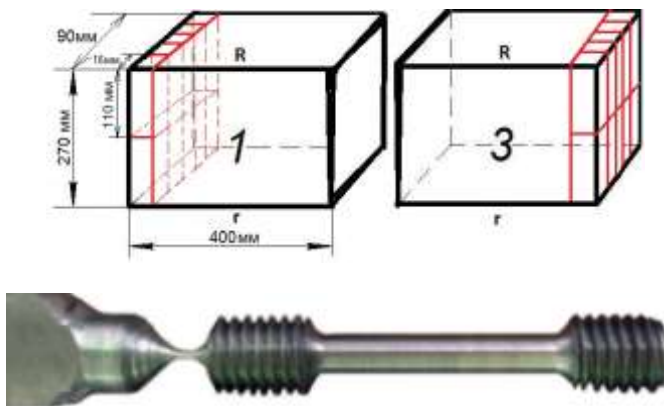


Рис. 1. Схема вырезки образцов из темплетов слябовой непрерывно-литой заготовки и вид подготовленного образца

Испытаниям подвергались образцы из стали марок 09Г2С, 15ХСНД и СтЗсп, химический состав которых представлен в табл. 1.

Механические свойства металла определялись на высокотемпературной установке «Zwick/Roell Z1600H».

Таблица 1

Химический состав металла испытываемых образцов

Марка стали	Содержание химического элемента, %												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	Al	[N]	Nb	[H]
09Г2С	0,10	0,58	1,42	0,01	0,006	0,04	0,07	0,09	0,008	0,028	0,012	0,01	2,8
15ХСНД	0,15	0,58	0,66	0,009	0,003	0,74	0,43	0,22	0,011	0,032	0,009	0,01	4,4
Ст3сп	0,18	0,21	0,48	0,015	0,007	0,09	0,05	0,08	0,004	0,018	0,009	0,01	6,2

Результаты определения предела прочности (σ_B) и условного предела текучести ($\sigma_{0,2}$) металла показаны в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения прочностных свойств металла*, МПа

Температура, °С	09Г2С		15ХСНД		Ст3сп	
	σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\sigma_{0,2}$
400	<u>425–510</u>	<u>285–310</u>	<u>455–465</u>	<u>280–320</u>	<u>455–485</u>	<u>238–262</u>
	468	298	460	300	470	250
550	<u>260–275</u>	<u>200–225</u>	<u>310–</u> <u>325 318</u>	<u>230–250</u>	<u>245–260</u>	<u>154–171</u>
	268	213		240	253	163
700	<u>122–135</u>	<u>106–115</u>	<u>135–142</u>	<u>120–135</u>	<u>115–125</u>	<u>87,0–107,0</u>
	129	111	139	128	120	97,00
900	<u>6,32–6,40</u>	<u>4,35–4,7</u>	<u>6,5–7,4</u>	<u>4,7–5,04</u>	<u>5,03–6,66</u>	<u>3,9–4,6</u>
	6,36	4,53	6,95	4,87	5,84	4,25
1000	<u>4,33–5,02</u>	<u>3,66–3,86</u>	<u>4,69–5,22</u>	<u>3,72–4,24</u>	<u>3,66–4,80</u>	<u>3,13–3,81</u>
	4,68	3,76	4,96	3,98	4,23	3,47
1100	<u>3,49–3,92</u>	<u>2,68–2,98</u>	<u>3,42–4,12</u>	<u>2,85–3,07</u>	<u>3,24–3,89</u>	<u>2,58–2,90</u>
	3,71	2,83	3,77	2,96	3,57	2,74
1200	<u>2,42–2,81</u>	<u>1,77–</u> <u>2,18 1,98</u>	<u>2,35–2,91</u>	<u>2,01–2,30</u>	<u>2,16–2,65</u>	<u>1,85–2,12</u>
	2,62		2,63	2,16	2,41	1,99
1300	<u>1,69–2,21</u>	<u>1,26–1,52</u>	<u>1,90–2,14</u>	<u>1,31–1,64</u>	<u>1,8–1,92</u>	<u>1,24–1,45</u>
	1,95	1,39	2,02	1,48	1,86	1,35
1400	<u>1,25–1,51</u>	<u>0,86–1,11</u>	<u>1,42–1,64</u>	<u>0,92–1,21</u>	<u>0,99–1,59</u>	<u>0,73–1,15</u>
	1,38	0,99	1,53	1,07	1,29	0,94

* В числителе интервал изменения, в знаменателе – среднее значение.

Из представленных данных видно, что резкое снижение значений как предела прочности, так и условного предела текучести происходит при повышении температуры с 700 до 900°С. Это объясняется фазовыми превращениями в стали: переходом от ферритно-перлитной структуры к аустенитной. Для температурных условий зоны вторичного охлаждения МНЛЗ наибольший интерес представляет высокотемпературный интервал 900–1400°С. Затвердевшая корочка заготовки выгибается вследствие пластической деформации без образования трещин, поэтому в качестве

критерия прочности за основу может быть взят условный предел текучести стали. Изменение значений условного предела текучести металла разного состава под влиянием температуры в вышеуказанном диапазоне показано на рис. 2.

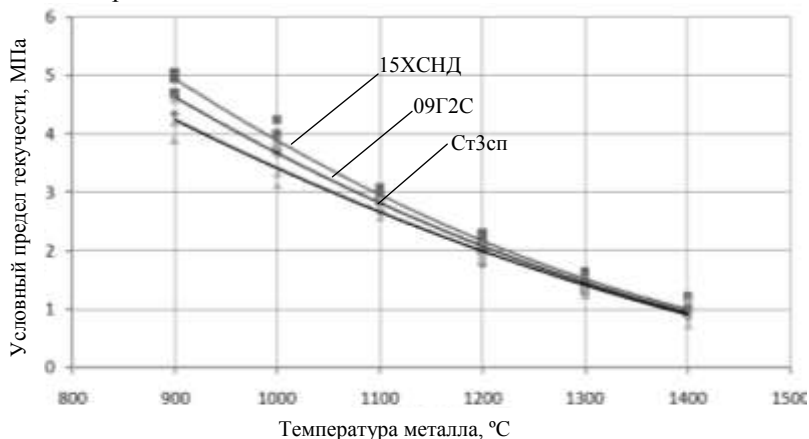


Рис. 2. Изменение условного предела текучести металла разного химического состава от температуры в диапазоне 900–1400°С

Из рисунка видно, что при самой высокой температуре испытаний – 1400°С прочность стали всех трех рассматриваемых марок примерно одинаковая. С понижением температуры до 900°С различия в значениях условного предела текучести металла все более возрастают. Меньшую прочность имеет сталь марки Ст3сп, хотя в ней содержится наибольшее количество углерода. Очевидно, большая прочность стали марок 15ХСНД и 09Г2С обусловлена наличием легирующих элементов.

Линии на поле рисунка являются графическим отображением криволинейных зависимостей условного предела текучести металла ($\sigma_{0,2}$, МПа) от его температуры (t , °С), описываемых следующими уравнениями:

Марка стали	Уравнение регрессии
09Г2С	$\sigma_{0,2}=6 \cdot 10^{-6}t^2-0,0203t+18,342;$ (1)
15ХСНД	$\sigma_{0,2}=7 \cdot 10^{-6}t^2-0,0236t+20,637;$ (2)
Ст3сп	$\sigma_{0,2}=4 \cdot 10^{-6}t^2-0,0162t+15,468.$ (3)

Высокие значения корреляционного отношения (более 0,95) свидетельствуют о статистической значимости полученных зависимостей.

Установленные зависимости (1)–(3) могут быть использованы в методике по определению длины поддерживающей системы на раме кристаллизатора с целью предотвращения образования дефекта в виде выпуклости узких граней слябовой непрерывнолитой заготовки.

Список литературы

1. Изучение искажения поперечного сечения непрерывнолитого сляба / Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н., Баранчиков К.В. // Изв. вузов. Черная металлургия. 2014. №1. С. 34–37.
2. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Искажение профиля непрерывнолитого сляба в условиях ОАО «Уральская Сталь» // Металлургические процессы и оборудование. 2014. №1(35). С. 13–18.
3. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Изучение качества слябовой заготовки, отлитой на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №1 (41). С. 27 – 30.
4. Шевченко Е.А., Шаповалов А.Н. Проблемы получения качественной слябовой заготовки на МНЛЗ №2 ОАО «Уральская Сталь» // Вестник ЮУрГУ. Сер. Металлургия. 2013. №1. С. 68–73.
5. Шаповалов А.Н., Шевченко Е.А., Столяров А.М. Рациональная длина подерживающей системы узких граней непрерывнолитого сляба для условий ОАО «Уральская Сталь» // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2013. №1. С. 38–42.

УДК 621.771.63

Н.Г. Шемшурова, В.В. Волков

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

***Аннотация.** Предложено производить профильные трубы, используемые в стержневых и рамных системах, путем переформовки из труб круглого поперечного сечения. Анализ эффективности использования профильных труб по усложнению прочности показал приемлемость данной технологии.*

***Ключевые слова:** профильная труба, строительные конструкции, переформовка трубы круглого сечения, эксплуатационные характеристики, эффективность использования, условие прочности, выбор технологии.*

Профильные трубы при применении в различных конструкциях имеют ряд преимуществ по сравнению с профилями открытых сечений, весьма эффективны в стержневых и рамных системах и в большей степени, чем круглые трубы, приспособлены для работы на поперечный изгиб. Экономия металла при использовании сварных профильных труб составляет 27 % [1].

Основные виды конфигурации поперечного сечения профильных труб показаны на рис. 1 [2,3].



Рис. 1. Примеры конфигурации поперечного сечения профильных труб

Такие трубы можно производить на профилегибочных станах (ПГС) путем постепенной подгибки боковых элементов или путем переформовки труб круглого поперечного сечения. В первом случае деформация осуществляется, в основном, за счет растягивающих радиальных напряжений, которые достигают значительной величины, режим профилирования довольно жесткий.

Поэтому мы предлагаем производить профильные трубы путем переформовки круглых труб, полученных на трубоэлектросварочных агрегатах (ТЭСА). В этом случае режим формовки намного «мягче», так как радиус подгибки при формовке круглой трубы довольно большой, а при последующей переформовке в трубу, например, квадратного сечения возникает схема объемного напряженного состояния с преобладанием сжимающих напряжений.

При формовке трубы пластическая деформация металла осуществляется в тангенциальном и радиальном направлениях за счет изгиба и поперечного растяжения заготовки. При распространении в местах изгиба области пластической деформации на всю толщину деформируемой полосы с учетом коэффициента смещения нейтрального слоя имеет место плоское деформированное состояние, поэтому общую деформацию определяем как интенсивность деформации [4,5].

Если диаметр круглой трубы из стали марки 09Г2 $D = 100$ мм; а толщина трубы $t = 3$ мм, то коэффициент нейтрального слоя $k = 0,492$; утонение $\Delta t = 0,08$ мм; степень деформации при формовке круглой трубы на ТЭСА составляет $\varepsilon_{i1} = 3,7$ %.

Известно [5,6], что при заполнении углов квадратного калибра металлом за счет переформовки из трубы круглого сечения интенсивность степени деформации может достигать 25–50 %.

Согласно уравнению регрессии для стали марки 09Г2

$$\sigma_i = -762,53 \varepsilon_i^2 + 673,06 \varepsilon_i + 410,86,$$

при интенсивности деформации $\varepsilon_{i2} = 25,0\%$ интенсивность напряжений при формовке трубы круглого сечения составляет $\sigma_{i1} = 436,54$ МПа ;

интенсивность напряжений при переформовке трубы круглого поперечного сечения в квадратную $\sigma_{i2} = 531,47 \text{ МПа}$; степень упрочнения составляет 21,75%, что соответствует полученным ранее данным [5–7].

Результаты расчетов геометрических характеристик круглой и профильных труб представлены в табл. 1.

Таблица 1
Геометрические характеристики круглой и профильных труб

Форма сечения	t , мм	F , мм ²	I_x , мм ⁴	I_y , мм ⁴	i_x , мм	i_y , мм	W_x , мм ³	W_y , мм ³
Круг	3	914	1075700	1075700	34,3	34,3	21514	21514
Квадрат	3	914	885228	885228	31,12	31,12	22363	22363
Треугольник	3	914	764150	771821	28,9	29,1	14555	12584

При использовании предлагаемой технологии профильные трубы получают дополнительное упрочнение по отношению к круглой трубе при переформовке, то есть они будут иметь повышенное значение предела прочности σ_b .

Критерием работоспособности труб как элементов конструкции является *условие прочности*. Считаем, что условия нагружения и закрепления труб одинаковы, но круглая труба выполнена из стали без дополнительного упрочнения, а профильная – из этой же стали с дополнительным упрочнением 15–21% в зависимости от марки стали, толщины стенки и размеров трубы.

Расчеты показали (табл. 2), что при упрочнении на 15% толщина стенки трубы квадратного сечения будет $t=2,5$ мм, что соответствует несущей способности трубы круглого сечения с толщиной стенки 3,0 мм, а при упрочнении 21% – $t=2,35$ мм.

Таблица 2
Анализ эффективности использования труб квадратного поперечного сечения

Профиль	Степень упрочнения, %	F , мм ²	t , мм	W , см ³	Масса 1 п.м, кг	Эффект, %
Круг	-	914	3,00	21514	7,18	-
Квадрат	15,0	762	2,50	18745	5,98	20,0
	21,0	716	2,35	17652	5,62	27,8

Из таблицы видно, что масса одного погонного метра трубы квадратного поперечного сечения с дополнительным упрочнением на 15–21%

будет меньше, чем трубы круглого сечения с той же несущей способностью на 19,9–27,6%.

Следовательно, применение профильных труб в качестве строительных конструкций позволяет снизить их металлоемкость и себестоимость, повысить эффективность использования.

Для реализации предложенной технологии мы предлагаем использовать уже имеющиеся известные технические решения [8, 9]. Наиболее эффективным решением будет установка автономного стана для производства профильных труб из труб круглого сечения. Стан содержит две универсальные четырехвалковые клетки, в которых горизонтальные валки выполнены приводными и нижние из них имеют возможность перемещения в поперечном направлении к оси профилирования, а в опорах установлены нажимные винты для перемещения подушек-кассет [8] (рис. 2).

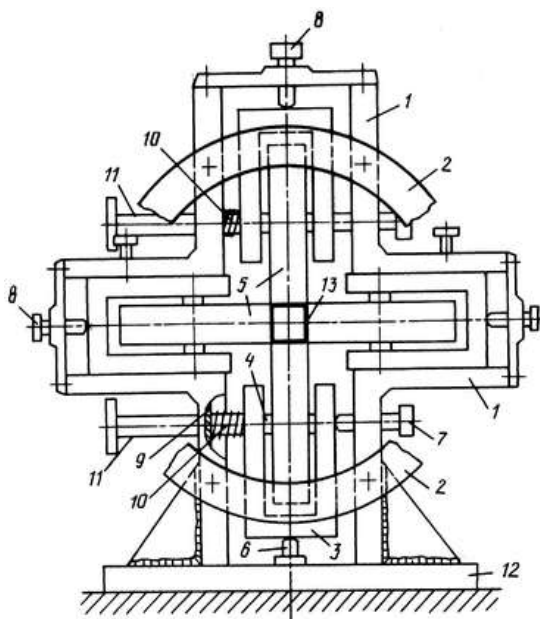


Рис. 2. Универсальная клетка для переформовки круглой трубы в профильную: 1 – Г-образные опоры; 2 – кольца; 3 – подушки-кассеты; 4 – оси; 5 – формирующие цилиндрические валки; 6 – на регулировочный вертикальный винт; 7 – нажимные винты; 8 – регулировочные винты; 9 – наружные грани опор; 10 – упругие элементы (цилиндрические пружины); 11 – приводная часть осей горизонтальных валков; 12 – опорная плита

Наличие привода у горизонтальных валков позволяет использовать клеть автономно; возможность регулировочного перемещения нижнего горизонтального валка относительно оси профилирования повышает точность настройки клетки. С целью предотвращения разрыва сварного шва круглой трубы при ее задаче в формирующую клеть для переформовки с целью исключения «попадания» шва в угол калибра стан оснащен устройством поворота трубы. Для автоматической центровки трубы ролики подающего рольганга выполнены двухконусными.

Таким образом, предложена технология получения профильных труб, которые находят широкий спрос в различных отраслях народного хозяйства, позволяющая успешно экономить металл, повышать надежность и прочность конструкций.

Список литературы

1. Тришевский И.С., Докторов М.Е. Теоретические основы процесса профилирования. М.: Metallurgy, 1980. 288 с.
2. Совершенствование технологии производства прямошовных сварных труб с целью расширения сортамента / И.В. Благодарцев, Н.Г. Шемшурова, А.М. Уливанов, Д.А. Куницын // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: межрегион. сб. науч. трудов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. С. 115–118.
3. Благодарцев И.В., Шемшурова Н.Г. О моделировании процесса формовки трубы треугольного поперечного сечения из круглой // Изв. вузов. Черная металлургия. 2014. № 2. С. 65–66.
4. Шемшурова Н.Г. О расчете поперечной деформации при профилировании // Изв. вузов. Черная металлургия. 1995. №12. С. 25–28.
5. К определению коэффициента смещения нейтрального слоя полосы при профилировании / Н.Г. Шемшурова, В.Ф. Афанасьев, А.В. Авдонина, А.Н. Стефаненков // Изв. вузов. Черная металлургия. 1999. С. 27–28.
6. Шемшурова Н.Г., Корнилов В.Л., Антипанов В.Г. Деформация полосовой заготовки при изгибе в «полуоткрытом» штампе // Изв. вузов. Черная металлургия. 2001. №12. С. 8–9.
7. Shemshurova N.G., Kornilov V.L., Antipanov V.G. Flexural deformation of strip billet in semi-open die // Steel in Translation. 2001. T. 31. № 12. P. 56–58.
8. Пат. 2302305 РФ. Универсальная четырехвалковая клеть для профилирования труб / Г.С.Сеничев, В.Г.Антипанов, В.Л.Корнилов, А.И.Стариков. Оpubл. 10.07.2007.
9. Пат. 2295410 РФ. Стан для профилирования труб / Г.С.Сеничев, В.Г.Антипанов, А.И.Стариков, В.Л.Корнилов. Оpubл. 20.03.2007.

Р.Р. Юсупов, Ю.В. Жиркин, Е.И. Мироненков, Е.В. Губарев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАРБЕНИТРИРОВАНИЯ НА СНИЖЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрена возможность снижения коэффициента трения в зубчатых передачах тяжело нагруженных редукторов металлургических машин. Проведены экспериментальные исследования, предложены способы снижения трения в зацеплениях зубчатых передач.

Ключевые слова: коэффициент трения, смазочный материал, вязкость, карбонитрирование.

Повышение долговечности и износостойкости металлургических машин и решение вопросов повышения ресурса зубчатых передач, которые работают в условиях непрерывного смазывания при линейном контакте, является проблемой, которую необходимо решать. Учитывая, что выход из строя зубчатой передачи может привести к аварийной ситуации, вопрос повышения ресурса данного неконформного узла трения является актуальным.

Одним из возможных путей решения данной проблемы, как показали экспериментальные исследования [1], является карбонитрирование зубчатых колёс.

В ходе эксперимента наблюдалось снижение коэффициента трения на контакте зубчатого колеса и шестерни в 1,5 раза при смазывании минеральным маслом. Но остался открытым вопрос – какое влияние смазочный материал оказывает на данный эффект? С этой целью было исследовано влияние карбонитрирования на изменение величины коэффициента трения при отсутствии смазочного материала. На лабораторной установке величина коэффициента трения определялась по закону Амонтона-Кулона.

На лабораторной установке осуществлялось скольжение стальной пластины под стальным диском, который удерживался измерительным устройством, фиксирующим величину силы трения. Для испытания были взяты 6 пар трения до карбонитрирования стальных дисков и после их карбонитрирования.

Карбонитрирование дисков проводилось 2 ч при температуре 570°C, для измерения твердости использовался прибор УЗИТ-3, для измерения шероховатости – прибор TR-100.

Результаты исследования представлены в таблице.

Анализ результатов исследования показывает, что на снижение величины коэффициента трения большое влияние оказывает повышение

твёрдости одной из детали пары трения, подвергшейся карбонитрированию. В то же время повышение шероховатости поверхностей после карбонитрирования оказывает более существенное влияние на снижение величины коэффициента трения.

Полученное снижение величины коэффициента трения после карбонитрирования сопоставимо с результатами, полученными в работе [1], но в присутствии смазочного материала на поверхностях трения.

Характеристики поверхностей пар трения и результаты исследования

Пара трения	До карбонитрирования	После карбонитрирования
Твердость, МПа		
I	НВ1800 – НВ900	НВ4020 – НВ900
II	НВ5220 – НВ900	НВ5220 – НВ900
III	НВ4860 – НВ900	НВ5220 – НВ900
IV	НВ1800 – НВ990	НВ4020 – НВ990
V	НВ5220 – НВ990	НВ5220 – НВ990
VI	НВ4860 – НВ990	НВ5220 – НВ990
Шероховатость, Ra		
I	0,4	0,9
II	0,4	0,7
III	0,6	0,7
IV	0,4	0,9
V	0,4	0,7
VI	0,6	0,7
Коэффициент трения		
I	0,1982	0,1622
II	0,2782	0,1862
III	0,1858	0,1678
IV	0,1441	0,1321
V	0,2542	0,1381
VI	0,1439	0,1199

Выводы

- Снижение величины коэффициента трения карбонитрированных поверхностей является следствием наращивания высоты их микровыступов.
- Возможной причиной снижения коэффициента трения является изменение условий контактирования трущихся поверхностей. А именно происходит переход пластического контакта в упругий, для которого характерно снижение коэффициента трения с ростом шероховатости поверхностей [2].

Список литературы

1. Исследование влияния карбонитрирования на коэффициент трения зубчатых передач на основе физического моделирования / Жиркин Ю.В., Мироненков Е.И., Юсупов Р.Р., Султанов Н.Л. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. №11. С 21–26.
2. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин: справочник. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.

УДК 621.7.044: 669.14: 620.18

М.С. Жеребцов, А.С. Ишимов, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ РОСКЕТ JAW (СЖАТИЕ-РАСТЯЖЕНИЕ) КОМПЛЕКСА GLEEBLE 3500

Аннотация. *С использованием исследовательского комплекса Gleeble 3500 осуществлена высокоскоростная деформация стали 20 при температурах 800, 900, 1000 и 1200°С. Изучена микроструктура и определена микротвердость образцов. Показана принципиальная возможность обеспечить деформационное измельчение структуры низкоуглеродистой стали 20 при высокоскоростной деформации при температурах 800–1000°С до размера зерна около 400 нм подобно тому, как это достигается при больших пластических деформациях без нагрева металла.*

Ключевые слова: *низкоуглеродистая сталь, высокоскоростная деформация, повышенная температура, ультрамелкозернистая структура, микротвердость.*

В настоящее время известны различные способы получения объемных ультрамелкозернистых (УМЗ) металлов и сплавов, большинство из которых основаны на интенсивных пластических деформациях. К числу основных методов, с помощью которых были достигнуты большие деформации с истинными степенями, равными 10 и более без разрушения образцов, относятся кручение под высоким давлением и равноканальное угловое прессование, использование всесторонней ковки, равноканальной угловой протяжки, винтовой экструзии и др. Однако, перечисленные методы получения УМЗ структуры не применимы для массового производства, что затрудняет их практическое использование.

В настоящее время большие возможности для моделирования процесса высокоскоростной деформации при повышенных температурах предоставляют комплексы физического моделирования Gleeble 3150,

3500, 3800. Они являются, по сути, высокоскоростным пластометром с возможностью реализации практически неограниченного числа стадий обработки металлов давлением с постоянной или переменной по ходу обработки температурой или скоростью деформации. Характеристики комплекса GLEEBLE-3500: скорость нагрева/охлаждения образцов до 10000 °С/с, точность поддержания температуры 1°С, скорость движения траверсы 1000 мм/с.

Для исследования возможностей получения ультрамелкозернистой структуры в стали 20 при высокоскоростной горячей деформации был проведен ряд экспериментов на комплексе Gleeble 3500 с использованием модуля «сжатие-растяжение». Образцы диаметром 10 мм и длиной 100 мм деформировались на сжатие при температурах 800, 900, 1000 и 1200°С со скоростью деформирования 1000 мм/с и с последующим охлаждением со скоростью 34 °С/с. Степень деформации при различных температурах была одинаковой и задавалась сжатием образца на 25 мм, которое осуществлялось перемещением траверсы на соответствующее расстояние.

