

Редакционный совет:

Председатель редакционного совета:

И.Ю. Мезин - декан факультета стандартизации, химии и биотехнологий, зав. кафедрой, профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск).

Члены редакционного совета:

В.В. Бринза - директор НИЦ Технологического прогнозирования, д-р техн. наук, Национальный исследовательский университет «МИСиС» (г. Москва);

М.Б. Гитман – профессор, д-р ф.-м. наук, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ) (г. Пермь);

И.Г. Гун – генеральный директор ЗАО НПО «БелМаг», профессор, д-р техн. наук

А.А. Кавалек - профессор, Ченстоховский технологический университет, Институт обработки металлов давлением и инженерной безопасности, (Польша);

А.Г. Корчунов – проректор по международной деятельности, профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск);

Е.Н. Смирнов – зав кафедрой, профессор, д-р техн. наук, Донецкий национальный технический университет, (г. Донецк, Украина).

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

А.М. Песин - профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Зам. главного редактора:

Г.Ш. Рубин - доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»;

Е.Г. Касаткина - доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Технический редактор:

Л.В. Крамзина - инженер, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-84-31

E-mail: tssa@magtu.ru

Журнал подготовлен к печати Издательским центром МГТУ им. Г.И. Носова

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ.

Подписано к печати _____

Заказ _____. Тираж 500. Цена свободная

Editorial committee:

Chairman of editorial committee:

I. Y. Mezin – Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Members of the editorial staff:

V. V. Brinza – Dr. Sc., Director of Scientific Research Center of Technological Prognosis, National Research University «Moscow Institute of Steel and Alloys»;

M. B. Gitman – Prof., Dr. Sc., Perm National Research Polytechnic University;

I. G. Gun – Prof., Dr. Sc., General Director, BelMag JSC;

A. A. Kovalek – Prof., Częstochowa University of Technology, Institute of Metal Forming and Engineering Safety (Poland);

A. G. Korchunov – Prof., Dr. Sc., Vice-rector for International Relations, Nosov Magnitogorsk State Technical University;

E. N. Smirnov – Prof., Dr. Sc., Head of Department, Donetsk National Technical University (Ukraine).

Editorial staff:

Editor-in-chief:

A.M. Pesin – Prof., D.Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Deputy chief editor:

G.Sh.Rubin – Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University;

E.G. Kasatkina - Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Technical editor:

L.V.Kramzina – engineer, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Editorship address:

455000, city Magnitogorsk, Lenin Str. 38

Phone number: (3519)29-84-31

Email: tssa@magtu.ru

Published by publishing center of MSTU named after G. I. Nosov.

Signed for press _____

Order _____. Circulation - _____ items. Free pr

СОДЕРЖАНИЕ

Гун Г.С., Мезин И.Ю., Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун И.Г., Рубин Г.Ш. Научно-педагогическая школа Магнитогорского государственного технического университета по управлению качеством продукции и производственных процессов.....	5
Бринза В.В. Менеджмент качества металлургической компании как объект прогностического моделирования.....	9
Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Федосеев С.А. Математическая модель управления качеством продукции.....	21
Окулов Р.А.*, Паршин С.В. Изучение роли отклонения толщины стенки заготовки в процессе волочения профильных труб и его влияние на качество продукции.....	27
Голубчик Э.М., Телегин В.Е., Рубин Г.Ш. Применение принципов технологической адаптации при управлении показателями качества в многовариантной технологической системе изготовления холоднокатаной ленты.....	34
Харитонов В.А., Галлямов Д.Э. Анализ влияния способа деформации на уровень свойств стальной проволоки.....	42
Файзулина Р.В., Молева О.Н., Никифоров М.А. Качество жести для цельнотянутых двухэлементных банок.....	48
Рубин Г.Ш. Некоторые закономерности функционирования систем стимулирования качества.....	51
Мезин И.Ю., Зотов С.В. Оценка комплексной методики расчета и прогнозирования свойств цинкового покрытия проволоки.....	54
Каледина О.С., Лимарев А.С. Управление качеством геометрии сортопрокатной продукции.....	60
Гурьянов Г.Н., Зуев Б.М. Методики и результаты испытания углеродистой проволоки на ударный срез и растяжение при низкой температуре.....	64
Аленина М.Н., Шемшурова Н.Г. «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» и возможность внедрения LEAN-технологий на российских предприятиях	70
Бахматов Ю.Ф., Драпеко Н.В., Темиргалеев К.Р., Лебедева И.Г. Технологические факторы, определяющие качество цинкового покрытия при его формировании в дисперсно-дисперсионной среде: расплав-ферромагнитные элементы.....	78
Песин А.М., Локотунина Н.М. Положительные и отрицательные аспекты улучшения качества продукции.....	81
Пудов Е.А., Набиуллин И.Р., Селиванов В.А. Изготовление биметаллической ленты латунь-сталь-латунь размерами 0,3x131мм, 0д5x131мм по ТУ 3-001-95.....	89

CONTENT

Gun G.S., Mezin I.Ju., Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun I.G., Rubin G.Sh. Academic school of product quality control and process quality control of Magnitogorsk state technical university	5
Brinza V.V. Quality management of the metallurgy company as the object to predictive modeling.....	9
Gitman M.B., Fedoseev S.A., Stolbov V.Yu. Mathematical model of product quality control	21
Okulov R.A.*, Parshin S.V. Analysis of billet wall thickness deviation in the process of shaped tube drawing and its influence on the product quality.....	27
Golubchik Je.M., Telegin V.E., Rubin G.Sh. Application of technological adaptation principles for the quality index control in the multivariant technological system of cold rolled strip production	34
Haritonov V.A., Galljamov D.Je. Analysis of deformation methods on properties of steel wire.....	42
Fajzulina R.V., Moleva O.N., Nikiforov M.A. Tin-plate quality for two element draw cans.....	48
Rubin G.Sh. Some mechanisms of quality incentive schemes operation.....	51
Mezin I.Ju., Zotov S.V. Assessment of the complex design procedure and forecast of wire galvanizing coating properties.....	54
Kaledina O.S., Limarev A.S. Rolled section geometry control	60
Gurjanov G.N., Zuev B.M. Methods and results of carbon steel wire impact shear and elongation test at low temperature.....	64
Alenina M.N., Shemshurova N.G. The system of "lean production" is a first step to implementing a QMS.....	70
Bachmatov U.F., Drapenko N.V., Temirgaleev K.R., Lebedeva I.G. Technological factors determining the quality of galvanizing coating when it is formed in the dispersion medium: melt-ferromagnetic elements.....	78
Pesin A.M., Lokotunina N.M. Positive and negative aspects of improving the quality of products.....	81
Pudov E.A., Nabiullin I.R., Selivanov V.A. Manufacture of 0,3x131mm, 0д5x131mm bimetallic brass-steel-brass strip in accordance with specifications 3-001-95.....	89

УДК 621.778

Гун Г.С., Мезин И.Ю., Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун И.Г., Рубин Г.Ш.

НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА МАГНИТОГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Представлен материал, характеризующий становление и развитие магнитогорской научно-педагогической школы «Разработка и развитие теории квалиметрии и управления качеством продукции и производственных процессов». Показаны основные итоги многолетней работы ученых Магнитогорского государственного технического университета в сфере управления качеством.

Ключевые слова: научная школа, квалиметрия, стандартизация, сертификация, управление качеством

Вступление Российской Федерации во Всемирную торговую организацию и переход отечественных предприятий на международные стандарты подразумевает создание и совершенствование эффективно действующих систем по обеспечению и управлению качеством продукции и услуг, а также интеграцию российских стандартов в международную систему стандартизации. На сегодняшний день, Челябинская область, имея на своей территории крупнейшие металлургические предприятия, такие как ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-Метиз», ОАО «Мечел», ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» и т.д., занимает одно из ведущих мест среди субъектов Российской Федерации по выпуску и переработке металлов. Перед металлургическими предприятиями не только Челябинской области, но и других регионов России, как правило, встают те же задачи, что и перед Российской Федерацией в целом. А именно, инновационное развитие промышленного производства, привлечение инвестиций, выпуск металлургической продукции в соответствии с требованиями международных стандартов, интегрирование и гармонизация нормативной и технической документации в международную

систему стандартизации и сертификации.

Решение проблем интеграционного взаимодействия Российской Федерации с международным сообществом неосуществимо без участия в нем специалистов в области метрологии, стандартизации, подтверждения соответствия и управления качеством в производственных системах. Отсутствие, либо нехватка таких специалистов отрицательно отражается на конкурентоспособности товаров и услуг, производимых отечественными предприятиями. Одним из путей решения указанных проблем является создание и развитие в Магнитогорском государственном техническом университете (МГТУ) научно-педагогической школы «Разработка и развитие теории квалиметрии и управления качеством продукции и производственных процессов».

Учитывая потребности отечественной промышленности, а также видя возможность для расширения спектра специальностей и научных направлений, действующих в вузе, в 1997 году открыта подготовка инженеров по специальности «Стандартизация и сертификация», в 2004 году – бакалавров, а в 2009 – магистров по направлению «Метрология, стандартизация и сертификация».

Обучение студентов изначально бы-

ло нацелено на подготовку специалистов в области стандартизации и сертификации металлургической продукции для различных областей промышленности, включая производство метизов и автокомпонентов. Позже это образовательное направление было распространено на химическую и пищевую промышленность. Получение студентами знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации осуществляется на базе изучения основных профильных процессов тех или иных производств, таких как металлургическое производство и обработка металлов давлением, структурообразование, термическая обработка металлов, процессы химической промышленности (производство нефтяного и твердого топлива), технологии продуктов питания. Такая практика соответствует существующим принципам организации деятельности органов по сертификации продукции и услуг в Российской Федерации, когда область аккредитации такого органа определяется компетентностью специалистов в той или иной области.

Несмотря на всю значимость образовательной деятельности, подготовка инженеров, бакалавров и магистров по указанному направлению является полумерой. Объективная реальность такова, что необходимым условием для полноценного вхождения отечественных предприятий на международный рынок (а в скором времени – и на российский) является создание, совершенствование и сертификация систем управления качеством производства продукции и оказываемых услуг. Для создания таких систем необходимы также и специалисты высшей квалификации – кандидаты, доктора наук. Учитывая тот факт, что специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции была введена Высшей аттестационной комиссией РФ в номенклатуру специальностей научных работников в 2000 г., на предприятиях и в учебных учреждениях Урала, как и в целом по России, имеет место нехватка кандидатов и докторов технических наук по этой специальности. Для удовлетворения потребности в таких кад-

рах в аспирантуре МГТУ в 2003 году открыта научная специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции, а позднее, в 2009 г. – докторантура по этой специальности.

Значимой предпосылкой для развития созданной научно-педагогической школы, выполнения исследований и подготовки высококвалифицированных кадров всех уровней следует считать наличие и успешную работу при МГТУ совета Д 212.111.05 по защите кандидатских и докторских диссертаций по научной специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции (в металлургии). За время работы диссертационного совета по шифру научной специальности 05.02.23 защищено: 5 докторских и свыше 20 кандидатских диссертаций.

Научная деятельность созданной научной школы, связанная с развитием теории и практики стандартизации и управления качеством металлопродукции на основе использования квалиметрических, стохастических и технико-экономических подходов к анализу сложных технологических систем. Исследования, проводимые учеными университета в рамках научной школы, подкреплены организационным, финансовым и кадровым потенциалом. При содействии ученых организован Уральский филиал Академии проблем качества России, в стадии становления Исследовательский центр «Квалиметрия и качество в металлургии и машиностроении» при МГТУ им. Г.И. Носова.

Члены коллектива научной школы проводят исследования в рамках Федеральных, ведомственных и областных целевых программ, посвященных проблемам развития потенциала высшей школы, развитие инновационной деятельности предприятий металлургической и метизной отраслей промышленности. Осуществляется совместная работа с рядом крупнейших предприятий региона по решению проблем стандартизации и управления качеством металлургической продукции и не только.

Главными достижениями магнитогорской научно-педагогической школы

являются [1-17]: создание и развитие теоретических основ оценки и управления качеством продукции и процессов на основе использования квалиметрических, стохастических и технико-экономических подходов к анализу сложных технологических систем; разработка и внедрение новых методов оценки и управления качеством продукции из металлических материалов для различных отраслей промышленности, позволившие существенно повысить качество производимых изделий; создание и освоение на ряде метизных заводах, таких как ОАО «ММК-Метиз», ОАО «Белебеевский завод «Автонормаль» новых видов высококачественной метизной продукции (высокопрочный крепеж, высокопрочная арматура, высокоточный калиброванный прокат и т.д.) из боросодержащих и других экономнолегированных марок стали; разработка технологий и документации для производства и сертификации соответствующих международным стандартам перспективных видов автокомпонентов, а также накоплены новые научные знания и выявлены уникальные закономерности в области оценок и управления качеством металлопродукции и процессов.

По результатам научных исследований учеными МГТУ, входящими в состав научно-педагогической школы издано более 10 монографий и опубликовано свыше 200 научных работ по оценке и управлению качеством в металлургии

Для выполнения научных исследований в области стандартизации, сертификации и управления качеством продукции и процессов, подготовки кадров высшей квалификации по научной специальности 05.02.23, обучения студентов по направлениям 200500, 221700 университет располагает современными научно-исследовательскими лабораториями, оснащенными уникальным оборудованием. Создан научно-лабораторный комплекс электронной микроскопии. Также для выполнения научных исследований и образовательной деятельности используются возможности промышленных предприятий г. Магнитогорска и близлежащих регионов.

Список литературы

1. Рубин Г.Ш., Гун Г.С. Логические законы оценки качества продукции. Магнитогорск, 1981. 23 с. Деп. ВИНТИ 19.09.1981, № 4105-81 В.
2. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 152 с.
3. Гун Г.С., Чукин М.В. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями. Магнитогорск: ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2006. 323 с.
4. Квалиметрическая оценка производства автомобильного крепежа: Монография / Закиров Д.М., Рубин Г.Ш., Мезин И.Ю., Сабадаш А.В., Васильев С.П., Чукин В.В., Скворцова С.С.// Магнитогорск: ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2007. 158 с.
5. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / Гун И.Г., Рубин Г.Ш., Сальников В.В., Артюхин В.И., Калмыков Ю.В., Левченко П.Е. Магнитогорск: ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2008. 133 с.
6. Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G. S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. Nanodimensional structural part formation in high carbon steel by thermal and deformation processing // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5. P. 33-36.
7. Gun G.S., Rubin G. Sh., Chukin M. V., Gun I.G., Mezin I. U., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5. P. 67-70.
8. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / Рубин Г.Ш., Полякова М.А., Чукин М.В., Гун Г.С. // «Сталь». 2013. № 10. С. 84-87.
9. Чукин М.В., Корчунов А.Г., Полякова М.А., Гун Г.С. Клеточно-автоматные модели и перспективы их использования для моделирования процессов ОМД // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 4(40). С.66-68.
10. Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Гун И.Г. Развитие квалиметрии метизного производства // Инновационные технологии обработки металлов давлением: Сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. М.: НИТУ, 2011. С. 320-325.
11. Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Закиров Д.М., Гун И.Г. Разработка теории квалиметрии метизного производства // Черные металлы. 2012. № 6. С. 15-20.
12. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 167 с.

13. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства: монография / Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.

14. Gun G.S., Rubin G. Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Korchunov A.G. Разработка теории квалиметрии в металлургической отрасли / XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa. 2013. P. 51-55.

15. Реализация проекта малотоннажного производства наноструктурированных заготовок из многофункциональных сплавов со специальными свойствами / Чукин М.В., Голубчик Э.М., Гун Г.С., Кузнецова А.С., Бухвалов Н.Ю., Пустовойт К.С. / XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa. 2013. P. 374-378.

16. Управление качеством в метизном производстве / Гун Г.С., Чукин М.В., Рубин Г.Ш. // Металлургические процессы и оборудование. 2013. № 4 (34). С. 106-112.

17. Бринза В.В. Технический комплекс металлургического завода: моделирование перспектив развития / Бринза В.В., Коровин А.В., Лосицкий А.Ф. и др. // Национальная металлургия. 2003. №1. С. 87 – 94.

References

1. Rubin G.Sh., Gun G.S. *Logicheskie zakony ochenki kachestva produkcii* [Objective laws of product quality assessment]. Magnitogorsk, 1981. 23 p. Dep. VINITI 19.09.1981, no. 4105-81 V.

2. Gun G.S. *Upravlenie kachestvom vysokotochnyh profilej* [Quality control of high precision rolling shapes]. Moscow.: Metallurgy, 1984, 152 p.

3. Gun G.S., Chukin M.V. *Optimizacija processov tehnologicheskogo i jekspluatacionnogo deformirovanija izdelij s pokrytjami* [Optimization of technological and operational deformation of coated products]. Magnitogorsk: NMSTU, 2006, 323 p.

4. Zakirov D.M., Rubin G.Sh., Mezin I.Ju, i dr. *Kvalimetriceskaja ocenka proizvodstva avtomobil'nogo krepzha: Monografija* [Qualimetric assessment of car fasteners manufacture: Monograph]. Magnitogorsk: NMSTU, 2007, 158 p.

5. Gun I.G., Rubin G.Sh., Salnikov V.V., i dr. *Kompleksnaja ocenka jeffektivnosti processov proizvodstva sharovyh palcev* [Integrated assessment of ball studs production efficiency]. Magnitogorsk: NMSTU, 2008, 133 p.

6. Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G. S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. Nanodimensional structural part formation in high carbon steel by thermal and deformation processing. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5. pp. 33-36.

7. Gun G.S., Rubin G. Sh., Chukin M. V., Gun I.G., Mezin I. U., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5, pp. 67-70.

8. Rubin G.Sh., Poljakova M.A, Chukin M.V., Gun G.S.. Nanodimensional structural part formation in high carbon steel by thermal and deformation processing. *Stal [Steel]*. 2013, no. 10, pp. 84-87.

9. Chukin M.V., Korchunov A.G., Poljakova M.A., Gun G.S. Cellular automata models and their application prospects for metal forming simulation processes. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2012, no. 4(40), pp. 66-68.

10. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Gun I.G. Qualimetry development for hardware manufacture. *Innovacionnye tehnologii obrabotki metallov davleniem: Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-tehn. konf [Innovative technology of metal forming: Sat of reports. Intern. scientific and engineering. conf]*. Moscow: NUST, 2011, pp. 320-325.

11. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Zakirov D.M., Gun I.G. Qualimetry theory development for hardware manufacture. *Chernye metally* [Ferrous metals]. 2012, no. 6, pp. 15-20.

12. Rubin G.Sh. *Kvalimetrija metiznogo proizvodstva: monografija* [Qualimetry of hardware manufacture: monograph]. Magnitogorsk: NMSTU, 2012. 167 p.

13. Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun G.S., Poljakova M.A. *Upravlenie kachestvom produkcii v tehnologijah metiznogo proizvodstva: monografija* [Product quality control in hardware production technology. Moscow: Publishing House "Ore and Metals", 2012, 164 p.

14. Gun G.S, Rubin G. Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Korchunov A.G. Qualimetry theory development in metallurgy XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 51-55.

15. Chukin M.V., Golubchik Je.M., Gun G.S., Kuznecova A.S., Buhvalov N.Ju., Pustovojt K.S. Project implementation for small-tonnage production of nanostructured billets from multipurpose alloys with special characteristics. XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 374-378.

16. Gun G.S., Chukin M.V., Rubin G.Sh. Quality management in hardware production. *Metallurgicheskie processy i oborudovanie* [Metallurgical processes and equipment], 2013, no. 4 (34), pp. 106-112.

17. Brinza V.V., Korovin A.V., Losickij A.F. i dr. Technical Complex smelter: modeling development prospects. *Nacionalnaja metallurgija* [National Metallurgy], 2003, no. 1, pp. 87 – 94.

УДК 658.562: 65.018.2
Бринза В.В.

МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ КАК ОБЪЕКТ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрена деятельность основных подразделений технического комплекса предприятия, действующего в составе одного из ведущих отечественных металлургических холдингов, с позиций наличия резервов повышения результативности политики в области качества. Исследования проводили применительно к будущим состояниям рассматриваемой организационно-технической системы, достигаемым при дополнительной поддержке отдельных ее элементов в исходном состоянии. В этой связи оправданным оказалось привлечение к исследованию метода качественного моделирования, базирующегося на аппарате взвешенных ориентированных графов.

Анализ результатов моделирования подтвердил ключевую роль системы менеджмента качества в эффективной деятельности технического комплекса предприятия. Во-первых, все её функциональные составляющие значимо реагируют на изменение трендов развития каждого из основных инженерно-технических подразделений. Во-вторых, дополнительная поддержка большинства составляющих СМК обуславливает усиление обратных связей, корректирующих прямые управленческие влияния, что обеспечивает дополнительное повышение уровня совокупности показателей деятельности технического комплекса. Выявлена составляющая системы менеджмента качества, востребованность которой применительно к рассматриваемым в статье условиям работы предприятия должна быть значимо расширена - разработка и совершенствование статистических методов контроля и управления качеством продукции.

Активное использование полученных результатов дает возможность максимально реализовать потенциал управления рассматриваемой организационно-технической системы в прогнозируемой перспективе, что обеспечит повышение конкурентоспособности производимой металлопродукции на отечественном и зарубежных рынках.