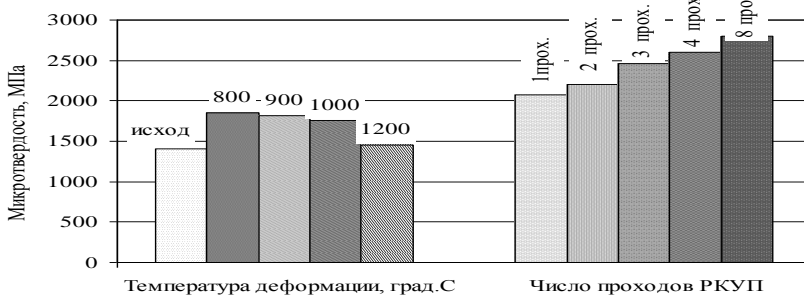


Рис. 1. Сопоставление микротвердости стали 20 после высокоскоростной деформации при различных температурах и после РКУП при 400°С

Микроструктура после ВСД при различных температурах приведена на рис.2. Она характеризуется наличием параллельных или взаимно перпендикулярных деформационных полос, расположенных с шагом 300–1000 нм, которые образуются в наиболее благоприятно ориентированных зернах и подобны полосовым структурам, возникающим при традиционных способах деформации со степенями $\varepsilon \leq 3-4$. Одновременно прослеживается разбиение деформационных полос и исходных «чистых» зерен феррита (в которых отсутствовали деформационные полосы) на более мелкие по размерам области (фрагменты), которые имеют вид зерен равноосной формы с тонкими прямолинейными границами и равновесными углами в тройных стыках. Это свидетельствует о формировании больше-

угловых границ, измельчении ферритных зерен до размеров 300–400 нм (фрагментировании) и образовании УМЗ структуры.

Сравнение микротвердости стали 20, полученной при высокоскоростной деформации при повышенной температуре и при РКУП, иллюстрирует рис. 2.

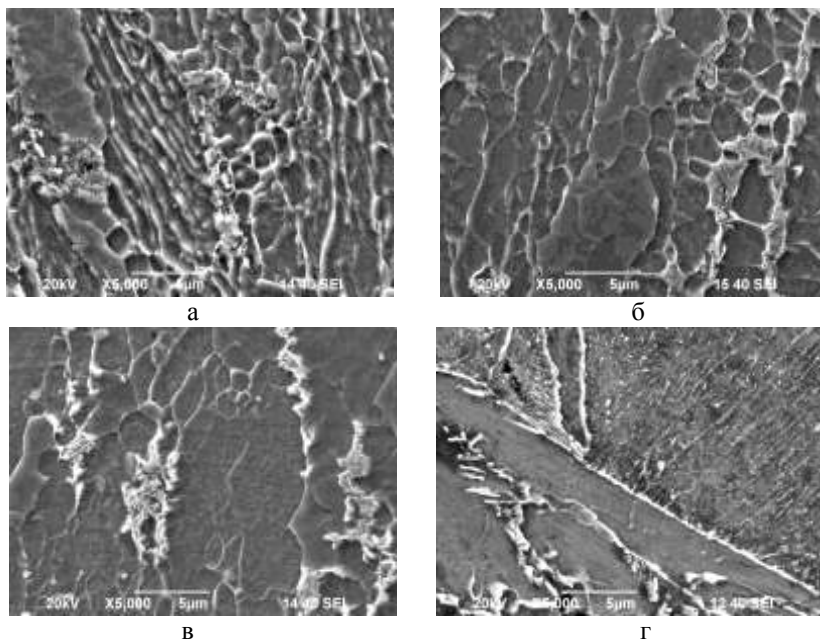


Рис. 2. Микроструктура стали 20 после высокоскоростной деформации при температуре 800 (а), 900 (б), 1000 (в) и 1200°C (г)

Заметное уменьшение твердости наблюдается только после деформации при температуре 1200°C, а по сравнению с РКУП твердость после ВСД понижена. Однако после ВСД при температурах 800–1000°C твердость по сравнению с исходным состоянием возросла примерно на 20%, что обусловлено измельчением зерна и фрагментацией феррита.

Результаты исследования показали принципиальную возможность обеспечить деформационное измельчение структуры стали 20 при высокоскоростной деформации при температурах 800–1000°C до размера зерна около 400 нм подобно тому, как это достигается при больших пластических деформациях без нагрева металла или с небольшим нагревом, не превышающим температуру рекристаллизации.

Список литературы

1. Song R., Speer J.G., Matlock D.K., Ponge D., Raabe D. Overview of processing, microstructure and mechanical properties of ultrafine grained bcc steels. // *Materials Science and Engineering: A*. 2006. Т. 441. № 1–2. С. 1–17.
2. Meyers M.A. *Dynamic Behavior of Materials*. John Wiley & Sons, New York, 1994. P. 393.
3. Коптсева N.V., Чукин M.V., Nikitenko O.A. Use of the Thixomet PRO software for quantitative analysis of the ultrafine-grain structure of low-and medium-carbon steels subjected to equal channel angular pressing. // *Metal Science and Heat Treatment*. 2012. Т. 54. № 7–8. С. 387–392.
4. Чукин Д.М., Ишимов А.С., Жеребцов М.С. Использование комплекса Gleeble 3500 для анализа фазовых превращений в стали эвтектоидного состава, микрорегированной бором // *Обработка сплошных и слоистых материалов: междуз. сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина*. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Вып. 38. С. 53–57.
5. Ситдинов О.Ш. Эволюция микроструктуры высокопрочного алюминиевого сплава в процессе высокотемпературной всестороннейковки с большой степенью деформации // *Деформация и разрушение материалов*. 2011. № 11. С. 15–26.

УДК 669.184.244.66:669.184.24

Е.А. Пакшинцев, Ю.Д. Исупов

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО КОНСТРУКТИВНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ КИСЛОРОДНОЙ ФУРМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ НЕСТАЦИОНАРНОЕ ДУТЬЕ В КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОМ ПРОЦЕССЕ

***Аннотация.** Предложена усовершенствованная конструкция кислородной фурмы, позволяющая обеспечить нестационарное, пульсирующее дутье в кислородно-конвертерном процессе. Разработан оптимальный вариант сопла фурмы для ККЦ ОАО «ЕВРАЗ НТМК».*

***Ключевые слова:** фурма, сопло, вкладыш, шлак, расплав, пульсация.*

Кислородная фурма является неотъемлемым инструментом конвертерного процесса, поэтому конструкции фурмы, ее изготовлению и эксплуатации уделяют особое внимание.

Несколько слов о конвертерном цехе ЕВРАЗ НТМК. ККЦ включает в себя 4 конвертера комбинированной продувки (кислород сверху, инертный газ снизу). Переработка природно-легированного ванадием чугуна осуществляется в 2 периода, так называемым дуплекс-процессом.

Первый период, когда производится продувка чугуна с целью деванадации, количество присаживаемых шлакообразующих материалов минимально (окалина, агломерат, брикеты). Вторая стадия периода характеризуется присадкой «классических» шлакообразующих материалов (известь, плавиковый шпат, доломит или их синтетических композиций), таким образом, технологи получают товарный ванадиевый шлак и сталь.

Сконструированная нами кислородная фурма представляет собой систему стальных труб с подачей и отводом воды и медный наконечник. Головка фурмы изготавливается методом литья или из листа меди, толщиной 9 мм, методом холодной штамповки; сконструированные сопла устанавливаются с помощью метода горячей посадки, а затем привариваются. Снижение количества сварных швов позволяет увеличить стойкость головки фурмы.

Кислород из сопел фурмы интенсивно проникает в расплав, образуя в зеркале расплава кратеры, а над расплавом в объеме рабочего пространства шлако-металлическую эмульсию.

Классиками кислородно-конвертерного процесса замечено, что шлак, находящийся на поверхности ванны, и металлическая ванна совершают знакопеременные перемещения (пульсируют), массообменные процессы между шлаком и металлом осуществляются на границах фаз «шлак-металл». Учеными МИСиС [1] предложено на пульсацию внутреннюю воздействовать пульсацией внешней, используя нестационарный кислородный поток. Например [1], существуют конструкции газодинамических пульсаторов: прерыватель потока кислорода в виде «грибка» в предсопловом объеме наконечника фурмы и чередующиеся цилиндрические элементы стенок собственно сопла.

Для упрощения на рис. 1 совмещены две конструкции сопла: известное сопло слева и предлагаемое сопло справа (вынесено); на практике в наконечнике фурмы одновременно используется один тип прерывателя во всех соплах.

Предложено использование сопла переменного сечения (см. рис.1, правое сопло), применяемого до недавнего времени в соплах движителей воздушных и космических судов [2]. Цилиндрическая расточка сопла является прообразом использования в наконечниках фурмы вставок – «картриджей» в виде сопел переменного сечения в формате 3D (рис.2), т.е. в трех измерениях, предложенных нами. Эффективность пульсации увеличена не только за счет внезапного расширения объема газа по оси сопла, но и в результате многократного пересечения струй в перпендикулярном направлении (рис.3). Исходя из таких выводов, можно уверенно определить более четкую конфигурацию «жгута» кислорода, обеспеченного 3D-картриджем (предлагаемым соплом), «пережимы» которого

близки к нулю в отличие от волнообразных при использовании прерывателя типа «грибок» или цилиндрической расточки стенок сопла.

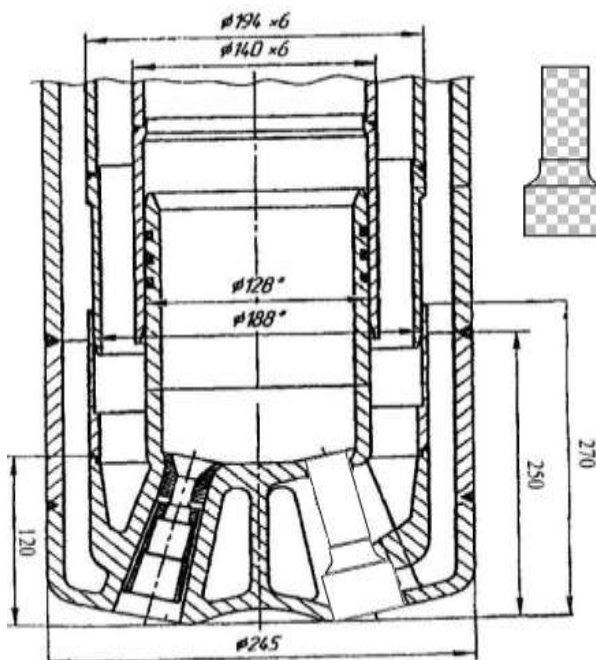


Рис. 1. Эскиз возможной компоновки наконечника кислородной фурмы (предлагаемый прерыватель на эскизе вынесен)



Рис. 2. Общий вид конструкции сопла (вставки-«картриджа») наконечника кислородной фурмы

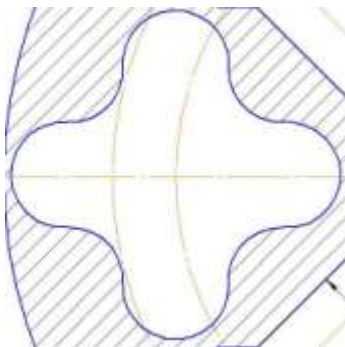


Рис. 3. Конфигурация сопла кислородной фурмы

Применение газодинамических прерывателей кислородного потока позволит улучшить технико-экономические показатели конвертерной плавки.

Результатом использования нестационарного дутья является:

- увеличение пятиоксида ванадия V_2O_5 в шлаке на 1,5%;
- увеличение степени деванадации на 2% ;
- снижение ванадия остаточного $V_{ост}$ в полупродукте на 0,005%;
- увеличение выхода годного по стали на расчетную величину 1,3% за счет снижения окислов железа в шлаке.

Список литературы

1. Явойский В.И., Явойский А.В., Сизов А.М. Применение пульсирующего дутья в сталеплавильном производстве. М.: Металлургия, 1985.
2. Горохов В.Д. и др. Повышение экономичности рабочего процесса в современных и перспективных кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателях // Изобретательство. 2006. Т. VI. №12. С.19–23.

ФАКУЛЬТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 66 10167

Н.И. Барышникова, Д.Р. Закирова

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ШКОЛЬНОМУ ПИТАНИЮ

***Аннотация.** Горячее питание детей в школе является одним из важных условий поддержания их здоровья и способности к эффективному обучению. Школа представляет собой жизненно важную среду, используя которую, можно оказывать влияние на процесс правильного питания и формировать у школьников необходимые навыки в данном вопросе. В статье на основании проведенного анализа и выявленных нарушений в школьных столовых приведены рекомендации по улучшению качества питания учащихся.*

***Ключевые слова:** санитарные нормы и правила, школьная столовая.*

«Школьное питание – это залог здоровья подрастающего поколения». Горячее питание детей в школе является одним из важных условий поддержания их здоровья и способности к эффективному обучению. Школа представляет собой жизненно важную среду, используя которую, можно оказывать влияние на процесс правильного питания и формировать у школьников необходимые навыки в данном вопросе [1]. Организованное школьное питание регламентируется санитарными правилами и нормами, которые являются обязательными для исполнения всеми лицами, чья деятельность связана с организацией и (или) обеспечением горячим питанием обучающихся [4]. Но очень часто выявляется, что те или иные требования в школах не выполняются.

На основании проведенного анализа [3] исследуемых рационов меню было выявлено, что в школах при составлении меню не учитывается возраст и пол учащихся, а также ни в одной из трех школ не составляется меню завтрака, а восполнение калорийности происходит за счет крупяных и мучных изделий. Также исследование школьных столовых в соответствии с СанПин 2.4.5.2409-08 показало, что в исследуемых школах не выполняется ряд требований и норм, связанных с организацией и созданием объемно-планировочных и конструктивных решений предприятия.

Таким образом, проблемы в школьном питании реально существуют, и для их решения необходимо принимать все меры, чтобы улучшить качество питания школьников. Общей целью школьных программ является создание полноценного рациона питания, способствующего улуч-

шению здоровья школьника. Для достижения этой цели необходимо учитывать следующие рекомендации:

Во-первых, обеспечить санитарно-эпидемиологическую безопасность питания, включая соблюдение всех санитарных требований к состоянию пищеблока, поставляемым продуктам питания, их транспортировке, хранению, приготовлению и раздаче блюд. Пищевая продукция, поступающая на пищеблок, должна сопровождаться документами, удостоверяющими их безопасность в соответствии с Законом «О безопасности пищевой продукции». Например, не допускается принимать сырое мясо без клейма, курицу – в непотрошеном виде, плодово-овощную продукцию с признаками порчи, яйца – с загрязненной скорлупой, с насечкой, "тек", "бой" и т.д.

Во-вторых, при разработке меню для школьных столовых следует учесть, что предпочтение необходимо отдавать таким способам тепловой обработки, как припускание, варка, запекание, тушение. Но не рекомендуется использовать жарку основным способом и полностью запрещается жарка во фритюре.

В-третьих, меню разрабатывается с учетом сезонности, необходимого количества основных пищевых веществ и требуемой калорийности суточного рациона, дифференцированного по возрастным группам обучающихся (7–11 и 12–18 лет). С учетом возраста обучающихся в меню должны быть соблюдены требования санитарных правил по массе порций блюд, их пищевой и энергетической ценности, суточной потребности в основных витаминах и микроэлементах [4].

В-четвертых, при разработке меню для школьных столовых следует учесть перечень продуктов и блюд, которые не допускаются для реализации в организациях общественного питания образовательных учреждений (например, уксус, пряности, грибы, маринованные овощи и фрукты, макароны по-флотски, холодные супы, яичница-глазунья и т.д.).

Соблюдение данных рекомендаций позволит улучшить качество питания в школьных столовых и предотвратить риск кишечных и инфекционных отравлений. Таким образом, актуальность проблемы реорганизации системы школьного питания, безусловно, сохраняется, и для улучшения работы организационной структуры предприятия и обеспечения качественного приготовления блюд необходимо соблюдать и выполнять все необходимые правила, нормы и рекомендации.

Список литературы

1. Волкова В.А., Козлова М.С. Организация детского, диетического и лечебно-профилактического питания: учеб. пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2003. 56 с.
2. Барышникова Н.И., Закирова Д.Р. Проблема школьного питания // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общест-

- венного питания: материалы VI междунар. науч.-практ. конференции. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. С. 63–65.
3. Барышникова Н.И., Закирова Д.Р. Характеристика пищевого рациона детей школьного возраста // Качество продукции, технологий и образования: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С.59–62.
 4. СанПиН 2.4.5. 2409-08. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования [Электрон. ресурс]: утвержден и введен в действие с 01 октября 2008г. Постановлением Глав. гос. сан. врача РФ Г.Г. Онищенко от 23 июля 2008 г. №45.

УДК 659.126

Л.А. Бодьян, М.Д. Прач

РАЗРАБОТКА ФИРМЕННОГО ЗНАКА ФАКУЛЬТЕТА СТАНДАРТИЗАЦИИ, ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

***Аннотация.** Рассмотрены особенности и этапы работы при разработке основного элемента фирменного стиля – фирменного знака факультета. Представлены варианты и способы его корректного использования.*

***Ключевые слова:** фирменный стиль, фирменный знак, логотип, композиция знака, масштабирование знака.*

Фирменный знак – это обязательный уникальный идентификационный графический элемент предприятия, компании. Необходимость в его наличии очевидна. Факультет ФСХиБ образовался совсем недавно, поэтому для него актуальна разработка своего отличительного знака.

В рамках объявленного руководством факультета конкурса «На лучший логотип» в октябре 2013 г. нами проведена творческая исследовательская работа, целью которой являлась разработка фирменного знака.

На сегодняшний день факультет занимается образовательной и научной деятельностью различного направления, а также подготовкой студентов по программам бакалавриата и магистратуры по следующим специальностям и направлениям: стандартизация и метрология, химическая технология, продукты питания из растительного сырья, техносферная безопасность, эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, технология полиграфического и упаковочного производства, товароведение.

Потенциальными потребителями услуг нашего факультета являются: выпускники школ, колледжей, молодые люди 15–25 лет, промышленные предприятия – партнеры по совместной научной деятельности и под-

готовке высококвалифицированных специалистов и в качестве работодателей рабочих мест.

После проведения первого этапа работы – предпроектного анализа, были сделаны определенные выводы о характерных графических элементах выделенных направлений и употребляемых цветах. Особую сложность представляет широта направлений деятельности, которые нужно объединить графическими образами. Основными графическими элементами могут являться: изображения химической тематики, упаковки, кубы; графика из пятиугольников, РСТ, галочки, стрелки, шестеренки, болты, книги, письменные принадлежности и т.п. Учитывая тот факт, что фирменными цветами МГТУ являются темно-синий, красный, считаем целесообразным использовать эти цвета в нашем дизайне. Цвет, объединяющий направление биотехнологии и безопасности жизнедеятельности, – зеленый. Все эти цвета также выявлены как характерные для направленного факультета [1].

Разработка фирменного знака – это, прежде всего, работа над композицией с учетом правил композиционного построения. В результате теоретического анализа выделены основные требования к фирменным знакам: эмоциональная информативность, привлекательность, индивидуальность, запоминаемость и узнаваемость. А также композиционные требования: композиция закрытая, силовые линии направлены к центру, соблюдение равновесия между всеми элементами, четкое определение ритма, вся композиция знака плотная, т.е. охватывается одним взглядом. На следующем этапе выделены и проработаны пути создания композиции знака: знак-индекс, изобразительный знак, логотип [2]. Поискные знаки-индексы имеют жесткую форму конструктивного построения, геометризм, предельную лаконичность. Знаки абстрактны, композиции строго формальны, минимум признаков, вызывающих предметные ассоциации. Изобразительные знаки построены нами на основе стилизации объекта по заданным свойствам путем трансформации исходной формы простого геометрического объекта до узнаваемого стилизованного объекта. За основу взяты изображения реальных объектов (в нашем случае – это колбы, шестеренки, лист, книги). Выделены главные выразительные качества объектов, затем предметные формы упрощались, предельно обобщались, но при этом не терялось их смысловое содержание. При разработке следующей композиции знака – текстовой композиции (или логотипа) без графических элементов, в основе прорабатывался визуально узнаваемый фирменный шрифт. При этом мы учитывали главное – общая форма. В нашем случае она должна быть простой и компактной, проще должны быть формы букв. В предложенных вариантах знака использовалась аббревиатура. Проработаны комбинированные знаки, где композиция состоит из двух частей: текстовой и графической. Это обеспечивает лучшее

запоминание знака. Одновременно идет визуальное (знак) и вербальное (название фирмы) восприятие информации.

В ходе проводимой творческой работы было предложено более 60 поисковых вариантов композиций знака. В итоге один из промежуточных вариантов явился победителем объявленного в октябре 2013 г. студенческого конкурса. На следующем этапе знак значительно переработан, предусмотрены варианты и способы его корректного использования. Итак, знак может использоваться в нескольких основных вариантах (рис. 1).



Рис 1. Основные варианты (предпочтительный вариант а)

Для обеспечения гибкости и адаптации при работе с разнообразными полиграфическими изделиями, методами производства при сохранении единообразия были разработаны вспомогательные варианты знака (рис. 2) [3,4]. Взаиморасположение символики, а также шрифт, жестко зафиксированы и не могут изменяться каким-либо образом.



Рис 2. Вспомогательные варианты (предпочтительный вариант а)

Для корректного использования знака при печати нами проработаны и описаны возможные цветовые решения всех вариантов знаков (в процентном соотношении составляющих цветов и красок) и области их применения [1,3,4]:

1. Печать только триадными красками CMYK (предпочтительный вариант для печатной продукции, включая рекламные материалы).
2. Печать красками RGB (для представления на экране монитора, телевидения, Интернет или для печати, использующей RGB-модель).
3. Печать плашечными красками Pantone в трех возможных цветах (когда невозможно воспроизведение четырехкрасочной печатью).

4. Инверсный вариант печати – белая выворотка по цвету фона (когда цветная печать не подходит из-за темного фона подложки).

5. Печать белой подложки под используемые цвета CMYK или RGB (при цветной печати знака на темном фоне).

Далее определили варианты корректного масштабирования знаков, уточнили его минимальные размеры для обеспечения считываемости и печати без искажений [4].

Чтобы обеспечить читаемость и необходимую заметность знака, необходимо оставлять вокруг него достаточно пустого пространства – «охранное поле» (рис. 3) [3, 4].



Рис. 3. «Охранное поле» знаков

Рекомендованный размер охранного поля задается взятой за основу высотой знака треугольника-стрелки (ограничено на иллюстрации красными направляющими). Знак в пределах охранного поля не должен смешиваться или пересекаться с какими-либо иными элементами.

Фирменный знак, варианты и способы его корректного использования согласованы, одобрены и утверждены на совете факультета в апреле 2014 г.

Список литературы

1. Бодьян Л.А., Медяник Н.Л., Савочкина Л.В. Основы теории цвета. Физиологические и психологические основы цветовосприятия: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2010. 92 с.
2. Бодьян Л.А., Ерочкина И.В. Разработка фирменного знака // Химия. Технология. Качество. Состояние, проблемы и перспективы развития: межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. С.34–41.
3. Бодьян Л.А., Бербер С.С. Актуальные вопросы в области нанесения качественной печати на упаковочные материалы и упаковку // Химия. Технология. Качество: сб. материалов междунар. заочной науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С.70–74.
4. Бодьян Л.А., Кремнева А.В. Цветовые измерения как один из этапов обеспечения качественной печати на упаковочных материалах и упаковке // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С.206–208.

УДК 664.694

И.А. Долматова, Т.Н. Зайцева, Г.Д. Иванова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

***Аннотация.** Разрабатывается рецептура и технология производства макаронных изделий с повышенной биологической ценностью за счет обогащения мукой сои и тыквы.*

***Ключевые слова:** макаронные изделия, обогащение, соевая мука, тыквенная мука.*

Макаронные изделия являются популярным продуктом у населения. Роль макаронных изделий в рационе питания трудно переоценить. Многие считают их основным продуктом питания XXI столетия. Они характеризуются хорошей сохраняемостью, транспортабельностью, быстротой

и простотой приготовления из них пищи, а также высокой питательной ценностью и хорошей усвояемостью.

В свете национальной политики в области здорового питания важно охватить профилактикой витаминной и минеральной недостаточности широкие слои населения, поэтому нужна ориентация на продукты повседневного и массового спроса, каковыми являются хлебобулочные и макаронные изделия. В связи с этим макаронная отрасль активно участвует в реализации поставленных перед ней научно-технических программ по созданию группы макаронных изделий лечебно-профилактического назначения и обогащенного химического состава путем использования различных пищевых добавок, дополнительных нутриентов, а также нетрадиционных видов сырья и продуктов их переработки [1].

На рынке макаронных изделий продукция диетического и функционального назначения, обогащенные макаронные изделия и изделия повышенной пищевой ценности занимают небольшой сегмент, который не превышает 1 %. В связи с данным фактом разработка ассортимента макаронных изделий повышенной пищевой ценности, с направленно изменённым химическим составом является актуальной.

Задача повышения биологической ценности макаронных изделий может быть решена за счет применения местного белоксодержащего сырья растительного происхождения.

Сравнительный анализ пользующихся наибольшей популярностью макаронных изделий, представленный в табл. 1, свидетельствует о том, что наибольшей биологической ценностью характеризуются обогащенные макаронные изделия [4].

Таблица 1

Химический состав и энергетическая ценность макаронных изделий

Макаронные изделия	Вода, г	Белки, г	Жиры, г	Моно- и дисахариды, г	Крахмал и декстрины, г	Клетчатка, г	Зола, г	Энергетическая ценность	
								ккал	кДж
Высшего сорта	13,0	10,4	1,1	2,0	67,7	0,1	0,5	337	1410
Первого сорта	13,0	10,7	1,3	2,3	66,1	0,2	0,7	335	1402
Высшего сорта яичные	13,0	11,3	2,1	2,0	66,0	0,1	0,6	345	1444
Первого сорта яичные	13,0	11,8	2,8	1,9	65,1	0,1	0,6	346	1448

Содержание минеральных веществ, витаминов и незаменимых аминокислот в макаронных изделиях представлено в табл. 2 [4].

Таблица 2

Содержание минеральных веществ, витаминов и незаменимых аминокислот в макаронных изделиях (мг на 100 г продукта)

Макаронные изделия	Минеральные вещества						Витамины			Аминокислоты		
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	B ₁	B ₂	PP	ли-зин	метио-нин	трипто-фан
Высшего сорта	3	123	19	16	87	1,6	0,17	0,04	1,21	249	189	125
Высшего сорта яичные	17	132	42	17	106	2,1	0,17	0,08	1,21	368	248	147

Как свидетельствуют данные табл. 2, макаронные изделия содержат недостаточное количество таких незаменимых аминокислот, как лизин, метионин, треонин. С введением яичных продуктов содержание их значительно возрастает.

Принимая во внимание несбалансированный аминокислотный состав в белке, содержащемся в макаронах, особенно лизина (обязательная аминокислота), важно обогащать макароны дополнительными нутриентами.

В связи с вышесказанным, необходим комплексный подход к разработке макаронных изделий повышенной пищевой ценности, который должен основываться на теоретически и экспериментально обоснованном выборе таких обогащающих добавок и нетрадиционных видов основного сырья, которые, с одной стороны, способствовали бы повышению пищевой ценности макаронной продукции и, с другой стороны, обеспечивали бы стабильность качества макаронных изделий из хлебопекарной муки или придавали бы им специальные физико-химические характеристики, способствующие выработке высококачественной продукции [1].

Предполагается повышение биологической ценности макаронных изделий за счет замены части муки пшеничной хлебопекарной тыквающей и соевой.

Полезные свойства обогащенного соевой мукой продукта обуславливает ее химический состав. В состав соевой муки входят такие микроэлементы, как кальций, натрий, магний, фосфор, калий, а также витамин PP, витамин А, бета-каротин, витамины группы В (тиамин и рибофлавин), витамин Е. В составе соевой муки также присутствует железо. Также соевая мука по сравнению с пшеничной отличается пониженной калорийностью, которая составляет 291 ккал/100 г [2].

После введения в рецептуру макаронных изделий соевой муки конечный продукт будет характеризоваться повышенным содержанием

минеральных веществ, белков, лецитина и витаминов, что положительно влияет на концентрацию холестерина в крови. Входящий в состав соевой муки витамин В₄ предотвращает появление камней в желчном пузыре, восстанавливает нормальный жировой обмен, способствуя, таким образом, естественному снижению веса.

Особенностью тыквенной муки является использование очищенных семян тыквы, которые перед помолом освобождаются из собственной кожуры. Белковый состав муки тыквы характеризуется высоким содержанием заменимых и незаменимых аминокислот, необходимых для крепкого иммунитета, нормального и полноценного функционирования человеческого организма:

- аргинин является компонентом спортивного питания, способствует увеличению мышечной массы, а также усилению циркуляции крови в органах малого таза, тем самым стимулируя потенцию и улучшая половую функцию в целом;

- валин улучшает общее состояние мышечной системы, играет важную роль в процессах энергетического обмена;

- глутамин, фенилаланин и глицин оказывают благотворное воздействие на центральную нервную систему, улучшая память и повышая работоспособность;

- лизин способствует усвоению кальция, наряду с метионином и треонином участвует в процессе синтеза коллагена;

- изолейцин необходим в процессе образования гемоглобина, наряду с метионином способствует выработке инсулина;

- лейцин принимает участие в углеводном обмене, а также в регенерации кожного покрова и костной ткани;

- кукурбитин оказывает противопаразитарное действие.

Высокая биологическая и пищевая ценность тыквенной муки в значительной степени обусловлена ее уникальным минеральным составом (мука тыквы содержит более 50 макро- и микроэлементов, среди которых лидирующие позиции занимают цинк, железо, магний, фосфор, кальций, селен). Тыквенная мука также отличается высоким содержанием важнейших для организма человека витаминов (Е, А, F, В₁, В₂, В₄ (холин), В₃, В₆, В₉, С, Р, Т, К) [3].

Органолептическая ценность макаронных изделий характеризуется такими показателями, как внешний вид, вкус и запах с указанием конкретных характеристик в стандартах. Использование в макаронных изделиях соевой и тыквенной муки не будет ухудшать эти показатели, так как они имеют цвет, идентичный пшеничной муке и нейтральный запах.

Подобранные рецептуры дадут возможность расширить ассортимент макаронных изделий города Магнитогорска и Челябинской области в линейки блюд диетического значения.

Список литературы

1. Осипова Г.А. Научно-практическое обоснование технологий макаронных изделий обогащенных бета-каротином, йодом и кальцием [Электронный ресурс] // Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCathttp. Режим доступа: //www.dissercat.com
2. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование / под ред. акад. РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М. Лукомца. Майкоп: ОАО Полиграф-Юг, 2012. 432 с.
3. Функциональные свойства и белковый комплекс семян тыквы / Ханфар Разд, Щербаков В.Г., Шульвинская И.В., Жукова Е.В. // Фундаментальные исследования. 2006. № 6. С. 62–63.
4. Химический состав пищевых продуктов: Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 224 с.

УДК 664.85

И.А. Долматова, Т.Н. Зайцева, Е.Н. Малова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦУКАТОВ ИЗ ЯГОД ПАСЛЕНА САДОВОГО САНБЕРРИ

***Аннотация.** Разработана технология изготовления цукатов из ягод паслена садового санберри и проведена оценка качества полученного продукта.*

***Ключевые слова:** технология, цукаты, санберри.*

Значительный научный и практический интерес представляет разработка и реализация ресурсосберегающих технологий творога, позволяющих сократить расход сырья и получить традиционно востребованные продукты с учетом принципов безопасности, функциональности и экологичности. На кафедре стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания разрабатываются творожные продукты, обогащенные растительными компонентами [4]. В качестве растительного наполнителя был выбран паслен садовый санберри. Ягоды санберри использовали, так как они благотворно влияют на остроту зрения, обладают антисептическими, слабительными, мочегонными свойствами. Исследования углеводного комплекса плодов санберри показали высокое содержание пектиновых веществ – до 15%. Кроме того, паслен садовый хорошо растет в Челябинской области и дает высокие урожаи. Использование местного сырья позволит расширить линейку творожных изделий и установить цены, приемлемые для всех слоев населения.

Санберри (в переводе с англ. – «солнечная ягода») или поздника, садовый паслен – группа близкородственных видов, в основном паслен шершавый (*Solanum scabrum*) и паслен гибридный (*Solanum Verbankii*) – результат многолетней работы известного американского селекционера-дарвиниста Лютера Бербанка [3].

Паслен садовый «Санберри» – однолетнее, сильнорослое (в открытом грунте – до 100 см высотой) растение, имеющее толстый четырехгранный стебель с мощными пасынками – по строению оно близко к томатам. Плоды – мясистые ягоды сдавленной формы от 1 до 2 см в диаметре. Примерный вес каждой ягоды составляет 2 гр, ягоды собраны в гроздь по 8–15 шт., сначала зеленой, потом черно-фиолетовой окраски. Растение отличается неприхотливостью – холодо- и засухоустойчивостью, а также высокой продуктивностью [2].

Санберри промышленно выращивается и пользуется популярностью во многих странах мира, где его целебные свойства и диетические качества уже оценили по достоинству. В наше время трава, ягоды и семена санберри активно используют в Англии, Франции, США, Германии, Турции, Китае, Индии и других странах. Не так давно начали разводить эту культуру и в России.

Плоды санберри имеют богатый минеральный состав, который включает такие элементы, как натрий, калий, кальций, железо, магний, а также медь, хром, марганец и никель. Результаты исследования элементного состава плодов санберри представлены в табл. 1. Следует отметить, что в плодах санберри содержание наиболее опасных химических элементов, таких как свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, находится в пределах ПДК. Кроме того, ягоды содержат значительные количества пектиновых веществ, которые стабилизируют окислительно-восстановительные процессы, улучшают перистальтику кишечника, а также снижают уровень холестерина в крови.

В ягодах черного паслена содержится много полезных веществ: аскорбиновая кислота, каротин, гликоалкалоиды, липиды, сапонины, стероиды и другие. Употребление ягод в пищу помогает при ревматизме, оказывает противосудорожное, успокаивающее и откашливающее действие. Ягоды санберри содержат селен, замедляющий процессы старения, антоцианы, улучшающие состав крови, а также серебро, которое помогает справляться с инфекциями.

Благодаря целебным свойствам, а также приятным вкусовым качествам данное растение и было использовано в качестве компонента для расширения ассортиментной линии творожных изделий диетического и профилактического назначения.

Таблица 1

Содержание минеральных веществ в плодах санберри [1]

Определяемый элемент	Содержание, мг/кг	Суточная потребность организма, мг
K	3200.0	2500–5000
Ca	950.0	800–1000
Na	2600.0	4000–5000
Fe	60.0	15
Mg	370.0	300–500
Mn	11,8	5–10
Ni	0,73	0,6
Cu	8,71	5,0
Pb	0,60	0,003
Cd	0,42	0,03
Zn	19,0	10,0
Cr	6,86	0,2–0,25
Hg	0.0003	-
As	0.00015	-

В настоящее время в пищевом производстве широко используют полуфабрикаты из фруктово-ягодного сырья. Включать ягоды санберри в творожные продукты решили в виде цукатов [4].

Классический технологический процесс производства цукатов осуществляется следующим образом. Плодово-ягодное сырье моют и если необходимо направляют к машинам для резки. Засахаренный сироп готовят в выпарном аппарате с мешалкой, содержание сухих веществ в сиропе должно быть 45–55%. Для приготовления цукатов плодово-ягодное сырье уваривают в сахарном сиропе в варочном аппарате. Окончание процесса определяют по массовой доле сухих веществ (не менее 83%) и консистенции. Отделенные от сиропа цукаты промывают горячей водой и отправляют на сушку в сухое теплое помещение при температуре 20–25°C до влажности 16–17%.

Для производства цукатов из плодов санберри классический процесс не подходит, так как ягоды лопаются, морщатся и развариваются. Для получения неповрежденных цукатов вымытые ягоды замораживали и накальвали, после чего уваривали в сахарном или сахаро-паточном сиропе с содержанием сухих веществ 45–55%. Окончание процесса определяли по массовой доле сухих веществ (не менее 83%). Отделенные от сиропа цукаты просушивали. Плоды раскладывали на сита в один слой и сушили при температуре 20–23°C.

Цукаты получались однородными по размеру и форме, не слипались, содержалось небольшое количество слегка сморщенных плодов. Органолептические показатели цукатов из плодов санберри представлены в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические показатели качества цукатов из плодов санберри

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Натуральные, хорошо выраженные, свойственные данным плодам, не допускаются посторонние привкус и запах
Цвет	Насыщенный, черно-фиолетовый (черничный)
Консистенция	Плотная, не сухая, без наличия комков кристаллизованного сахара, плоды ровные, слегка сморщенные, равномерно проваренные

При внесении цукатов в творожную массу обогащенный продукт имел приятный цвет. Цукаты легко, равномерно распределялись по всему объему продукта, имели приятный вкус; их консистенция оставалась не нарушенной.

Список литературы

1. Наймушина Л.В., Кротова И.В. Исследование химического состава плодов санберри // Вестник Красноярского государственного университета. 2006. №2. С.107–113.
2. Евдокимов А.В., Винницкая В.Ф. Разработка технологии производства функциональных напитков и морсов из овощей и фруктов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. №2. С.71–75.
3. Санберри ягода – природный антибиотик [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gineg.ru>
4. Долматова И.А., Зайцева Т.Н., Малова Е.Н. Перспективы использования санберри в производстве молочных продуктов // Материалы междунар. науч.-техн. конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности». Воронеж: Изд-во ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 2013. С. 300–305.

В.С. Ворсин, Н.Л. Корובה

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВО-ДОЛОМИТОВОГО АЭРОЗОЛЯ НА ГОДИЧНЫЙ ПРИРОСТ ВЕТОК ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ Г. МАГНИТОГОРСКА

***Аннотация.** В статье рассматривается пространственная динамика годового прироста веток лиственницы сибирской в пределах территории г. Магнитогорска. В результате проведенных исследований был выявлен основной фактор, обуславливающий динамику исследуемого показателя: удаленность от одного из источников щелочного аэрозоля – цементного завода г. Магнитогорска.*

***Ключевые слова:** чёрная металлургия, урбосистемы, щелочной аэрозоль, лиственница сибирская, запылённость воздуха, хвойный опад, неорганизованные выбросы, доменное производство, флюс, известняковые и доломитовые карьеры, годичный прирост веток.*

Городские лесопосадки играют огромную роль в оздоровлении окружающей среды [7]. Это объясняется их способностью:

- выделять O_2 и фитонциды;
- поглощать CO_2 , NO_2 , SO_2 ;
- снижать запылённость воздуха и уровень шума;
- улучшать микроклимат и украшать ландшафт.

В то же время определенные виды высших растений подвержены негативному действию атмосферных примесей [1–4, 6, 8].

Проблема стоит особенно остро в городах с чёрной металлургией и производством стройматериалов. В пределах таких урбанизированных территорий встречаются зоны распространения щелочного аэрозоля, представленного известью, доломитом, магнезитом, известняками.

Щелочной аэрозоль, в отличие от других аэрозолей, не сдувается ветром и не смывается осадками, а после намокания и дальнейшего высушивания образует твёрдую корку, которая механически препятствует росту растений, снижает светопоглощение, ухудшает газообмен. Щелочные растворы, образующиеся при взаимодействии атмосферной влаги с такой коркой, вызывают ожоги покровных тканей растений, открывая путь грибковой инфекции. Все вышеуказываемые причины ведут к обильному хвойному опадению, характеризующемуся, как правило, щелочной и слабощелочной реакцией. А так как вечнозелёные породы деревьев не способны возобновлять свою хвою, то, сбросив её однажды, остаются такими навсегда и вскоре деградируют и погибают.

Из вышесказанного следует, что листопадные породы деревьев и кустарников должны быть устойчивыми к действию щелочного аэрозоля, так как обновляют листву и хвою каждый год.

В данной работе оценивали величину годичного прироста веток лиственницы сибирской, в небольшом количестве произрастающей на территории г. Магнитогорска. Основными источниками щелочного аэрозоля служат технологические и неорганизованные выбросы агломерационного производства и производств флюса, производства стройматериалов, неорганизованные выбросы доменного производства и карьеры: Смеловский известняковый и Агаповский доломитовый.

Годичный прирост веток лиственницы сибирской
г. Магнитогорска в 2013 г.

Площадки	$\bar{x} \pm m$	δ	V, %	n	Mo	R
Дворец культуры (ДК) им. Ромазана	11,3 ± 0,3	3,5	30,7	120	8,3 9,2	13,3
Ост. Энгельса	12,0 ± 0,4	2,2	18,4	30	12,7	8,1
Курортная поликлиника	14,3 ± 0,5	3,5	24,3	60	12,1 13,1 14,9	15,4
Сопка Якты-Куль (фоновая)	10,7 ± 0,2	3,3	30,4	200	14,8	16,3

Были получены следующие результаты (см. таблицу): наименьшие значения (11,3 см) исследуемого показателя – на площадке (ДК им. Ромазана), располагающейся в наибольшей близости от основных источников щелочной пыли.

Для лиственниц с приблизительно одинаковым возрастом наблюдается закономерное увеличение годичного прироста веток по мере удаления от одного из основных источников щелочного аэрозоля – цементного завода г. Магнитогорска.

Максимальные значения (14,3 см) исследуемого показателя характерны для площадки Курортная поликлиника, наиболее удалённой от основных источников известково-доломитового аэрозоля.

Величины годичного прироста веток лиственницы сибирской в пределах городской территории в 2013 г. выше по сравнению с величинами этого показателя фоновой территории (сопка Якты-Куль). Это может быть обусловлено следующими причинами: фоновая площадка располагается на пологом склоне сопки вблизи каменистых россыпей, а следовательно, хорошо дренируется; возможен уход за лесопосадками в пределах городской территории.

Некоторую чувствительность годичного прироста веток лиственницы сибирской можно объяснить за счёт небольшой скорости роста этой породы деревьев.

Однако для рекомендации использовать показатель в целях комплексного мониторинга урбосистем необходимы дополнительные исследования.

В целом, по визуальным наблюдениям лиственница имеет полное охвоение веток и может быть рекомендована для озеленения урбанизированных территорий в пределах зон распространения щелочного аэрозоля.

Список литературы

1. Коробова Н.Л. Экологический мониторинг NO_2 выхлопов автотранспорта с помощью лесопосадок городов Южного Урала // Инженерная экология. 2003. №6.
2. Коробова Н.Л. Использование лесопосадок городов Южного Урала в качестве биомониторов известково-доломитового аэрозоля // Экологические системы и приборы. 2005. №1.
3. Коробова Н.Л. Аэриобиологический мониторинг: методы визуальной биоиндикации загрязнения атмосферы // Инженерная экология. 2010. №2.
4. Коробова Н.Л. Биоиндикация загрязнения атмосферы урбосистем с помощью высших растений // Лесное хозяйство. 2008. №5.
5. Коробова Н.Л. Влияние известкового аэрозоля на размеры листьев березы пушистой // Лесное хозяйство. 2008. №4.
6. Кочкешова Т.В., Миронов О.А., Коробова Н.Л. Лесопосадки городов Южного Урала как биомониторы NO_2 выхлопов автотранспорта // Экологические системы и приборы. 2004. №4.
7. Лес и здоровье человека / Маргус М.М., Имелик О.И., Сарв И.Ф., Янес Х.Я. М.: Лесная промышленность, 1979.
8. Мэннинг У. Дж., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеиздат, 1985.

УДК 622.7'17:622.343.5

Е.В. Леонтьева, Н.Л. Медяник

ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТВЕРДОГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ОАО «УЧАЛИНСКИЙ ГОК»

Аннотация. Рассмотрен минеральный и компонентный состав лежалых хвостов обогащения медно-цинковых руд, складированных на территории ОАО «Учалинский ГОК». Показана целесообразность использования твёрдых техногенных отходов обогащения ОАО «Учалинский ГОК» в качестве дополнительно-го минерального сырья ценных благородных металлов.

Ключевые слова: твёрдые техногенные отходы, ценные компоненты.

Становление и развитие Учалинского ГОКа связано с открытием в 1939 году Учалинского месторождения медно-колчеданных руд. В 40–80-е годы добыча руды производилась открытым способом на трех

месторождениях – Учалинском, Молодежном, им. XIX партсъезда. В 1968 году вступила в строй обогатительная фабрика. Длительное освоение месторождений привело к существенному истощению балансовых запасов руд и накоплению на поверхности большого количества отходов в виде складированных хвостов обогащения, отвалов некондиционных руд и вмещающих пород.

В связи с этим важнейшей проблемой для предприятия является переход на более дорогостоящий подземный способ добычи руды и вопросы расширения рудной базы за счет вовлечения в переработку значительных объемов накопленных техногенных георесурсов, их комплексного освоения эффективными технологиями.

К настоящему времени в хвостохранилищах Учалинского ГОКа, наиболее значительных в Уральском регионе и ежегодно растущих более чем на 3,5 млн т, складировано около 90 млн т техногенного сырья. Мощность навала хвостов составляет 17–25 м.

Действующие хвостохранилища расположены как на территории Учалинской горно-обогатительной фабрики (площадь 113 га), так и на территории Сибайского филиала Учалинского ГОКа (площадь 146 га). Законсервированное хвосто-хранилище Сибайской горно-обогатительной фабрики занимает площадь 23,5 га.

Высокое содержание ценных компонентов Cu, Zn, S, Fe, Au, Ag в накопленных твердых отходах свидетельствует о целесообразности использования хвосто-хранилищ обогатительного производства в качестве альтернативного источника минерального сырья и рассмотрения в качестве техногенных месторождений.

Наиболее ценными компонентами лежалых отвальных хвостов ГОКа для вовлечения в промышленную разработку являются:

- золото – общее содержание около 128 т, расчетной стоимостью 191700 млн руб. Содержание в тонне хвостов составляет 1,1–1,4 г/т;
- железо – более 28 млн т общей стоимостью 56588 млн руб.; содержание в тонне хвостов 30–35%;
- серебро – около 1791 т общей стоимостью 53745 млн руб.; содержание в тонне хвостов варьирует в пределах от 15 до 20 г/т.

В табл. 1 приведены расчетные значения валового содержания ценных компонентов, содержащихся в хвостах обогащения Учалинского ГОКа.

Вовлечение данных техногенных ресурсов в переработку позволит получить дополнительные ценные товарные продукты (золото, серебро, железо) и улучшить эколого-экономическую ситуацию в районах недропользования.

Таблица 1

Расчетное валовое содержание полезных компонентов
в хвостах обогащения ОАО «Учалинский ГОК» (сведения на 2013 год)

Компоненты	Накопленные запасы, т	Содержание
Медь	154800	0,2 – 0,4%
Цинк	475200	0,7 – 1,0%
Сера	28805400	30 – 35%
Железо	28294200	30 – 35%
Золото	127,8	1,1 – 1,4 г/т
Серебро	1791,5	15 – 20 г/т
Общий запас хвостов	90 000 000	100%

Хвостохранилища Учалинского ГОКа планируются к отработке в 2016 году.

Основной минералогический состав хвостов (по данным микроскопического, дифрактометрического и количественного анализов) представлен в табл. 2.

Таблица 2

Минеральный состав хвостов обогащения медно-цинковых руд

Минералы	Массовая доля
Породообразующие минералы	
Кварц	40 – 50%
Гипс, кальцит, барит	4 – 11%
Хлорит, слюда	5 – 10%
Основные рудные минералы	
Сульфиды: пирит	40 – 45%
халькопирит	0,6 – 0,8%
сфалерит	1 – 1,5%
Гематит, гидроксиды железа, ярозит	2 – 5%
Золото самородное Au	1,1 – 1,4 г/т

Сложность извлечения благородных металлов из хвостов обусловлена особенностями их вещественного состава, характером ассоциации с минеральными компонентами отходов. Формы нахождения золота в пробах хвостов: свободное – около 1%, в виде сростков с рудными и породообразующими минералами – более 50%, золото в кварце и минералах, нерастворимых в царской водке – около 25%. Порядка 10% золота покрыто плотными кислоторастворимыми пленками. Лежалые хвосты более чем на 50% составлены породообразующими минералами; основные рудообразующие элементы – железо и сера, основной сульфид пробы – пирит. Пиритные хвосты являются упорным сырьем в отношении извлечения благородных металлов с попутным извлечением меди и цинка. Упорное для из-

влечения золото составляет более 70% его общего содержания. По крупности золото характеризуется как мелкое, очень мелкое, пылевидное; около 75% металла сконцентрировано в классе крупности -70 мкм.

Таблица 3

Гранулометрический состав лежалых хвостов.

Класс крупности, мм	Выход, %	Распределение компонентов, %				
		Au	Ag	Fe	S	Cu
-1,0+0,1	21	12,5	9	7	6,5	18
-0,1+0,071	8	10	5	7	7	8
-0,071 +0,045	10,5	16	8	13	13	11
-0,045 +0,038	5	7,5	4	7	7,5	5,5
-0,038 +0,02	15	22	13	21	24	13,5
-0,02 +0	40,5	32	61	45	42	44
Итого	100	100	100	100	100	100

Распределение золота и серебра по классам крупности неравномерное. Максимальное значение содержания золота зафиксировано в интервале крупности -0,071 + 0,02 мм. Максимальное содержание серебра – в шламовом классе -0,02 + 0 мм. В этом же классе концентрируются железо, сера и медь.

Известно, что переработка «упорных» лежалых хвостов с тонким проращением пирита и золота сопряжена с технологическими трудностями. Традиционные гравитационный и флотационный методы обогащения имеют низкую эффективность. Поэтому необходимо использование комплексных технологических схем с применением как традиционных методов переработки техногенного минерального сырья в сочетании с гидрометаллургическими методами для вскрытия тонко вкрапленных благородных металлов, так и физико-химического выделения, концентрирования и разделения.

На основании анализа представленного материала можно сделать выводы:

- лежалые хвосты ОАО «Учалинский ГОК» можно отождествлять с техногенным минеральным ресурсом значительной товарной ценности и рассматривать их как дополнительную сырьевую базу предприятия;

- эффективная переработка накопленного техногенного сырья возможна с применением комплексных технологических схем, обязательно включающих инновационные физико-химические методы обогащения.

Список литературы

1. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова; ИПКОН РАН. М.: Наука, 2010. 437 с.
2. Методология создания ресурсосовпроизводящих технологий переработки техногенного гидроминерального сырья / Н.Л. Медяник, Н.Л. Калугина, И.А. Варламова, А.М. Строкань // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. 2011. №1 (33). С. 5–9.