Ключевые слова: металлургическая компания, менеджмент качества, технический комплекс предприятия, прогноз, метод качественного моделирования, вычислительный эксперимент, резервы повышения конкурентоспособности

Эффективность деятельности современных промышленных компаний во многом определяется техническим уровнем производства, восприимчивостью к прогрессивным технологическим идеям, степенью и скоростью внедрения инноваций в бизнес-процессы, результативностью политики в области качества. Развитию перечисленных приоритетов способствует разработка и реализация систем менеджмента качества компаний, адекватных их целям и задачам. В значительной степени под-

держка направлений деятельности, связанных с менеджментом качества, отведена техническому комплексу, который объединяет деятельность основных инженерно-технических подразделений. В этой связи определение ключевых составляющих функционирования структуры технического комплекса с позиций достижения максимальной результативности проводимой политики в области качества является актуальной задачей для промышленных компаний, стремящихся повысить конкурентоспо-

способность производимой продукции на отечественных и зарубежных рынках.

Методология решения указанной задачи следует из принципов менеджмента качества, положенных в основу действующих стандартов на системы менеджмента качества серии ISO 9000, базирующихся, прежде всего, на процессном и системном подходах [1]. Конкретизацию этих подходов в исследованиях и совершенствовании систем управления различными организационно-техническими структурами осуществляют, привлекая значительное число методов [2-5]. Однако основное большинство данных методических инструментов способствуют получению оценок состояния составляющих деятельности объектов управления, зафиксированных, в основном, в течение текущего периода. Между тем установление резервов результативности политики в области качества промышленных компаний предпочтительно с использованием знаний об их будущих состояниях при реализации различных сочетаний исходных управляющих воздействий и выборе на этой основе сочетаний, максимизирующих основные показатели рассматриваемых организационно-технических систем. Это обуславливает необходимость разработки совокупности прогнозов альтернативных будущих состояний рассматриваемых структур, в отношении которых осуществляются различные варианты политики в области качества. Поэтому наряду с общими рекомендациями по улучшению менеджмента качества, содержащимися в [1], именно сравнительные прогнозные оценки различных вариантов дифференцированной поддержки составляющих рассматриваемой системы, полученные с заданными упреждениями, могут дать информацию о предпочтительных сочетаниях направленных на них управляющих воздействий в необходимом объеме.

Методика исследований. Представляется, что среди различных методов прогнозирования развития сложных организационно-технических систем необходимые возможности для решения поставленной

задачи имеет метод качественного моделирования, базирующийся на аппарате взвешенных ориентированных графов [6]. Перечисленные в **табл. 1** возможности, обеспечиваемые применением современной модификации данного метода, с достаточной полнотой обеспечивают реализацию процессного и системного принципов с их распространением на будущие состояния систем.

Настоящая работа содержит результаты применения указанного варианта прогностического моделирования к системе менеджмента качества технического комплекса металлургической компании, занимающей одну из ведущих позиций среди отечественных производителей стали и проката. В работе использован опыт предыдущих исследований, который накоплен при моделировании ряда других аналогичных организационно-технических систем [7-10].

При построении модели функционирования технического комплекса предприятия учитывали его структурную схему, укрупненный вариант которой представлен на **рис.1**.

Данная структурная схема с некоторыми вариациями близка особенностям функционирования технических комплексов всех основных отечественных предприятий – производителей металлопродукции. В составе модели учитывали взаимодействие 38-ми структурных элементов – направлений деятельности технического комплекса, составляющих его потенциала, технического уровня производственной инфраструктуры предприятия, во многом, формируемого как результат суммарного действия всех основных подразделений технического комплекса, а также интегральной оценки результативности деятельности рассматриваемого комплекса – его репутации.

Формирование структуры модели, отображающей деятельность технического комплекса предприятия как сложной организационной системы, должно быть также дополнено учетом влияния на него факторов внешнего воздействия [11], которое

Качество в обработке материалов

учитывается введением в состав модели факторов, воспроизводящих административное и финансовое воздействие со стороны топ-менеджмента компании, а также руководства комплекса. Последние факторы, в свою очередь, непосредственно ис-

пытывают основные воздействия глобальной внешней среды.

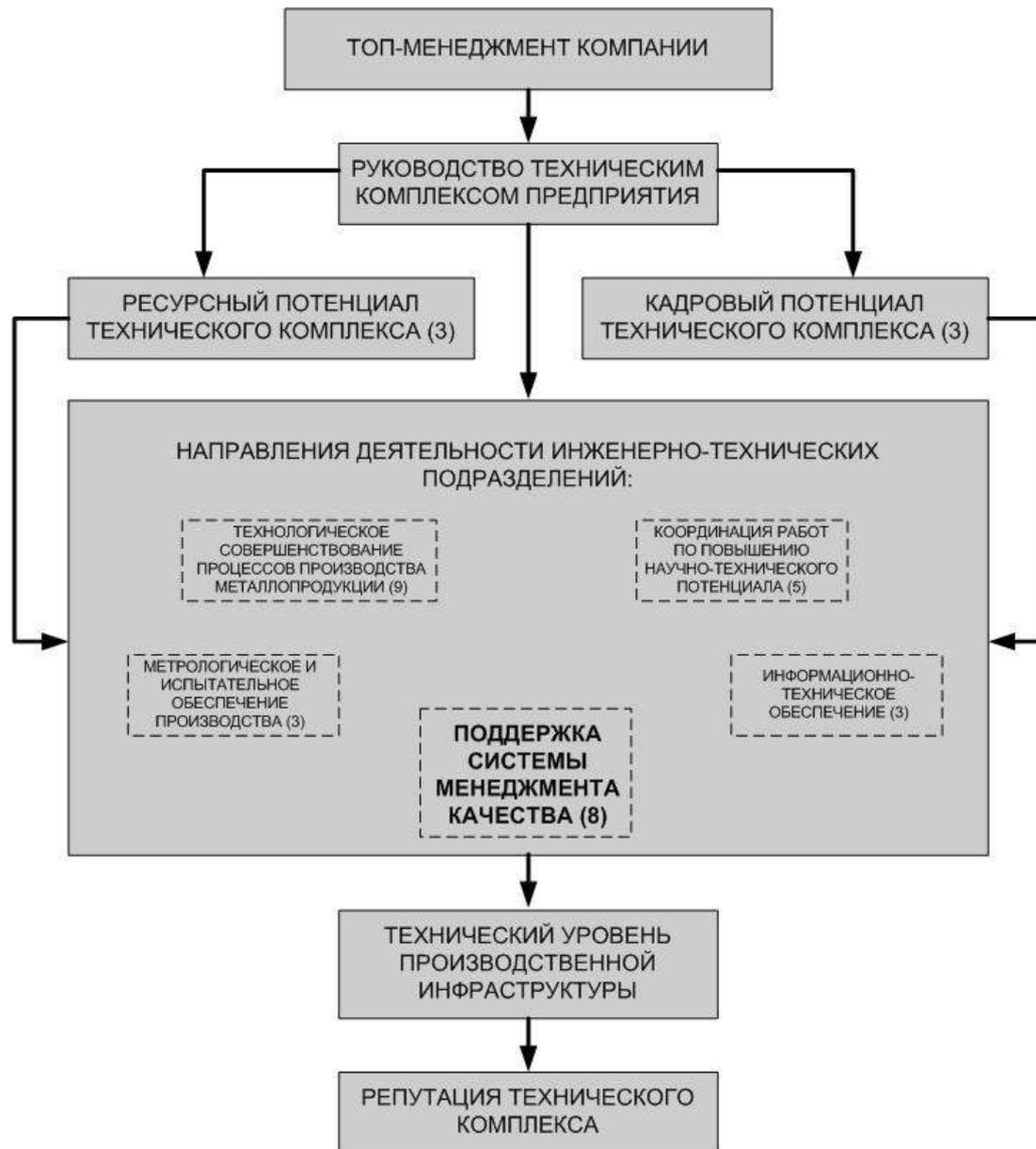


Рис. 1. Укрупненная схема функционирования технического комплекса металлургического предприятия (в скобках приведено число составляющих для различных направлений деятельности технического комплекса, учитываемых в составе разработанной модели)

Особенности метода качественного моделирования при прогнозировании развития сложных организационно-технических систем

Характеристики метода	Достижимые результаты
<i>Периоды упреждения</i>	Получение взаимосвязанных краткосрочных (3-5 лет), среднесрочных (5-7 лет), долгосрочных (7-10 лет), дальнесрочных (10-20 лет и более) прогнозов развития систем
<i>Внешняя среда</i>	Учет взаимосвязей рассматриваемой сложной системы с факторами внешней среды
<i>Масштаб</i>	Достижение разноуровневых прогнозов развития систем (на мега-, макро-, мезо-, микроуровнях)
<i>Содержательность</i>	Число учитываемых взаимодействующих факторов системы составляет от десятков до нескольких сотен
<i>Достоверность</i>	Обеспечение максимальной объективности результатов прогнозирования и оценки их достоверности по нескольким независимым признакам
<i>Сопоставимость</i>	Одновременное рассмотрение и сопоставимость факторов и прогнозируемых показателей различной природы (различной размерности)
<i>Чувствительность</i>	Определение слабых сигналов, характеризующих потенциальные угрозы развитию рассматриваемой системы
<i>Многосценарность</i>	Генерация многосценарных прогнозов развития моделируемой системы для основных ожидаемых сочетаний элементов внешней среды
<i>Оценка рисков</i>	Оценка последствий действия основных рисков, конфликтов, нестабильности внешней среды
<i>Ключевые факторы</i>	Выявление ключевых факторов и «черных» дыр
<i>Композиционность</i>	Малозатратность дополнения, перестроения и объединения моделей

Взвешенный ориентированный граф, используемый в методе качественного моделирования для отображения рассматриваемой организационно-технической системы, восстанавливается заданием вершин, которыми являются ее основные составляющие, перечень их групп приведен на рисунке. Для конкретизации структуры графа требуется также информация о составляющих развития моделируемой системы к моменту начала моделирования, а также об их динамических характеристиках – исходных импульсах. Кроме того необходимо определение наличия и ориентации действующих взаимодействий между составляющими системы (дуг и петель в терминах теории графов), их инерционно-

сти и интенсивности (веса). Перечисленную информацию о структуре взвешенного ориентированного графа в рамках метода качественного моделирования как альтернативы количественным методическим подходам рационально выявлять на основе использования процедуры коллективной экспертизы. В этом случае процесс получения требуемых результатов не сопряжен со значительными расходами и осуществим в течение достаточно короткого времени. Для реализации экспертизы предварительно разработали анкеты, имеющие матричный вид и содержащие перечни всех основных составляющих моделируемой системы в исходном состоянии (как факторов), фиксируемых в строках, и в ре-

зультативном состоянии (как показателей), фиксируемых в столбцах. В частности, для организационно-технической системы, представленной на рисунке, характер факторного влияния на каждый из показателей экспертизы отмечали в ячейках, расположенных на пересечении соответствующих строк и столбцов матричной анкеты, что приводит размерности матрицы, равной 38x38. К экспертизе привлекали 7 руководителей и высококвалифицированных специалистов технического комплекса предприятия, что явилось компромиссом между стремлением минимизировать ошибки получаемых обобщенных оценок за счет расширения группы привлекаемых экспертов и ограниченной численностью наиболее компетентных сотрудников, имеющих максимальный опыт разноплановой работы в рамках различных направлений функционирования комплекса.

Исходные экспертные оценки степени влияния факторов на показатели системы, а также оценки исходных уровней и исходных импульсов факторов преобразовывали к числовому безразмерному виду с использованием специально разработанных шкал [7; 9]. При этом устанавливали, что значения факторов и показателей, равное 1,000, условно характеризует их «средний» уровень, значения, более низкие, чем средний уровень, отображаются с убыванием в полуинтервале от 1,000, а значения, более высокие – в полуинтервале с возрастанием от 1,000. Более подробное соответствие экспертных оценок состояния различных направлений деятельности технического комплекса и их числовых эквивалентов производили в следующей последовательности: «максимально высокое» - более 1,85; «очень высокое» - 1,85...1,66; «устойчиво высокое» - 1,65...1,51; «высокое» - 1,50...1,41; «почти высокое» - 1,40...1,35; «близкое к высокому» - 1,34...1,28; «значимо выше среднего» - 1,27...1,21; «выше среднего» - 1,20...1,15; «несколько выше среднего» - 1,14...1,10; «чуть выше среднего» - 1,09...1,04; «среднее» - 1,03...0,97; «чуть ниже среднего» - 0,96...0,91; «несколько

ниже среднего» - 0,90...0,86; «ниже среднего» - 0,85...0,80; «значимо ниже среднего» - 0,79...0,73; «близкое к низкому» - 0,72...0,66; «почти низкое» - 0,65...0,60; «низкое» - 0,59...0,50; «устойчиво низкое» - 0,49...0,35; «очень низкое» - 0,34...0,15; «максимально низкое» - меньше 0,15. Нетрудно убедиться, что характер приведенного соответствия экспертных и числовых оценок следует логической зависимости, которая используется в преобразовании субъективной информации к объективному виду [12]. Использование подробного сопоставления перечня экспертных оценок и их числовых эквивалентов обеспечило достижение высокой точности результатов, получаемых в ходе компьютерных расчетов. Кроме того использование преобразованных безразмерных значений факторов и показателей дает возможность непосредственного сопоставления всех основных составляющих структуры моделируемой организационной системы.

Полученные исходные данные о структуре взвешенного ориентированного графа, отображающего особенности функционирования технического комплекса металлургического предприятия, использовали для получения информации о будущих состояниях данной организационной системы. Определение результатов осуществляли на базе прогнозной компьютерной системы, разработанной в программной среде Borland Kylix 3 Open Edition (на языках C++ и Object Pascal).

Достоверность результатов компьютерного определения динамики составляющих технического комплекса предприятия, полученных методом качественного моделирования, устанавливали по степени их сходимости, устойчивости, взаимосвязанности. Дополнительно устанавливали непротиворечивость результатов, соответствующих действующему состоянию рассматриваемой организационно-технической системы, очевидным факторным влияниям.

Прогнозирование трендов развития направлений деятельности технического комплекса. Полученный инерцион-

ный прогноз развития основных направлений деятельности технического комплекса показывает, что в сравнении с другими направлениями, деятельность по поддержке системы менеджмента качества, в целом, характеризуются достаточно высоким исходным уровнем, значимо превышающим условно среднюю величину, задаваемую 1,00. Усредненная прогнозируемая динамика факторов этой группы отображается монотонно растущим трендом (табл.2, строка 5). Выявленный характер прогнозируемого изменения уровня составляющих деятельности специалистов технического комплекса предприятия, способствующих совершенствованию системы менеджмента качества, дает возможность предположить, что среднесрочные темпы их развития будут превышать рост других групп направлений деятельности инженерно-технических подразделений (табл.2, строки 1-5). Действительно, наименьшая степень развития прогнозируется для работ по обоснованию новых и совершенствованию действующих технологий производства металлопродукции, а также для направлений, связанных с обеспечением высокого научно-технического и инновационного потенциала предприятия (табл.2, строки 3,4).

Более подробное рассмотрение результатов прогнозирования развития деятельности, формирующей поддержку системы менеджмента качества предприятия, определяет различный вклад ее отдельных составляющих в обобщенную достаточно высокую оценку. Наибольшая доля при формировании этой оценки в течение будущего среднесрочного периода привносится аудитом системы менеджмента качества (табл.2, строка 5.3), а также работами по подготовке и сертификации системы качества, процессов и продукции (табл.2, строка 5.2). Несколько менее весомый но также значимый вклад в совершенствование системы менеджмента качества по результатам моделирования получается от следующих направлений деятельности:

- разработка нормативных и методических документов системы менеджмента

качества в соответствии с требованиями МС ИСО 9000 (табл.2, строка 5.1);

- организация работы с потребителями продукции (табл.2, строка 5.4);

- разработка корректирующих и предупреждающих мероприятий (табл.2, строка 5.5);

- обеспечение информационного развития системы менеджмента качества, формирование банков научно-технической информации и нормативной документации (табл.2, строка 5.6);

- организация деятельности по выполнению в подразделениях технического комплекса требований МС ИСО 9002 (табл.2, строка 5.8).

В сравнении с вышеперечисленными направлениями заметно меньшее развитие прогнозируется по отношению к разработкам статистических методов контроля и управления качеством металлопродукции (табл.2, строка 5.7). Согласно полученному прогнозу данный показатель в действующих условиях может достичь условно среднего уровня развития только к концу рассматриваемого периода упреждения. Между тем в [1] статистическим методам в менеджменте качества отведена одна из ключевых позиций для выявления и прослеживания изменчивости в характеристиках выпускаемой продукции и используемых при ее производстве процессах. В соответствии с [1] именно «применение статистических методов помогает измерять, описывать, анализировать, интерпретировать и моделировать такую изменчивость даже при относительно ограниченном количестве данных. Статистический анализ таких данных может помочь лучше понять природу, масштаб и причины изменчивости, способствуя решению и даже предупреждению проблем, которые могут быть результатом такой изменчивости, а также постоянному улучшению». По-видимому, наряду с другими причинами недостаточно активное привлечение статистических методов специалистами технического комплекса не дает возможности существенно повысить технический уровень основных действующих на предприятии технологи-

ческих процессов производства чугуна, стали, проката, продукции повышенной степени готовности, измеряемый для момента начала моделирования экспертной оценкой «несколько ниже среднего», а к концу достигающий «среднего» уровня в рамках используемой экспертной шкалы (табл.2, строка 2). Между тем на фоне отмеченной выше прогнозируемой ограниченной результативности направлений деятельности подразделений технического комплекса, связанных с обеспечением высокого научно-технического и инновационного потенциала предприятия (табл.2, строка 3), а также отсутствием резервов значимого приращения кадрового и ресурсного потенциала в течение периода упреждения (табл.2, строки 6 и 7), полномасштабное внедрение в практику деятельности технического комплекса современных статистических методов явилось бы значимым резервом роста технического уровня действующих производств и дополнительного повышения конкурентоспособности выпускаемой металлопродукции.

Резервы значимого повышения востребованности указанного инструмента системы менеджмента качества в деятельности технического комплекса предприятия определяемы из результатов компьютерного эксперимента, в котором осуществлено моделирование среднесрочных последствий дополнительной поддержки каждой из составляющих рассматриваемой организационно-технической системы в исходном состоянии на уровень разработки и использования в производственной практике статистических методов контроля и управления качеством продукции. Результаты моделирования получали в ходе вычислительного эксперимента, в котором поочередно увеличивали исходные импульсы для каждой из составляющих деятельности технического комплекса. Степень дополнительного приращения исходных импульсов выбирали равной протяженности минимального интервала каждого из уровней оценок в пределах используемой в работе экспертной шкалы, что соответствует значению разности 0,05 в

пределах шкалы, с помощью которой осуществляли преобразование экспертных оценок в числовой вид.

Обобщение результатов прогностического моделирования показало существенные различия в последствиях локальной поддержки составляющих структуры моделируемой организационно-технической системы на уровень развития статистических методов контроля и управления качеством металлопродукции в пятилетней перспективе. Наиболее значимое относительное влияние на рассматриваемый элемент системы менеджмента качества выявлено со стороны групп факторов, представляющих разработки новых и совершенствование действующих технологий производства металлопродукции (27% от суммарного факторного влияния), а также других направлений деятельности, связанной с обеспечением функционирования системы менеджмента качества (22%). Меньшая, но также значимая степень воздействия на уровень развития данного показателя в среднесрочном будущем зафиксирована со стороны его уровня, достигнутого к моменту начала моделирования (10%), внимания руководства компании, дирекции технического комплекса (9%), потребности в статистических методах со стороны фактора, представляющего метрологическое и испытательное обеспечение производства (9%), а также направления деятельности, представляющего информационно-техническое обеспечение функционирования действующей инфраструктуры предприятия (8%). Дополнительные импульсы, прилагаемые к другим группам направлений деятельности технического комплекса, представленным на рисунке, как показали результаты моделирования, не оказывают на уровень разработок в области статистических методов контроля и управления качеством значимого влияния и оцениваются 5-ю...2-мя процентами от общего суммарного факторного действия.

Качество в обработке материалов

Таблица 2

Инерционный среднесрочный прогноз развития составляющих деятельности технологического комплекса металлургического предприятия

Номер п/п	Группы составляющих деятельности	Годы прогнозирования:					
		0	1	2	3	4	5
1	МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА	1,049	1,059	1,083	1,098	1,123	1,146
2	ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ	0,934	0,957	0,962	0,980	0,994	1,016
3	КООРДИНАЦИЯ РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА	0,944	0,949	0,954	0,960	0,969	0,979
4	ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ	0,925	0,934	0,953	0,971	0,993	1,018
5	ПОДДЕРЖКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА:	1,042	1,059	1,076	1,096	1,120	1,145
5.1	<i>Разработка документов системы менеджмента качества в соответствии с требованиями МС ИСО 9001</i>	1,042	1,063	1,078	1,101	1,124	1,151
5.2	<i>Подготовка и сертификация системы качества, процессов и продукции</i>	1,095	1,114	1,130	1,153	1,177	1,204
5.3	<i>Аудит системы менеджмента качества</i>	1,140	1,162	1,181	1,206	1,233	1,264
5.4	<i>Организация работы с потребителями продукции</i>	1,028	1,042	1,062	1,079	1,103	1,127
5.5	<i>Разработка корректирующих и предупреждающих мероприятий</i>	1,086	1,102	1,109	1,132	1,148	1,172
5.6	<i>Информационное развитие системы менеджмента качества, формирование банков документации</i>	1,031	1,040	1,074	1,092	1,125	1,154
5.7	<i>Разработка статистических методов контроля и управления качеством продукции</i>	0,904	0,927	0,941	0,955	0,975	0,993
5.8	<i>Организация деятельности по выполнению требований МС ИСО 9002</i>	1,007	1,018	1,035	1,053	1,074	1,097
6	КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	0,884	0,891	0,897	0,907	0,917	0,929
7	РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	0,899	0,900	0,901	0,902	0,903	0,904
8	РУКОВОДСТВО ТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ПРЕДПРИЯТИЯ	1,032	1,054	1,089	1,118	1,158	1,200

Определение ключевой роли системы менеджмента качества в развитии показателей деятельности технического комплекса. Методология качественного моделирования может быть использована для определения «внутреннего» потенциала развития организационно-технической системы за счет установления составляющих ее деятельности, наиболее значимо изменяющихся в среднесрочной перспективе при повышении интенсивности исходного воздействия факторов системы. Результаты соответствующего многофакторного компьютерного эксперимента, представленные в табл. 3, характеризуют существенные различия в восприимчивости межфакторных воздействий основным перечнем направлений деятельности инженерных подразделений технического комплекса. Наиболее чувствительным к изменению степени влияния со стороны большинства структурных факторов проявился показатель, характеризующий квалификацию специалистов - работников данного комплекса. Среди составляющих кадрового потенциала комплекса выявлена также множественность причин изменения уровня работ, связанных с совершенствованием организации труда, подбором и мотивацией персонала. Среди направлений деятельности инженерных подразделений, наиболее полно демонстрирующих значимый рост под действием основного перечня факторов рассматриваемой организационно-технической системы, зафиксированы все составляющие поддержки системы менеджмента качества (в порядке убывания по признаку множественности значимых факторных воздействий):

- разработка корректирующих и предупреждающих воздействий;
- организация работы с потребителями продукции;
- обеспечение информационного развития системы менеджмента качества; формирование банков научно-технической информации и портативной документации;
- организация работы по выполнению в техническом комплексе требований МС

ИСО 9002 и других документов системы качества;

- аудит системы менеджмента качества;
- организация подготовки и сертификации системы качества, процессов и продукции;
- разработка статистических методов контроля и управления качеством металлопродукции;
- разработка нормативных и методических документов системы менеджмента качества в соответствии с требованиями МС ИСО 9001.

Составляющие других направлений деятельности технического комплекса в списке показателей, претерпевающих значимое изменение под дополнительным действием различных факторов, представлены в значительно меньшем числе (табл.3). В частности, информационно-техническое обеспечение функционирования действующей инфраструктуры компании может быть развито путем дополнительного многофакторного воздействия на его следующие составляющие:

- разработка и обеспечение подразделений компании нормативно-технической и технологической документацией на новые виды продукции и процессы, контроль документооборота;
- обеспечение подразделений компании отечественной и зарубежной документацией.

Ресурсный потенциал технического комплекса при дополнительных исходных импульсах, придаваемых значительному числу факторов, повышается за счет множественной восприимчивости их воздействий со стороны деятельности, связанной с компьютеризацией труда его специалистов.

Резервы повышения уровня координации деятельности служб и производств компании в области повышения ее научно-технического потенциала при изменении интенсивности множества исходных факторных воздействий в значительной степени реализуются значимым изменением нижеперечисленных составляющих:

- работ по определению, планированию и координации направлений технического развития производства;

- формирования и контроля выполнения программы организационно-технических мероприятий по повышению эффективности деятельности компании, а также экспертизы и контроля выполнения НИОКР.

Повышение уровня метрологического и испытательного обеспечения производства, в первую очередь, может быть реализовано при дополнительной поддержке большинства факторов рассматриваемой организационно-технической системы, влияющих, в том числе, на ее составляющую, связанную с метрологическим обеспечением производства, включая управление КИП.

Наконец, ожидаемо значимо реагирует на дополнительные изменения абсолютного большинства факторов технического комплекса компании ее техническая дирекция.

В целом, результаты многофакторного компьютерного эксперимента показали, что среди направлений деятельности технического комплекса металлургического предприятия максимальную восприимчивость к изменению структурных факторов данной организационно-технической системы претерпевают все основные составляющие системы менеджмента качества. Основная роль этих видов деятельности проявляется вследствие того, что они активно воспринимают изменения не только прямых влияний, направленных на их поддержку и развитие, но и опосредованных многофакторных воздействий, проявляясь наиболее множественной реакцией на из-

менения основных факторов управления. С другой стороны, в ходе определения перечня факторов технического комплекса, оказывающих на составляющие его деятельности наиболее множественное значимое влияние, что также осуществлено в ходе серии компьютерных экспериментов, к данной группе управляющих воздействий опять-таки отнесено большинство (пять из восьми) факторов, реализуемых системой менеджмента качества. К тому же, возможность значительного увеличения востребованности еще одной из составляющих системы менеджмента качества, связанной с разработкой и использованием статистических методов контроля и управления качеством продукции, как показано в данной статье, дает возможность еще более полного использования потенциала СМК для усиления обратных связей в структуре управления техническим комплексом предприятия.

Таким образом, составляющие СМК аккумулируют множественное действие на них основных структурных элементов функционирования технического комплекса предприятия и в последующем передают структуре комплекса совокупность скорректированных сигналов, направленных на его ускоренное развитие. Действующая в подобном режиме система менеджмента качества является ключевым звеном в контуре прямых и обратных управленческих связей между факторами и показателями как элементами рассматриваемой структуры. Наличие отмеченного управленческого механизма создает необходимую основу для реализации компанией эффективной политики в области качества.

Качество в обработке материалов

Таблица 3

Показатели деятельности технического комплекса металлургического предприятия, множественно изменяющиеся в среднесрочной перспективе при дополнительной поддержке основных факторов его структуры

Ранг показателей	Наименование показателей	Число факторов, при дополнительной поддержке которых показатели изменяются (в %) на:				Общее число значимо влияющих факторов
		≥5	4,9...4,0	3,9...3,0	2,9...2,5	
1	Квалификация специалистов	33	5	0	0	38
2	Разработка корректирующих и предупреждающих мероприятий	6	25	4	1	36
3	Организация работы с потребителями продукции	2	23	10	1	36
4	Информационное развитие системы качества, формирование банков документации	1	23	9	2	35
5	Руководящее влияние на подразделения технического комплекса его дирекции	1	19	15	0	35
6	Организация работы по выполнению требований МС ИСО 9002	4	24	5	1	34
7	Совершенствование организации труда, подбор, развитие и мотивация персонала	1	0	8	25	34
8	Аудит системы менеджмента качества	2	8	19	3	32
9	Разработка нормативно-технической и технологической документации на новые виды продукции и процессы, контроль документооборота	1	3	26	2	32
10	Организация подготовки и сертификации системы качества, процессов и продукции	1	5	21	4	31
11	Обеспечение подразделений предприятия отечественной и зарубежной документацией	1	1	26	3	31
12	Финансовые ресурсы компании, выделяемые для поддержания деятельности тех. комплекса и реализации политики в области качества	1	0	5	25	31
13	Компьютеризация труда специалистов технического комплекса	1	0	18	11	30
14	Разработка статистических методов контроля и управления качеством продукции	1	0	6	21	28
15	Координация направлений технического развития производств, планирование темпов их развития	1	0	16	7	24
16	Метрологическое обеспечение производства, включая управление КИП	1	0	6	17	24
17	Формирование и контроль комплексной программы повышения эффективности производства продукции (Приказ №1), экспертиза и контроль НИОКР	1	0	13	9	23
18	Разработка нормативных и методических документов системы менеджмента качества в соответствии с требованиями МС ИСО 9001	1	0	5	16	22

Список литературы

1. ГОСТ ISO 9000 – 2011. Межгосударственный стандарт Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2012. 32 с.

2. Современное управление. Энциклопедический справочник. Том 1. М.: «Издательство», 1977. 584 с.

3. St.G. Powell . Management science. The art of Modeling with Spreadsheets/ St.G. Powell, K.R. Baker. 3-rd Ed - NJ: John Wiley&Sons LTD, 2009. 527 p.

4. Мухин В.И. Исследование систем управления. Анализ и синтез систем управления. М.: Экзамен, 2002. 304 с.

5. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте. СПб.: Питер, 2005. 304 с.

6. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986, 496 с.

7. Бринза В.В. Прогнозирование результатов технического перевооружения предприятий / Бринза В.В., Юрьев А.Б., Коровин А.В., Кузнецов И.С.//Национальная металлургия. 2002. №4. С.46 – 56.

8. Бринза В.В. Технический комплекс металлургического завода: моделирование перспектив развития / Бринза В.В., Коровин А.В., Лолицкий А.Ф. и др. // Национальная металлургия. 2003. №1. С. 87 – 94.

9. Рождественский В.В. Оптимизация последовательности этапов реконструкции многостадийного производства / Рождественский В.В., Бринза В.В., Котрехов В.А.// Цветные металлы. 2007. №10. С. 14 – 23.

10. Бринза В.В. Первое в России промышленное производство сверхпроводящих материалов: прогнозирование потенциала развития / Бринза В.В., Шляхов М.Ю., Зернов С.М. и др.// Экономика в промышленности. 2011. №4. С. 33 – 47.

11. Смирнов Э.А. Основы теории организации. - М.: Аудит. ЮНИТИ, 1998. 375 с.

12. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование. М.: Прогресс, 1977. 591 с.

References

1. GOST ISO 9000 – 2011. *Mezhhgosudarstvennyj standart Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozhenija i slovar* [International-

al standart ISO 9000 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary (IDT)]. Geneva, Switzerland, ISO, 2005, 38 p.

2. *Sovremennoe upravlenie. Jenciklopedicheskij spravocnik* [Modern management. Encyclopedic Reference]. Moscow: Publishing center, 1977, T.1, 584p.

3. Powell St.G., Baker K.R., Management science. The art of Modeling with Spreadsheets. 3-rd Ed/ St.G. Powell, K.R. Baker - NJ: John Wiley&Sons LTD. 2009, - 1009 p.

4. Muhin V.I. *Issledovanie sistem upravlenija. Analiz i sintez sistem upravlenija* [Research of management system: Textbook]. Moscow: Exam, 2002, 384 p.

5. Krichevsky M.L. *Intellektua'nye metody v menedzhmente* [Intellectual methods in management]. SPb. Peter Publisher , 2005, 304 p.

6. Fred S.Roberts. *Diskretnye matematicheskie modeli s prilozhenijami k socialnym, biologicheskim i jekologicheskim zadacham* [Discrete Mathematical Models mith application to social, biological and environmental problems]. Moscow: Science, 1976, 559 p.

7. Brinza V.V., Uriev A.B., Korovin A.V. Forecasting of results of plant reequipment . *Nacionalnaja metallurgija* [National metallurgy]. 2002, no. 4, pp. 49 – 56.

8. Brinza V.V., Korovin A.V., Losicky A.F. Technical complex of metallurgical plant: modeling of development *Nacionalnaja metallurgija* [National metallurgy]. 2003, no. 1, pp. 87 – 94.

9. Rozhdestvenskij V.V., Brinza V.V., Kotrehov V.A. Optimization of the sequence of stages of reconstruction of multi-stage production. *Cvetnye metally* [Non-ferrous metals]. 2007, no. 10, pp. 14 – 23.

10. Brinza V.V., Shljahov M.Ju., Zernov S.M. i dr. The industrial production of superconducting materials first in Russia: Forecasting of potential of development. *Jekonomika v promyshlennosti* [The Economics of the industry]. 2011, no. 4, pp. 33 – 47.

11. Smirnov Je.A. *Osnovy teorii organizacii* [Foundation of the organization theory]. Moscow: Audit., UNITY, 1998, 375 p.

12. Martino Dzh. *Tehnologicheskoe prognozirovanie* [Technological Forecasting for Decision Making]. Moscow: Progress, 1977, 591 p.

УДК 65.018

Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Федосеев С.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ¹

Аннотация. В статье приводится общая математическая модель управления качеством продукции на всем протяжении ее жизненного цикла. Отмечено, что процесс формирования качества продукции зависит от совокупности других процессов (планирования, изготовления, сбыта, обслуживания и т.д.). Предлагается подход к описанию качества продукции как объекта управления позволяет систематизировать методы управления качеством для конкретных видов функционалов качества.

Ключевые слова: качество продукции, управление качеством, жизненный цикл.

Введение. Предметом исследования настоящей работы является рассмотрение понятия *качества продукции* как объекта управления.

Под *объектом управления* будем понимать управляемую систему, воспринимающую управляющие воздействия со стороны органа управления (управляющей системы). В работе [1] рассмотрен принцип отражения, согласно которому «качество процесса переносится (отражается) на качество результата». В соответствии с данным принципом, рассматривая качество как объект управления, можно перейти к рассмотрению управления взаимосвязанными процессами, участвующими в формировании качества продукции на протяжении всего ее жизненного цикла. Тогда качество как объект управления представляет собой результат системы взаимосвязанных процессов, участвующих в формировании качества продукции на протяжении всего ее жизненного цикла. К этим процессам можно отнести процессы прогнозирования, планирования, производства, сбыта, обслуживания и т.п. При этом следует отметить, что все вышеуказанные процессы, в свою очередь, могут быть разбиты на подпроцессы и/или этапы жизненного цикла продукции. Пример такого разбиения приведен в работе [2].

Тогда под управлением качеством продукции будем понимать постоянный, планомерный, целеустремленный процесс воздействия на всех стадиях, обеспечивающих создание продукции и полноценное ее использование.

Следует отметить, что качество продукции как объект управления характеризуется соответствующими показателями (проектными, производственными, эксплуатационными и прогнозируемыми) и вероятными отклонениями от этих показателей. Необходимо не только уметь оценивать эти отклонения, но и располагать возможностями, необходимыми для воздействия на процессы жизненного цикла продукции для устранения вероятных отклонений показателей ее качества. Ухудшение показателей качества может происходить вследствие физического износа продукции, изменения ее внутренней структуры или состояния в процессе эксплуатации, морального старения продукции и т.п.. Качество продукции может отклоняться от заданных параметров под влиянием производственных причин и всегда зависит от совершенства технологии, качества поступающих материалов, состояния оборудования, приспособлений и инструмента, мотивации персонала и других переменных внутренней и внешней среды предприятия. Другими словами, качество продукции может изменяться в каждый момент времени ее жизненного цикла и зависит от

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0068 от 23.05.2013г. в составе мероприятия по реализации постановления Правительства РФ № 218).

параметров различных процессов, взаимодействующих и взаимовлияющих друг на друга. При этом процессы, протекающие во времени и влияющие на качество продукции, могут обладать «короткой» или «длительной памятью», которую необходимо учитывать при описании качества продукции как объекта управления.

Таким образом, качество продукции, характеризующиеся широким спектром показателей, изменяющихся во времени, формируется системой взаимосвязанных процессов жизненного цикла продукции, которые, в общем случае, являются многопараметрическими и нелинейными, обладают памятью и часто реализуются в условиях различной неопределенности. Из этого следует, что качество продукции представляет собой сложный объект управления, требующий разработки эффективных механизмов воздействия на все процессы, его формирующие, т.е. построения целостной системы управления качеством продукции.

1. Общая математическая постановка задачи управления качеством продукции. Как было отмечено выше, управление качеством продукции представляет собой постоянный, планомерный, целеустремленный процесс воздействия на всех стадиях жизненного цикла продукции (бизнес-процесс), обеспечивающих создание продукции и полноценное ее использование в условиях имеющихся ограничений.

Перейдем к математической постановке задачи управления качеством продукции.

Будем считать, что жизненный цикл некоторой продукции задается отрезком времени $[t_0, T]$. При этом интегрированный бизнес-процесс включает N последовательных процессов.

Тогда

$$[t_0, T] = \cup [t_{i-1}, t_i], \quad i = 1, \dots, N.$$

Все параметры, отвечающие за качество бизнес-процесса (всех входящих в него процессов), можно разбить на два множества – множество параметров состояния

$x(\cdot)$ ($x(\cdot) = (x_1(\cdot), x_2(\cdot), \dots, x_N(\cdot))$), в качестве которых выступает n -мерная вектор-функция из пространства кусочно-гладких функций $KC^1([t_0, T], R^n)$, где R^n – n -мерное евклидово пространство (обычно $n > N$), и множество параметров управления $u(\cdot)$, в качестве которых выступает r -мерная вектор-функция из пространства кусочно-непрерывных функций $KC([t_0, T], R^r)$, где R^r – r -мерное евклидово пространство.

Введем вектор-функцию качества продукции

$$\bar{K} = \bar{K}(t), \quad t_0 \leq t \leq T,$$

где \bar{K} – некоторая вектор-функция, определяющая всю совокупность заданных показателей качества продукции, значения которых изменяются во времени и зависят от всей предыстории процесса формирования качества продукции, T – время жизненного цикла продукции.

Отметим, что в том случае, когда количество показателей качества продукции велико, могут применяться различные операции их агрегирования [3, 4]. Поэтому введем Ξ – некоторый оператор агрегирования показателей качества:

$$K(t) = \Xi(\bar{K}(t)).$$

Будем считать, что качество продукции в некоторый момент времени t определяется качеством бизнес-процесса, т.е. совокупностью значений параметров состояния и управления всех процессов за весь период времени $t_0 \leq \tau \leq t$.

Тогда можно записать:

$$K(t) = F(t, x(\tau), u(\tau), \tau \in [t_0, t]),$$

где F – некоторый заданный функционал качества, зависящий от исследуемого бизнес-процесса.

Для построения критерия оптимальности задачи управления качеством введем

некоторый функционал $J_0(t_i, x(\cdot), u(\cdot))$, экстремум которого и будет определять оптимальное качество продукции.

Например, при необходимости получения заданных параметров качества K^* в момент времени t_i критерий оптимальности может быть записан в виде невязки, которую необходимо минимизировать, т.е.:

$$J_0(t_i, x(\cdot), u(\cdot)) = (K(t_i) - K^*)^2 \rightarrow \min.$$

Если необходимо максимизировать обобщенный показатель качества в заданный момент времени, то $J_0(t_i, x(\cdot), u(\cdot)) = \Xi(\bar{K}(t_i)) \rightarrow \max$.

В качестве ограничений задачи управления могут выступать различные функциональные ограничения в виде равенств и неравенств (на ресурсы, на технологии, на качество материалов и т.п.), дифференциальные связи между параметрами состояния и параметрами управления, а также ограничения на сами параметры состояния и управления. При этом ограничения также могут быть жесткими и нежесткими, в последнем случае они могут быть записаны в вероятностном виде, нечетком виде и т.п.

Теперь общая постановка задачи управления качеством продукции может быть представлена следующим образом:

Найти такой управляемый процесс

$$(\hat{t}_i, \hat{x}_i(\cdot), \hat{u}_i(\cdot)) \in R^N \times KC^l([t_0, T], R^n) \times KC([t_0, T], R^r), i = 1, \dots, N,$$

при котором

$$J_0(t_i, x(\cdot), u(\cdot)) \rightarrow extr \quad (1)$$

при ограничениях, в качестве которых выступают:

а) соотношения между показателями качества продукции и параметрами бизнес-процесса:

$$K(t) = F(t, x(\tau), u(\tau), \tau \in [t_0, t]) \quad (2)$$

б) соотношение между параметрами состояния и параметрами управления процессами (дифференциальные связи):

$$\varphi_i(t, x_i(t), \dot{x}_i(t), u_i(t)) = 0, \\ t \in [t_{i-1}, t_i], i = 1, \dots, N \quad (3)$$

где φ_i – заданные вектор-функции для каждого процесса.

в) краевые условия:

$$x(t_i) = \bar{x}_i, i = 1, \dots, N \quad (4)$$

г) функциональные ограничения на ресурсы:

$$J_j(t_i, x_i(\cdot), u_i(\cdot)) = \alpha_j, i = 1, \dots, N, \\ j = 1, \dots, m' \quad (5)$$

$$J_j(t_i, x_i(\cdot), u_i(\cdot)) \leq 0, i = 1, \dots, N, \\ j = m'+1, \dots, m \quad (6)$$

д) ограничения на параметры состояния и управления:

$$x_i(t) \in X_i(t), t \in [t_{i-1}, t_i], i = 1, \dots, N \quad (7)$$

$$u_i(t) \in U_i(t), t \in [t_{i-1}, t_i], i = 1, \dots, N \quad (8)$$

где N – общее количество процессов, составляющее интегрированный бизнес-процесс; m – общее количество различных функциональных ограничений в виде равенств и неравенств; $X_i(t)$, $U_i(t)$ – заданные множества значений параметров состояния и управления, соответственно.

Отметим, что задача оптимального управления качеством (1) – (8) при некото-

рых видах функционала $J_0(t_i, x(\cdot), u(\cdot))$ может быть отнесена к классической теории оптимального управления [5].

Следует подчеркнуть, что для постановки и решения конкретной задачи управления качеством продукции необходимо описать соответствующий бизнес-процесс, провести необходимое (возможное) агрегирование показателей качества и построить функционалы процессов, совокупность которых и определяет качество продукции. Перейдем к рассмотрению возможных подходов к решению этих частных задач.

2. Качество продукции как функционал процессов, протекающих на всех этапах жизненного цикла. Как было отмечено выше, процесс формирования качества продукции зависит от совокупности других процессов $\overline{\Pi}(\tau)$ (планирования, изготовления, сбыта, обслуживания и т.д.), определяющих заданные показатели качества продукции в рассматриваемый период времени.