УДК 621.7.043

Д.А. Пестерев, И.А. Михайловский

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОРПУСОВ ШАРНИРОВ СТОЕК СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ШТАМПОВКОЙ

***Аннотация.** Описаны общие рекомендации по улучшению физико-механических свойств корпусов шарниров стоек в процессе производства. Приведена последовательность технологических операций в процессе производства корпусов штамповкой. Определены условия, обеспечивающие улучшение служебных свойств стоек стабилизатора поперечной устойчивости.*

***Ключевые слова:** структура стали, стойка стабилизатора поперечной устойчивости, корпус шарнира, технологический процесс, штамповка.*

Развитие мирового автомобилестроения сопровождается неуклонным ростом мощности двигателей и улучшением скоростных показателей транспортных средств. В таких условиях немаловажным является развитие и внедрение комплекса систем активной безопасности, одной из которой являются управляемость и устойчивость, т.е. способность автомобиля сохранять движение по заданной траектории, противодействуя силам, вызывающим его занос и опрокидывание в различных дорожных условиях при высоких скоростях движения.

При движении по криволинейной траектории под действием центробежных сил центр тяжести автомобиля смещается по направлению к центру радиуса поворота, вызывая перераспределение нагрузок между упругими элементами подвески: со стороны наружных колес по отношению к радиусу поворота нагрузка повышается, а с внутренней – снижается (рис. 1). В результате автомобиль кренится или раскачивается в поперечной плоскости. Такие явления бывают очень опасны, поскольку спо-

способны привести к потере контроля над управляемостью автомобилем, а при высоких скоростях движения вызвать опрокидывание транспортного средства.

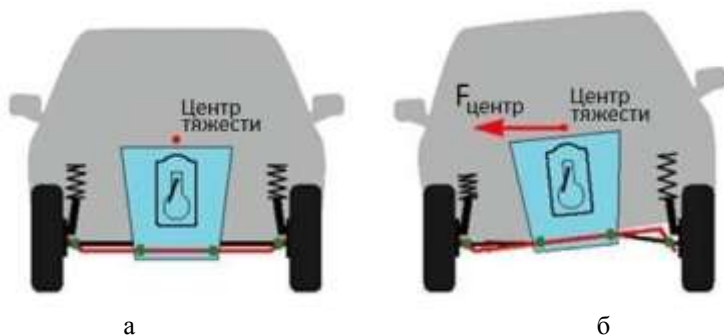


Рис. 1. Схемы движения автомобиля по прямолинейной траектории (а) и при повороте влево (б)

Для исключения подобных явлений в конструкцию подвески интегрируют систему поперечной устойчивости, одним из ключевых элементов которой является стойка стабилизатора поперечной устойчивости, конструктивно состоящая из двух сферических шарниров, соединенных переходным элементом (рис. 2).

В составе подвески стойка стабилизатора поперечной устойчивости испытывает нагрузки, направленные преимущественно вдоль оси переходного элемента, величина которых в условиях эксплуатации автомобиля находится в диапазоне от 4 до 6 кН, но в некоторых случаях величина нагрузки может превышать условный порог в 6 кН [1]. В таких условиях важную роль играет качество комплектующих изделий, непосредственно воспринимающих нагрузки, одним из которых является корпус шарнира.

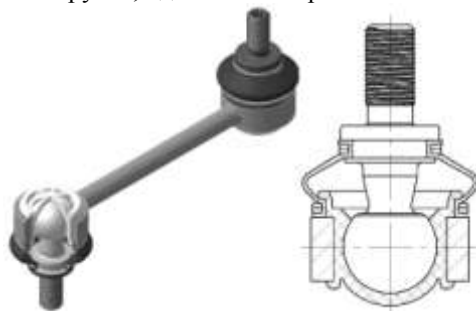


Рис. 2. Конструкция стойки стабилизатора поперечной устойчивости и его шарнира

При разработке и постановке на производство ответственных деталей необходимо обеспечить достижение наилучших служебных свойств, заключающихся для корпуса шарнира в увеличении характеристик прочности (твердость, предел текучести др.). Решение поставленной задачи требует комплексного подхода и в некоторых случаях невозможно только за счет подбора марки материала и геометрических размеров изделия. В таких условиях немаловажным является формирование в процессе технологического производства требуемой структуры стали, оказывающей непосредственное влияние на свойства изделия.

Процесс обработки металлов давлением сопровождается вытягиванием неметаллических включений в виде волокон по направлению наиболее интенсивного течения металла. Определенная направленность волокон называется полосчатостью (рис. 3) [2].

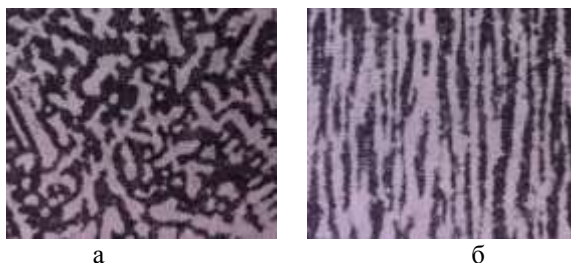


Рис. 3. Структуры исходного металла (а) и после обработки (б)

Полосчатость металла является вполне стойким образованием, которое не может быть разрушено термической обработкой или последующей обработкой давлением, способной изменить лишь направление и форму волокон. Металл с ярко выраженной полосчатостью характеризуется векториальностью механических свойств. Характеристики прочности (предел текучести, временное сопротивление и др.) отличаются незначительно друг от друга по разным направлениям, а характеристики пластичности (относительное удлинение, ударная вязкость и др.) вдоль волокон выше, чем поперек [2, 3]. Таким образом, ориентация волокон вдоль оси корпуса шарнира обеспечит снижение характеристик пластичности в направлении приложения рабочих нагрузок. Достижение однородности механических свойств по всему контуру корпуса шарнира возможно путем применения распространенной рекомендации, заключающейся в минимизации перерезания волокон наружными поверхностями корпуса, т.е. необходимо направлять волокна по касательной к наружным поверхностям корпуса [2].

При обработке давлением на структуру металла оказывают влияние температурно-скоростные условия деформирования. Применение в тех-

нологии способов холодной обработки металла давлением характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла. В результате образования новых дислокаций, дробления зерен и искривления плоскостей скольжения формоизменение сопровождается изменением механических и физико-химических свойств металла, наблюдается явление упрочнения (наклеп). Изменение механических свойств состоит в том, что по мере увеличения деформации возрастают характеристики прочности, в то время как характеристики пластичности снижаются. Металл становится более твердым, но менее пластичным, что и требуется для корпуса шарнира стойки стабилизатора.

Применение в технологии способов горячей обработки металла давлением приводит к дроблению кристаллитов и частичной заварке пористости и раковин. Размеры обломков кристаллитов примерно одинаковы по всем направлениям. В таких условиях явление упрочнения не наблюдается. Процесс сопровождается образованием на поверхности металла окисленного слоя (окалина), состоящего из окислов железа [2, 3].

Производство корпусов шарниров стоек стабилизатора можно организовать по различным технологическим процессам, но в массовом производстве применяют процессы, позволяющие достичь компромисса между себестоимостью и качеством изделия. Одним из таких процессов производства является штамповка. В качестве заготовки применяется горячекатаный прокат круглого сечения, от которого отрезается заготовка мерной длины и передается на операцию штамповки. Штамповку, как правило, осуществляют в три последовательных перехода, с последующей прошивкой отверстия и передачей на финишную операцию, заключающуюся в калибровании внутреннего диаметра корпуса шарнира под конечный размер.

Альтернативный технологический процесс производства корпусов шарниров стоек стабилизатора основан на использовании бесшовной холоднодеформированной трубы, от которой отрезается заготовка мерной длины и передается на операцию калибрования. Известны технологические процессы производства, основанные на механической обработке контура изделия. В качестве заготовки применяют горячекатаный прокат или горячедеформированную бесшовную трубу. Выбор исходной заготовки зависит от экономической составляющей и определяется в каждом конкретном случае индивидуально.

Приоритетным технологическим процессом производства корпусов шарниров стоек стабилизатора поперечной устойчивости является штамповка. Отсутствие в технологии операции по нагреву заготовки перед пластическим деформированием в комплексе с выполнением нескольких

технологических переходов позволяет повысить прочность изделия, необходимую для восприятия рабочих нагрузок без разрушения.

Список литературы

1. Chassis Handbook. Fundamentals Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives / Bernd HeiBing, Mertin Ersoy – Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden, GmbH, 2011. 591 p.
2. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2002. 664 с.
3. Мутылина И.Н. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. 167 с.

УДК 662.74:622.765.5

В.Н. Петухов, Н.В. Рева, В.В. Субботин

РАЗРАБОТКА РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА ФЛОТАЦИИ СФЛОКУЛИРОВАННЫХ УГОЛЬНЫХ ПУЛЬП

***Аннотация.** Исследована флотационная активность реагента-модификатора ПАВ на углях, предварительно сгущенных флокулянтom Magnafloc M-10. Установлены технологические показатели процесса флотации сфлюкулированных углей, позволяющие получать концентрат, удовлетворяющий требованиям коксохимического производства. Для повышения выхода концентрата и снижения потерь органической массы углей с отходами рекомендуется использовать модификатор ПАВ.*

***Ключевые слова:** флотация, сфлюкулированные угли, реагент-модификатор, флокулянт, технологические параметры, эффективность флотации.*

Качественные характеристики добываемого, перерабатываемого и потребляемого угля непрерывно изменяются. Ископаемые угли в большей или меньшей степени содержат минеральные включения, количество которых определяется условиями углеобразования и добычи. В связи с развитием механизации горных работ содержание минеральных примесей в добываемом угле систематически повышается, что делает затруднительным или вообще непригодным использование их в технологических целях. Поэтому перед отправкой на производство добываемые угли необходимо подвергнуть обогащению. Основным методом обогащения угольной мелочи является и, по-видимому, продолжительное время будет оставаться флотация.

Эффективность флотации углей во многом зависит от выбранного реагентного режима, позволяющего получить наибольшее извлечение горючей массы в концентрат с низким содержанием золы.

В данной работе проводились исследования по улучшению качественных показателей флотации сфлокулированных углей, которые сгущают на УОФ, применяя специальные физико-химические методы, основывающиеся на агрегации ультратонких классов угля с использованием анионных флокулянтов [1].

Исходные угольные шламы предварительно сгущались с использованием флокулянта Magnafloc M-10, расход которого составил 33 г/т. При данном расходе наблюдалось более значительное увеличение скорости осаждения угольных пульп, чем без флокулянта, после сгущенный уголь подавался на флотацию.

При флотации сфлокулированных углей были исследованы следующие реагенты:

- В качестве реагентов-собирателей использовались технические продукты нефтепереработки:

- термогазойль – реагент-собиратель, используемый на УОФ РФ;
- тяжелый полимер дистиллата (ТПД).

- В качестве реагента-вспенивателя – Кубовые остатки бутиловых спиртов (КОБС).

- В качестве флокулянта использовался анионный сополимер полиакрилламида – Magnafloc M-10 [2].

- Дополнительный реагент – модификатор ПАВ.

Исследованием установлено, что сфлокулированный уголь, как исходное питание флотации, флотируется хуже, возможно из-за повышения гидрофильности угольной поверхности частиц, в отличие от углей, которые не обрабатываются флокулянтом. Коэффициент селективности при этом уменьшается с 0,596 до 0,515, а выход концентрата – с 86,7 до 81,3% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние флокулянтов на флотируемость углей

Показатели флотации	Уголь без обработки флокулянтом	Уголь, обработанный флокулянтом М-10 (33 г/т)
Выход концентрата, %	86,7	81,3
Зольность концентрата, %	6,3	6,1
Извлечение горючей массы, %	90,9	85,6
Извлечение минеральной массы в отходы, %	39,1	31,0
Коэффициент селективности	0,596	0,515

Для повышения выхода концентрата и снижения потерь органической массы углей с отходами в работе проводилось изучение по улучшению флотуемости сфлуктурированных угольных пульп с использованием дополнительного реагента – модификатора ПАВ. Подача модификатора в процессе флотации производилась перед собирателем.

Расход модификатора изменялся в пределах от 0,5 до 10 г/т для выяснения закономерности влияния ПАВ на эффективность процесса флотации.

Исследованием установлено, что при флотации сфлуктурированных углей с использованием термогазоля и добавления ПАВ в количестве 0,5–1,0 г/т увеличивается выход концентрата до 87,7–88,4%, дальнейшее увеличение расхода до 2,0 г/т вызывает снижение выхода концентрата до 88,0%, а с еще большим расходом 10 г/т выход концентрата уменьшается до 81,0% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние расхода модификатора ПАВ на эффективность процесса флотации при использовании термогазоля

Собиратель	Вспениватель	Флокулянт	Модификатор	$\Sigma\gamma, \%$	$\Sigma A^d, \%$	Извлечение горючей массы, %	Извлечение минеральной массы в отходы, %	Коэф. селективности
Термогазоляр 1,08 кг/т	КОБС (60 г/т)	М-10 (33г/т)	–	81,3	6,1	85,6	31,0	0,515
			ПАВ (0,5г/т)	87,7	6,9	91,6	39,6	0,602
			ПАВ (1 г/т)	88,4	6,9	92,1	39,3	0,602
			ПАВ (2 г/т)	88,0	6,9	92,0	40,4	0,610
			ПАВ (10 г/т)	81,0	6,6	84,9	29,3	0,499

Исходя из полученных результатов видно, что лучшие показатели флотации получаются при расходе ПАВ не более 2,0 г/т.

При использовании ТПД с модификатором ПАВ также наблюдается увеличение выхода концентрата с 90,0 до 91,7% при расходе дополнительного реагента 1 г/т угля. При увеличении расхода модификатора до 10 г/т выход концентрата снижается до 88,7% (табл. 3).

Таблица 3

Влияние расхода модификатора ПАВ на эффективность процесса флотации при использовании ТПД

Собиратель	Вспениватель	Флокулянт	Модификатор	$\Sigma\gamma, \%$	$\Sigma A^d, \%$	Извлечение горючей массы, %	Извлечение минеральной массы в отходы, %	Коэффициент селективности
ТПД (1,13 кг/т)	КОБС (60 г/т)	–	–	92,0	7,3	95,5	49,8	0,693
		–	–	90,0	7,5	93,2	39,2	0,604
		ПАВ (1 г/т)	–	91,7	7,7	94,8	43,8	0,644
		ПАВ (10 г/т)	–	88,7	8,4	91,0	29,0	0,514

Улучшение флотиремости сфлуктурированного угольного шлама, по-видимому, объясняется повышением гидрофобности сфлуктурированных угольных флокул за счет взаимодействия молекул модификатора с активными полярными центрами флокулянта. При этом гидрофобные группы модификатора ориентированы в водную фазу, что обеспечивает разрушение гидратного слоя на поверхности угольных флокул.

Таким образом, использование дополнительного реагента-модификатора ПАВ (не более 2 г/т) в реагентном режиме флотации сфлуктурированных угольных пульп позволяет повысить качественные показатели флотации:

- в случае использования собирателя термогазойль (расход 1,08 кг/т) выход концентрата увеличивается на 4,8–7,1%, с уменьшением потерь органической массы угля с отходами флотации на 5,9–6,4%, при незначительном изменении зольности;
- в случае использования собирателя ТПД выход концентрата увеличивается на 1,7% с уменьшением потерь органической массы угля с отходами флотации на 1,6%, при незначительном изменении зольности.

Список литературы

1. Никитин Н.И., Никитин И.Н. Разработка процесса обогащения ультратонких углей // Кокс и химия. 2007. №8. С. 8–11.
2. Петухов В.Н., Субботин В.В., Ильина М.А. Исследование влияния эффективности действия реагентов-собирателей при флотации сфлуктурированной

угольной мелочи // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегион. науч.-техн. конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. Т.1. С. 172–174.

УДК 629.3.027.2

Ал.В. Смирнов, В.И. Аргюхин, И.Г. Гун

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РУЛЕВЫХ НАКОНЕЧНИКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрены требования, предъявляемые к рулевому управлению грузового автомобиля, рулевым тягам и рулевым наконечникам в составе рулевого управления и их производителю. Проведен анализ существующих конструкций рулевых наконечников грузовых автомобилей. На основе проведенного анализа предложена конструкция рулевого наконечника для грузового автомобиля УРАЛ-М.*

***Ключевые слова:** рулевое управление, рулевая тяга, рулевой наконечник.*

Рулевое управление предназначено для обеспечения поворота колёсной машины и поддержания заданного водителем направления её движения [1]. В составе рулевого управления можно выделить рулевые тяги (и рулевые наконечники в составе рулевых тяг), предназначенные для передачи усилий, обеспечения перемещения управляемых колес в вертикальной плоскости и регулировки углов установки управляемых колес.

К рулевому управлению грузового автомобиля предъявляют следующие требования [1]:

1. Обеспечение заданной траектории криволинейного или прямолинейного движения колесной машины с необходимыми параметрами поворотливости, поворачиваемости и устойчивости.
2. Усилие, прикладываемое к рулевому колесу для осуществления манёвра, не должно превышать нормативного значения.
3. Суммарное число оборотов рулевого колеса от среднего положения до каждого из крайних не должно превышать 3,0, а передаточное число рулевого механизма должно иметь максимальное значение в начале поворота и регрессивно уменьшаться к его концу.
4. Суммарный люфт рулевого колеса не более 25°.
5. При повороте колёса должны катиться по концентрическим окружностям.

6. Прямой КПД рулевого механизма (при передаче нагрузок от рулевого колеса к управляемым колёсам) должен быть больше обратного (при передаче нагрузок от управляемых колёс к рулевому колесу).
7. При выходе из строя рулевого усилителя должна сохраняться возможность управления колёсной машиной.
8. Общетехнические требования (простота, надёжность, малая масса и размеры, лёгкость технического обслуживания и т.д.).

На основании требований к рулевому управлению сформулированы требования к рулевым тягам и рулевым наконечникам и их производителю, приведенные в таблице.

Требования, предъявляемые к рулевым тягам
и наконечникам и их производителю

По безопасности	Функциональные	По надёжности и качеству	Особые
Усилие вырыва пальца из корпуса.	Моменты качания, вращения, страгивания пальца в корпусе.	Уровень дефектности в поставке.	Гарантийный срок эксплуатации.
Усилие выдавливания пальца из корпуса.	Отсутствие стуков, скрипов, заеданий.	Уровень дефектности в гарантии.	Цена.
Усилие сжатия тяги до потери устойчивости.	Геометрические и присоединительные размеры.	Воспроизводимость процессов производства.	Сроки проектирования и изготовления.
Ударная прочность пальца.	Герметичность полости под чехлом.	Циклическая долговечность шарнира	Требования к упаковке.
Циклическая долговечность пальца	Коррозионная стойкость. Осевое и радиальное перемещение пальца. Рабочие условия (температура, влажность и т.д.)		Требования к системе менеджмента качества предприятия

Анализ существующих конструкций рулевых наконечников показывает, что основная тенденция развития конструкций – переход от разборных обслуживаемых конструкций (рис.1, а, б) к неразборным необслуживаемым (рис. 1, в, г).

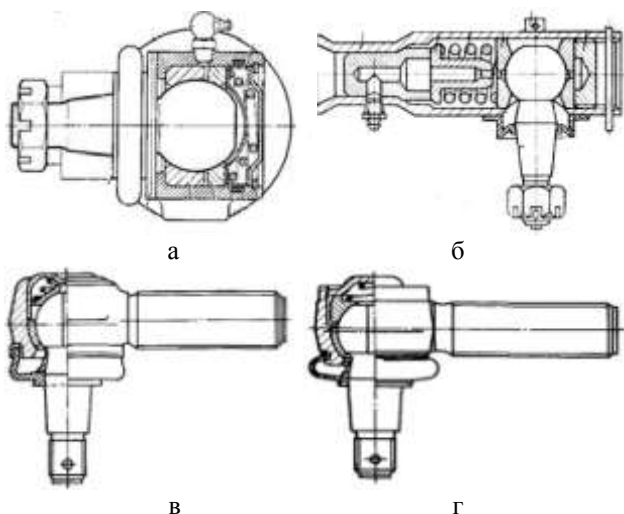


Рис. 1. Рулевые наконечники грузовых автомобилей:
а, б – отечественных автомобилей; в, г – зарубежных автомобилей [2]

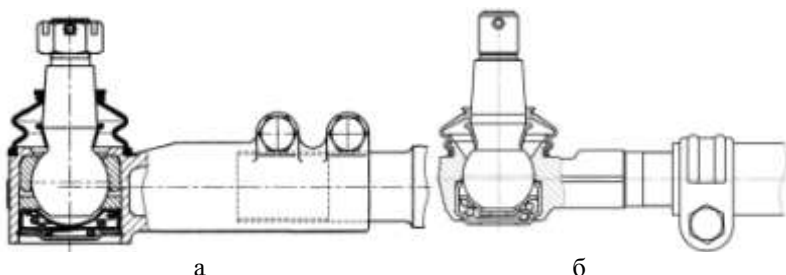


Рис. 2. Рулевые наконечники автомобилей УРАЛ:
а – существующая конструкция; б – предлагаемая конструкция

На основании проведенного анализа для автомобиля УРАЛ-М предложена конструкция (рис.2, б), обладающая следующими преимуществами относительно существующей конструкции (рис.2, а):

- смещение центра сферы пальца относительно оси стержня корпуса;
- цилиндрический или конический участок на корпусе, сопряженный со сферической частью корпуса, причем высота участка больше осевого хода пальца;
- компенсатор выполнен в виде отдельной сборочной единицы.

Конструкция защищена патентом на полезную модель [3] и реализована в промышленном производстве.

Список литературы

1. Проектирование полноприводных колесных машин: учебник для вузов: в 3 т. Т.3 / Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Л.Ф. Жеглов и др.; под ред. А.А. Полунгяна. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 432 с.: ил.
2. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление / пер. с нем. В.Н. Пальянова; под ред. А.А. Гальбрейха. М.: Машиностроение, 1987. 232 с.: ил.
3. Патент на полезную модель «Рулевой наконечник» (положительное решение от 03.02.2014 по заявке №2013147274/11(073464) от 23.10.2013) / И.Г. Гун, В.И. Артюхин, В.В. Сальников, В.И. Куцепендик, Ю.В. Калмыков, Ал.В. Смирнов.

УДК 629.3.027.3

Ар.В. Смирнов, И.Г. Гун

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТОЕК СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДВЕСКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрены существующие конструкции стоек стабилизатора поперечной устойчивости подвески легковых автомобилей, проведен анализ вариантов исполнения шарниров стоек, обобщены требования, предъявляемые к стойкам. На основании проведенного анализа проведено обоснование выбора конструкции стойки стабилизатора при проектировании.*

***Ключевые слова:** стабилизатор поперечной устойчивости, стойка стабилизатора, шарнир стойки стабилизатора, конструкция.*

Одним из важных элементов подвески автомобилей является стабилизатор поперечной устойчивости. Его устанавливают для снижения поперечного крена поддрессоренной части автомобиля и уменьшения амплитуды поперечных угловых колебаний кузова вследствие действия приложенной в центре масс поперечной силы. Поперечный крен может быть обусловлен рядом причин: движением по криволинейной траектории, боковым ветром, поперечным наклоном дороги и другими внешними факторами [1].

Стабилизатор (рис. 1) представляет собой специальное упругое устройство, которое устанавливается поперек продольной оси автомобиля. Он состоит из стержня 2 и стоек 1. Стержень закреплен в резиновых опорах на раме или кузове, а концы стабилизатора через стойки шарнирно соединены с мостом, рычагами или демпфирующими элементами подвески [2].

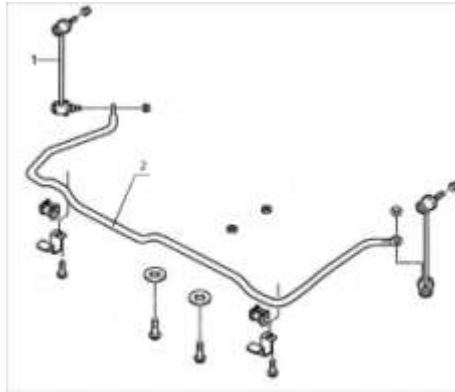


Рис. 1. Конструкция стабилизатора поперечной устойчивости

При боковых кренах и поперечных угловых колебаниях кузова концы стержня стабилизатора перемещаются в разные стороны: один опускается, а другой поднимается. Вследствие этого средняя часть стержня закручивается, фактически работая как торсион, препятствуя тем самым крену и поперечным колебаниям кузова.

Одним из самых нагруженных элементов стабилизатора являются стойки, оснащенные на концах шарнирами. Шарниры могут быть как резинометаллическими, так и шаровыми. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к переходу на стойки с шаровыми шарнирами, как наиболее перспективным и отвечающим жестким современным требованиям к качеству, надежности и долговечности.

Известно несколько вариантов формирования шарнирного элемента стоек стабилизаторов, таких как закатка корпуса с дополнительным элементом – упорной шайбой (рис. 2,а) или без него (рис. 2,б), закатка «глухого» корпуса (рис. 2,в), фиксация элементов шарнира за счет специальной геометрии вкладыша (рис. 2,г), а также фиксация элементов шарнира методом ультразвуковой сварки полимерного вкладыша с металлическими элементами корпуса стойки (рис. 2,д).