Тогда в момент времени $\tau = t$ значение качества продукции $\overline{K}(t)$ можно определить как функционал процессов $\overline{\Pi}(\tau)$ в виде:

$$\overline{K}(t) = \overline{F} [t; \overline{\Pi}(\tau), t_0 \leq \tau \leq t] \quad (9)$$

Построение конкретных видов функционалов \overline{F} для различных видов продукции представляет собой сложную проблему квалиметрии качества продукции. Поэтому на практике пытаются упростить эту задачу различными способами. Например, в качестве основных берут только функциональные показатели продукции $\overline{K}_f(t)$, а в качестве процессов, определяющих качество продукции, рассматривают только технологические процессы $\overline{\Pi}_p(\tau)$. В этом случае:

$$\overline{K}_f(t) = \overline{F}_p [t; \overline{\Pi}_p(\tau), t_0 \leq \tau \leq t]. \quad (10)$$

Подобный подход обычно называется технологическим. При этом вместо функционала (10) устанавливаются функциональные отношения между комплексными показателями качества и параметрами технологических процессов [4-9].

Аналогично можно ввести группу социально – экономических показателей качества продукции $\overline{K}_{es}(t)$, определяемых процессами организации производства и сбыта продукции $\overline{\Pi}_o(\tau)$ [7]:

$$\overline{K}_{es}(t) = \overline{F}_o [t; \overline{\Pi}_o(\tau), t_0 \leq \tau \leq t]. \quad (11)$$

Следует отметить, что в простейшем случае значения вектора показателей качества (9) в момент времени t является просто аналитической функцией параметров процесса в этот же момент времени. Тогда можно записать:

$$\overline{K}(t) = \overline{f} (\overline{\Pi}(t)). \quad (12)$$

Примером такого подхода может быть прочность материала в некоторый момент времени, которая определяется только его химическим составом в этот момент времени.

Если значение показателей качества определяется не только показателями процессов, но и скоростью изменения показателей этих процессов, то при условии дифференцируемости показателей процесса можно функционал качества представить в виде универсальной функции от всех производных показателей процессов по t .

$$\overline{K}(t) = \overline{F} [t; \overline{\Pi}(\tau), t_0 \leq \tau \leq t] = \overline{\Phi}(\overline{\Pi}(t), \frac{d\overline{\Pi}(t)}{dt}, \frac{d^2\overline{\Pi}(t)}{dt^2}). \quad (13)$$

Следует отметить, что функционал качества можно аппроксимировать функцией некоторого конечного числа производных.

Примером в этом случае может быть твердость поверхности, которая определяется не только температурой закалки, но и скоростью охлаждения.

В случаях, когда качество продукции зависит не от всего времени ее изготовления, а только от небольшого отрезка рассматриваемого интервала времени, то функционал качества можно записать в виде:

$$\overline{K(t)} = \int_{t_0}^t B(t, \tau) \overline{\Pi(\tau)} d\tau, \quad (14)$$

где $B(t, \tau)$ – некоторая универсальная функция памяти (ядро функционала) для всех показателей качества. Если для каждого показателя качества своя функция памяти, то функционал качества (14) может быть представлен суммой многократных интегралов.

В этом случае в качестве примера можно рассмотреть уровень остаточных напряжений в изделии, который определяется не всей историей процесса, а только последней операцией пластического деформирования.

Отметим, что практически во всех случаях функционал (9) можно рассматривать как предел функции многих переменных. При этом интервал $t - t_0$ разбивается на n равных отрезков $\Delta\tau = \tau_{k+1} - \tau_k$, ($k=0, 1, \dots, n-1$), $\tau_0 = t_0$, $\tau_n = t$ и берется набор значений показателей процессов, формирующих качество продукции:

$$\overline{\Pi_k} = \overline{\Pi(\tau_k)}.$$

Далее рассматривается функция качества n переменных:

$$\overline{K_n} = \overline{J}(\overline{\Pi_1}, \overline{\Pi_2}, \dots, \overline{\Pi_n}). \quad (15)$$

Известно, что для функционала вида (9) всегда найдется такая функция n переменных (15), что существует предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \overline{K_n} = \overline{F}[t; \overline{\Pi(\tau)}, t_0 \leq \tau \leq t]. \quad (16)$$

При этом функция (15) при некотором n может быть аппроксимирующей для функционала (9).

Построение конкретных видов функционалов (9) для различных видов продукции и технологических процессов их изготовления является одной из фундаментальных проблем современной теории квалиметрии и качества.

Заключение. Приводится общая математическая модель управления качеством продукции на всем протяжении ее жизненного цикла. Отмечается, что процесс формирования качества продукции зависит от совокупности других процессов (планирования, изготовления, сбыта, обслуживания и т.д.). Предлагаемый подход к описанию качества продукции как объекта управления позволяет систематизировать методы управления качеством для конкретных видов функционалов качества. Например, в случае, когда показатели качества продукции представляются аналитическими функциями параметров процесса, удобно использовать теорию оптимизации функции многих переменных, если функционалами, то может быть использован математический аппарат теории вариационного исчисления или оптимального управления.

Список литературы

1. Субетто А.И. Сочинения. Ноосферизм: В 13 томах. Том восьмой: Квалитативизм: философия и теория качества, квалитология, качество жизни, качество человека и качество образования. Книга 1 / Под ред. Л.А. Зеленова. С.-Петербург – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2009. 392 с.
2. Бочкарев С.В., Петраченко А.Б. Управление качеством: учебное пособие. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. 347 с.

3. Управление качеством продукции на современных промышленных предприятиях: монография / С.А. Федосеев, М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов, А.В. Вожаков. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. 229 с.

4. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства: монография / Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.

5. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 384с.

6. Кузнецов Л.А. Современный подход к управлению металлургической технологией // Производство проката. 1999. №9. С. 27-34.

7. Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Федосеев С.А. Организационный подход к управлению качеством продукции // Стандарты и качество. 2012. №5. С. 80-84.

8. Квалиметрическая оценка производственных процессов изготовления металлоизделий / Мезин И.Ю., Яковлева Е.С., Касаткина Е.Г., Куцепендик В.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. 2010. № 2. С. 67-69.

9. Разработка теории квалиметрии метизного производства / Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Закиров Д.М., Гун И.Г. // Черные металлы. 2012. № 6. С. 15-20.

References

1. Subetto A.I. *Sochinenija. Noosferizm: V 13 tomah. Tom vosmoj: Kvalitativizm: filosofija i teorija kachestva, kvalitologija, kachestvo zhizni, kachestvo cheloveka i kachestvo obrazovanija* [Scientific works. Noosphere studies: 13 Volumes. Vol. 8: Quality study: philosophy and theory of quality, quality analysis, quality of life, human qualification and quality of education]. Book 1. EdL.A. Zelenova. St. Petersburg - Kostroma: Sh. Nekrasov, 2009, 392 p.

2. Bochkarev S.V., Petrachenkov A.B. *Upravlenie kachestvom* [Quality control]: a tutorial. Perm: Publisher PGTU, 2008, 347 p.

3. Fedoseev S.A., Gitman M.B., Stolbov V.Ju., Vozhakov . A.V. *Upravlenie kachestvom produkcii na sovremennyh promyshlennyh predpriyatijah: monografija* [Quality management at modern enterprises: monograph]. Perm: Publisher PNIPU, 2011, 229 P.

4. Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun G.S., Poljakova M.A. *Upravlenie kachestvom produkcii v tehnologijah metiznogo proizvodstva: monografija* [Quality management in hardware production technology: monograph]. Moscow: Publishing house "Ore and Metals", 2012, 164 p.

5. Alekseev V.M., Tihomirov V.M., Fomin S.V. *Optimalnoe upravlenie* [Optimal control]. No. 2. Moscow.: FIZMATLIT, 2005, 384 p.

6. Kuznecov L.A. Modern approach to management in metallurgy. *Proizvodstvo prokata* [Rolled products manufacture]. 1999, no. 9, pp. 27-34.

7. Gitman M.B., Stolbov V.Ju., Fedoseev S.A. Managerial approach to the product quality control *Standarty i kachestvo* [Standards and quality]. 2012, no. 5, pp. 80-84.

8. Mezin I.Ju., Jakovleva E.S., Kasatkina E.G., Kucependik V.I. Qualimetric estimation of productions of manufacturing of hardware. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no. 2, pp. 67-69.

9. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Zakirov D.M., Gun I.G. Qualimetry theory development for hardware manufacture. *Chernye metally* [Ferrous metals]. 2012, no. 6, pp. 15-20.

УДК 621.774.372

Окулов Р.А.*, Паршин С.В.

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ОТКЛОНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Работа посвящена актуальной задаче – изучению зависимости геометрии получаемой продукции и энергосиловых параметров процесса волочения от отклонения толщины стенки. Работа выполнена с помощью программного обеспечения, использующего конечно элементный метод, и затем проверена проведением практического эксперимента. Результаты теоретической и практической частей хорошо согласуются. В результате проделанной работы определены искомые зависимости и даны ценные рекомендации производителям.

Ключевые слова: волочение, отклонение, сталь 20, профильная труба, толщина стенки.

Современный рынок предъявляет производству высокие требования. К такому относится требование к качеству продукции, соответствовать которому мешает широкий спектр факторов. Начиная от износа рабочего инструмента или от химического состава сырья, заканчивая человеческим.

Количество факторов спектра столь огромно, что вряд ли удастся осветить все нюансы и их роль в процессе производства. Среди этих факторов, не последнюю роль играет отклонение размеров заготовки. Как зависит геометрия продукции и энергосиловыми показателями процесса от отклонения диаметра заготовки – является актуальным вопросом.

Значительный вклад в изучение качества трубной продукции внесли Столетний М.Ф. и Клемперт Е.Д. [1].

Они представили гистограммы отклонений размеров диаметра и толщины стенки и показали вероятностный характер. Но предшественникам не удалось установить как влияет отклонение.

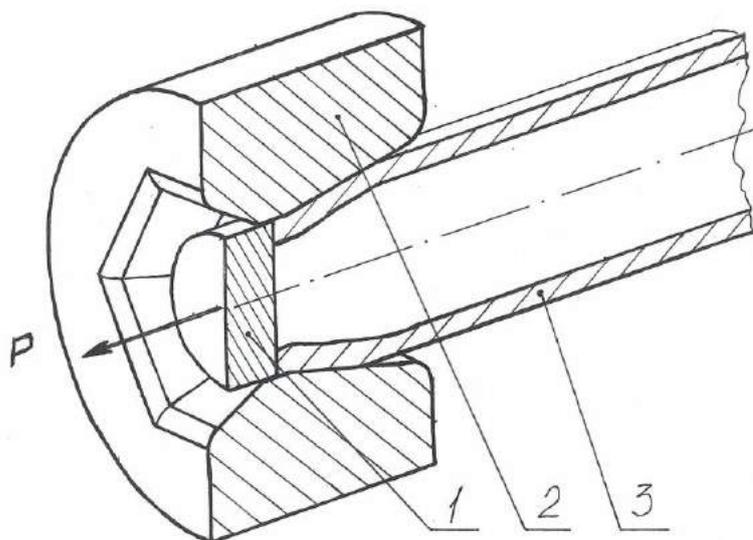
В данной работе ставится актуальная задача – определить, как зависит форма трубы и энергосиловые характеристики самого процесса производства при волочении профильных труб от отклонения тол-

щины стенки заготовки. Ответ на этот вопрос позволит дать ценные рекомендации производителям данной продукции и поможет избежать ряд нежелательных последствий.

Определим влияние отклонения толщины стенки заготовки на ряд параметров. Изучаемые параметры условно делятся на две группы: связанные с геометрией конечного продукта и связанные с энергосиловыми показателями самой операции производства. Среди геометрических параметров исследовали толщины стенки в центре грани и наружный прогиб граней. Среди энергосиловых параметров процесса изучили усилие волочения, работу усилия волочения, единицу массы смещаемого материала, энергоемкость волочения.

Исследование роли материала выполнили с использованием программного обеспечения с целью определения искомых величин. Для определения интересующих параметров труб воспользовались программным пакетом DEFORM-3D, который использует в процессе расчета конечно элементные модели [2]. На **рис. 1** изображена схема исследуемого процесса.

*Автор, представляющий авторский коллектив



**Рис. 1. Схема математической модели процесса профилирования трубы:
1 – тяга; 2 – волоочильная фильера; 3 труба.**

За исследуемый процесс обработки приняли холодное безоправочное волочение профильной трубы из заготовки круглого сечения. После обработке поперечное сечение трубы принимает форму шестигранника. Скорость волочения 100 мм/с. Волочение производилось без противонапряжения. Заготовка представляет собой круглую бесшовную холоднодеформированную трубу с наружным диаметром D_0 12 мм.

Для получения интересующего профиля трубы, заготовку круглого сечения протягивали в один переход через рабочий инструмент. Рабочий инструмент – волоочильная фильера с обжимным участком, в виде усеченной пирамиды. Угол наклона рабочей поверхности волокна составляет 10^0 , Размер элемента сетки разбиения равеняется 0,14 мм. Коэффициент трения по Амонтону-Кулону приняли 0,1. Приняли сталь 20 за материал заготовки. Труба изготовлена в соответствии с ГОСТ 8734, материал по ГОСТ 8733.

Закон упрочнения для материала задали формулой [4]

$$\sigma = \sigma_{0,2} + gL^b,$$

где $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести; g и b – эмпирические коэффициенты.

Для стали 20 приняли: $\sigma_{0,2} = 280,3$ МПа; $g = 418,3$ МПа и $b = 0,39$.

Многочисленные исследования различных процессов изготовления труб показывают, что точность этого вида продукции зависит от большого количества факторов, влияние которых на конечную точность колеблется как вдоль одной трубы, так и для различных труб. При анализе партии труб, прокатанных, казалось бы, в неизменных производственных условиях, можно убедиться в том, что размеры труб отличаются друг от друга. Разброс размеров труб в партии возникает вследствие того, что факторы, которые влияют на размер, сами подвержены случайным колебаниям. Следовательно, распределения размеров трубы будет подчиняться закону Гаусса. Многочисленные измерения труб, полученных различными способами, как правило, подтверждают это предположение. На **рис. 2** приведены построенные для наружного диаметра труб типичные гистограммы с наложенными на них гауссовскими кривыми [1].

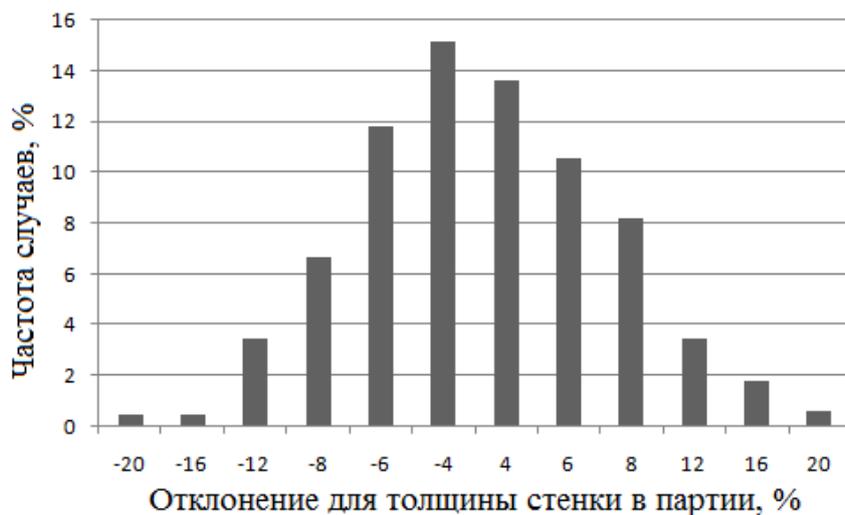


Рис. 2. Эмпирические гистограммы для отклонений размеров

Для того чтобы можно было оценить влияние отклонения толщины стенки заготовки на исследуемые параметры, воспользовались варьированием толщины в диапазоне от 0,3 мм до 3,5 мм. Диапазон выбран, исходя из ГОСТ 8734 и значения толщины стенки соответствуют приведённым в нем для трубы диаметром 12 мм. При этом исследуемые заготовки имели постоянный наружный диаметр.

Искомые параметры разделили на две группы: связанные с геометрией конечного продукта и связанные с энергосиловыми показателями самой операции производства.

Предметом исследования геометрических параметров формы труб, были: H - толщина стенки в центре грани, мм; L - наружный прогиб граней, мм.

Предметом исследования энергосиловых параметров процесса обработки труб, являлись: P - усилие волочения, Н; W - работа усилия волочения, Дж; m - единица массы смещаемого материала, кг; E - энергоёмкость процесса волочения, Дж/кг. Численное значение величины энергоёмкости определяют [4]

$$E = \frac{W}{m},$$

Работа усилия волочения определена как

$$W = Pl\mu,$$

где l - единица перемещения при устоявшемся процессе, м.

Единица массы смещаемого материала определена

$$m = \rho(S_0 - S_a)l\mu\rho,$$

где ρ - плотность обрабатываемого материала, кг/м³; μ - вытяжка, рассчитывается по формуле

$$\mu = \frac{S_0}{S_a},$$

где S_0 - площадь поперечного сечения заготовки до обработки, мм²; S_a - площадь поперечного сечения после обработки, мм².

Для того чтобы результаты получаемые в результате проведения математического эксперимента были более точными, были найдены средние значения пяти параллельно проведенных экспериментов. Результаты усреднены и на их основании построены зависимости на **рис. 3-6**.

На **рис. 3** представлена зависимость толщины стенки H от изменения толщины стенки, которая является прямой и линейной.

На **рис. 4** показано, что степень влияния на наружный прогиб стенки трубы в центре грани L отклонения толщины стенки увеличивается с уменьшением размеров трубы.

Это объясняется тем, что более тонкостенные трубы менее устойчивы к данной форме дефекта и рекомендуется применять другую технологию или рабочий

инструмент с целью избегания достижения недопустимых значений прогиба грани.

С ростом толщины стенки усилие волочение P возрастает, следовательно, аналогичная зависимость работы усилия волочения W . Как видно на **рис. 5**, на обработку более тонкостенных труб требуется меньше усилий.

Смещаемая масса на погонный метр m увеличивается с ростом толщины стенки заготовки, **рис. 6**. Энергоемкость процесса на погонный метр E представлена на **рис. 7**. На диаграмме видно, что при значении толщины равной 0,4 мм, у зависимости есть экстремум, после преодоления которого энергоемкость процесса снижается.

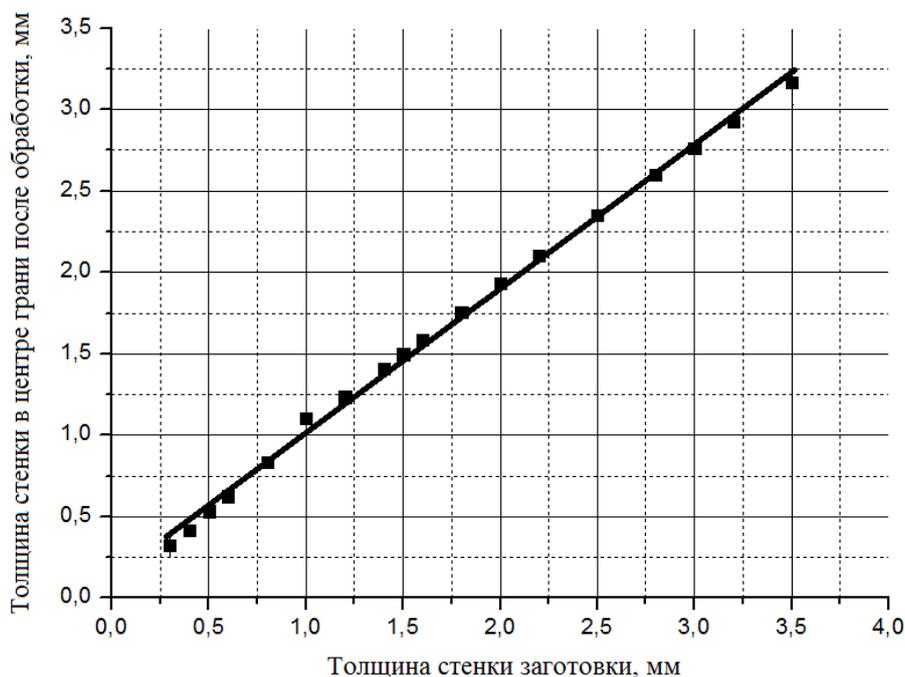


Рис. 3. Изменение толщины стенки

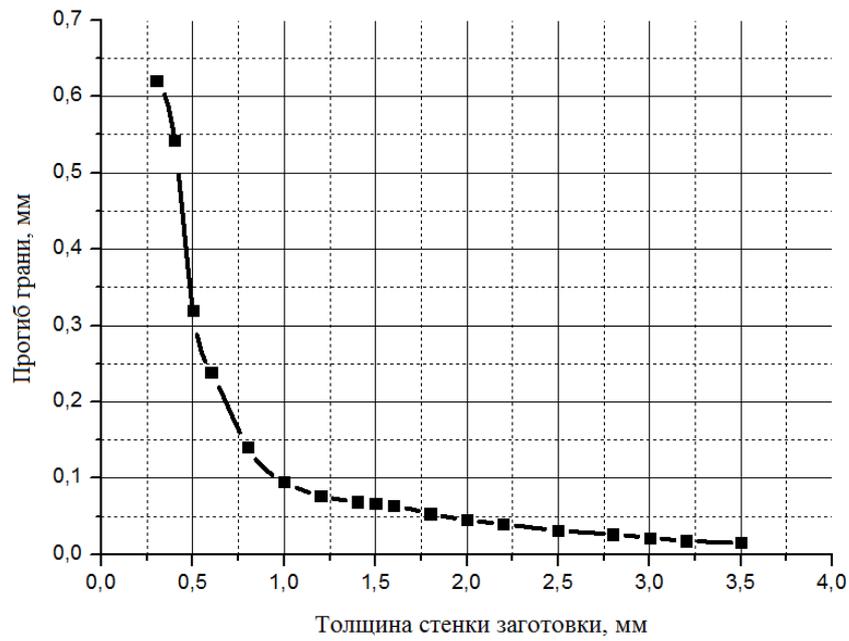


Рис. 4. Влияние отклонения на наружный прогиб

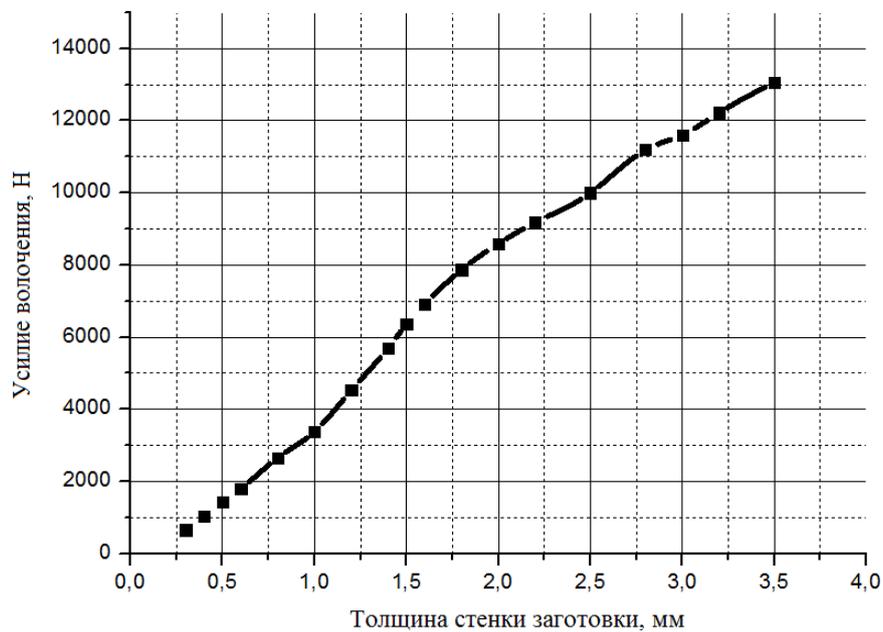


Рис. 5. Влияние отклонения на усилие волочения

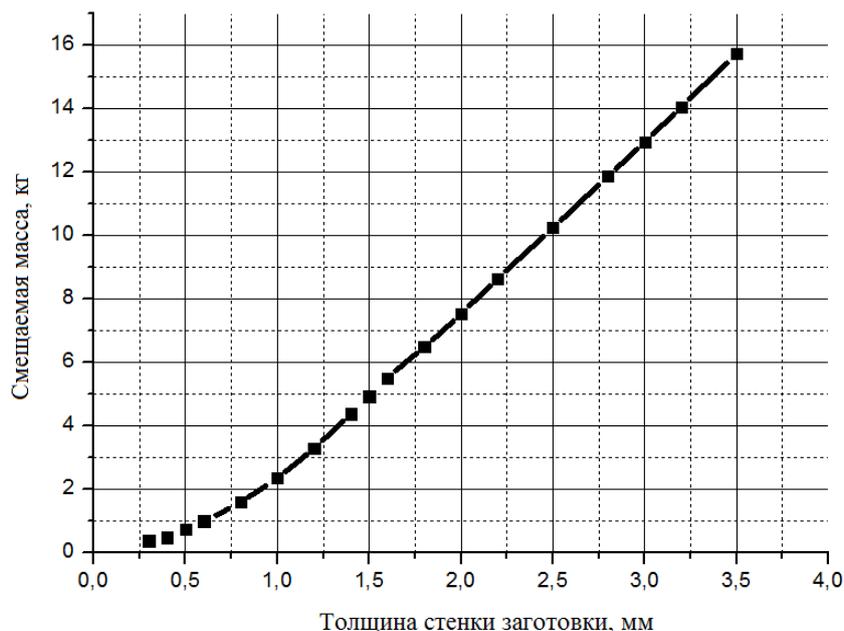


Рис. 6. Влияние толщины стенки на смещаемую массу

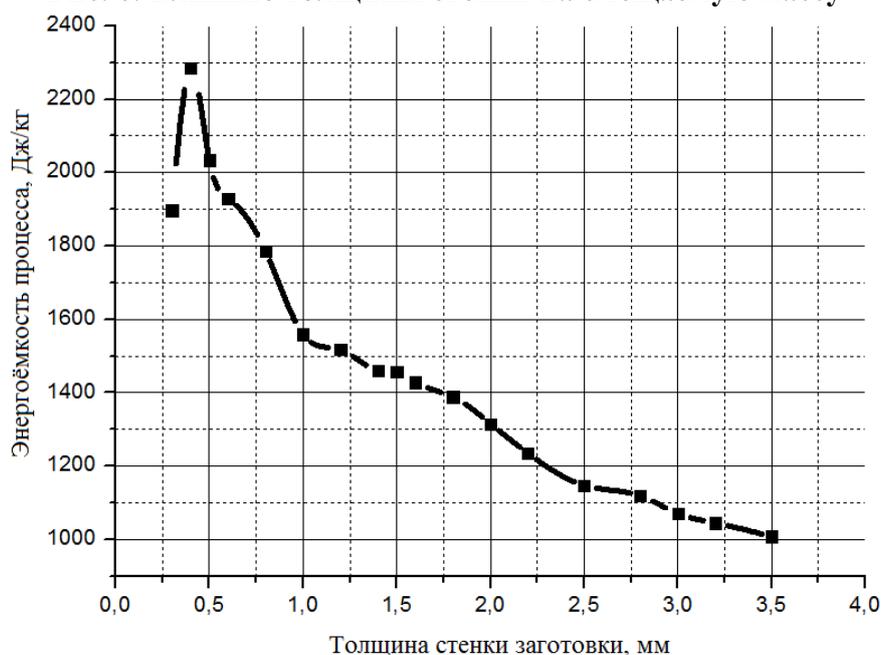


Рис. 7. Влияние толщины стенки на энергоёмкость

После теоретического эксперимента провели практический. За параметры исследуемого процесса приняли те же, что при постановке теоретического эксперимента. Волочили трубу диаметром 12 мм и толщиной стенки 2 мм.

В результате эксперимента были измерены геометрические параметры обработанной трубы и энергосиловые параметры процесса, а затем сравнены с результа-

тами теоретической работы. Результаты сравнительного анализа представлены в **табл. 1**.

Результаты теоретического и практического эксперимента сходятся в допустимых пределах отклонений. Таким образом, можно сделать вывод о том, что теоретическая часть исследования соответствует реальному процессу.

Сравнение теоретических и практических данных

№ п/п	Параметр	Значение из эксперимента		Отклонение, %	
		Теоретический	Практический	Относительное	Абсолютное
1	H , мм	1,934	1,91	0,988	-1,257
2	L , мм	0,045	0,0461	1,024	2,386
3	P, H	8592	8626	1,004	0,394
4	W , Дж	9902	10144	1,024	2,386
5	m , кг	7,53	7,81	1,037	3,585
6	E , Дж/кг	1315	1298,848	0,988	-1,244

Заключение

В результате выполненной работы было установлено влияние отклонения толщины стенки заготовки на форму труб и энергосиловые параметры процесса. При производстве тонкостенных труб отклонение толщины стенки оказывает существенное влияние на прогиб грани в центре стенки. А также было установлено, не смотря на тот факт, что для производства тонкостенных труб требуется меньшая величина усилия волочения, в итоге получается, что энергоёмкость процесса производства тонкостенных труб выше, чем производство толстостенных.

Проведена экспериментальная проверка математического эксперимента процесса волочения профильной трубы. Статистическая обработка результатов не выявила значимых различий в расчетных и экспериментальных данных.

Список литературы

1. Столетний М.В., Клемперт Е.Д. Точность труб. М.: Металлургия, 1975. 240 с.
2. Некоторые технологические возможности роликового волочения труб / Орлов Г.А., Вагапов

Е.Н., Чернышов Д.Ю., Попов Д.А. // Производство проката. 2012. №4. С. 28-31.

3. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. М.: Металлургия, 1984. 144 с.

4. Окулов Р.А., Паршин В.С., Карамышев А.П. Энергоёмкость обработки заклепочной проволоки из дюралюминия волочением и радиальным обжатием // Вестник машиностроения. 2012. №9. С. 80-81.

References

1. Stoletnij M.V., Klempert E.D. *Tochnost trub* [Tube size precision]. Moscow: Metallurgy, 1975, p. 240.

2. Orlov G.A., Vagapov E.N., Chernyшов D.Ju., Popov D.A. Some technological capabilities of roller tube drawing. *Proizvodstvo prokata* [Production of rolled products]. 2012, no. 4, pp. 28-31.

3. Bogatov A.A., Mizhirickij O.I., Smirnov S.V. *Resurs plastichnosti metallov pri obrabotke davleniem* [Metal ductility during plastic working]. Moscow: Metallurgy, 1984, pp. 144.

4. Okulov R.A., Parshin V.S., Karamyshev A.P. Power consumption during rivet wire drawing and radial reduction. *Vestnik mashinostroenija* [Bulletin of engineering]. 2012, no. 9, pp. 80-81.

УДК 621.77

Голубчик Э.М., Телегин В.Е., Рубин Г.Ш.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА В МНОГОВАРИАНТНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХОЛОДНОКАТАНОЙ ЛЕНТЫ

Аннотация. В работе рассмотрен подход адаптивного управления показателями качества в многовариантной многостадийной системе при производстве холоднокатаной монетной ленты, обеспечивающий гарантированное достижение нормируемого уровня качества металлопродукции при различных внешних возмущающих воздействиях.

Ключевые слова: управление качеством, холоднокатаная лента, алгоритм.

В условиях крупного металлургического производства с большим объемом размерно-марочного сортамента продукции, единым технологическим циклом и непрерывной загрузкой основного технологического оборудования достаточно часто возникает необходимость оперативной корректировки деятельности, как самой технологической системы производства, так и отдельных ее элементов, т.е. на первый план выступает проблема технологической адаптации. Причем, наиболее актуально это для многовариантных многостадийных технологических систем (ММТС). К таким системам можно отнести процесс по производству холоднокатаной ленты, например, предназначенной для изготовления монетной заготовки (монетная лента) [1-3]. Особенностью данной ленты является необходимость обеспечения в ней одновременного сочетания узкого диапазона твердости (HR15T 72-76 ед.), шероховатости поверхности $Ra \leq 0,8$ мкм и точности по толщине $0/-0,06$ мм, что обусловлено требованиями дальнейшей технологии изготовления монет из такой ленты.

Достижение указанных трудносочетаемых показателей качества (ПК) ленты при эффективном процессе ее изготовления в условиях подобных систем является актуальной проблемой. Это обусловлено тем, что в таких системах выбор и построение эффективной технологической

схемы производства в явном виде не всегда очевидны. При этом традиционные подходы к разработке в сложных системах технологий производства являются малоэффективными, т.к. предусматривают затратный метод «проб и ошибок» и не позволяют оперативно осуществлять «перестройку» технологии при корректировке требований заказчика, либо при возникшей производственной необходимости. Кроме того, использование традиционного метода приводит к ситуации, когда от лица, принимающего решение (ЛПР) по способу организации технологического процесса, зачастую зависит успешность в достижении требуемой результативности. Причем, от ЛПР требуется высочайшая квалификация по различным аспектам производства, что не всегда имеет место, особенно при ранней оценке технико-технологической возможности производства новой продукции.

Таким образом, учитывая необходимость оперативного принятия решения при выполнении заказа в условиях крупного действующего производства, в настоящее время малоисследованной и трудноразрешимой является задача организации эффективного технологического процесса производства ленты с возможностью адаптивного управления ПК готовой продукции.

На кафедре машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» разработан

концептуально новый подход «технологической адаптации» ПК к внешним воздействиям, основанный на системных представлениях. Сущность данного подхода заключается в следующем.

Под «технологической адаптацией» понимается процесс целенаправленного изменения технологической системы в соответствии с определенными критериями приспособления ее структуры и функций к условиям внешней среды, обеспечивающих достижение целей системы (соответствующий уровень ПК, ожидания потребителей, гармонизацию нормативной базы).

С позиций системного подхода любая ММТС может быть представлена как система (объект - для случая конкретного вида продукции) преобразований вещества, энергии и информации (или операндом Od). Так как операнд находится в системе преобразований, то его состояние определяется через вектор свойств. Таким образом, операнд имеет начальное состояние (начальные свойства) Od^0 , промежуточное состояние Od^i и конечное состояние Od^n . Для удовлетворения соответствующей потребности задается необходимое состояние операнда Od^n , которое является целью преобразований. Изменение $Od^0 \Rightarrow Od^n$ называется преобразованием, которое реализуется в процессе технологии. В результате преобразований операнд изменяет вектор свойств Z_j^i . Так, в рассматриваемой в качестве примера ММТС «производство холоднокатаной монетной ленты» ее управление качеством (УК) определяется совокупностью показателей механических свойств, геометрических параметров, характеристикой поверхности и структуры [4]:

$$Od^n = \begin{pmatrix} A_j^i \\ B_j^i \\ C_j^i \\ D_j^i \end{pmatrix} \quad (1)$$

где A_j^i – вектор механических свойств,

B_j^i – вектор геометрических параметров;

C_j^i – вектор характеристик поверхности,

D_j^i – вектор характеристик структуры.

При преобразовании операнда начального состояния в конечное состояние $Od^0 \Rightarrow Od^n$ присущие ему свойства характеризуются изменчивостью. Противоположным изменчивости, неразрывно с ней связанным, является понятие наследственности [5].

Наследственность в рассматриваемом случае - это свойство металлопроката сохранять и передавать особенности, имеющиеся изначально, либо приобретаемые в процессе пооперационной технологической переработки. Благодаря наследственности конечный продукт в виде холоднокатаной ленты имеет комплекс характерных признаков, как подката, так и промежуточных состояний ленты по мере его переработки в готовую продукцию. Используя данную терминологию можно выделить следующие виды изменчивости:

Ненаследуемая технологическая изменчивость – приобретенные в процессе конкретной технологической операции характерные особенности проката не оказывают влияния на последующие его состояния после дальнейших переработок.

Наследуемая технологическая изменчивость подразумевает неизбежное влияние предшествующих операций на формирование комплекса окончательных характеристик продукции.

С представленной точки восприятия изменчивости свойств проката в ММТС «производство холоднокатаной монетной ленты», учитывая их тесную взаимосвязь, можно выделить *родительскую* наследственность (исходную) и *приобретенную*. Родительская - предопределенность характеристик готовой холоднокатаной ленты начальными свойствами подката. Приобретенная наследственность подразумевает совокупные изменения на разных стадиях в процессе производства ленты, существенные для конечного ее состояния. Это можно представить следующим логиче-

ским набором:

$$a \rightarrow ab \rightarrow abc \rightarrow abcd \rightarrow abce \rightarrow abcf \rightarrow abcfg, \quad (2)$$

где a – наследуемый признак подката; b , c , f – наследуемые признаки операций; d , e – ненаследуемые признаки операций; g – признак готовой продукции.

Очевидно, что подобные системы, характеризующиеся значительной ролью наследственности при формировании конечного комплекса качественных показателей, для повышения результативности производства должны быть управляемы. При этом должны быть минимизированы затраты, связанные как с «повседневным» функционированием системы, так и с освоением новой продукции.

Рассмотрим возможность применения технологической адаптации ПК путем целенаправленного воздействия на ММТС, позволяющего перевести исследуемый объект (технологическую систему) в требуемое (целевое) состояние, на примере

системы изготовления холоднокатаной монетной ленты.

Будем считать, что состояние объекта изменяется под воздействием среды, в которой он находится. Пусть X - состояние среды, взаимодействующей с объектом, а Y - состояние объекта (рис. 1).

Объект в соответствии с данной схемой можно представить как некоторый оператор-преобразователь J^0 состояния среды в состояние объекта [6]:

$$Y = J^0(X), \quad (3)$$

где J^0 - некоторый оператор связи входа A и выхода B объекта, отражающий способ организации его работы; X - состояние окружающей среды; Y - состояние исследуемого объекта.

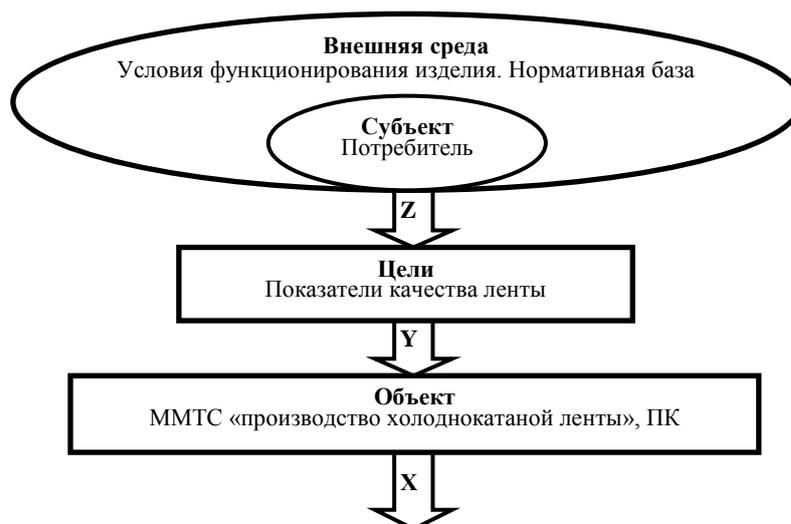


Рис 1. Схема взаимодействия среды и объекта управления ПК

Другими словами, данный оператор представляет собой определенное управленческое решение, позволяющее достигать заданные цели. Таким образом, процесс управления направлен на достижение определенных конечных результатов, т.е. на реализацию конкретно поставленных целей. Для постановки и определения целей необходимо использование понятие «субъекта». Под субъектом в данном случае подразумевается потребитель с постоянно меняющимися запросами к ПК металлопродукции (в рассматриваемом случае - холоднокатаной ленты), удовлетворение которых является ключевым аспектом успешного функционирования технологической системы и всего предприятия в целом. При этом изменения требований потребителей могут определяться внешней средой в зависимости от ситуации на рынке, а также состоянием нормативной базы на данный вид металлопродукции (например, при необходимости гармонизации отечественных и зарубежных стандартов). Таким обра-

зом, субъект формирует внешние цели деятельности ММТС.

Однако кроме внешних целей управляемая технологическая система должна быть направлена на достижение установленных внутренних показателей R , к примеру, таких как процент несоответствующей продукции по качеству при ее производстве, позволяющих оценить целесообразность, а также рациональность и эффективность принятого решения по организации конкретного технологического процесса (**рис. 2**).

В исследуемой ММТС по производству холоднокатаной ленты из горячекатаного подката для реализации процесса технологической адаптации и управления ПК при различного рода внешних возмущениях очевидна необходимость создания системного канала воздействия V , посредством которого оказывается влияние на состояние рассматриваемой системы.

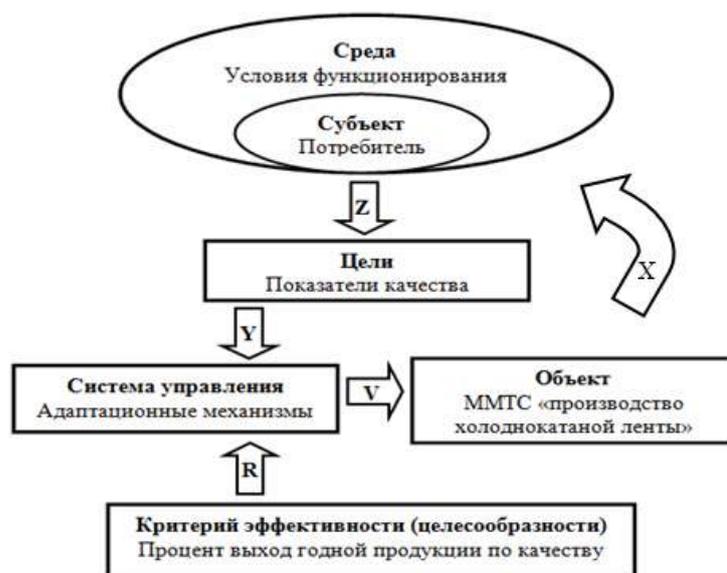


Рис. 2. Схема адаптационного взаимодействия внешней и внутренней сред с объектом

Таким образом, с использованием основных положений теории технических систем состояние рассматриваемой ММТС можно охарактеризовать с помощью следующего выражения:

$$X = \langle Od^0, Od^n, V, T \rangle \quad (4),$$

где Od^0 – «вход» в систему, начальное состояние операнда (свойства подката); Od^n – «выход» системы, конечное состояние операнда (ПК готовой ленты); T – элемент связи между «входом» и выходом» (адаптированная технология); V – управленческое воздействие; n – количество операций.

При этом технологический процесс в ММТС «производство холоднокатаной монетной ленты» за счет введения некоего механизма адаптации выражается следующим образом:

$$T = \langle Od^0, Od^n, A, T^0 \rangle \quad (5),$$

где A – механизм адаптации; T^0 – традиционная (базовая) технология.