У каждого из приведенных вариантов конструкций имеются свои преимущества и недостатки. Так, у шарниров, приведенных на рис. 2,а–в, наивысшие показатели вырыва и выдавливания шарового пальца из корпуса, однако они имеют большую массу, подлежат более сложной технологии сборки и обработки комплектующих. Шарниры, приведенные на рис. 2,г, обладают самой высокой простотой сборки, поскольку не связаны с операциями пластической деформации полимерного вкладыша или металла корпуса, однако такая конструкция не позволяет обеспечить высокие показатели вырыва и выдавливания шарового пальца из корпуса. Одним из наиболее перспективных вариантов шарнирного элемента яв-

ляется конструкция, приведенная на рис. 2,д. Технология получения жесткого соединения полимерного вкладыша с металлическим корпусом представляет собой воздействие ультразвука с частотой 30~35 кГц и энергией ~1 кВт на локальную область вкладыша, что приводит его в вязкотекучее состояние, и оказание механического давления на эту область (при этом не переходятся границы предела пластической деформации материала). Таким образом, вкладыш, пластически деформируясь, принимает необходимую форму, «затекая» за торец корпуса и в предусмотренные на нем насечки для фиксации от проворота в процессе эксплуатации.

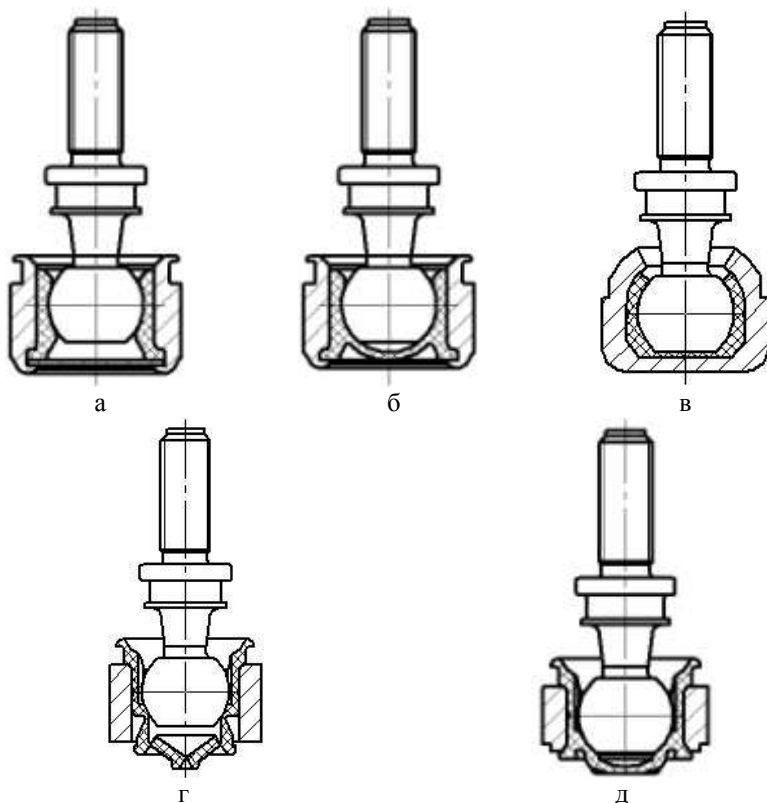


Рис. 2. Варианты существующих конструкций шарниров стоек стабилизатора

Поскольку стойки стабилизатора являются высоконагруженным элементом подвески, то к ним предъявляются достаточно высокие требования, которые можно условно разделить на три группы:

- параметры геометрии и технологичности: углы качания шаровых пальцев в корпусе стойки, вписываемость в заданные габариты, простая собираемость и возможность простого монтажа на автомобиле;

- прочностные и функциональные параметры: прочность сварного соединения стержня и колец корпуса, прочность шарового пальца и металлического стержня стойки, моменты качания и вращения пальца шарового в корпусе, а также моменты страгивания при качании и вращении, статическая жесткость шарниров (осевая эластичность) и др.

- специальные требования к испытаниям. Оцениваются долговечность и надежность стойки отдельно и в составе подвески автомобиля в целом. Проводятся климатические (работа при температурах от минус 40 до плюс 80°C) и коррозионные испытания (в некоторых случаях коррозионная стойкость металлических частей должна достигать 720 ч в камере солевого тумана), тест на герметичность шарнира и акустический тест. Определяются усилия вырыва и выдавливания пальца шарового из корпуса шарниров и неравномерность вращения пальцев шаровых.

На качество стоек, их успешное прохождение испытаний, безотказную и долговечную работу наибольшее влияние оказывают процессы производства комплектующих изделий стоек, сборки и контроля основных функциональных параметров.

При производстве комплектующих следует особо выделить операции обработки металлов давлением (ОМД) как основные способы формирования геометрии и функциональных параметров элементов стоек. К операциям ОМД можно отнести штамповку колец корпуса с одновременным формированием зубчатых элементов на торце для фиксации вкладыша от проворота; штамповку заготовок шаровых пальцев; обкатку сферы шаровых пальцев для достижения требуемых параметров чистоты поверхности; накатку резьбы.

Каждый из перечисленных процессов имеет свои особенности в силу малых габаритов изделий, а также серьезных требований к готовым изделиям. Так, например, высокие требования к прочности шарового пальца (в некоторых случаях класс прочности может достигать 10.9 и выше) влекут за собой применение резьбонакатных роликов специальной конструкции из высокопрочных материалов или изменение технологического процесса (накатка резьбы на незакаленном пальце, затем закалка и последующая правка профиля резьбы).

Учитывая вышеперечисленные требования, можно сделать обобщающие выводы о том, какой должна быть разрабатываемая конструкция стойки стабилизатора автомобиля:

1. Наиболее перспективной конструкцией является стойка с шаровыми шарнирами, сформированными фиксацией элементов шарнира мето-

- дом ультразвуковой сварки полимерного вкладыша с металлическими элементами корпуса.
2. Диаметр сферы следует назначать в первую очередь из соображений надежности стойки.
 3. Диаметр стержня следует назначать исходя из условия отсутствия потери устойчивости стойки при работе, а также из возможности образования прочного сварного соединения с кольцами корпуса.
 4. Все металлические части стойки, контактирующие с окружающей средой, должны иметь стойкое защитное покрытие для сопротивления негативному воздействию факторов внешней среды.
 5. Защитный чехол должен выдерживать высокие углы качания пальцев шаровых, а также надежно герметизировать шаровой шарнир стойки, следовательно, необходимо применять чехол с двумя гофрами и жесткие пружинные и уплотнительные кольца из качественной стали.

Список литературы

1. Проектирование полноприводных колесных машин: учебник для вузов: в 3 т. Т.3 / Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Л.Ф. Жеглов и др.; под ред. А.А. Полуняна. М.; Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 432 с.: ил.
2. Автомобиль: Основы конструкции: учебник для вузов / Н.Н. Вишняков, В.К. Вахламов, А.Н. Нарбут и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. 304 с.: ил.

УДК 621.7.02:669.1.017

В.Л. Стеблянко, А.П. Пономарев

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** Исследована возможность модифицирования механических свойств металлоизделий на примере упрочнённой стальной ленты путём плазменно-электролитной обработки. Выявлены закономерности изменения пластичности металла от основных технологических параметров обработки: подводимой плотности мощности и времени воздействия плазмой.*

***Ключевые слова:** плазменно-электролитная обработка, электроразрядная плазма, плотность мощности, время воздействия, испытание на растяжение, относительное изменение относительного удлинения, критическая точка, упрочнение, разупрочнение, ударное воздействие, активный центр.*

Механические свойства являются одними из основных показателей качества металлоизделий, определяющих возможность их применения в той или иной области. Во многих случаях требуется увеличить пластичность материала при сохранении его прочностных характеристик. Достичь такого результата можно различными способами. К одним из них относится плазменно-электролитная обработка поверхности металлоизделия. Данный способ позволяет управлять задаваемым уровнем механических свойств в зависимости от установленных требований к изделию посредством регулирования основных технологических параметров процесса обработки: подводимой плотности мощности и времени воздействия плазмой.

Экспериментальные исследования влияния плазменно-электролитной обработки на механические свойства металлоизделий проводились в Лаборатории слоистых композиционных материалов и покрытий МГТУ под руководством профессора В.Л. Стеблянко. В качестве модельного объекта была выбрана упрочнённая холоднокатаная стальная лента. Образцы ленты подвергали плазменно-электролитной обработке при определённых значениях технологических параметров, а затем испытывали на растяжение в соответствии с ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент». По результатам испытаний были построены зависимости относительного изменения относительного удлинения по сравнению с исходным состоянием от времени обработки при различных плотностях мощности (рис. 1).

В ходе исследований было установлено, что при всех режимах плазменно-электролитной обработки прочность материала сохраняется на уровне до обработки. Максимальное снижение временного сопротивления составило 1,8% по сравнению с исходным состоянием*. При этом наблюдается существенный прирост относительного удлинения после разрыва (до 36,3 % по отношению к первоначальному показателю).

Поверхность металла в результате плазменно-электролитной обработки приобретает сложный микрорельеф (рис. 2) с многочисленными впадинами и выступами. Это создаёт весьма благоприятный профиль поверхности для последующего нанесения покрытия. Наблюдаемая микрогеометрия является прямым следствием совместного воздействия различных физических процессов, протекающих в ходе обработки. Поверхностный слой имеет ультрамелкозернистую структуру (рис. 3), образующуюся за счёт сверхбыстрого охлаждения в процессе обработки.

* Закономерности формирования структуры и механических свойств упрочнённой стальной ленты при плазменном модифицировании поверхности / Стеблянко В.Л., Чукин М.В., Пономарев А.П., Барышников М.П., Ефимова Ю.Ю. // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов: материалы XXII Уральского школы металловедов-термистов. Орск: Изд-во ОГТИ (филиала) ОГУ, 2014. С. 172-174.

Анализ кривых, отражающих влияние плотности мощности и времени на относительное удлинение (см. рис. 1), показывает, что закономерности имеют характер нелинейных зависимостей с критическими точками (точками минимума относительного изменения относительного удлинения), которые можно считать точками выравнивания скоростей процессов упрочнения и разупрочнения в материале. Для того чтобы достичь их, необходимо сообщить материалу определённую энергию за счёт воздействия электроразрядной плазмы, поэтому положение критических точек относительного удлинения зависит как от плотности мощности, так и от времени. При большей плотности мощности критическое значение достигается за меньшее время и наоборот. Такой характер закономерностей может быть обусловлен теми физическими процессами, которые протекают за период обработки, а именно количеством термических циклов, каждый из которых включает в себя локальный нагрев участка поверхности в результате микроразряда и его сверхбыстрое охлаждение потоком электролита, и механическим ударным воздействием за счёт схлопывания кавитационных полостей, образующихся в процессе обработки.

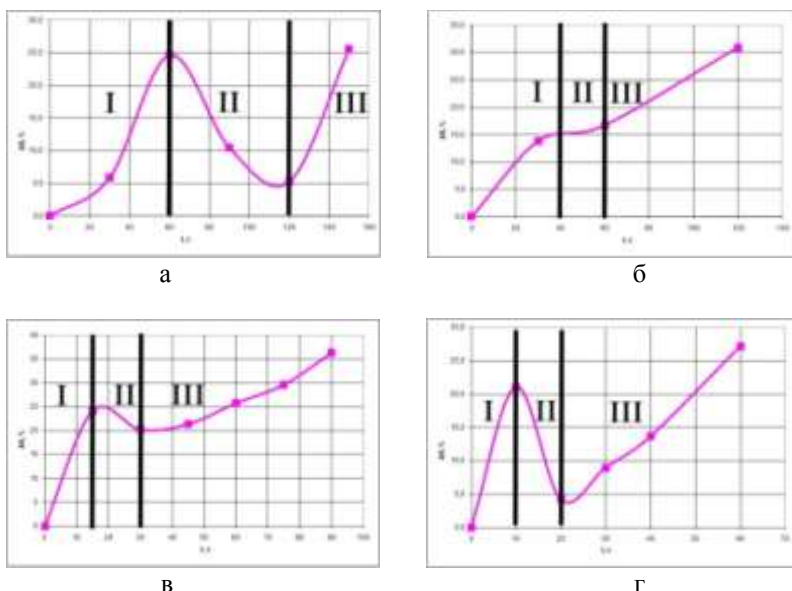


Рис. 1. Зависимости относительного изменения относительного удлинения ($\Delta\delta, \%$) от времени обработки (t, c) при различных плотностях мощности: а – 67 Вт/см^2 ; б – 101 Вт/см^2 ; в – 118 Вт/см^2 ; г – 135 Вт/см^2
 На кривых можно выделить три области (см. рис.1). В первой из них

преобладает термическое воздействие, за счёт которого существенно возрастает относительное удлинение. На поверхности начинается формирование зон с энергией, эквивалентной энергии при температуре плавления (активных центров). Во второй области начинают превалировать охлаждение и ударное воздействие. Эти процессы приводят к измельчению зерна в поверхностном слое и росту числа дефектов в структуре материала, которые мигрируют внутри зёрен и скапливаются на их границах. Всё это вызывает упрочнение металла и некоторое снижение его пластичности. В третьей области с увеличением температуры и времени воздействия электроразрядной плазмой количество активных центров на поверхности и в объёме металла значительно возрастает. Образуются участки локального плавления, которые начинают сливаться друг с другом. Благодаря этому в материале возникает диффузионно-вязкое течение, и пластичность снова растёт. Затем при дальнейшем плазменном воздействии материал локально расплавляется, и происходит его разрушение.

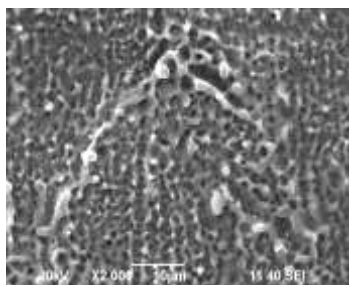


Рис. 2. Состояние поверхности стальной ленты после плазменно-электролитной обработки, x2000



Рис. 3. Микроструктура поверхностных слоёв стальной ленты после плазменно-электролитной обработки, x500

Закономерность изменения положения критической точки от плотности мощности представлена на рис. 4.

Таким образом, способ плазменно-электролитной обработки позволяет существенно повысить пластичность металла при сохранении его прочности, что особенно важно в тех случаях, когда стоит задача сохранить прочностные свойства металла после обработки. При этом зависимость изменения пластических свойств материала от времени обработки носит нелинейный характер с критическими точками минимума относительного изменения относительного удлинения. Положение этих точек зависит как от плотности мощности, так и от времени плазменно-электролитной обработки.

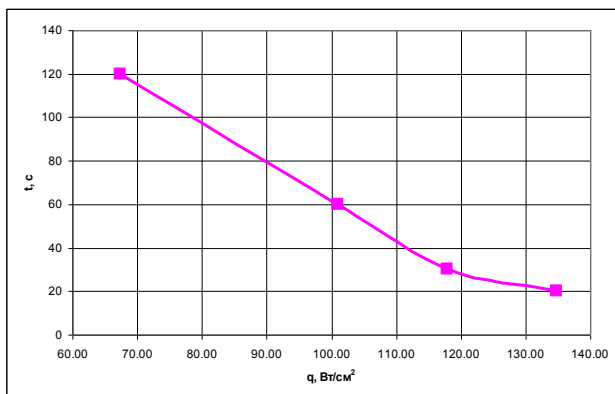


Рис. 4. Зависимость положения критической точки от плотности мощности (q , Вт/см²)

Наибольший эффект воздействия электроразрядной плазмой достигается при обработке термически тонких изделий, таких как проволока, лента и др.

УДК 622.341; 669.162

Р.Н. Абдрахманов, В.И. Сысоев

ВЛИЯНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ CO_2 И СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ НА КИНЕТИКУ УГЛЕКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКСИДА МАГНИЯ ИЗ КОНЦЕНТРАТА ОБОЖЖЕННОГО ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНОГО СИДЕРИТА

Аннотация. В статье представлены экспериментальные данные по кинетике углекислотного выщелачивания оксида магния в зависимости от парциального давления CO_2 и степени измельчения.

Ключевые слова: выщелачивание, кинетические кривые, сидеритовая руда, оксид магния, обжиг, угольная кислота, магнезиоферрит, магнезиоюстит.

Введение

Использование сидеритов бакальского месторождения, запасы которых превышают 1 млрд т, ограничено по следующим причинам: относительно низкое содержание в руде железа (27–30)% и высокое оксида магния (9,4–12,0)%. Последний обуславливает образование шлаков высокой

вязкости, что затрудняет процесс доменного производства. При этом бакальские сидериты характеризуются высокой стабильностью химического состава, низким содержанием вредных примесей: фосфора менее 0,05%, серы (0,1–0,3)%. В то же время присутствует оксид марганца до 2% [1].

Исходная руда и продукт ее обжига характеризуются наличием железа и магния в составе общей кристаллической решетки, в связи с чем использование традиционных способов обогащения малоэффективно.

В настоящее время технология переработки бакальских сидеритов заключается в обжиге руды в шахтных печах при температурах (1000–1100)°С в окислительной атмосфере, сопровождаемой диссоциацией карбонатов с выделением диоксида углерода и образованием, в основном, магниевой шпинели – $MgFe_2O_4$ (магнезиоферрит). Применение метода сухой магнитной сепарации (СМС) позволяет удалять вмещающую породу и получать концентрат обожженный сидеритовый (КОС) с содержанием около 50% железа и 15–20% оксида магния.

Практически приемлемыми направлениями в получении продукта с низким содержанием оксида магния являются методы пиро- и гидрометаллургии, позволяющие производить структурное разрушение кристаллической решетки. Первое направление – это высокотемпературный восстановительный обжиг с получением железа в самостоятельной фазе. Однако это направление не является рентабельным и не предполагает получение второго продукта.

Второе направление – химическое обогащение руды или продукта ее термического разложения (выщелачивание) – должно основываться на применении способа (реагента), обеспечивающего селективное удаление одного из компонентов. Предлагаемые способы извлечения оксида магния посредством использования сильных минеральных кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) не пригодны как с экономической, так и экологической точки зрения.

На кафедре физической химии и химической технологии МГТУ им. Г.И. Носова были определены и на лабораторном уровне опробованы принципы комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритов, применение которых позволяет получать два продукта: железорудный концентрат с содержанием железа не менее 58% и магнезию с содержанием MgO не менее 98% или различных солей магния [2].

В статье рассмотрены результаты изучения кинетических закономерностей процесса углекислотного выщелачивания оксида магния из обожженных в специальных условиях высокомагнезиальных сидеритов в зависимости от парциального давления CO_2 и степени дисперсности.

Методика исследования, экспериментальные данные и обсуждение

Проведенными исследованиями установлено, что извлечение оксида магния возможно осуществлять угольной кислотой (раствор диоксида

углерода в воде). При этом необходимо обжигать руду в условиях, которые препятствуют формированию магнезиоферрита (т.н. «мягкий» обжиг, проводимый при пониженных температурах, без доступа свободного кислорода). Это позволяет получать два продукта – железорудный концентрат с более высоким содержанием железа и оксид магния высокой степени чистоты [2,3].

Образующиеся в условиях «мягкого» обжига фазы были определены методами рентгеноструктурного анализа (дифрактометр D8 ADVANCE, Bruker).

Было установлено, что выщелачивание оксида магния происходит, в основном, из твердого раствора ($\text{FeO} - \text{MgO}$) – магнезиовюститита. Для увеличения скорости и полноты выщелачивания оксида магния после «мягкого» обжига мы проводили активацию KOCa , которая приводит либо к обогащению магнезиовюститита оксидом магния, либо к выделению из него фазы чистого оксида магния [2,3].

Процесс селективного извлечения оксида магния раствором угольной кислоты можно описать уравнением: $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Исследования кинетики выщелачивания проводили на установке, схема которой представлена на рис. 1.

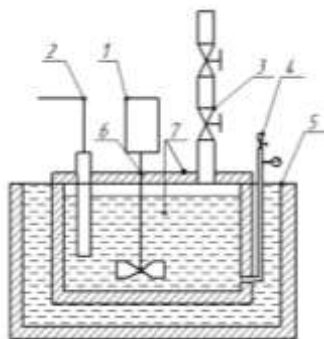


Рис.1. Схема установки для выщелачивания:

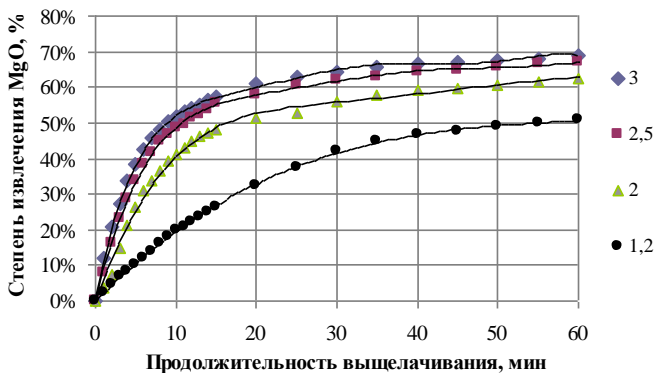
- 1 – электродвигатель; 2 – кондуктометр;
- 3 – камера для загрузки материала с кранами; 4 – газопровод для углекислого газа с манометром; 5 – термостат;
- 6 – мешалка; 7 – реактор для выщелачивания объемом 1850 мл

Изучение влияния степени дисперсности на скорость выщелачивания оксида магния проводили методом построения кинетических кривых в координатах доля извлеченного оксида магния* – продолжительность выщелачивания. Соотношение твердой части к жидкости варьировали от 1:10 до 1:75. В результате было установлено, что при соотношении 1:75 происходит максимальное извлечение в течение 60 мин. В дальнейшем

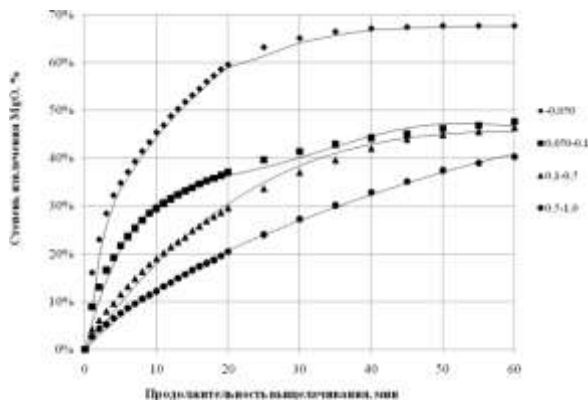
* Долю извлеченного оксида магния определяли по величине электропроводности. Электропроводность растворов при различных температурах автоматически нормировалась на электропроводность при температуре 296,4°K(23,4°С) посредством термокомпенсации.

это соотношение было использовано для построения кинетических кривых. Выщелачивание осуществляли в реакторе при максимальной скорости перемешивания – 60 об/мин, парциальном давлении CO_2 в интервале от 1,2 до 3 атм, температуре 302 К. Для построения кинетических кривых были выбраны фракции минус 0,05; 0,05–0,10; 0,1–0,5; 0,5–1,0 мм.

На рис. 2, а представлены кинетические кривые процесса выщелачивания оксида магния из активированного КОСа при давлениях CO_2 в интервале от 1,2 до 3 атм и температуре 302 К.



а



б

Рис.2. Кинетические кривые процесса извлечения оксида магния из КОСа: при различных давлениях CO_2 (а); фракций: минус 0,05; 0,05–0,10; 0,1–0,5; 0,5–1,0 мм (б)

Согласно экспериментальным данным, повышение давления приводит к увеличению скорости выщелачивания и повышению степени извлечения оксида магния. Так, при 1,2 атм степень извлечения за 60 мин составляет 50,88%, а при 3 атм – 68,38%.

На рис. 2, б представлены кинетические кривые процесса выщелачивания оксида магния из активированного КОСа фракций от минус 0,05 до 1,0 мм.

Согласно полученным данным увеличение степени дисперсности приводит к увеличению скорости выщелачивания и повышению степени извлечения оксида магния. Так, для фракции минус 0,05 мм степень извлечения является наивысшей и составляет порядка 68% за 50 мин. При этом во фракциях 0,05–0,10 и 0,1–0,5 мм степень извлечения за 60 мин составляет 46–48%. Наименьшая степень извлечения наблюдается во фракции 0,5–1,0 мм – не более 40%.

Выводы

1. При комнатной температуре наибольшая скорость и полнота углекислотного выщелачивания оксида магния из обожженных высокомагнезиальных сидеритов возможна при использовании фракции менее 0,05 мм.

2. В исследованном интервале давлений CO_2 (1,2–3 атм.) максимальная степень извлечения оксида магния за 1 ч увеличивается с 51 до 68% соответственно.

Список литературы

1. Красноборов В.А. Эффективность и перспективы применения сидеритовой руды в доменной плавке / В.А. Красноборов, С.Л. Ярошевский, А.В. Денисов и др. Донецк, 1996. 87 с.
2. The principles of processing siderite ores with high magnesium oxide content S. Klochkovskii, A. Smirnov. Defect and diffusion Forum Vols. 326–328 (2012) pp. 261–264.
3. Клочковский С.П., Лаптев А.П., Смирнов А.Н. Кинетика выщелачивания оксида магния из продуктов обжига высокомагнезиальных сидеритов // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. Магнитогорск, 2012. С. 117–120.