В данном случае под «традиционной» будем понимать принятый в рамках данного выбранного варианта технологического процесса изготовления конкретного вида металлопродукции устоявшийся набор операций (технологических воздействий) применительно к рассматриваемой ММТС. При этом результаты традиционной технологии зачастую подразумевают достаточно широкий диапазон разброса получаемых свойств (например, механических характеристик готовой продукции), что в ряде случаев недопустимо.

Под системой управления будем понимать совокупность алгоритма управления и средств его реализации, собранных воедино для достижения объектом заданных целей.

Иными словами, для функционирования ММТС ей нужно определить цель управления (к чему следует стремиться в процессе технологического воздействия на систему), а также алгоритм управления — установку о том, как добиваться определенной субъектом цели, располагая информацией о состояниях входа и выхода объекта, а также поставленной перед ним цели:

$$V = Algm(Od^0, Od^n, Y, R) \quad (6),$$

где $Algm$ – алгоритм управления; Y, R – цели управления.

Технологическую адаптацию следует рассматривать не как отдельный этап управления ПК в отдельно взятой технологической операции, а как генеральную линию по обеспечению требуемого уровня качества на всех стадиях обработки путем разработки соответствующих моделей механизмов. На первоначальном этапе на основе выбранной методики, формулируются цели управления в ММТС. В рассматриваемом случае производства холоднокатаной ленты цели формулируются субъектом (потребителем) и согласовываются с производителем на предмет технической возможности их обеспечения.

При положительном решении производителя по возможности построения технической системы изготовления конкретного вида продукции, сформулированные в виде запроса цели субъекта становятся целями управления. Далее осуществляется выбор объекта управления. Иными словами, происходит выделение границ объекта управления. В качестве объекта управления в условиях исследуемой ММТС рассматривается совокупность технологических процессов изготовления холоднокатаной ленты из горячекатаного подката, т.е. технологические потоки и режимы на конкретных производственных операциях, образующие собой варианты достижения требуемых результатов – нормируемых ПК (рис. 3).

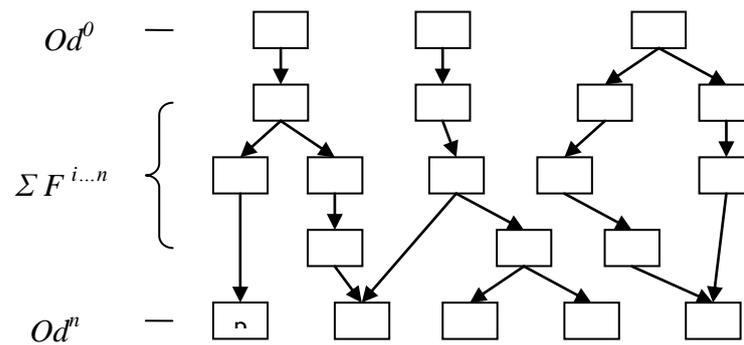


Рис. 3. Схема структуры объекта управления (ММТС)

В результате выделенный объект адаптации – ММТС, представляет собой набор технологических операций, которые могут образовывать линейные последовательности. Каждая система определяется не только самим набором операций – элементов системы, но и возможностью их сочетания в реальной временной последовательности их применения. В то же время каждая из операций характеризуется набором количественных параметров, которые могут изменяться: обжатие, натяжение, скорость прокатки, температура и время нагрева и пр. Выбор этих параметров также является ресурсом адаптации. Таким образом, можно выделить два типа адаптации ПК ММТС: **структурная**, которая заключается в построении цепи технологических операций в соответствии с возможностью их сочетаний, и **параметрическая**, которая заключается в определении конкретных количественных характеристик каждой из операций технологической цепочки. Такая классификация соответствует классификации, используемой в общей теории систем.

В целях систематизации применения управленческих решений для рассматриваемой ММТС «Производство холоднокатаной монетной ленты» был разработан адаптационный алгоритм для изготовления стальной ленты с набором качественных показателей, заданных потребителем. Данный алгоритм является описанием деятельности технологической системы в от-

вет на внешний «раздражительный» фактор, например, при поступлении заказа на изготовление холоднокатаной ленты с узким труднодостижимым диапазоном механических свойств.

Разработанный алгоритм технологической адаптации предусматривает оценку технико-технологических возможностей предприятия на стадии принятия заказа, разработку гармонизированного стандарта на поставку продукции и предполагает в качестве ключевой стадии адаптации **прецедента (рис. 4)**, включающую в себя:

- определение вариантов адаптации;
- их проверку на обеспечение требуемого уровня качественных показателей;
- переход к производству с занесением результатов в базу данных с ее последующим накоплением.

Выбор вариантов заключается в определении необходимых элементов адаптации и их сочетаний. С учетом принятого подхода будем различать три вида соответствующих элементов:

- A^1 – адаптация технологических режимов в данной операции;
- A^2 – адаптация технологической схемы производства;
- A^3 – адаптация требуемого набора параметров в исходном состоянии (в данном примере, в горячекатаном подкате для производства ленты).

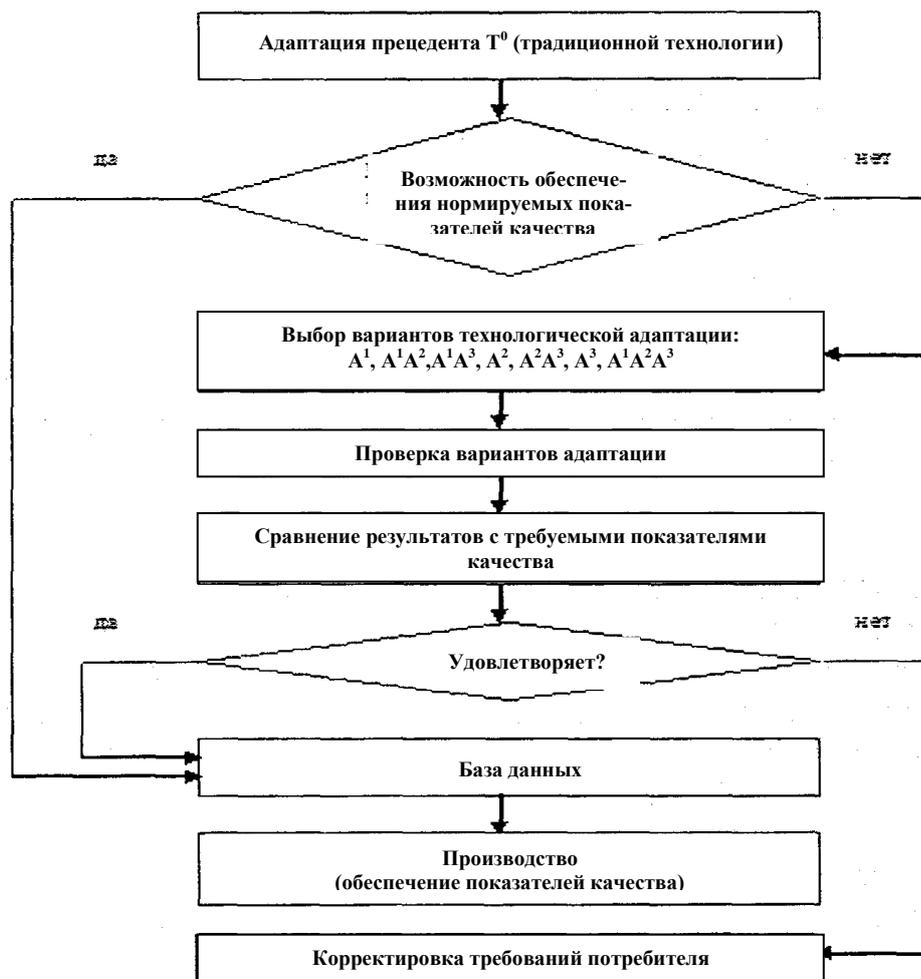


Рис. 4. Алгоритм адаптации прецедента в условиях технологической адаптации ПК

Соответственно, существует семь следующих сочетаний элементов (варианты) технологической адаптации функционирования ММТС «производство холоднокатаной монетной ленты» под требования потребителя: A^1 , A^1A^2 , A^1A^3 , A^2 , A^2A^3 , A^3 , $A^1A^2A^3$.

Тогда весь процесс адаптации представляется как набор отдельных составляющих, т.е. реально возможных разных путей решения задачи освоения производства нового вида изделия. Все они обеспечивают достижение необходимых качественных показателей. Поэтому возникает задача выбора рационального варианта адаптации. Разумеется, возможен экономический подход, определяющий выбор на основе наименьших затрат. Однако для проектируемых процессов экономическая

оценка очень трудоёмка и имеет значительную погрешность в силу неопределённости многих параметров проектируемого процесса. Возможны и другие пути получения количественной оценки предпочтительности различных вариантов адаптации: экспертный, квалиметрический и др.

Представленный подход адаптивного управления показателями качества в многовариантной многостадийной системе позволил разработать и освоить в условиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» высокоэффективную технологию производства холоднокатаной монетной ленты, обеспечивающую гарантированное достижение нормируемого уровня качества металлопродукции при различных внешних возмущающих воздействиях.

Список литературы

1. Алгоритмизация адаптации многообъектных технологических систем / Телегин В.Е., Курбан В.В., Смирнов П.Н., Голубчик Э.М. // Производство проката. 2012. № 8. С. 8 - 14.

2. Построение эффективных технологий производства холоднокатаной ленты на основе адаптационных принципов / Телегин В.Е., Смирнов П.Н., Горшков С.Н., Курбан В.В., Голубчик Э.М. // Труды IX конгресса прокатчиков. Т.1. 2013. С. 232 - 236.

3. Полякова М.А., Голубчик Э.М., Телегин В.Е. Повышение результативности технологии производства холоднокатаной ленты из сверхнизкоуглеродистой стали. // XIII Междунар. научная конф. «Новые технологии и достижения черной металлургии и строения материалов». Коллективная монография под ред. Х. Дья, А. Кавалек, П. Чаптер. Серия: Монография. Ченстохова (Польша). № 24. 2012. С. 333-336.

4. Телегин В.Е., Хохлов А.В., Голубчик Э.М. Построение адаптационных моделей при проектировании многообъектных технологических систем // Управление большими системами: материалы VIII школы-конференции молодых ученых. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2011. С. 318 - 321.

5. Анализ метода непрерывного деформационного наноструктурирования проволоки с использованием концепции технологического наследования / Чукин М.В., Корчунов А.Г., Полякова М.А., Гулин А.Е., Голубчик Э.М. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. 2012. №4. С.61-65.

6. Растрин Л.А. Адаптация сложных систем. Методы и приложения. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.

References

1. Telegin V.E., Kurban V.V., Smirnov P.N., Golubchik Je.M.. Adaptation algorithm presentation

for multiobject technological systems. *Proizvodstvo prokata* [Production of rolled]. 2012, no. 8, pp. 8 - 14.

2. Telegin V.E., Smirnov P.N., Gorshkov S.N., Kurban V.V., Golubchik Je.M.. Development of efficient technology for cold rolled strip production based on adaptation principles. *Trudy IX Kongressa prokatchikov* [Proceedings of the IX Congress of distributors], vol. 10, 2013, pp. 232 - 236.

3. Poljakova M.A., Golubchik Je.M., Telegin V.E. Improvement of technology efficiency for cold rolled strip production from ultralow carbon steel *XIII Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Novye tehnologii i dostizhenija chernoj metallurgii i stroenija materialov»* [XIII International Scientific Conference "New technologies and achievements of ferrous metallurgy and building materials"]. Collective monograph Ed. H. Dya, A. Kavalek, P. Chapter. Series: Monograph no. 24, Czestochowa, Poland 2012r, pp. 333-336.

4. Telegin V.E., Hohlov A.V., Golubchik Je.M.. Adaptation model development during multiobject technological systems design. *Upravlenie bolshimi sistemami: materialy VIII shkoly-konferencii molodyh uchenyh. Magnitogorsk* [Managing large systems: Materials VIII School-Conference for Young Scientists. Magnitogorsk]. Publisher *Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [NMSTU]. 2011, pp. 318 - 321.

5. Chukin M.V., Korchunov A.G., Poljakova M.A., Gulin A.E., Golubchik Je.M. Analysis of continuous method of deformational wire nanostructuring using technological inheritance concepts. [*Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2012, no. 4, pp.61-65.

6. Rastrigin L.A. *Adaptacija slozhnyh sistem. Metody i prilozhenija* [Adaptation of complex systems. Methods and applications]. Zinatne, Riga, 1981, 375 p.

УДК 621.778

Харитонов В.А., Галлямов Д.Э.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ДЕФОРМАЦИИ НА УРОВЕНЬ СВОЙСТВ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. В работе выполнен сравнительный анализ волочения стальной высокопрочной проволоки в монолитных волоках и совмещенным способом «протяжка-волочение». Выполнено экспериментальное и компьютерное исследование способов волочения проволоки.

Ключевые слова: волочение, масштабный фактор, монолитная волока, роликовая волока, деформируемость металла, поверхностный фактор.

Стальная холоднотянутая проволока является конструкционным материалом, широко используемым во многих отраслях промышленности. Ее применение обусловлено разнообразным сортаментом и спектром физико-механических свойств, регламентированных различной нормативной документацией.

В первую очередь, высокий комплекс свойств характерен для проволоки тонких и средних диаметров. С увеличением диаметра протягиваемой проволоки сохранить его не удается: происходит снижение как прочностных, так и пластических свойств, повышение неравномерности механических свойств по длине проволоки и склонности к расслоению. Подобное поведение металла связывают с масштабным эффектом, причину которого объясняют статистической вероятностью существования в объеме металла снижающих прочность различного рода дефектов. Другим принципиально важным фактором, обуславливающим масштабный эффект является неоднородность деформации, в результате которой появляются остаточные напряжения соизмеримые с пределом текучести металла.

Между тем существует острая потребность в высококачественной проволоке больших диаметров. Применение высокопрочной проволоки больших диаметров в строительстве позволяет уменьшить вес и снизить стоимость железобетонных конструкций. Производство стальных канатов, применяемых в строительстве крупных

большепролетных мостов, также нуждается в толстой холоднотянутой проволоке с повышенной прочностью. В автомобильной промышленности и сельхозмашиностроении существует потребность в аналогичном материале для изготовления пружин ответственного назначения.

В настоящее время основным способом производства стальной проволоки является волочение в монолитных волоках. Несмотря на явные преимущества этого способа, он обладает серьезными недостатками в виде неравномерности деформации и повышенного контактного трения и связанного с ним роста энергозатрат. В работе [1] отмечено, что наименьшие энергозатраты обеспечиваются при волочении в монолитных волоках проволоки диаметром менее 4,0 мм. С увеличением диаметра протягиваемой проволоки рационально использовать менее энергозатратные способы деформирования, в частности, протяжку в роликовых волоках.

В данной работе для оценки влияния масштабного фактора на свойства протягиваемой проволоки был применен критерий «поверхностный фактор», определяемый как отношение площади контакта металла с инструментом S к его объему в очаге деформации V . Величина S/V является функцией размера сечения деформируемого тела и его формы. С уменьшением сечения деформируемого тела величина отношения S/V увеличивается, при этом снижается доля растягивающих напряже-

ний в очаге деформации и улучшается его деформируемость [2].

Предположим, что при $S/V > 1$ напряженное состояние в очаге деформации будет преимущественно определяться сжимающими напряжениями, которые при дальнейшем волочении будут только увеличиваться. Тогда, чем тоньше диаметр протягиваемой проволоки, тем выше будет деформируемость материала.

Определим диаметр проволоки, для которого поверхностный фактор $S/V = 1$. Выразив площадь поверхности контакта металла с волокой и объем металла в очаге деформации через диаметр проволоки на входе в волоку d_0 и на выходе из волоки d_1 и учитывая, что коэффициент вытяжки $\mu = d_0^2 / d_1^2$, получим:

$$\frac{S}{V} = \frac{6 \cdot (d_0 + d_1)}{d_0^2 + d_0 d_1 + d_1^2} \quad \text{или}$$

$$\frac{S}{V} = \frac{6 \cdot (\sqrt{\mu} + 1)}{d_1 \cdot (\mu + \sqrt{\mu} + 1)}$$

Тогда при условии $S/V = 1$

$$d_1 = \frac{6 \cdot (\sqrt{\mu} + 1)}{\mu + \sqrt{\mu} + 1} \quad \text{и}$$

$$d_0 = \frac{6 \cdot (1 + \sqrt{\frac{1}{\mu}})}{1 + \sqrt{\frac{1}{\mu}} + \frac{1}{\mu}}$$

На рис. 1 показано, как будут изменяться начальный и конечный диаметры проволоки в зависимости от вытяжки при значении поверхностного фактора $S/V = 1$.

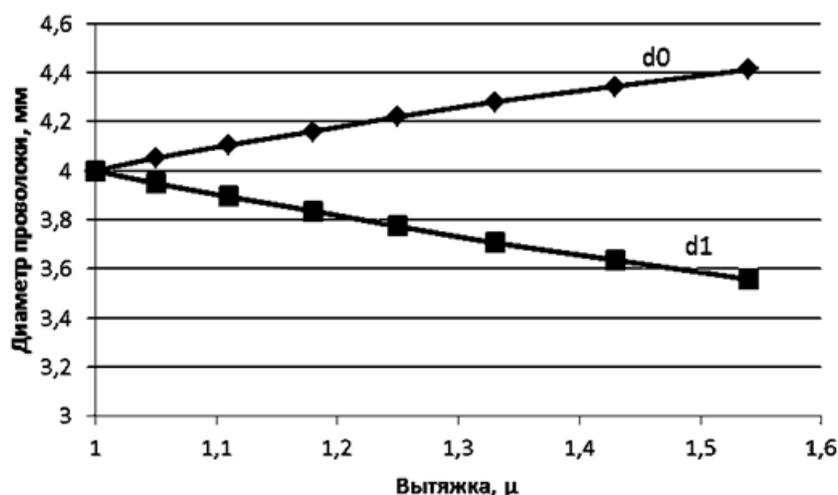


Рис. 1. Изменение диаметра проволоки на входе в волоку d_0 и на выходе из волоки d_1 в зависимости от вытяжки при значении поверхностного фактора $S/V = 1$

Следовательно, с повышением степени деформации диаметр проволоки d_1 уменьшается. Для принятых в практике волочения высокопрочной проволоки единичных обжатий от 10 до 25 % (коэффициент вытяжки $\mu = 1,1$ и $1,3$, соответственно) изменение колеблется в диапазоне от 3,90 до 3,70 мм. Это означает, что для случая волочения в монолитной волоке равномерная деформация и хорошая деформируемость металла могут быть обеспечены для проволоки диаметром менее 3,70 мм. И, наоборот, с увеличением диаметра протягиваемой проволоки более 3,90 мм деформируемость металла будет снижаться.

Повысить деформируемость металла при волочении проволоки диаметром более 3,90 мм можно, если принять во внимание, что поверхностный фактор зависит не только от размеров заготовки, но и от формы деформирующего инструмента. Учитывая, что проволока круглого сечения имеет минимальную поверхность, увеличить величину S можно протяжкой в фасонных (овальных, квадратных или треугольных и др.) калибрах. Наиболее предпочтительным в этом плане является волочение не в монолитных, а в роликовых волоках по схемам «овал-круг», «стрельчатый

треугольник-круг» или «стрельчатый квадрат - круг». Протяжка в роликовых волоках с указанной калибровкой будет способствовать увеличению площади контакта металла с инструментом и, следовательно, фактора S/V и уменьшению растягивающих напряжений.

Таким образом, если приведённое выше утверждение справедливо, то проволока большого диаметра, изготовленная способом протяжки в роликах, должна иметь более высокий уровень свойств.

Для определения рациональной технологии было выполнено экспериментальное исследование способов волочения проволоки. Напряженно-деформированное состояние металла оценивалось компьютерным моделированием в программном комплексе DEFORM-3D.

В результате проведения эксперимента были изготовлены образцы проволоки диаметром 3,20 и 4,00 мм. В качестве заготовки была использована соответственно патентованная проволока диаметром 5,60 мм ($\sigma_B = 1190 \text{ Н/мм}^2$) и сорбитизированная катанка диаметром 6,50 мм ($\sigma_B = 1080 \text{ Н/мм}^2$). Материал – сталь марки 70 с химическим составом, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали

Содержание элементов, %							
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
Диаметр 3,20 мм							
0,73	0,48	0,34	0,016	0,015	0,06	0,03	0,05
Диаметр 4,00 мм							
0,70	0,52	0,25	0,014	0,017	0,04	0,02	0,02

Проволока каждого диаметра изготавливалась двумя способами: стандартным волочением в монолитных волоках и совмещенным, т.е. попеременным волочением в роликовых и монолитных волоках.

Для протяжки были использованы неприводные четырехроликовые прокатные клетки. Квадратные профили, полученные протяжкой, калибровали в монолитной волоке.

Ниже приведены маршруты волочения проволоки обоих диаметров.

Проволока диаметром 3,20 мм.

Вариант 1 – волочение в монолитных волоках по маршруту

5,60 → 5,10 → 4,50 → 4,00 → 3,55 → 3,20 мм

Вариант 2 – волочение в роликовых и монолитных волоках по маршруту

5,60 → 5,00x5,00 → 4,60 → 4,10x4,10 →

3,80 → 3,50x3,50 → 3,20 мм

Проволока диаметром 4,00 мм.

Качество в обработке материалов

Вариант 1 – волочение в монолитных волокнах по маршруту
6,50 → 5,90 → 5,15 → 4,50 → 4,00 мм.

Вариант 2 – волочение в роликовых и монолитных волокнах по маршруту

6,50 → 5,90 → 5,50x5,00 → 4,70 → 4,30x
4,30 → 4,00 мм

В табл. 2 представлены результаты испытаний механических свойств проволоки, изготовленной по разным схемам.

Таблица 2

Механические свойства проволоки

№ варианта	Временное сопротивление разрыву, σ_B , Н/мм ²	Удлинение δ_{100} , %	Число перегибов		Оценка состояния скрученных образцов
			мин.	макс.	
среднее					
Диаметр 3,20 мм					
1	<u>1670 – 1690</u> 1683	<u>3 – 4,5</u> 3,8	<u>22 – 25</u> 23,3	<u>32 – 43</u> 39	без расслоения
2	<u>1670 – 1680</u> 1673	<u>3 – 4,5</u> 3,8	<u>21 – 24</u> 22,7	<u>37 – 41</u> 38,7	без расслоения
Диаметр 4,00 мм					
1	<u>1540 – 1550</u> 1545	<u>3,2 – 3,4</u> 3,3	<u>10 – 11</u> 10,7	<u>27 – 34</u> 31	без расслоения
2	<u>1440 – 1450</u> 1445	<u>4,1 – 4,4</u> 4,3	<u>12 – 13</u> 12,4	<u>34 – 38</u> 36,3	без расслоения

У проволоки диаметром 3,20 мм, изготовленной как стандартным, так и совмещенным способом, практически нет разницы по прочностным и пластическим свойствам. Наоборот, у проволоки диаметром 4,00 мм эта разница весьма существенна. Проволока диаметром 4,00 мм, изготовленная совмещенным способом, имеет более низкое временное сопротивление разрыву, что, по-видимому, связано с меньшим нагревом и, следовательно, меньшим деформационным старением. При этом пластические свойства ее выше: по числу перегибов в среднем на 15,9 %, по числу скручиваний – на 14,6 %. Это свидетельствует о лучшей проработке по сечению и большей равномерности механических свойств по длине проволоки диаметром 4,00 мм, изготовленной совмещенным способом. Следовательно, подтверждается ранее сделанный вывод о величине критического диаметра (при $S/V > 1$) и необходимости использования роли-

ковых волок при волочении проволоки больших размеров.

Полученные в ходе эксперимента данные были сопоставлены с результатом компьютерного моделирования.

Моделирование способов волочения проволоки проводили методом конечных элементов в среде программного комплекса «DEFORM-3D». Моделирование выполняли в соответствии с принятыми маршрутами волочения.

При моделировании введены следующие данные: процесс является симметричным; рабочий инструмент (волокни, валки и тянущие шайбы) представляет абсолютно жесткое тело; материал проволоки считается однородным, изотропным; деформируемая среда – пластическая. Температурные условия приняты изотермические. Рабочий угол волок – 12°, диаметр роликов – 100 мм

Программный комплекс DEFORM-3D позволяет прогнозировать обрывность проволоки при волочении с помощью кри-

терия Cockroft-Latham (рис. 2). В нашем случае полученные значения этого критерия для проволоки диаметром 3,20 мм несколько выше при волочении совмещенным способом, чем при стандартном способе. Вместе с тем эти значения критерия далеки от критических, т.е. в обоих случаях проволока имеет достаточно высокий коэффициент запаса прочности. Однако экспериментальные данные показывают более низкие пластические свойства у проволоки протянутой совмещенным способом. И наоборот, проволока диаметром 4,00 мм, изготовленная с использованием роликовых волок, имеет значительно больший коэффициент запаса прочности по сравнению с протянутой в монолитных волоках.

На рис. 3 приведены поля интенсивности напряжений в очаге деформации калибрующей монолитной волоки при волочении на готовый размер 4,00 мм (a –

для стандартного процесса волочения, b – совмещенного).

Результаты моделирования показывают, что при волочении в монолитных волоках доля растягивающих напряжений существенно выше, чем при совмещенном способе. Применение протяжки в роликовых волоках позволяет снизить действие растягивающих напряжений и улучшить деформируемость металла.

Проведенные исследования подтверждают более высокую эффективность волочения проволоки больших диаметров с использованием роликовых волок. Эффект проявляется за счет более благоприятной схемы напряженного состояния в очаге деформации и меньших потерь на контактное трение. Совмещенный процесс волочения позволит улучшить технико-экономические показатели процесса, повысить качество и конкурентоспособность продукции.

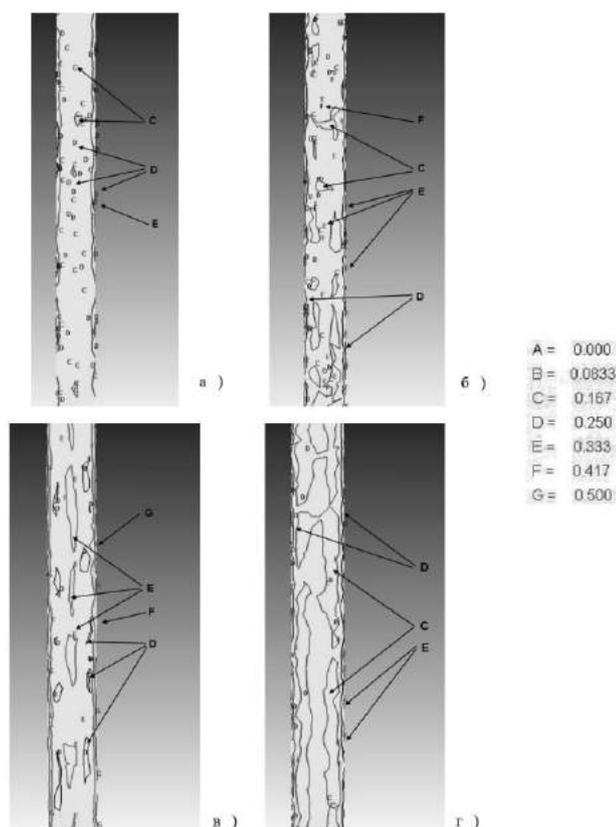


Рис. 2. Значения критерия Cockroft-Latham при волочении проволоки диаметрами 3,20 и 4,00 мм, соответственно, в монолитных волоках (а, в) и при совмещенном процессе «протяжка-волочение» (б, г)

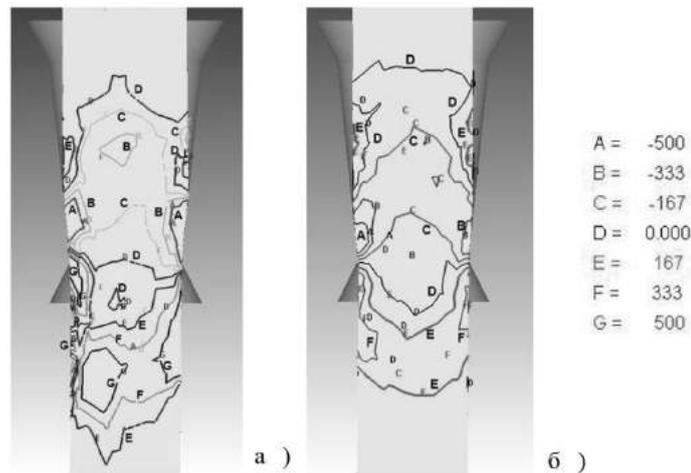


Рис. 3. Напряженное состояние проволоки при волочении проволоки диаметром 4,00 мм в монолитных волокнах (а) и при совмещенном процессе «протяжка-волочение» (б)

В настоящее время ведущими европейскими производителями, такими как «Euroolls», «DEM» «KarlFuhr», выпускаются роликовые кассеты (волокна) для протяжки стальной проволоки. Несмотря на некоторые отличия в конструкции, практически все модели роликовых кассет можно установить на действующие волочильные машины проволоки вместо традиционных мыльниц с волокодержателями. Эти роликовые кассеты применяются для волочения низкоуглеродистой проволоки, главным образом, арматурной. Для волочения высокопрочной стальной проволоки требуется увеличение жесткости их корпуса и усиления подшипникового узла. Это позволит использовать их в линии существующих волочильных станков для волочения проволоки больших диаметров, а также на первых проходах при волочении более тонкой проволоки.

Список литературы

1. Харитонов В.А., Галлямов Д.Э. Исследование эффективности способов волочения стальной проволоки // Вестник «НТУ ХПИ». 2012. № 46 (952). С. 192-198.
2. Дзугутов М.Я. Пластичность, ее прогнозирование и использование при ОМД. М.: Metallurgy, 1984. 64 с.

References

1. Haritonov V.A., Galljamov D.Je. Efficiency analysis of steel wire drawing methods. *Vestnik «NTU HPI»* [Bulletin "NTU KPI"]. 2012, no. 46 (952), pp. 192-198.
2. Dzugutov M. Ja. *Plastichnost, ee prognozirovanie i ispolzovanie pri OMD* [Ductility, its forecasting and application in metal forming]. Moscow: Metallurgy, 1984, 64 p.

УДК 621.771

Файзулина Р.В., Молева О.Н., Никифоров М.А.

КАЧЕСТВО ЖЕСТИ ДЛЯ ЦЕЛЬНОТЯНУТЫХ ДВУХЭЛЕМЕНТНЫХ БАНОК

Аннотация. Разработана технология отжига холоднокатаных полос для качественной жести, предназначенной для цельнотянутых банок. В процессе исследований определены технологические факторы качественной жести для цельнотянутых банок.

Ключевые слова: качество, технология, цельнотянутые банки

Аналитические исследования структуры потребления жести показали, что она была и остается одним из самых используемых материалов в производстве тары под пищевые продукты. Структура потребления жести под пищевые продукты в различных регионах мира по данным ФГУП «ЦНИИЧЕРМЕТ им. И.П.Бардина»: США - 65 %, Европа - 46 %, Россия - 78 %, Корея – 78 %. По своему назначению жечь является стратегическим материалом, кроме того, привлекательность использования стальной упаковки состоит еще и в том, что она подлежит 100 % вторичной переработке. Одним из технологических аспектов производителей консервной тары является расширение собственного сортамента, в частности замена старых видов упаковки. Одним из видов подобной упаковки является цельнотянутая банка, для производства которой требуется жечь с высокими пластическими свойствами.

Основными технологическими факторами для производства жести, предназначенной для цельнотянутых банок, является выбор химического состава стали и определение возможности изменения режима отжига в колпаковых печах. Последний фактор наиболее важен, так как для выбранного химического состава стали необходимо определить точку температуры, при которой происходит начало рекристаллизации зерен, а также максимально возможную температуру нагрева садки. На **рис.1** представлена микроструктура с первыми рекристаллизованными зернами.

Выдержка при температуре начала рекристаллизации и повышение общей температуры нагрева садки дают возможность образования благоприятной микроструктуры зерна по всему объему металла. На **рис. 2** приведена микроструктура зерна отожженной черной жести.

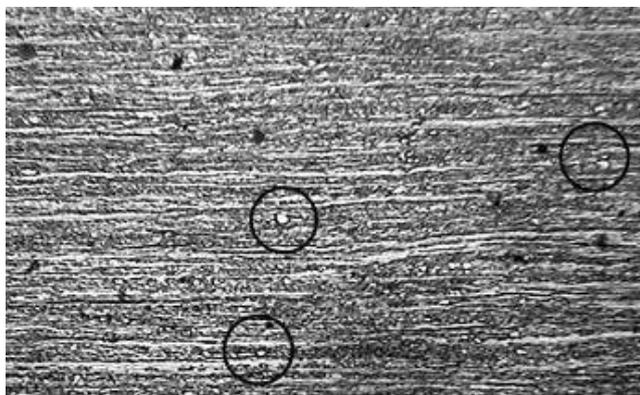


Рис.1. Микроструктура жести с первыми рекристаллизованными зернами

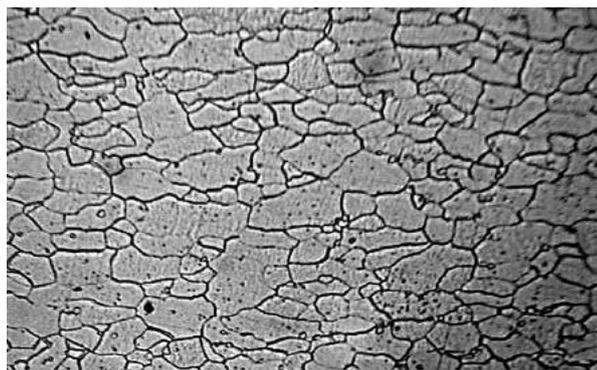


Рис.2. Микроструктура черной отожженной жести, предназначенной для производства цельнотянутой банки

Опытные партии жести были произведены из вакуумированной стали с ограниченным количеством остаточных элементов (Cr, Ni, Cu, Mo, V). Кроме того, для снижения эффекта межвиткового сваривания в колпаковых печах, на предыдущей операции обезжиривания, использовали обезжиривающие растворы, в состав которых входят присадки, исключающие сваривание витков рулонов при высоко-

температурном отжиге. В табл.1 приведены результаты испытаний твердости и глубины сферической лунки по Эриксену черной и электролуженой жести на соответствие ГОСТ 13345, произведенной по опытной технологии.

На рис. 3, 4 приведено распределение твердости черной и электролуженой жести, произведенной по данной технологии.

Таблица 1

Твердость и глубина сферической лунки по Эриксену черной и электролуженой жести степени твердости А1

Размеры	Значение	ЧЖК		ЭЖК	
		IE, мм	HR30Ta	IE, мм	HR30Ta
0,28x730	min	7,7	50,0	7,6	50,
	max	8,9	55,0	9,0	54,
	среднее	8,3	52,4	8,5	51,8
0,25x834	min	7,5	51,0	8,6	52,
	max	8,5	56,0	8,9	54,
	среднее	8,1	54,1	8,8	53,0
0,22x834	min	7,2	51,0	8,4	52,0
	max	8,3	56,0	8,8	54,0
	среднее	7,8	54,2	8,6	53,0
0,22x790	min	7,5	50,0	7,7	50,0
	max	8,3	55,0	8,4	54,0
	среднее	7,9	51,5	8,0	51,7
0,20x790	min	7,0	53,0	7,1	54,0
	max	7,4	54,4	7,7	56,0
	среднее	7,2	53,7	7,4	55,0
0,18x790	min	6,8	54,4	7,3	54,8
	max	7,1	54,9	7,6	55,4
	среднее	7,0	54,6	7,5	55,1

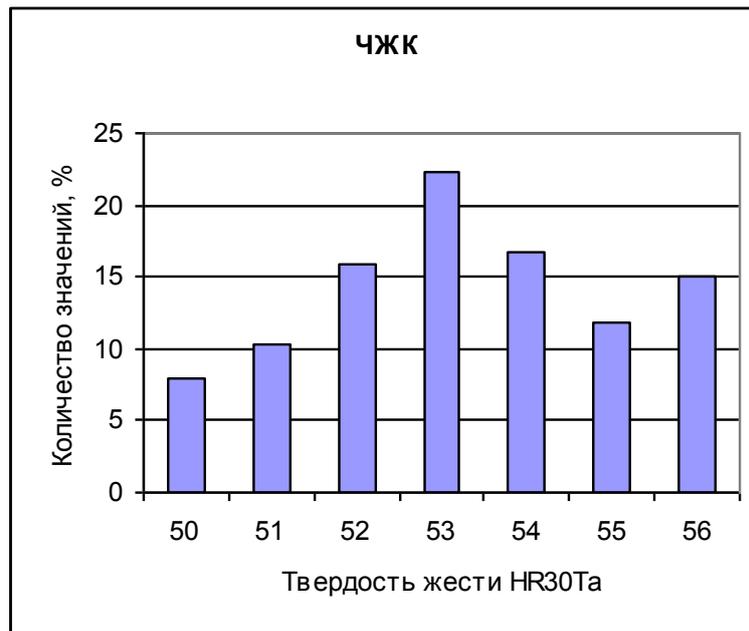


Рис.3. Распределение твердости черной жести

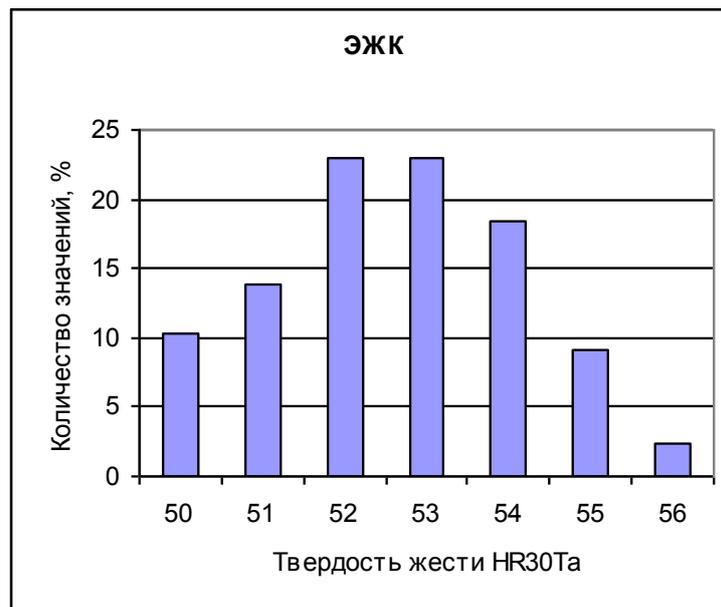


Рис.4. Распределение твердости электролуженой жести

Твердость ЧЖК 52-54 HR30Ta, ЭЖК 54-56 HR30Ta, что соответствуют степени твердости А1 ГОСТ 13345 (Технические условия). Среднее значение твердости находится в середине поля допуска 53 ± 3 HR30Ta (ГОСТ 13345).

Для сравнения механических характеристик жести, отожженной в соответствии с предложенной технологией и действующей, произвели испытания жести с определением свойств. По ГОСТ 13345 механические свойства жести не регламентируются, тем не менее, эти данные позво-

ляют оценить пластичность металла при изменении технологии отжига.

В табл. 2 представлены сравнительные данные прочностных характеристик черной жести толщиной 0,18 мм

Таблица 2

Механические свойства черной жести

Вид отжига	σ_t , МПа	σ_b , МПа	σ_t/σ_b	δ_4 , %	HR30Ta	Ie, мм
Высокотемпературный отжиг	201	318	0,63	28,1	52,6	7,2
Действующая технология отжига	260	354	0,73	25,9	57,0	7,0
Δ	+59	+36	+0,10	-2,2	+4,4	-0,2

Из табл. 2 следует, что по совокупности всех механических характеристик жечь, отожженная по опытной технологии значительно пластичнее жести, отожженной по действующей технологии. Таким образом, высокотемпературный ступенчатый нагрев при отжиге жести повышает ее пластичность. Первые партии жести (~3000 т) переработаны у потребителя без

замечаний по штамповке. Предложенная технология отжига жести, соответствующего химического состава, обеспечивает достаточный запас пластичности металла для производства цельнотянутых двухэлементных банок.

УДК 621.778
Рубин Г.Ш.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ СТИМУЛЬРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

Аннотация. В статье исследуется эффективность комплексной оценки для стимулирования повышения качества оцениваемого объекта. Раскрыты причины, вызывающие «инфляцию» - понижение эффективности стимулов в условиях ограниченности ресурса стимулирования. Показан обратный эффект стимулирования при аддитивной модели комплексной оценки качества. Исследована эффективность стимулирования в зависимости от видов функции поощрения.

Ключевые слова: комплексная оценка, качество, стимулирование, эффективность.

Одним из методов управления качеством продукции является стимулирование путём количественной оценки отдельных достижений в области качества. Количественной оценке может сопутствовать какой-нибудь вид вознаграждения в виде денежной премии, льгот, других видов материального и морального стимулирования.

Практика показывает, что, очевидная на первый взгляд мера стимулирования улучшения отдельных компонентов или элементов системы не всегда приводит к повышению показателей качества всей системы. Для того, чтобы определить какие составляющие и как стимулировать с целью совершенствования всей системы в целом исследуем некоторые связи и зако-

номерности функционирования системы стимулирования качества.

Прежде всего, опишем основные условия системы стимулирования. Систему Sys образуют два основных субъекта:

Поставщики – $P_i, i = 1, 2, \dots, l$ и Потребитель – C , а также продукция (носители качества) – Com . Носители качества – это объекты, на управление качеством которых направлена система стимулирования. Поставщик – производитель, дилер, другой субъект, влияющий на качество. Продукция – материальный объект, услуга, подразделение. Потребитель назначает систему оценки и стимулирования продукции, на качество которой воздействует поставщик.

В реальной ситуации продукция Com состоит из нескольких однородных составляющих (партий продукции, экземпляров продукции, сессий услуг и т.д.):

$$Com = Com_1 \cup Com_2 \cup \dots \cup Com_l \quad (1)$$

Качество каждой составляющей характеризуется набором показателей

$$Com_i = (P_i^1, \dots, P_i^j, \dots, P_i^k), \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (2)$$

Качество отдельной составляющей имеет комплексную оценку потребителя:

$$Q_i = Q(P_i^1, \dots, P_i^j, \dots, P_i^k), \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (3)$$

Эта же составляющая имеет оценку изготовителя, назовём её сложностью изготовления:

$$E_i = E_i(P_i^1, \dots, P_i^j, \dots, P_i^k), \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (4)$$

Отметим, что оценка затрат у каждого производителя своя, хотя в целом ряде случаев они могут совпадать. Вид функций Q_i и E_i мы пока не конкретизируем, счи-

тая, что они подчиняются требованиям достаточно подробно описанным в работах [1-3].