Р.Н. Абдрахманов, С.П. Ключковский, И.А.Савченко, А.Н. Смирнов

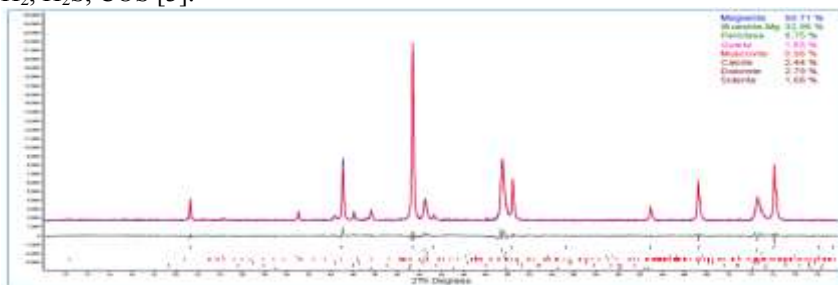
АКТИВАЦИЯ ОБОЖЖЁННЫХ В «МЯГКИХ» УСЛОВИЯХ ВЫСОКОМАГНИЗИЛЬНЫХ СИДЕРИТОВ. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аннотация. В статье приведены результаты рентгеноструктурных и хроматографических исследований процесса активации продуктов «мягкого» обжига высокомагнезиальных сидеритов.

Ключевые слова: хроматографический анализ, рентгеноструктурные исследования, сидеритовая руда, оксид магния, обжиг, выщелачивание, угольная кислота, магнезиоферрит, магнезиовюстит.

Введение

Проведённые ранее исследования сидеритовых руд Бакальского месторождения показали, что применение «мягкого» обжига, т.е. обжига при температуре 550–650°C при отсутствии свободного кислорода, позволяет получать концентрат обожжённый сидеритовый (КОС), который, по данным электронно-микроскопических и рентгеноструктурных исследований (см. рисунок), в основном состоит из магнетита (Fe_3O_4), магнезиовюстита (твёрдый раствор FeO-MgO), небольшого количества периклаза и, возможно, магнезиоферрита (MgFe_2O_4) [1,2]. Газовая фаза в условиях «мягкого» обжига состоит преимущественно из CO_2 и CO , а также H_2 , H_2S , COS [3].



Дифрактограмма КОС, полученного в условиях мягкого обжига¹

Из КОСа, полученного в условиях «мягкого» обжига, при выщелачивании слабой угольной кислотой можно выделить 30–50% оксида маг-

¹ Количественный анализ проведен с помощью программного пакета DIFFRAC.TOPAS (версия 4.2).

ния в течение 5 ч при комнатной температуре и парциальном давлении CO_2 в одну атмосферу [2, 3].

С целью увеличения скорости и степени выщелачивания оксида магния были проведены исследования, которые показали, что обработка KOSa водяным паром (активация) при температуре, соответствующей окончанию обжига, позволяет повысить степень извлечение до 60–70% и сократить время выщелачивания до 1,5–2 ч.

В данной работе рассматриваются результаты рентгеноструктурных и хроматографических исследований процесса активации продуктов «мягкого» обжига высокомагнезиальных сидеритов. Полученные данные позволяют сделать предположения о протекающих при этом химических и фазовых превращениях.

Методика исследования и экспериментальный результат

Работа проводилась на пробах, усреднённый химический состав которых представлен в табл. 1. Навеску исходной руды фракцией 2–10 мм и массой 100 г обжигали в трубчатой печи с регулируемым обогревом. Газообразные продукты обжига проходили через водяной затвор. Окончание обжига определяли по прекращению газовой выделению. После изотермической выдержки в течение 30 мин в печь подавали водяной пар со скоростью ≈ 2 л/мин. Водяные пары, проходя гидрозатвор, конденсировались, а из оставшейся газовой фазы, отбирали пробы для хроматографического анализа. Результаты анализа приведены в табл. 2.

Таблица 1

Усредненный химический состав бакальских сидеритов (2012 г.)

Ком-нт	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	S	п.п. п. ²
Руда, %	29,3	37,1	0,7	12,0	5,3	2,5	1,1	1,0	0,1	35,8

Таблица 2

Остаточный, после конденсации водяных паров, состав газовой фазы, образующейся при активации обожженной сидеритовой руды

Температура, °С	Время отбора, мин	Состав газовой фазы, об %					
		CO ₂	CO	H ₂	H ₂ S	COS	Σ
600	0	80,35	18,53	0,9	<0,01	<0,01	99,80
	5	59,66	8,94	31,19	0,01	0,002	99,80
	10	47,27	2,38	50,13	0,01	0,001	99,80
	15	60,83	1,21	37,72	0,04	0,001	99,80
	20	65,60	0,69	33,43	0,09	0,001	99,80
	30	67,41	0,45	31,75	0,14	0,001	99,75
	40	65,20	0,30	33,95	0,35	0,001	99,80
	45	63,41	0,18	35,83	0,37	0,001	99,80

² п.п.п. – потери при прокаливании, температура прокалики 950°С.

Окончание табл. 2

Температура, °С	Время отбора, мин	Состав газовой фазы, об %					
		CO ₂	CO	H ₂	H ₂ S	COS	Σ
650	0	80,99	18,15	0,65	<0,01	<0,01	99,81
	5	32,90	3,02	63,83	0,06	0,001	99,80
	10	31,44	1,17	67,02	0,17	0,001	99,80
	15	35,34	0,66	63,51	0,29	0,001	99,80
	20	42,37	0,41	56,60	0,42	0,001	99,80
	30	48,52	0,27	50,35	0,63	0,001	99,78
	40	54,30	0,20	44,52	0,78	0,001	99,80
	45	55,40	0,16	43,62	0,61	0,002	99,80

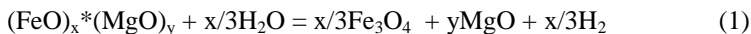
Таблица 3

Интенсивность газовой выделения в процессе активации обожженной сидеритовой руды за исключением сконденсировавшихся водяных паров

Температура активации 600°С										
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Объём газов, л	0	1,65	0,88	0,44	0,385	0,275	0,22	0,11	0,11	0,11
Температура активации 650°С										
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Объём газов, л	0	1,1	0,792	0,638	0,352	0,242	0,198	0,176	0,132	0,13

Исследования состава газовой фазы выполнили на хроматографическом комплексе «Хроматэк Кристалл 5000» (Россия). Интенсивность газовой выделения (табл. 3) во время процесса активации определяли с помощью барабанного газосчётчика ГСБ-400.

Данные, приведённые в табл. 2 и 3, позволяют сделать вывод о реакциях, протекающих в результате активации обожженной сидеритовой руды:



Обсуждение результатов и выводы

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие предположения:

Активация обожженной сидеритовой руды водяным паром приводит к разрушению твердого раствора магнезиовостита ($\text{FeO} \cdot \text{MgO}$), о чём свидетельствует изменение соотношения CO_2 и H_2 в сторону последнего

в первые минуты процесса активации, а также данные, представленные в табл. 3, из которых видно, что газовая фаза интенсивно образуется сразу же после подачи пара, а затем интенсивность уменьшается.

Дальнейшее проникновение водяного пара вглубь куска сидеритовой руды постепенно затрудняется и скорость реакции диссоциации остаточных карбонатов начинает превалировать над скоростью реакции образования водорода, что приводит к изменению соотношения CO_2/H_2 в сторону углекислого газа.

Угарный газ расходуется на протекание реакции (2) водяного газа с образованием равного количества молей CO_2 и H_2 , поэтому соотношения CO_2/H_2 в газовой фазе не может сильно измениться.

Опытным путём было установлено, что содержание аморфного углерода в составе КОС, полученного в результате «мягкого» обжига, достигает 0,5–0,6 %, а после активации его содержание уменьшается до 0,2–0,3%, что обосновывает протекание реакций (3) и (4).

Выводы

Таким образом, проведённые исследования позволили:

1. Определить состав газовой фазы при «мягком» обжиге и последующей активации высокомагнезиальной руды Бакальского месторождения.
2. Описать и обосновать реакции, протекающие при активации обожжённой сидеритовой руды водяным паром.
3. Предположить, что активация обожжённой сидеритовой руды водяным паром приводит, в основном, к выделению из твердого раствора магнезиовюститита ($\text{FeO} \cdot \text{MgO}$) практически чистого периклаза, что позволяет повысить степень извлечения MgO угольной кислотой до 60–70% и уменьшить продолжительность протекания процесса до 2 ч. Для обоснования данного предположения будут проведены рентгеноструктурные исследования активированных образцов.

Список литературы

1. Современная металлургия начала нового тысячелетия: сб. науч. тр. Ч. 1 / Ключковский С.П., Смирнов А.Н., Савченко И.А., Рева Н.В. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2012. С. 44–49.
2. Kolokoltsev V., Klochkovskii S., Smirnov A. Physical Chemistry of Integrated High-Magnesia Siderites. Processing Defect and Diffusion Forum Vol. 353, 2014. P. 171–176.
3. Хроматографический анализ газовой фазы, образующейся при «мягком» обжиге высокомагнезиальной сидеритовой руды / Ключковский С.П., Смирнов А.Н. Абдрахманов Р.Н., Савченко И.А. // Теория и технология металлургического производства: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. № 1(13). С. 13–15.

И.А. Афонин, Д.В. Ровнейко

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В СИСТЕМАХ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ

Аннотация. Рассмотрены примерный расход адсорбентов для поглощения водяного пара в холодный период года, примерная стоимость газоочистки в рукавном фильтре с применением различных адсорбентов, а также условия применения уловленного продукта в качестве компонента агломерационной шихты.

Ключевые слова: очистка газов от пыли, тканевый фильтр, адсорбция водяных паров.

Как было рассмотрено в статье [1], представляется возможным применять адсорбенты водяного пара внутри аспирационных воздухопроводов с целью снижения эффекта «замазывания» ткани рукавных фильтров в холодный период года. Автор статьи приводит сравнительные характеристики различных адсорбентов – активный уголь, силикагель, цеолит. В выводах статьи рекомендуется, наряду с теплоизоляцией воздухопроводов и установкой конденсационных решёток, использование сухого угольного адсорбента – пыли из бункеров УСТК и коксоортировки батареи № 9-бис коксового цеха ОАО «ММК». В результате введения адсорбента в газовый поток влагосодержание газов снижается, при этом образуется гомогенная твёрдая дисперсная фаза, улавливаемая в рукавном фильтре. Примерный химический состав подаваемого адсорбента представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав подаваемого адсорбента

Наименование	Усреднённый химический состав, %						Влага, %
	C	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	
Пыль коксовая, используемая в качестве адсорбента	86,4	0,9	4,5	2,8	1,03	0,67	0,3

Автор статьи [1] также указывает на то, что регенерация угольно-коксового адсорбента из общей массы уловленной пыли является затруднительной и очень дорогостоящей задачей, поэтому рекомендует всю массу уловленной в рукавном фильтре пыли транспортировать железнодорожными вагонами местного парка в аглоцех, где данная пыль вполне

может быть добавлена (в определённой пропорции) в агломерационную шихту для спекания. Примерный химический состав уловленной пыли представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав улавливаемой пыли

Наименование	Усреднённый химический состав, %								Влага, %
	Fe общ.	C	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	ZnO	
Пыль, уловленная в рукавном фильтре аспирационной системы	35	27	4	7,2	2,8	0,3	0,13	1,3	26

Как видно из табл. 2, в дисперсной фазе присутствуют все компоненты агломерационной шихты – оксиды железа, углерод (в виде кокса), известняк. Содержание остальных компонентов незначительно и, по всей видимости, не сможет оказать решающего влияния на процесс агломерации железорудного сырья.

Ориентируясь на оптовые цены вышеупомянутых адсорбентов [3] и учитывая их адсорбционную способность, можно вычислить массу подаваемого адсорбента и приведённую стоимость адсорбции водяного пара из 1 м³ очищаемого газа [2]. Результаты расчётов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Приведённые значения расхода адсорбентов и стоимости адсорбции паров воды (при влагосодержании газов 88%)

Наименование адсорбента	Удельный расход адсорбента, кг/м ³	Средняя стоимость адсорбции, руб./м ³
Силикагель	0,052	3,38
Цеолит Ц-202-48 типа NaA	0,084	5,88
Пыль коксовая	0,071	0,42

Как видно из данных табл. 3, предложенный метод адсорбции водяного пара с помощью коксовой пыли из бункеров УСТК и коксоортровки батареи № 9-бис коксового цеха ОАО «ММК» является наиболее выгодным с экономической точки зрения. Учитывая вышеизложенный способ применения уловленной пыли в качестве добавки к агломерационной шихте, можно получить дополнительный экономический эффект, величина которого будет определяться из соотношения массы добавляемой пыли к массе получаемого агломерата.

Список литературы

1. Афонина Е.А. Повышение эффективности работы тканевых фильтров в холодный период года // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Т.1. С. 177–180.
2. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1969.

УДК 628.16

Е.В. Нефедова, П.С. Гусев, Д.С. Дусмухамбетова

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВОГО МУСОРА В г. НОВОТРОИЦКЕ

***Аннотация.** На основании изучения истории вопроса о строительстве мусороперерабатывающего завода в городе Новотроицке и анализа опыта Самарской области по данному вопросу рассмотрены возможности применения кластерного подхода в решении задачи сбора и утилизации ТБО. Обозначены возможности сотрудничества НФ НИТУ «МИСиС», общественной организации «ИнЭР», городской администрации и ОАО «Уральская Сталь» в решении экологических проблем города.*

***Ключевые слова:** твердые бытовые отходы (ТБО), кластерный подход, экологический риск.*

Во всем мире проблема управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) является одной из главных, занимая в системе городского хозяйства второе место по затратам и инвестициям после сектора водоснабжения и канализации. Захламление и загрязнение земель промышленными, бытовыми и другими отходами производства принимает опасные масштабы и усиливает напряженность экологической обстановки.

Так, количество образующихся ТБО в городе Новотроицке за год составляет около 44 500 т, из них: бумага и картон – 15575 т, пищевые отходы – 18245 т, пластмассы – 1335 т, стекло – 3560 т, металлы – 1780 т, текстиль и другое – 4005 т. Распоряжением Главы администрации г. Новотроицка от 01.03.2004г. № 260 были утверждены нормы наполнения твердых бытовых отходов от населения, промышленных предприятий и организаций. В городе утвержден контейнерный способ сбора и вывоза ТБО с жилого фонда. Сбор, транспортировку ТБО по городу осуществляет ООО «УКХ». На территории муниципального образования город Но-

вотроицк расположено 225 контейнерных площадок, на которых размещено 834 мусоросборных контейнеров.

В городе существует единственная городская свалка. Городская свалка в районе цементного завода уже давно работает на пределе своих возможностей, не соответствует санитарно-гигиеническим нормам. История решения данного вопроса на уровне местных властей началась в 2007 году, когда «Мэры Орска и Новотроицка – Юрий Берг и Андрей Великанов – выбрали участок под строительство мусороперерабатывающего завода... На реализацию проекта потребуется около 304 млн рублей. Мощность... составит 105 тонн ТБО». В 2009 году властями был рассмотрен проект мусоросортировочного комплекса с участками сортировки, прямой перегрузки отходов, пакетирования мусора и захоронения твердых отходов.

Со временем Юрий Берг стал губернатором Оренбургской области и, пытаясь решить проблему, инициировал открытие областной целевой программы «Отходы» на 2011–2016 гг. Предполагалось, что наконец-то города Орск и Новотроицк начнут избавляться от ТБО. В ходе недавнего рабочего визита губернатора области этот вопрос вновь был возвращён к обсуждению. Юрий Александрович объяснил, что «инвесторы под строительство полигона у области были, однако они были готовы взять на себя только строительство. В дальнейшем полигон должен был перейти в ведение администрации. Но чтобы объект был окупаемым и работал «в плюс» – придётся повышать стоимость ввоза отходов на полигон, а на это, естественно, никто не пойдёт». Таким образом, нашим городам вновь отказано в решении проблемы складирования и переработки ТБО.

Огромные территории земли, занятые полигонами для складирования отходов, становятся непригодными для дальнейшего использования. При этом важно знать, что места захоронения могут таить в себе немало рисков, быть источником различных заболеваний и даже эпидемий, представлять опасность взрыва и последующих разрушений или быть источником заражения окружающей среды (см. таблицу).

Следует отметить, что мы не учитываем такой важный параметр, как эмиссия газообразных веществ в тропосферу. В толще твердых бытовых и промышленных отходов, складированных на полигонах, под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный распад органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Наряду с названными компонентами он содержит: пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, сероводород, фенол.

Влияние свалок твердых бытовых отходов на окружающую среду

Вредный фактор	Пути образования	Содержание	Влияние на человека
Фильтрат	С территории свалок в грунтовые воды	Болезнетворные бактерии	Брюшной тиф, дизентерия, холера, туберкулез и др.
Грызуны, насекомые, бездомные животные.	С территории свалок в жилые зоны	-	Угроза распространения болезней и эпидемий
Неорганические вещества	С территории свалок с фильтратом	Вредные элементы	Более 1% солей натрия, калия, кальция и магния в виде хлоридов и бикарбонатов от массы ТБО
Отчуждение земель	Земли заняты свалками и полигонами для захоронения ТБО	Сокращение земельных угодий	Сокращение площадей, используемых для сельскохозяйственных нужд

Переработка отходов представляет собой дорогостоящее современное производство, деятельность которого возможна только на основе последних достижений науки и техники, а также при наличии необходимой материально-технической и законодательной базы. Здесь важно учитывать опыт регионов РФ, где существуют выработанные подходы к решению проблемы утилизации мусора.

Так, например, опыт Самарской области показывает, что решение экологических вопросов становится посильной задачей в том случае, когда объединяются усилия и потенциальные возможности властей, промышленников и ученых. Кластерный подход способен принципиально изменить содержание региональной политики в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды, составной части которой является решение проблемы отходов. Преимущество кластерных объединений в сфере обращения с отходами очевидно. Это объединение ресурсов компании в технологическое, информационно-техническое, кадровое и других сфер для более эффективной деятельности.

Структура мониторинга и управления движением отходов на территории городского округа Тольятти показывает, что многолетние усилия приводят к результату: 80% степени переработки отходов и только 20% от первоначального объема пакетируется и складывается на специализированных полигонах. Следует заметить, сейчас коллеги уже обобщают опыт 10-летней работы и указывают, что до сих пор мусороперерабатывающие заводы являются нерентабельными и находятся на постоянном субсидировании муниципального и областного бюджетов. Но в данном

случае речь идет о сохранении качества окружающей среды, а это чрезвычайно важно.

Мы не ставим перед собой задачу критиковать действия властей, но пытаемся найти выход из создавшейся ситуации и оказать посильную помощь в решении важнейшей экологической задачи нашего региона. В Новотроицком филиале НИТУ «МИСиС» группой инициативных студентов и преподавателей была создана общественная организация «Инженерные экологические решения» – сокращенно «ИнЭР». Наш вуз обладает достаточно высоким интеллектуальным потенциалом, позволяющим создавать инженерные проекты относительно недорогого и эффективного оборудования для сортировки и переработки мусора. При этом цеха ОАО «Уральская Сталь», пустующие в результате сокращения производства (за последний год были закрыты мартеновский и сортопрокатный цех, реконструкции комбината не планируется), могли бы стать площадкой для установки этого оборудования. Цеха представляют собой идеальные рабочие помещения с подведенными коммуникациями и электроэнергией собственной ТЭЦ, ливневой канализацией. Более того, в цехах комбината существует все необходимое оборудование, позволяющее выполнить детали и собрать узлы мусороперерабатывающего предприятия. Конечно, реализация такого варианта возможна, если администрация города, ОАО «Уральская Сталь» в лице управляющей компании «Металлоинвест» и НФ НИТУ «МИСиС» заключат договор о сотрудничестве.

Понятно, что такой подход к делу позволит значительно снизить стоимость оборудования, обеспечит простоту его использования и адаптированность к местному климату, но мы отдаем себе отчет в том, что содержание мусороперерабатывающего и сортирующего завода останется на балансе города, а это уже совсем другие расходы.

Список литературы

1. Башкиров Ю.Ю., Трешников С.Е., Афанасьев С.В. Пожарные и экологические риски захоронения несортированных твердых отходов Тольятти; Самара: ЕLPIT, 2013.
2. Мельникова Д.А., Волков Д.А., Кравцова М.В. Структура мониторинга системы управления движением отходов на территории г. Тольятти; Самара: ЕLPIT, 2013.
3. Орск и Новотроицк поделят мусор // Гвардеец труда. Новотроицк. 2007. 10 апр.

А.А. Серова, Е.А. Волкова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме очистки сточных вод от тяжелых металлов. Рассмотрена сравнительная характеристика методов очистки сточных вод от тяжелых металлов. Особое внимание уделено биосорбционному фильтрованию на природных цеолитах, которое используется для интенсификации биологической очистки промышленных сточных вод.*

Ключевые слова: *сточные воды, биосорбционная очистка, тяжелые металлы, биотехнологии.*

Предприятия горно-металлургической отрасли способствуют повышению объема образующихся сточных вод из-за увеличения темпов производства. Сточные воды, сбрасываемые в водоемы, даже после предварительной очистки являются основным источником загрязнения поверхностных водоемов, что приводит к значительным изменениям качества поверхностных вод. Поэтому вопросы очистки сточных вод являются актуальными, особенно в регионах, где в породах, воде содержится избыточное количество тяжелых металлов, находящихся в растворенной форме. Это требует разработки способов, основанных на усовершенствовании существующих технологий.

Анализ многочисленных литературных источников позволил выявить множество методов, способных обезвреживать соединения тяжелых металлов.

Метод низкотемпературной цементации предусматривает вовлечение шлама, высушенного физическими или химическими методами, в состав асфальтобетонных смесей в качестве минерального наполнителя. Метод высокотемпературной цементации основан на использовании влажного шлама в составе глинистого сырья с последующим высокотемпературным обжигом и получением керамзита. Термогравиметрические исследования некоторых авторов показали, что гидроксиды тяжелых металлов при высокотемпературном воздействии превращаются в нерастворимые оксиды, а соосажденные с гидроксидом железа гидроксиды металлов образуют ферриты. Характер поведения шлама при температурном воздействии свидетельствует о том, что он может быть эффективной вспучивающей добавкой в составе керамзита.

Сорбционное извлечение металлов из сточных вод получило достаточно широкое распространение вследствие высокой эффективности и отсутствия вторичных загрязнений. Сорбционные материалы поглощают

из водных растворов металлы практически до любых остаточных концентраций [3].

При адсорбции загрязнений, содержащихся в сточных водах, имеют место три процесса: внешняя диффузия молекул из жидкой фазы к поверхности адсорбента, осуществляемая за счет броуновской диффузии или перемешивании жидкости за счет турбулентной диффузии; внутренняя диффузия молекул по макропорам к поверхности микропор, скорость которой определяется строением адсорбента и размером молекул сорбируемого вещества; собственно адсорбция молекул растворенного вещества. При адсорбции играют роль как физические, так и химические взаимодействия между адсорбентом и адсорбируемым веществом [1].

Биосорбционное фильтрование на природных цеолитах или других сорбентах используется для интенсификации биологической очистки промышленных сточных вод [2]. Сорбция тяжелых металлов из растворов с применением биотехнологий – интенсивно развивающаяся область исследований [4].

Среди природных минералов особое внимание уделяется цеолиту, что связано с его широкой распространенностью и экономической целесообразностью технологического применения. Нагревание природных цеолитов до 700°C увеличивает удельную поверхность и улучшает их сорбционные свойства. Для получения прочных и водостойких материалов из природных цеолитов их нагревают в печах с хлоридом и карбонатом натрия при 1000°C. Если нагревание исходных материалов вести быстро, то они вспениваются, в результате чего объем и пористость увеличиваются в 5–20 раз.

Сравнительное изучение различных способов очистки сточных вод позволит в дальнейшем разработать схему дополнительной очистки от ионов тяжелых металлов (в частности, марганца (II) и железа (III)).

Список литературы

1. Алыков Н.М., Павлова А.В., Нгуэн Кхань Зуй. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 4. С. 17–20.
2. Дашибалова Л.Д. Интенсификация биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием биосорбционного фильтрования на природных цеолитах: автореф. дис...канд. техн. наук. Иркутск, 2000. 24 с.
3. Чиркст Д.Э. Сорбция железа (2+) железомарганцевыми конкрециями // Журнал прикладной химии. 2005. Т. 78. Вып. 4. С. 599–605.
4. Akhtar N., Iqbal M., Zafar S., Iqbal J. Biosorption characteristics of unicellular green alga *Chlorella sorokiniana* immobilized in loofa sponge for removal of Cr(III) // J. Environ. Sci. 2008. V. 20. P. 231–39.

Е.С. Махоткина, М.В. Шубина

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ШЛАКА ПРОЦЕССА ITmk3 ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ

Аннотация. Рассмотрено влияние температуры обжига, добавки окислителей, количества щелочных добавок, температуры и длительности выщелачивания на степень извлечения ванадия из шлака процесса ITmk3. Анализ экспериментальных образцов на содержание ванадия проводился способом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на энергодисперсионном спектрометре «ARL QUANT X».

Ключевые слова: степень извлечения ванадия, шлак процесса ITmk3, выщелачивание, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, щелочные добавки, обжиг.

В настоящее время для получения ванадия значительно возрастает роль техногенного сырья, в частности шлаков металлургического производства. Совершенствование способов извлечения ванадия из шлаков является актуальной задачей для отечественного производителя, поскольку позволяет решать проблемы утилизации отходов, комплексной переработки сырья и экологической безопасности производства.

В связи с этим, в ФГБОУ ВПО «МГТУ» исследовали шлаки полупромышленного процесса прямого получения металла из титаномагнетитового сырья по технологии ITmk3. В результате серии экспериментов по извлечению ванадия из шлака был выбран метод его высокотемпературного обжига с карбонатом натрия с дальнейшей обработкой плава водой [1, 2]. Анализ экспериментальных образцов на содержание ванадия проводился способом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на энергодисперсионном спектрометре «ARL QUANT X».

Целью дальнейших исследований являлось повышение степени извлечения ванадия. При этом решались следующие задачи:

- изучить влияние температуры обжига на степень извлечения ванадия;
- определить влияние окислителей;
- провести исследование влияния количества щелочных добавок;
- выявить влияние температуры и длительности выщелачивания.

С. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Согласно рез °С
привело к резкому снижению степени извлечения ванадия. Это связано, по-видимому, с тем, что при данной температуре и длительности обжига

образовались монолитные массы вещества, составляющие в среднем 70 – 80% от общей массы спекаемого материала. Процесс выщелачивания значительно усложнился, извлечение ванадия составило всего около 1%. При более низких температурах обжигаемый материал изменился незначительно, поэтому дальнейшие исследования проводились с образцами, прошедшими обжиг при 950°C.

Таблица 1

Зависимость степени извлечения ванадия от температуры обжига

Образец		С	Степень извлечения ванадия, %	
№	Состав			ср.
1	5 г шл. + 5г щ.д.	700	13,0	13,90
2	5 г шл. + 5г щ.д.	700	14,8	
3	5 г шл. + 5г щ.д.	930	31,2	30,85
4	5 г шл. + 5г щ.д.	930	30,5	
5	5 г шл. + 5г щ.д.	950	31,5	30,60
6	5 г шл. + 5г щ.д.	950	29,7	
7	5 г шл. + 5г щ.д.	1100	0,4	0,85
8	5 г шл. + 5г щ.д.	1100	1,3	

Ванадий в шлаках входит в состав шпинелей (шпинелидов – V^{+3}) и пи-роксенов (в состав пироксенов входят молекулы CaV_2SiO_6) [3]. В целом шпинелиды связывают от 84 до 91 мас. % ванадия (в зависимости от вида шлака – мартеновского или конвертерного). Причем состав ванадиевого шпинелида является переменным, усложняясь присутствием в нем оксидов хрома и титана (в исследуемых шлаках содержание оксида титана (IV) составляет 17,1 -21,0%). Известно, что для перевода ванадия (III) в ванадий (V) используют высокотемпературный обжиг с ростом кислорода в газовой фазе. В лабораторных условиях не имелось возможности увеличения количества кислорода, поэтому в качестве окислителей были использованы перманганат калия и оксид марганца (IV), которые вводились в состав смеси до обжига. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Согласно данным добавка окислителя (в разных количествах) не привела к увеличению степени извлечения ванадия.

Результаты исследования влияния количества щелочных добавок на степень извлечения ванадия отражена в табл. 3.

Таблица 2

Зависимость степени извлечения ванадия от количества окислительной добавки

Образец		С	Степень извлечения ванадия, %	
№	состав			ср.
1	5 г шл. + 5 г щ.д.	950	31,2	30,45
2	5 г шл.+ 5 г щ.д.		29,7	
3	5 г шл. + 5 г щ.д. + 1 г $KMnO_4$	950	30,5	30,95
4	5 г шл. + 5 г щ.д.+ 1г $KMnO_4$		31,4	
5	5 г шл. + 5 г щ.д. + 1 г MnO_2	950	32,7	32,25
6	5 г шл. + 5 г щ.д.+ 1г MnO_2		31,8	
7	5 г шл. + 5 г щ.д. + 2 г MnO_2	950	26,5	26,9
8	5 г шл. + 5 г щ.д.+ 2 г MnO_2		27,3	
9	5 г шл. + 5 г щ.д. + 3 г MnO_2	950	29,2	29,65
10	5 г шл. + 5 г щ.д.+ 3 г MnO_2		30,1	

Таблица 3

Влияние количества щелочных добавок на степень извлечения ванадия

Образец		Степень извлечения ванадия, %
№	Состав	
1	5 г шл.+ 1,25 г щ.д.	9,1
2	5 г шл.+ 1,25 г щ.д.	8,9
3	5 г шл.+ 2,5 г.щ.д.	15,9
4	5 г шл.+ 2,5 г.щ.д.	17,8
5	5 г шл.+ 2,5 г.щ.д. + 1 г MnO_2	23,6
6	5 г шл.+ 5 г щ.д.	30,1
7	5 г шл.+ 5 г щ.д.	29,7

Уменьшение количества соды при обжиге приводит к значительному снижению степени извлечения ванадия (с 30 до 9% при снижении соотношения с 1:1 до 1:0,25). Вместе с тем присутствие окислителя в условиях пониженного содержания щелочной добавки полностью компенсирует ее недостаток, увеличивая извлечение ванадия с 16–17 почти до 24%.

Повышение температуры (с 50 до 80–90°C) и увеличение времени выщелачивания так же не привело к ожидаемому росту результатов извлечения ванадия.

Таким образом, проведенные исследования позволяют предположить, что часть ванадия, содержащегося в шлаках технологии ITmk3, входит в состав минералов, которые при температурах обжига остаются без изменения (например, пироксен). Учитывая химический состав ис-

следуемых шлаков (табл. 4), особенно низкое содержание в нем оксида ванадия (V), значительное количество SiO₂ (22,5–26,3%) и опираясь на исследования в области окисления ванадиевых шлаков, можно предпо-

С начинается реакция между силикатом и ванадием, в результате чего последний переходит в нерастворимую форму [3]. Согласно данным исследований ряда авторов, ванадий связан химически в стекловидной фазе, а не захватывается ею механически. Стекловидная фаза – это соединение, содержащее Na₂O, VO₂ и SiO₂. Для дальнейших поисков успешного извлечения ванадия из данного вида шлаков необходимы данные минералогического состава шлака.

Таблица 4

Химический состав шлака процесса ITmk3

Массовая доля, %							
Fe	V ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	SiO ₂	S	Al ₂ O ₃	MgO
22,6-24,8	1,02-1,2	17,1-21,0	7,55-10,2	22,5-26,3	0,164-0,214	2,1-16,2	3,4-5,93

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- температура обжига, обеспечивающая наибольшую степень извлечения ванадия, составила 930–950 С;
- положительное влияние окислителя проявляется только в условиях снижения содержания щелочных добавок;
- снижение содержания щелочных добавок отрицательно влияет на степень извлечения ванадия из шлака; наилучшие результаты получены при массовом соотношении шлака и Na₂CO₃ 1 : 1;
- увеличение температуры и длительности выщелачивания не оказывает существенного влияния на степень извлечения ванадия.

Список литературы

1. Махоткина Е.С., Шубина М.В. Извлечение ванадия из шлака процесса ITmk3 // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегион. науч.-техн. конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Т.1. С.169 – 172.
2. Шубина М.В., Махоткина Е.С. Исследование возможности извлечения ванадия из шлаков переработки титаномагнетитов // Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1 (13). С. 75 – 76.
3. Окисление ванадиевых шлаков / Ватолин Н.А., Молева Н.Г., Волкова П.И., Сапожникова Т.В. М.: Наука, 1978. 153 с.

В.Д. Черчинцев, О.Ф. Дробный, В.С. Волков

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ЗОН ОХЛАЖДЕНИЯ, ДРОБЛЕНИЯ И ГРОХОЧЕНИЯ АГЛОМЕРАТА В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ АГЛОФАБРИКИ №4 ОАО «ММК»

***Аннотация.** В статье изложены результаты совместных исследований, проведенных специалистами ОАО «ММК» и ФГБОУ ВПО «МГТУ», по разработке предложений, положенных в основу технического задания на составление проекта реконструкции аспирационных систем хвостовых частей агломашин аглофабрики №4 ОАО «ММК».*

***Ключевые слова:** аспирационные системы, электрофильтры, зоны охлаждения, дробилки, грохота.*

Агломерационная фабрика №4, входящая в состав горно-обогатительного производства ОАО «ММК» и сданная в эксплуатацию в 1963 году, в качестве основных технологических агрегатов использует агломашины №№14-17 типа К-3-75 с удлиненными зонами охлаждения. С целью выполнения Экологической программы ОАО «ММК» и приказа №ВР-89 от 01.03.2011 г. принято решение в качестве первого этапа работ по снижению выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду этой фабрикой осуществить реконструкцию системы аспирации и пылеулавливания зон охлаждения, дробления и грохочения указанных агломашин [1].

Химический состав пыли в местах интенсивного пылевыделения зависит от состава агломерационной шихты и содержит: 40–50% железа и его оксидов; 9–15% оксида кремния; 7–12% оксида кальция; 5–6% углерода; 2–8% глинозема; 0,5–1,5% оксида магния и небольшое количество других соединений. Плотность пыли составляет 3,8–4,0 г/см³. В табл. 1 представлен дисперсный состав пыли, отводимой от зон охлаждения агломашин.

Таблица 1

Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	>40	40-30	30-20	20-10	10-5	5-0
Содержание в газе, % (по массе)	71	5,0	5,5	7,5	7,5	3,0

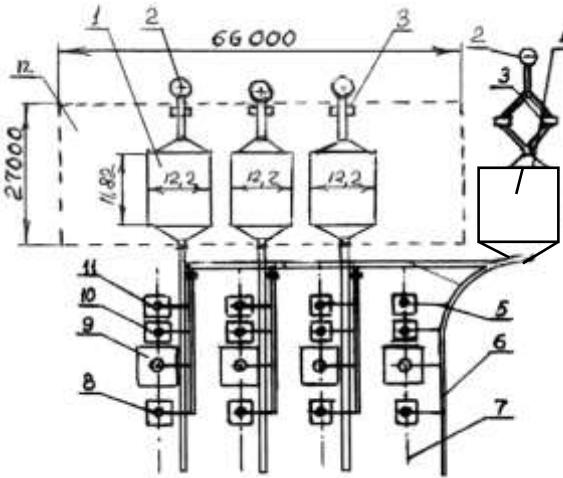
Из этих данных следует, что медианный диаметр пыли составляет $d_m = 65$ мкм, а дисперсия распределения частиц по размерам – $\sigma_q = 3,9$. Запыленность пылегазовоздушной смеси изменяется от 10 до 15 г/нм³. В табл. 2 представлены значения удельного электрического сопротивления этой пыли при различных температурах пылегазовоздушной смеси.

Таблица 2

Удельное электрическое сопротивление пыли,
отводимой от зон охлаждения

Температура, ПГВС Т, °С	20	50	100	150	200
УЭС пыли, Ом · м	$1,9 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3,8 \cdot 10$	$0,6 \cdot 10^7$

Приведенная выше характеристика пыли, отводимой от хвостовых частей агломашиной аглофабрики №4, дает основание рекомендовать для ее улавливания электрофильтры [2]. На рисунке приведена принципиальная схема системы аспирации и пылеулавливания зон охлаждения узлов дробления и грохочения хвостовых частей агломашиной, позволяющая провести работы по реконструкции действующей системы аспирации без остановки фабрики и при минимальном снижении производства агломерата на период реконструкции.



Принципиальная схема рекомендуемой системы аспирации зон охлаждения, узлов дробления и грохочения агломашиной №15–17 аглофабрики №4 ГОП ОАО «ММК»:

- 1 – электрофильтры агломашиной №15–17; 2 – трубы выбросов очищенных аглогазов в атмосферу; 3 – дымососы; 4 – электрофильтр агломашиной №14; 5 – газоходы отвода пылегазовоздушных смесей, аспирируемых от локальных источников пылевыделения; 6 – газоходы отвода газов от зон охлаждения агломашиной; 7 – оси агломашиной № 14–17 (справа налево); 8 – укрытия валковых дробилок; 9 – укрытия стационарных грохотов; 10 – укрытия верхних вибрационных грохотов; 11 – укрытия нижних вибрационных грохотов; 12 – отделение дымососов; 13 – сборный газоход

С этой целью для улавливания пыли, отводимой от хвостовых частей агломашины №14, на свободной промплощадке аглофабрики №4 предлагается смонтировать электрофильтр ЭГБВ1-64-9-6-3. Затем демонтировать батарейные циклоны, установленные за агломашинами №14–17 и на освободившихся площадях смонтировать электрофильтры ЭГА1-40-9-6-2. В качестве побудителей тяги аспирационной системы агломашины №14 применить два дымососа типа ГД26 х 2, используя один из них в качестве рабочего, а другой в качестве резервного. В качестве побудителей тяги аспирационных систем агломашин №15–17 применить дымососы типа Д21,5-2 с установкой по одному дымососу за каждым электрофильтром.

Список литературы

1. Drobny O.F., Chercintsev V.D. Development and implementation of measures to improve environmental situation within Magnitogorsk industrial HUB // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5. С.74-78.
2. Черчинцев В.Д., Гусев А.М., Дробный О.Ф. Способы и средства снижения техногенного воздействия агломерационного производства ОАО «ММК» на экосистему Магнитогорского промышленного узла // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. №2. С.25-29.
3. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. и др. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.

Сведения об авторах

- Абдрахманов Роберт Назымович** – канд. техн. наук, ст. науч. сотр, инженер-исследователь каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail RobertAbdrakhmanov@yandex.ru, 262, 267
- Авдиенко Андрей Владимирович** – заместитель директора по производству ЗАО Магнитогорский завод прокатных валков, 97
- Айдарханов Арман Маратович** – канд. техн. наук, зав. каф. транспорта и технологических машин Рудненского индустриального института, Казахстан. E-mail aidarkhanov@rambler.ru, 61
- Алексеев Даниил Юрьевич** – студ. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail Danon369@gmail.com, 157
- Андросенко Мария Владимировна** – ст. преп. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 177
- Анцупов Александр Викторович** – канд. техн. наук, доц. каф. технологий машиностроения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298519. E-mail antsupov.alexander@gmail.com, 65
- Анцупов Алексей Викторович** – канд. техн. наук, доц. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298507. E-mail a.antsupov@gmail.com, 65
- Анцупов Виктор Петрович** – д-р техн. наук, проф. кафедра проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования, ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298507. E-mail antsupov.vp@gmail.com, 65
- Артюхин Владимир Иванович** – канд. техн. наук, главный конструктор ЗАО НПО БелМаг, 251
- Асабина Елена Александровна** – магистрант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail lenochka1384@mail.ru, 79
- Афонин Игорь Александрович** – ст. преп. каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298488, 298462. E-mail eco_safe@magtu.ru, 271
- Ахметов Арслан Фаритович** – д-р техн. наук, зав. каф. технологии нефти и газа ФГБОУ ВПО НГТУ, г. Уфа, Башкортостан. Тел. 8(3472)431535. E-mail tng@rusoil.net, 22
- Ахметова Альфия Айдаровна** – аспирант каф. литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ruskp06@rambler.ru, 101
- Балакина Наталья Владимировна** – ассистент каф. педагогики и психологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail nataliabalakina@mail.ru, 81

- Барышников Михаил Павлович** – канд. техн. наук, доц. каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 76, 216
- Барышникова Надежда Ивановна** – канд. биол. наук, доц., зав. каф. стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail barunya@mail.ru, 223
- Бегинюк Виталий Александрович** – аспирант каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298430, 169
- Бержная Галина Андреевна** – канд. техн. наук, доц. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298525. E-mail galina_1609@mail.ru, 157
- Бодьян Любовь Анатольевна** – канд. пед. наук, доц. каф. химии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail bodyan_n@mail.ru, 225
- Бойко Артем Борисович** – инженер-технолог ЗАО Магнитогорский завод прокатных валков. E-mail boyko.ab@mail.ru, 97
- Бурмистров Алексей Иванович** – лаборант каф. технологии машиностроения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail melnik-29@mail.ru, 109, 121
- Бурмистрова Евгения Александровна** – аспирант каф. машиностроительных и металлургических технологий. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail melnik-29@mail.ru, 109, 121
- Волков Владимир Васильевич** – студ. гр. 150106-08-1 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail Vladimir-990@mail.ru, 209
- Волков Владимир Семенович** – менеджер лаборатории охраны окружающей среды ОАО Магнитогорский металлургический комбинат, 283
- Волкова Елена Алекседровна** – канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298462. А. E-mail valena.dom@rambler.ru, 277
- Ворсин Виктор Сергеевич** – студ. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail vorsyanka@mail.ru, 237
- Габбасов Булат Маратович** – канд. техн. наук, доц. каф. горных машин и транспортно-технологические комплексов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университете им. Г.И. Носова. E-mail bulatg74@mail.ru, 36
- Горлова Ольга Евгеньевна** – канд. техн. наук, доц. каф. обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail gorlova_o_e@mail.ru, 3
- Горячих Владимир Дмитриевич** – аспирант каф. горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail vovka_zmey88@mail.ru, 18

- Губарев Евгений Владимирович** – ассистент каф. физики ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 214
- Гуденко Дмитрий Анатольевич** – студ. гр. ТМБ-09 каф. металлургии и стандартизации ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Белорецкий филиал.
E-mail gud-dmitrii@mail.ru, 69
- Гулин Александр Евгеньевич** – аспирант каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298481.
E-mail walter_chel@mail.ru, 149
- Гун Игорь Геннадьевич** – д-р техн. наук, проф. каф. технологий, сертификации и сервиса автомобилей ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail goun@belmag.ru, 251, 254
- Гусев Павел Сергеевич** – студ. 3 курса НФ НИТУ МИСиС.
E-mail priora71193@mail.ru, 273
- Гущин Дмитрий Николаевич** – аспирант каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail sun-dima@yandex.ru, 105
- Гушина Марина Скргеевна** – аспирант каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail marina.mgn.89@mail.ru, 161
- Дема Роман Рафаэлевич** – канд. техн. наук, доц. каф. машин и технологий обработки давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298492.
E-mail demarr78@mail.ru, 136
- Денисов Сергей Владимирович** – д-р техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298525.
E-mail DenisovSerVI@yandex.ru, 157
- Долматова Ирина Александровна** – канд. с.-х. наук, доц. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail dl.alina@rambler.ru, 229, 233
- Дробный Олег Федорович** – канд. техн. наук, начальник лаборатории охраны окружающей среды ОАО Магнитогорский металлургический комбинат.
Тел. 8(3519)247983. E-mail drobny@mmk.ru, 283
- Дружков Виталий Гаврилович** – канд. техн. наук, доц. каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 92, 185
- Дубровский Владислав Владимирович** – канд. физ.-мат. наук, доц. каф. математики ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)348149, 6
- Дусмухамбетова Диана Сагандыковна** – студ. 3 курса НФ НИТУ МИСиС.
E-mail diana.d.s@mail.ru, 273
- Егизарьян Денис Константинович** – инженер-исследователь лаборатории пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург.
Тел. 8(343) 2329019. E-mail avari@mail.ru, 125, 180

- Еремин Александр Ярославович** – канд. техн. наук, доц, зав. углекоксовым отделением ОАО Восточный научно-исследовательский углехимический институт (ОАО ВУХИН), г. Екатеринбург. E-mail ukovuhin@mail.ru, 22
- Ефимова Юлия Юрьевна** – канд. техн. наук, доц. каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail jefimova78@mail.ru, 76, 216
- Ефремова Марина Викторовна** – магистр гр. ММТОМм ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 165
- Железков Олег Сергеевич** – д-р техн. наук, проф. каф. теоретической механики и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298427, 147
- Жеребцов Максим Сергеевич** – аспирант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail Max777slavasha@mail.ru, 76, 216
- Жиркин Юрий Васильевич** – канд. техн. наук, доц. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail girkin@yandex.ru, 214
- Завалицин Александр Николаевич** – д-р. техн. наук, проф. каф. литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail Zaval1313@Mail.Ru, 165
- Зайцева Татьяна Николаевна** – канд. биол. наук, доц. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail tatyananick@mail.ru, 229, 233
- Закирова Дилара Рамилевна** – студ. гр. ТПП-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail dilara.zakirova@mail.ru, 223
- Иванов Максим Николаевич** – студ. гр. КАС-09 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 136
- Иванова Галина Дмитриевна** – студ. гр. ТППб-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail galka_umi_list@list.ru, 229
- Иванцов Артем Борисович** – канд. техн. наук, доц. каф. металлургии и стандартизации ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Белорецкий филиал.
E-mail art.belor@yandex.ru, 69
- Исупов Юрий Данилович** – начальник патентного бюро технического управления ОАО ЕВРАЗ НТМК. E-mail Yury.Isupov@evraz.com, 219
- Ишимов Алексей Сергеевич** – аспирант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail ttsoprano.a@gmail.com, 76, 216
- Кадошников Владимир Иванович** – канд. техн. наук, проф, каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 177

- Кадошникова Ирина Дмитриевна** – доц. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail kvi-51@mail.ru, 177
- Калмыков Вячеслав Николаевич** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298461. E-mail rgrmpri@magtu.ru, 10
- Клебан Оксана Ивановна** – студ. гр. ГФ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 3
- Климов Юрий Иванович** – д-р техн. наук, проф. каф. САПР Карагандинского государственного технического университета, Казахстан.
E-mail aidarkhanov@rambler.ru, 61
- Клочковский Станислав Павлович** – канд. хим. наук, доц. каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова.
E-mail klochkovskiy37@mail.ru, 267
- Кобелькова Елена Владимировна** – ассистент каф. математики ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298524. E-mail majjor0767@mail.ru, 15
- Кожевникова Елена Васильевна** – инженер ИТЦ Аусфер, 165
- Колесник Антон Сергеевич** – оператор поста управления цеха ЛПЦ 8 ОАО Магнитогорский металлургический комбинат, 113
- Колокольцев Валерий Михайлович** – д-р техн. наук, проф., ректор ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298402, 101
- Кольга Анатолий Дмитриевич** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298545. E-mail kad-55@magtu.ru, 18
- Конашков Виктор Васильевич** – канд. техн. наук, доц. Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург. Тел. 8(343)2329094. E-mail vvk17@e1.ru, 125
- Константинов Дмитрий Вячеславович** – ведущий специалист по вопросам международных научных исследовательских проектов Управления по международной деятельности, аспирант каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail const_dimon@mail.ru, 117
- Коробова Нелли Леонидовна** – д-р биол. наук, проф. каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 237
- Корчунов Алексей Георгиевич** – д-р техн. наук, проф., проректор по международной деятельности ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail agkorchnov@mail.ru.
Тел. 8(3519)298409, 117
- Кошкарлов Василий Евгеньевич** – аспирант. каф. технологии нефти и газа ФГБОУ ВПО НГТУ, г. Уфа, Башкортостан. E-mail snntp_nauka@list.ru, 22

- Красноперова Ирина Александровна** – магистрант каф. технологии машиностроения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail irikasan@mail.ru, 121
- Кречина Светлана Вадимовна** – студ. гр. ГФ-09 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail svekre4ina@mail.ru, 3
- Круглякова Мария Юрьевна** – студ. гр. ГФ-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mkruglyakova@mail.ru, 55
- Кузнецов Дмитрий Михайлович** – студ. гр. СБ-12-2 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298430. 169, 173
- Кузьмин Алексей Викторович** – студ. Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС. E-mail kolanoc18@mail.ru, 143
- Кургузов Сергей Анатольевич** – канд. техн. наук, доц. каф. технологии машиностроения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ksaask@mail.ru, 109, 121
- Лалин Максим Владимирович** – стажер-исследователь лаборатории пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург. Тел. 8(343)2329094. E-mail max2046@yandex.ru, 125, 128
- Леонтьева Елена Вячеславовна** – аспирант каф. химии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, старший эксперт МО ЭКЦ ГУ МВД РФ по Челябинской обл, г. Магнитогорск. E-mail lena.leontyeva.64@mail.ru, 239
- Лешер Ольга Вениаминовна** – д-р пед. наук, проф., зав. каф. педагогики и психологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298499, 79, 81
- Лисичкин Дмитрий Владимирович** – инженер-технолог ЗАО Магнитогорский завод прокатных валков, 97
- Лосева Надежда Андреевна** – ассистент каф. математики ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298524. E-mail maijor0767@mail.ru, 15
- Лысенин Александр Викторович** – аспирант каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298481. E-mail Pak6393@yandex.ru, 132
- Мажитов Артур Маратович** – канд. техн. наук, ст. преп. каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298466. E-mail artur.mazhitov@yandex.ru, 47
- Макаренко Ирина Васильевна** – магистр гр. ММТОМм ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 165
- Макарова Ирина Владимировна** – канд. техн. наук, доц. каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail m.irina1976@mail.ru, 185
- Малаканов Сергей Александрович** – канд. техн. наук, ст. преп. каф. теоретической механики и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО

- Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298427, 147
- Малашкин Сергей Олегович** – студ. гр. ТТ-09 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И.Носова.
E-mail malashckin.serzh@yandex.ru, 193
- Малов Алексей Михайлович** – магистрант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 26
- Малова Евгения Николаевна** – студ. гр. ТСПб-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail evgeniyamalova2012@yandex.ru, 233
- Мальцева Елена Владимировна** – ст. преп. каф. маркшейдерского дела и геологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail e.malseva@mail.ru, 28
- Махоткина Елена Станиславовна** – канд. техн. наук, доц. каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 279
- Медяник Надежда Леонидовна** – д-р техн. наук, проф, зав. каф. химии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 239
- Мельник Артем Анатольевич** – студ. гр. ГКП-12 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail artem-melnik@mail.ru, 85
- Метелкин Анатолий Алексеевич** – ассистент каф. металлургии железа и сплавов Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (филиал - Нижнетагильский технологический институт).
Тел. 8(343)2679715. E-mail anatoliy82@list.ru, 180
- Меченко Никита Павлович** – магистрант каф. горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail nikitapalych@mail.ru, 18
- Миникаев Самат Ринатович** – студ. гр. МЧМБ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
Тел. 8(3519)298430, 105, 169, 173
- Миникаева Зарина Ринатовна** – студ. гр. МЧ-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 105
- Мироненков Евгений Иванович** – канд. техн. наук, доц. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail emironenkov@yandex.ru, 214
- Михайлицын Сергей Васильевич** – канд. техн. наук, доц. каф. машин и технологий обработки давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298492. E-mail svmikhailitsyn@mail.ru, 136
- Михайловский Игорь Александрович** – д-р техн. наук, доц, проф. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail i-mikhailovsky@yandex.ru, 243
- Моллер Александр Борисович** – д-р техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический

- университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298570.
E-mail moller@hotmail.ru, 139
- Молочкова Ольга Сергеевна** – канд. техн. наук, ст. преп. каф. литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail opetrochenko@mail.ru, 101
- Мубаряков Ринат Сайфитдинович** – студ. гр. ГФ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail salomon_mag@mail.ru, 39
- Мухаметзянов Ильдар Шамилевич** – аспирант каф. теоретической механики и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 147
- Насыров Тимур Мухтасарович** – магистрант каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail tim-urg@mail.ru, 185
- Некрасов Илья Владимирович** – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург.
Тел. 8(343)2329019. E-mail ivn84@bk.ru, 125, 128, 180
- Нефедов Андрей Викторович** – канд. пед. наук, зав. каф. оборудования металлургических предприятий Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС.
E-mail cosnovotr@rambler.ru, 143
- Нефедова Евгения Викторовна** – канд. пед. наук, доц. каф. математики и естествознания Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС.
E-mail russkisever@rambler.ru, 273
- Никитина Елена Викторовна** – студ. гр. МГУ-09 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова.
E-mail nikitina_lena89@bk.ru, 28
- Новосёлов Артём Эдуардович** – студ. гр. ТО-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова.
E-mail novoselovartem@mail.ru, 113
- Овсов Алексей Михайлович** – соискатель каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298507. E-mail ants@mgn.ru, 65
- Овчинникова Елена Владимировна** – инженер каф. металлургических технологий Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС.
E-mail elenka.ov4innikova@yandex.ru, 88
- Овчинникова Любовь Андреевна** – канд. хим. наук, ст. науч. сотр. лаборатории пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург.
Тел. 8(343)2329005. E-mail ferro1960@mail.ru, 128
- Оншин Николай Викторович** – канд. техн. наук. E-mail onshin@mail.ru, 198
- Осинцев Никита Анатольевич** – доц. каф. промышленного транспорта ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail osintsev@magtu.ru, 57
- Павелин Артем Вячеславович** – студ. гр. ГФ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail artpavelin@gmail.com, 39

- Пакшинцев Евгений Андреевич** – подручный сталевара КЦ №1 ОАО ЕВРАЗ НТМК. E-mail pakshincev@yandex.ru, 219
- Песин Александр Моисеевич** – д-р техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail pesin@bk.ru, 113
- Пестерев Денис Андреевич** – соискатель ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail pesterev@belmag.ru, 243
- Петров Игорь Михайлович** – ассистент каф. металлургии и стандартизации ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Белорецкий филиал. E-mail petrov.mgtu@gmail.com, 73
- Петрова Ольга Викторовна** – канд. техн. наук, доц. каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298466. E-mail rmpri@magtu.ru, 10
- Петроченко Елена Васильевна** – д-р техн. наук, проф. каф. литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail evp3738@mail.ru, 101
- Петухов Василий Николаевич** – д-р техн. наук, проф. каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail chief.petuhov2013@yandex.ru, 247
- Полецков Павел Петрович** – д-р техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail pavel_poletskov@mail.ru, 157, 161
- Полякова Марина Андреевна** – канд. техн. наук, доц. каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298481. E-mail m.polyakova-64@mail.ru, 149
- Поляруш Илья Вячеславович** – студ. гр. ГКП-12 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 85
- Пономарев Антон Павлович** – ст. преп. каф. химии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail antonpon@mail.ru, 258
- Прач Мария Дмитриевна** – студ. гр. ТУБ-12 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail manyuta-p@mail.ru, 225
- Пустовойтов Денис Олегович** – канд. техн. наук, доц, преп. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail pustovoitov_den@mail.ru, 113
- Радомская Инна Вячеславовна** – студ. гр. ММСМ-13 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 198
- Рахимов Зуфар Рафисович** – и.о. доц. каф. транспорта и технологических машин РГП ПХВ Рудненский индустриальный институт, канд. техн. наук.
E-mail rakhimov.zufar@mail.ru, 32

- Рева Николай Владимирович** – студ. гр. МХТ-09 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 247
- Ровнейко Дарья Викторовна** – студ. гр. МБЖБ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail eco_safe@magtu.ru, 271
- Румянцев Михаил Игоревич** – канд. техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mihigrum@mail.ru, 153
- Рыбаков Александр Николаевич** – магистрант гр. ГТМм-13 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университете им. Г.И. Носова. E-mail rokr_91@mail.ru, 36
- Савченко Илья Андреевич** – аспирант каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail savchenkoilya@mail.ru, 267
- Салганик Виктор Матвеевич** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298506. E-mail chikishev_denis@mail.ru, 157, 161
- Сапожникова Татьяна Всеволодовна** – канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотр. лаборатории пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург. Тел. 8(343)2329065. E-mail ferro1960@mail.ru, 128, 180
- Саранча Сергей Юрьевич** – науч. сотр. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 139
- Свердлик Михаил Константинович** – аспирант каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail mikhail-sverdlik@hotmail.com, 113
- Сединкина Наталья Анатольевна** – канд. техн. наук, ст. преп. каф. обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298555. E-mail magnetyt@mail.ru, 39
- Селезнёв Олег Евгеньевич** – студ. гр. ГКП-12 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail olegseleznyov@mail.ru, 85
- Серова Анна Андреевна** – аспирант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail anet28061989@rambler.ru, 277
- Сибгатуллин Салават Камилевич** – д-р техн наук, проф. каф металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298430. E-mail 10tk@mail.ru, 105, 169, 173
- Сибгатуллина Эльвина Фанилевна** – студ. гр. ГФ-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 55
- Симонов Павел Семенович** – канд. техн. наук, доц. каф. открытой разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)29-85-56. E-mail rgpv-mg@mail.ru, 43

- Слепцов Олег Викторович** – студ. гр. 130408-08 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail slepoleg@mail.ru, 43
- Смирнов Алексей Вячеславович** – аспирант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail alexey.smirnov@belmag.ru, 251
- Смирнов Андрей Николаевич** – д-р техн. наук, зав. каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail sman@magtu.ru, 267
- Смирнов Артем Вячеславович** – аспирант ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail artem.smirnov@belmag.ru, 254
- Смирнова Татьяна Викторовна** – аспирант каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова МПК.
E-mail tomas-cat-86@mail.ru, 202
- Стебляноко Валерий Леонтьевич** – д-р техн. наук, проф. каф. химии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail v.steblyanko@mail.ru, 258
- Стеканов Павел Александрович** – аспирант каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298525.
E-mail stekgroup@mail.ru, 157
- Столяров Александр Михайлович** – д-р техн. наук, проф. каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298449. E-mail mcm@magtu.ru, 205
- Столяров Алексей Юрьевич** – канд. техн. наук, главный технолог ОАО Специальные технологии. E-mail ays@special-teh.ru, 193
- Столярова Марина Сергеевна** – студ. гр. КЕ-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 177
- Субботин Владислав Владимирович** – аспирант каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail vladsbotin@yandex.ru, 247
- Сысоев Виктор Иванович** – лаборант каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail learysys@yandex.ru, 262
- Сычков Александр Борисович** – д-р техн. наук, проф. каф. литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И.Носова.
E-mail absyckov@mail.ru, 193
- Точилкин Василий Викторович** – магистрант гр. ГТМм-13 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail toch56@mail.ru, 189
- Тулубаева Махаббат Файзулаевна** – аспирант каф. открытой разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8(3519)298540. E-mail monika_174@mail.ru, 47

- Тютеряков Наиль Шаукатович** – канд. техн. наук, доц. каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail ntc.mgtu@mail.ru, 198
- Федорина Анна Владимировна** – студ. гр. ГТБ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail anyuta.fedorina@yandex.ru, 51
- Филатов Анатолий Михайлович** – канд. техн. наук, доц. каф. горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail filat50@mail.ru, 189
- Харитонов Вениамин Александрович** – канд. техн. наук, проф. каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 73, 202
- Харченко Александр Сергеевич** – канд. техн. наук, доц. каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298430.
E-mail as.mgtu@mail.ru, 169, 173
- Хисаметдинова Динара Наилевна** – студ. гр. ГФ-11 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail dinara0819@mail.ru, 39
- Цыбров Сергей Васильевич** – д-р техн. наук, директор ЗАО Магнитогорский завод прокатных валков, 97
- Цыганов Александр Владимирович** – канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail Tsyganov_av@logintra.ru, 51
- Черчинцев Вячеслав Дмитриевич** – д-р техн. наук, проф. зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298515. E-mail eco_safe@magtu.ru, 283
- Шавакулева Ольга Петровна** – канд. техн. наук, доц. каф. обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298555.
E-mail shavakylevao@yandex.ru, 55
- Шадрин Александр Викторович** – магистрант гр. МТМм-13 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail stalnoytitanic@mail.ru, 189
- Шаманов Александр Николаевич** – главный металлург ОАО Мотовилихинские заводы. Тел. 8(3422)607383. E-mail shamanov_an@mz.perm.ru, 125, 180
- Шаповалов Алексей Николаевич** – канд. техн. наук, доц. каф. металлургических технологий ФГАОУ ВПО Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Новотроицкий филиал. E-mail alshapo@yandex.ru, 88, 205
- Шарлыков Евгений Леонидович** – студ. гр. ТО-10 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail RyBL20@yandex.ru, 113

- Шаронова Анастасия Александровна** – студ. гр. ГТ-11-1 ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail sharonova-nas@mail.ru, 57
- Шевченко Евгений Александрович** – аспирант каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298449. E-mail nfmisis-nis@yandex.ru, 205
- Шекшеев Максим Александрович** – канд. техн. наук, ст. преп. каф. машин и технологий обработки давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298492. E-mail shecsheev@yandex.ru, 136
- Шемшурова Нина Георгиевна** – канд. техн. наук, проф. каф. обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298525. E-mail ybitut85@mail.ru, 209
- Шешуков Олег Юрьевич** – д-р техн. наук, зав. лабораторией пирометаллургии черных металлов ИМЕТ УрО РАН, г Екатеринбург. Тел. 8(343)2679715. E-mail ferro1960@mail.ru, 125, 128, 180
- Ширшов Михаил Юрьевич** – аспирант каф. металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail shirshov1989@mail.ru, 92
- Шубин Игорь Геннадьевич** – канд. техн. наук, доц. каф. машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail shubin65@mail.ru, 109
- Шубина Марианна Вячеславовна** – канд. техн. наук, доц. каф. физической химии и химической технологии ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail shubina_mar@mail.ru, 279
- Юсупов Рустам Радикович** – аспирант каф. проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail bel_rust@list.ru, 214
- Якунина Ирина Александровна** – магистрант каф. технологии машиностроения ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail iryak.82@mail.ru, 121
- Янтурина Юлия Данияровна** – аспирант каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298466. E-mail yanturinayd@mail.ru, 10

СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ТРАНСПОРТА

О.Е. Горлова, С.В. Кречина, О.И. Клебан Исследование обогатимости железосодержащих шламов донных отложений металлургического производства.....	3
В.В. Дубровский (мл.) О восстановлении потенциала по кратным спектрам в обратной задаче спектрального анализа.....	6
В.Н. Калмыков, О.В. Петрова, Ю.Д. Янтурина Обоснование технологических резервов подземной разработки рудных месторождений.....	10
Е.В. Кобелькова, Н.А. Лосева Оценка риска сверхресурсной эксплуатации элементов оборудования промышленных объектов.....	15
А.Д. Кольга, В.Д. Горячих, Н.П. Меченко Возможность применения самоходного роботизированного тележечного конвейера.....	18
В.Е. Кошкаров, А.Ф. Ахметов, А.Я. Еремин Разработка технологий профилактики пылеобразования карьерных автодорог и хвостохранилищ углеводородными эмульсиями.....	22
А.М. Малов Непрерывная диагностика металлоконструкции рукояти экскаваторов типа ЭКГ-5А.....	26
Е.В. Никитина, Е.В. Мальцева Использование современных технологий на уроках географии.....	28
З.Р. Рахимов Оценка устойчивости нагруженных карьерных откосов, сложенных слабыми глинистыми породами.....	32
А.Н. Рыбаков, Б.М. Габбасов Повышение эффективности работы поршневых насосов при откачке шахтного шлама.....	36
Н.А. Сединкина, А.В. Павелин, Д.Н. Хисаметдинова, Р.С. Мубаряков Факторы, влияющие на процесс сухой магнитной сепарации во взвешенном состоянии.....	39

П.С. Симонов, О.В. Слепцов Совершенствование взрывчатых составов на основе эмульсионного взрывчатого вещества ФОРТИС.....	43
М.Ф. Тулубаева, А.М. Мажитов Применение SURPAC в компьютерном моделировании рудных месторождений.....	47
А.В. Цыганов, А.В. Федорина Современное состояние и тенденции развития бесперегрузочных сообщений в РОССИИ и за рубежом.....	51
О.П. Шавакулева, М.Ю. Круглякова, Э.Ф. Сибатуллина Способ доизвлечения железа из железо-ванадиевого концентрата.....	55
А.А. Шаронова, Н.А. Осинцев Исследование спроса на услуги пассажирского железнодорожного транспорта Челябинской области.....	57
Ю.И. Климов, А.М. Айдарханов Моделирование насосно-аккумуляторного привода передвижки крепи.....	61
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАЛООБРАБОТКИ	
А.В. Анцупов (мл.), А.М. Овсов, А.В. Анцупов, В.П. Анцупов Постановка краевой задачи теории надежности валковой системы «кварто».....	65
А.Б. Иванцов, Д.А. Гудзенко Формоизменение риски в очаге деформации при волочении.....	69
В.А. Харитонов, И.М. Петров Методика оценки конкурентоспособности технологических процессов изготовления арматурной стали.....	73
М.С. Жеребцов, А.С. Ишимов, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников Исследование возможностей получения ультрамелкозернистой структуры в сталях с использованием модуля POCKET JAW (сжатие-растяжение) комплекса GLEEBLE 3500.....	76
О.В. Лешер, Е.А. Асабина Экономическая грамотность родителей учащихся школы: когнитивный аспект.....	79
О.В. Лешер, Н.В. Балакина Педагогическая практика как фактор развития профессионально- педагогической направленности студентов педагогических специальностей.....	81

О.Е. Селезнёв, А.А. Мельник, И.В. Поляруш Исследование механической передачи с гибкой стальной лентой в приводах машин	85
А.Н. Шаповалов, Е.В. Овчинникова Совершенствование технологии использования извести в аглопроизводстве в условиях ОАО «Уральская Сталь».....	88
В.Г. Дружков, М.Ю. Ширшов Технологические аспекты использования сард нового поколения на современных доменных печах	92
С.В. Цыбров, А.В. Авдиенко, А.Б. Бойко, Д.В. Лисичкин Особенности структуры и эксплуатационные свойства перспективных материалов рабочего слоя прокатных валков	97
В.М. Колокольцев, Е.В. Петроченко, О.С. Молочкова, А.А. Ахметова Влияние бора на структуру и свойства жароизносостойких белых чугунов	101
С.К. Сибэгатуллин, Д.Н. Гущин, З.Р. Миникаева, С.Р. Миникаев Особенности взаимосвязи содержания железа в агломерате с показателями процесса его производства из магнетитовых и титаномагнетитовых концентратов	105
С.А. Кургузов, И.Г. Шубин, Е.А. Бурмистрова, А.И. Бурмистров Исследование возможности лабораторного моделирования влияния процесса горячей прокатки полос из конструкционных марок сталей на трансформацию поверхностных трещин	109
А.М. Песин, Д.О. Пустовойтов, А.С. Колесник, Е.Л. Шарлыков, А.Э. Новосёлов, М.К. Свездлик Исследование возможности влияния на поперечную деформацию металла при холодной прокатке с помощью создания локальных очагов деформации	113
А.Г. Корчунов, Д.В. Константинов К вопросу воссоздания реального структурно-фазового состава металла при моделировании процессов ОМД.....	117
С.А. Кургузов, Е.А. Бурмистрова, И.В. Якунина, А.И. Бурмистров, И.А. Красноперова Формоизменение дефекта «трещина» при горячей прокатке конструкционных сталей с учетом влияния оборудования. Сообщение 1	121

М.В. Лапин, А.Н. Шаманов, О.Ю. Шешуков, И.В. Некрасов, Д.К. Егизарьян, В.В. Конашков Методика подбора оптимального расхода модификатора на основе выявления склонности расплава к переохлаждению средствами высокотемпературной вискозиметрии	125
М.В. Лапин, О.Ю. Шешуков, И.В. Некрасов, Т.В. Сапожникова, Л.А. Овчинникова Особенности модифицирования расплава смесевыми и чипсовыми ферросплавами	128
А.В. Лысенин Оценка степени неопределенности результата технологического процесса производства металлических изделий	132
С.В. Михайлицын, М.А. Шекшеев, Р.Р. Дема, М.Н. Иванов Точечная сварка в автомобилестроении	136
С.Ю. Саранча, А.Б. Моллер Применение информационных технологий в металлургическом производстве: оптимизация технологии прокатки и раскроя готовой продукции в сортопрокатном производстве	139
А.В. Кузьмин, А.В. Нефедов Модернизация системы подачи смазки к подшипникам опорных роликов машины для горячей правки листа ЛПЦ-1 ОАО «Уральская сталь»....	143
О.С. Железков, И.Ш. Мухаметзянов, С.А. Малаканов Исследование процесса волочения трапециевидного профиля	147
М.А. Полякова, А.Е. Гулин Особенности создания метода непрерывного деформационного наноструктурирования комбинированием схем деформации.....	149
М.И. Румянцев Аккомодационные модели – опыт построения и применения для анализа и совершенствования листовой прокатки	153
В.М. Салганик, С.В. Денисов, П.П. Полецков, П.А. Стеканов, Г.А. Бережная, Д.Ю. Алексеев Современный способ разработки технологических режимов производства металлопродукции с уникальным сочетанием физико-механических свойств.....	157
В.М. Салганик, П.П. Полецков, М.С. Гущина Разработка методики управления процессом производства продукции по результатам статистического анализа технологических процессов.	161

М.В. Ефремова, И.В.Макаренко, Е.В. Кожевникова, А.Н. Завалицин Влияния температурного режима прокатки на структуру НЛС и механические свойства проката из низкоуглеродистых микрولةгированных сталей.....	165
С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, В.А. Бегинюк, С.Р. Миникаев, Д.М. Кузнецов Влияние стабилизации соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам на показатели работы доменной печи	169
С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, С.Р. Миникаев, Д.М. Кузнецов Изучение закономерностей выпуска шихтовых материалов из бункера БЗУ лоткового типа	173
М.В. Андросенко, В.И. Кадошников, И.Д. Кадошникова, М.С. Столярова Методика проектирования зоны вторичного охлаждения сортовой МНЛЗ.....	177
Д.К. Егизарьян, А.Н. Шаманов, О.Ю. Шешуков, И.В. Некрасов, А.А. Метелкин, Л.А. Овчинникова Анализ рафинировочных свойств и вязкости шлаков внепечной обработки стали	180
Т.М. Насыров, В.Г. Дружков, И.В. Макарова Результаты лабораторных спеканий гибридного агломерата из тонких концентратов ОАО «ММК»	185
Вас. В. Точилкин, А.В. Шадрин, А.М. Филатов Разработка систем пневмопривода манипуляторов комплекса разливки стали.....	189
А.Б. Сычков, А.Ю. Столяров, С.О. Малашкин Математическое моделирование в программной среде DEFORM 3D структурообразования при охлаждении катанки	193
Н.В. Оншин, Н.Ш. Тютеряков, И.В. Радомская Моделирование теплового состояния роликов валковой арматуры FRS сортового стана 170 ОАО «ММК»	198
В.А. Харитонов, Т.В. Смирнова Компьютерное моделирование процесса растяжения арматурной стали	202
Е.А. Шевченко, А.М. Столяров, А.Н. Шаповалов Изучение влияния химического состава и температуры на механические свойства непрерывнолитой стали.....	205

Н.Г. Шемшурова, В.В. Волков Выбор технологии производства профильных труб на основе анализа их эксплуатационных характеристик	209
Р.Р. Юсупов, Ю.В. Жиркин, Е.И. Мироненков, Е.В. Губарев Исследование влияния карбонитрирования на снижение коэффициента трения	214
М.С. Жеребцов, А.С. Ишимов, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников Исследование возможностей получения ультрамелкозернистой структуры в сталях с использованием модуля SOCKET JAW (сжатие-растяжение) комплекса GLEEBLE 3500.....	216
Е.А. Пакшинцев, Ю.Д. Исупов Предложение по конструктивному исполнению кислородной фурмы, обеспечивающей нестационарное дутье в кислородно-конвертерном процессе	219
ФАКУЛЬТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ	
Н.И. Барышникова, Д.Р. Закирова Разработка рекомендаций по школьному питанию	223
Л.А. Бодьян, М.Д. Прач Разработка фирменного знака факультета стандартизации, химии и биотехнологии.....	225
И.А. Долматова, Т.Н. Зайцева, Г.Д. Иванова Разработка технологии производства макаронных изделий, обогащенных растительными компонентами	229
И.А. Долматова, Т.Н. Зайцева, Е.Н. Малова Разработка технологии изготовления цукатов из ягод паслена садового санберри.....	233
В.С. Ворсин, Н.Л. Коробова Влияние известково-доломитового аэрозоля на годичный прирост веток лиственницы сибирской г. Магнитогорска.....	236
Е.В. Леонтьева, Н.Л. Медяник Изучение компонентного состава твердого техногенного сырья ОАО «Учалинский ГОК»	239
Д.А. Пестерев, И.А. Михайловский Особенности технологического процесса производства корпусов шарниров стоек стабилизатора поперечной устойчивости автомобилей штамповкой	243

В.Н. Петухов, Н.В. Рева, В.В. Субботин Разработка реагентного режима флотации сфлокулированных угольных пульп	247
Ал.В. Смирнов, В.И. Артюхин, И.Г. Гун Совершенствование конструкции рулевых наконечников грузовых автомобилей	251
Ар.В. Смирнов, И.Г. Гун Совершенствование конструкций стоек стабилизатора поперечной устойчивости подвески легковых автомобилей	254
В.Л. Стеблянко, А.П. Пономарев Анализ влияния технологических параметров процесса плазменно-электролитной обработки на структурно-механические свойства металлоизделий	258
Р.Н. Абдрахманов, В.И. Сысоев Влияние парциального давления CO ₂ и степени дисперсности на кинетику углекислотного выщелачивания оксида магния из концентрата обоженного высокомагнезиального сидерита	262
Р.Н. Абдрахманов, С.П. Ключковский, И.А.Савченко, А.Н. Смирнов Активация обожжённых в «мягких» условиях высокомагнетитовых сидеритов. Хроматографические и рентгеноструктурные исследования.....	267
И.А. Афонин, Д.В. Ровнейко Оценка технико-экономической эффективности применения адсорбентов для поглощения водяного пара в системах пылегазоочистки	271
Е.В. Нефедова, П.С. Гусев, Д.С. Дусмухамбетова Экологическое обоснование путей сбора и утилизации бытового мусора в г. Новотроицке	273
А.А. Серова, Е.А. Волкова Сравнительная характеристика методов очистки сточных вод от тяжелых металлов	277
Е.С. Махоткина, М.В. Шубина Исследование режимов обработки шлака процесса ITmk3 для извлечения ванадия	279
В.Д. Черчинцев, О.Ф. Дробный, В.С. Волков Реконструкция системы аспирации и пылеулавливания зон охлаждения, дробления и грохочения агломерата в условиях устойчивой работы аглофабрики №4 ОАО «ММК»	283
Сведения об авторах	286

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

**Материалы 72-й международной
научно-технической конференции**

Том 1

Под редакцией В.М. Колокольцева

Редактор Н.В. Кутекина
Оператор компьютерной верстки Е.А. Назарова

Подписано в печать 10.09.2014. Рег. № 165-14. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 19,25. Тираж 100 экз. Заказ 617.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»