Качество и сложность всей продукции зависит от соответствующих оценок их составляющих:

$$\begin{aligned} Q &= Q(Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_l) \\ E &= E(E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_l) \end{aligned} \quad (5)$$

Априори каждый поставщик P_i стремится увеличить свою индивидуальную оценку потребителя Q_i . Оценка потребителя сопровождается вознаграждением $B_i = B(Q_i)$. Назовём функцию B политикой потребителя стимулирования изготовителя. При этом возможно несколько ситуаций, связанных с политикой потребителя и поведением изготовителя. Ресурс

вознаграждения потребителя $B = \sum_{i=1}^l B_i$

может быть постоянным или расти по определённом закону вместе с ростом качества продукции Q . Изготовитель может иметь полную информацию о политике потребителя, может знать только оценку (3) или оценку (3) и политику стимулирования $B = B(Q_i)$.

Подведём промежуточный итог исследуемой задачи. Поведение (политика) потребителя включает в себя:

- оценку качества (3);
- функцию стимулирования $B(Q_i)$;
- ресурс вознаграждения (стимулирования) B .

Поведение изготовителя зависит от информации о политике потребителя, информации о других изготовителях (информация о рынке) и собственных ресурсов повышения качества E . Более полное исследование ситуации требует предположить, что сложность продукции E связана с затратами определённого ресурса потребителя. Однако это слишком усложнит задачу. И мы оставляем этот случай для

дальнейшего исследования, выходящего за рамки поставленной здесь задачи.

Рассмотрим первую ситуацию: i -й изготовитель владеет информацией об оценке качества потребителем (3). Она может не полной – известны только «направления» комплексной оценки, т.е. знаки

частных производных $\frac{\partial Q}{\partial P^j}$ $j = 1, 2, \dots, k$.

Тогда изготовитель определяет целесообразность изменения показателей качества и, очевидно, выбирает те, которые требуют минимальных затрат. Т.е. руководствуется принципом: улучшать (увеличивать или уменьшать) показатели, для которых

$\frac{\partial E_i}{\partial P^j} \rightarrow \min$. Если потребитель знает вид

функции (3), а следовательно и функции

$\frac{\partial Q}{\partial P^j}$, то возможно более сложная тактика:

добиться максимального повышения качества при минимальных затратах. Аналитически это можно выразить формулами:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial P^j} \div \frac{\partial E_i}{\partial P^j} &\rightarrow \max \text{ или} \\ \frac{\partial Q}{\partial P^j} - \frac{\partial E_i}{\partial P^j} &\rightarrow \max \end{aligned} \quad (6)$$

для показателей с возрастающей (1) оценкой. Для показателей с убывающими оценками имеет место симметричная картина. Учитывая это, в дальнейшем мы будем записывать зависимости только для первого случая. Наиболее активная тактика подразумевает работу по улучшению комплексной оценки, тогда тактика изготовителя выразится формулами:

$$\begin{aligned} \Delta Q \div \frac{\partial E_i}{\partial P^j} \Delta P^j &\rightarrow \max \text{ или} \\ \Delta Q - \frac{\partial E_i}{\partial P^j} \Delta P^j &\rightarrow \max \end{aligned} \quad (7)$$

Второй вид формул в (6,7) целесообразно применять, если качество и затраты имеют одинаковые единицы измерения.

Во второй ситуации изготовитель работает с функцией вознаграждения также как с функцией качества. Здесь важна политика потребителя в области ресурса стимулирования. Если величина B постоянна, то с течением времени величины

$$\begin{aligned} \frac{\partial B}{\partial P^j} \div \frac{\partial E_i}{\partial P^j}, \frac{\partial B}{\partial P^j} - \frac{\partial E_i}{\partial P^j}, \\ \Delta B \div \frac{\partial E_i}{\partial P^j} \Delta P^j, \frac{\partial B}{\partial P^j} - \frac{\partial E_i}{\partial P^j} \end{aligned} \quad (8)$$

будут уменьшаться, т.к. изготовители будут наращивать качество. Т.е. произойдёт своеобразная девальвация стимулов и понижение эффективности всей системы стимулирования.

Для эффективной работы системы стимулирования необходима разработка таких видов оценок и функций вознаграждения, которые будут стимулировать улучшение наиболее важных для потребителя показателей. Следовательно, вид функции (3) должен разрабатываться с учётом вида функции затрат (4). Наиболее распространённый способ оценки в виде суммы оценочных баллов (аддитивная оценка) приводит зачастую к стимулированию улучшения менее важных для потребителя показателей, т.к их достаточное количество баллов по этим показателям может перекрыть баллы по важным показателям при меньшей трудоёмкости их достижения.

Необходимо также обеспечивать рост ресурса вознаграждения, во избежании девальвации стимулов. Для этого также необходимо использовать функцию стимулирования BQ_i , согласованную с функцией затрат. Важно строить оценку качества так, чтобы она обеспечивала рост ресурса потребителя и позволяла ему наращивать ресурс стимулирования. Задача дальнейших исследований - определение пригодности для этого известных видов функций оценки качества и разработка новых видов зависимостей, удовлетворяющих сформулированным выше требованиям.

Список литературы

1. Рубин Г.Ш., Гун Г.С. Логические законы оценки качества продукции. Магнитогорск, 1981. 23 с. Деп. в ВИНТИ 19.09.1981, № 4105-81 В.
2. Рубин Г.Ш. Функционально-целевой анализ качества изделий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 2 (34). С. 29-30.
3. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: Монография. - Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012. 167 с.

References

1. Rubin G.Sh., Gun.G.S. *Logicheskie zakony ochenki kachestva produkcii* [Objective laws of product quality assessment]. Magnitogorsk: 1981. Dep. VINITI 19.09.1981, no. 4105-81 V. 23 p.
2. Rubin G.Sh. Function and objective analysis of the product quality. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 2 (34), pp. 29-30.
3. Rubin G.Sh. *Kvalimetrija metiznogo proizvodstva: Monografija* [Qualimetry of hardware manufacture: monograph]. Magnitogorsk: NMSTU, 2012, 167 p.

УДК 621.793.5

Мезин И.Ю., Зотов С.В.

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. Дано описание разработанной методики прогнозирования качества покрытия оцинкованной проволоки. На основании геометрии конструктивных фракталов произведено математическое моделирование процесса формирования структуры цинкового покрытия. Установлены зависимости толщины железозинковых фаз покрытия от времени погружения проволоки в расплав, позволяющие прогнозировать свойства покрытия. Данная методика позволяет устанавливать рациональную скорость движения проволоки в агрегате горячего цинкования и получать покрытия требуемого уровня качества

Ключевые слова: методика прогнозирования, цинковое покрытие, механизм формирования покрытия, железозинковые фазы

В рамках выполненных исследований по повышению уровня качества оцинкованной проволоки была разработана комплексная методика расчета и прогнозирования свойств цинкового покрытия. В основе данной методики лежат статистические модели, теории конструктивных фракталов, а также теории нестационарной теплопроводности [1]. Для исследования влияния технологических факторов на показатель качества оцинкованной проволоки использовались данные, собранные на агрегате горячего цинкования «ISE» ОАО «ММК-МЕТИЗ». Исследовались такие факторы, как диаметр проволоки, скорость прохождения в агрегате, масса цинкового покрытия, содержание углерода, марганца и кремния в стальной заготовке [2].

При помощи разработанных моделей формирования структуры покрытия, а также нагрева стальной проволоки в расплавленном цинке, основанной на теории нестационарной теплопроводности, были найдены рациональные значения скорости движения в агрегате горячего цинкования для всего ряда диаметров заготовки [3]. Время нахождения проволоки в ванне с расплавом должно быть достаточным для необходимого нагрева заготовки, протекания процесса диффузии и образования требуемых железозинковых фаз. С другой стороны скорость не должна быть слишком высокой, чтобы исключить недогрев, вибрацию проволоки и появление наплывов покрытия. На основе теории фракталов было рассчитано необходимое для образо-

Качество в обработке материалов

вания качественного покрытия время погружения проволоки в расплав [4]. При помощи теории нестационарной теплопроводности с учетом времени нагрева заготовки до требуемой температуры произведен расчет рациональной скорости движения проволоки для агрегата горячего цинкования «ISE» ОАО «ММК-МЕТИЗ».

В табл. 1 представлены данные о существующей и рекомендуемой скорости движения проволоки для всего ряда диа-

метров. Предложенный диапазон режимов работы агрегата отличается от ранее установленных в среднем на 9,6 % в сторону снижения. В результате исследований было подтверждено, что данный диапазон скоростей способствует более эффективному прогреву заготовки до заданной температуры и обеспечивает требуемое соотношение фаз цинкового покрытия. Графически диапазоны режимов работы агрегатов представлены на рис. 1.

Таблица 1

Рекомендуемая скорость движения проволоки в агрегате

Режимы работы агрегата			
Диаметр проволоки, мм	Существующая скорость движения, м/мин	Рекомендуемая скорость движения, м/мин	Изменение, %
1,6	80,0	72,7	9,13
2,0	60,0	50,7	15,50
2,5	48,0	44,6	7,08
3,0	40,0	35,4	11,50
3,5	34,3	30,4	11,37
4,0	30,0	27,9	7,00
4,5	26,7	24,5	8,24
5,0	24,0	22,3	7,08

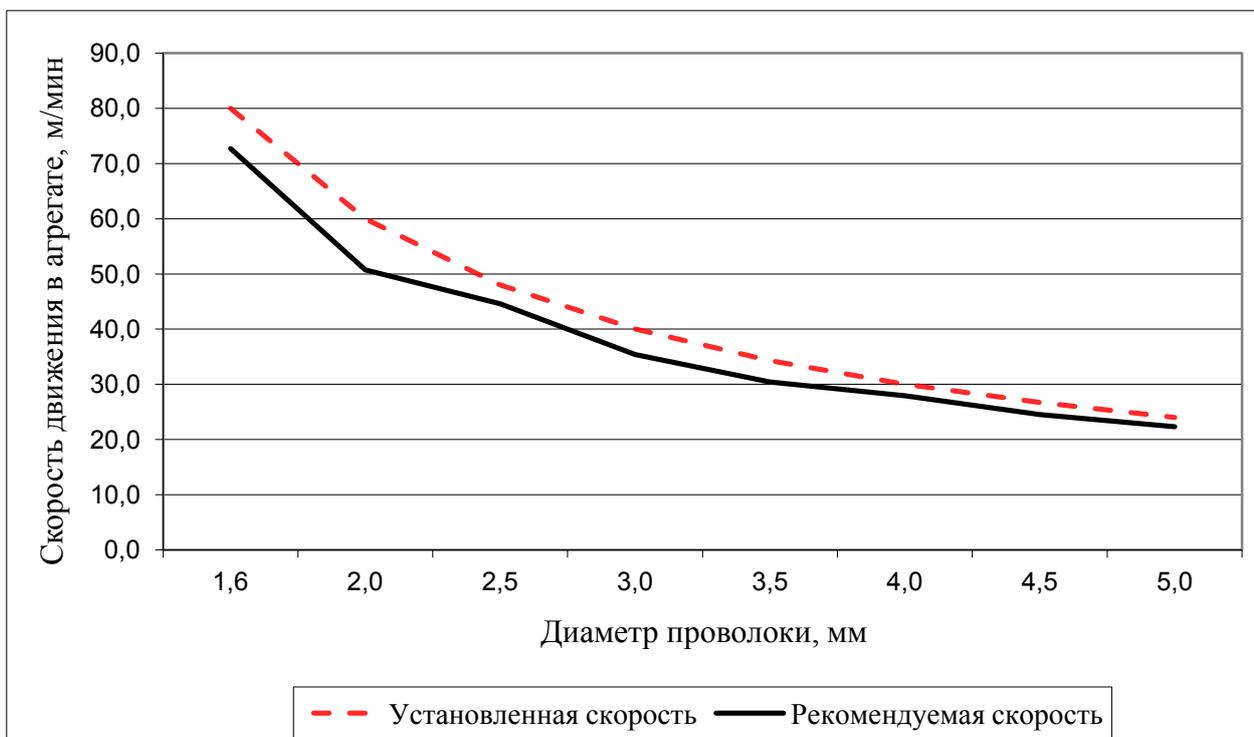


Рис. 1. Существующий и предложенный режимы работы агрегата «ISE» для всего ряда диаметров стальной проволоки

Итоги эксперимента оценивались при помощи металлографического анализа образцов оцинкованной проволоки [5].

Задачей металлографического исследования является установление взаимосвязей между качественными и количественными характеристиками структуры цинкового покрытия. Состав расплава, стальная основа, условия нанесения покрытия, а также режимы цинкования изменяют свойство материала. Эти изменения отражаются, прежде всего, на структуре и, следовательно, могут наблюдаться с помощью электронного микроскопа и быть оценены количественно.

Металлографические исследования проводились по стандартной методике [6] при помощи растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6490LV, который имеет разрешение до 3,0 нм (при ускоряющем напряжении до 30 кВ) и позволяет проводить анализ микроструктуры различных материалов неорганического происхождения, а также топографический и качественный фазовый анализ поверхности.

В результате анализа были получены снимки цинкового покрытия и проведено определение железоцинковых фаз (**рис. 2 – 5**). На **рис. 2** и **3** представлены примеры некачественного цинкового покрытия. Исследования проводились для проволок диаметром 2,7 и 3,0 мм, поскольку для них были получены наиболее четкие снимки железоцинковых фаз.

На **рис. 2** необходимо обратить внимание на то, что сильно развита хрупкая столбчатая фаза ζ . Ее толщина составляет 7,12 мкм. Это означает, что покрытие обладает слабой адгезией к основному металлу и при эксплуатации оно начнет отслаиваться. Наиболее пластичная δ -фаза имеет толщину максимум 2,2 мкм, которая очень мала для качественного покрытия.

Фаза γ в покрытии практически не наблюдается, но имеется отдельный наплыв, толщиной 1,01 мкм. Тот факт, что эта фаза является очень твердой и наиболее хрупкой свидетельствует, о том, что именно в этом месте произойдет разрушение покрытия при изгибе. Следует отметить, что на представленных образцах присутствует значительная неравномерность покрытия по длине и по диаметру проволоки. Имеются наплывы покрытия. Толщина фазы чистого цинка варьируется от 1,95 мкм до 7,10 мкм.

Отличительной особенностью является более развитая фаза чистого цинка. Однако, его сцепление с основой не является удовлетворительным [7].

Анализ режимов нанесения покрытия, близких к рекомендуемым, показал, что структура железоцинковых фаз изменилась. Значение пластичной фазы δ на проволоке, диаметром 2,7 мкм увеличилось до 5,33 мкм. Толщина хрупкой фазы ζ уменьшилась до значения 6,4 мкм (**рис. 4**). Также был сделан снимок покрытия проволоки диаметром 2,4 мм (**рис. 5**). В покрытии толщина фазы δ составляет в среднем 5 мкм. Что примерно соответствует толщине хрупкой фазы ζ . Фаза η , содержащая чистый цинк, имеет равную толщину по всему диаметру проволоки. Отсутствуют наплывы покрытия. По ГОСТ-1668-73 цинковое покрытие не должно растрескиваться и отслаиваться при спиральной навивке проволоки шестью плотными витками на цилиндрическую оправку диаметром, равным пятикратному диаметру проволоки. Это испытание исследуемые образцы выдерживают. Аналогичная ситуация с покрытием на проволоке диаметром 3,0 мм (**рис. 3**).

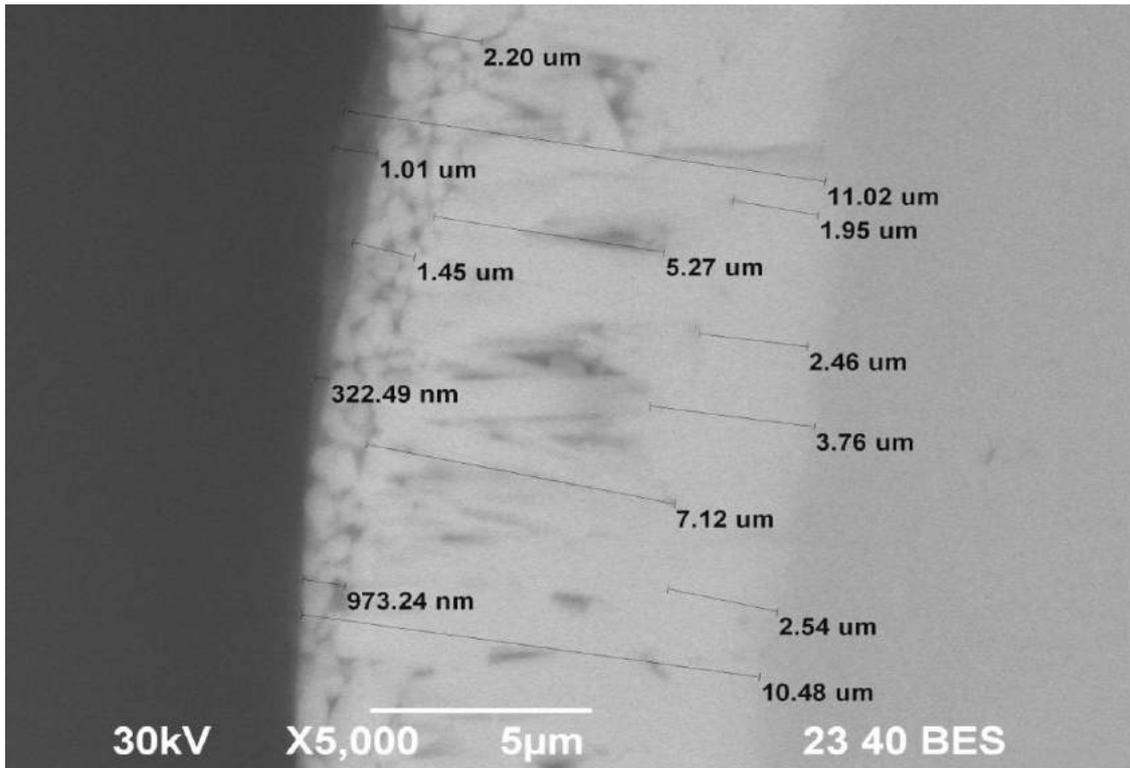


Рис. 2 Структура цинкового покрытия неудовлетворительного качества проволоки диаметром 2,7 мм

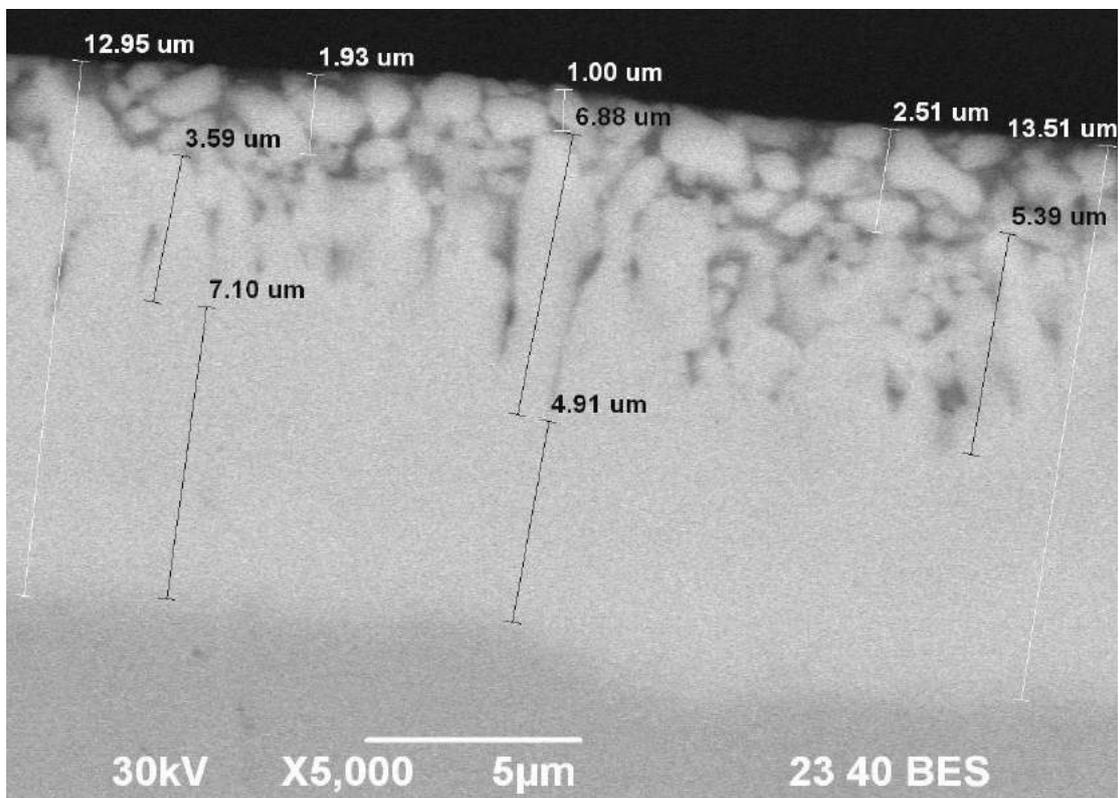


Рис. 3 Структура цинкового покрытия неудовлетворительного качества проволоки диаметром 3,0 мм

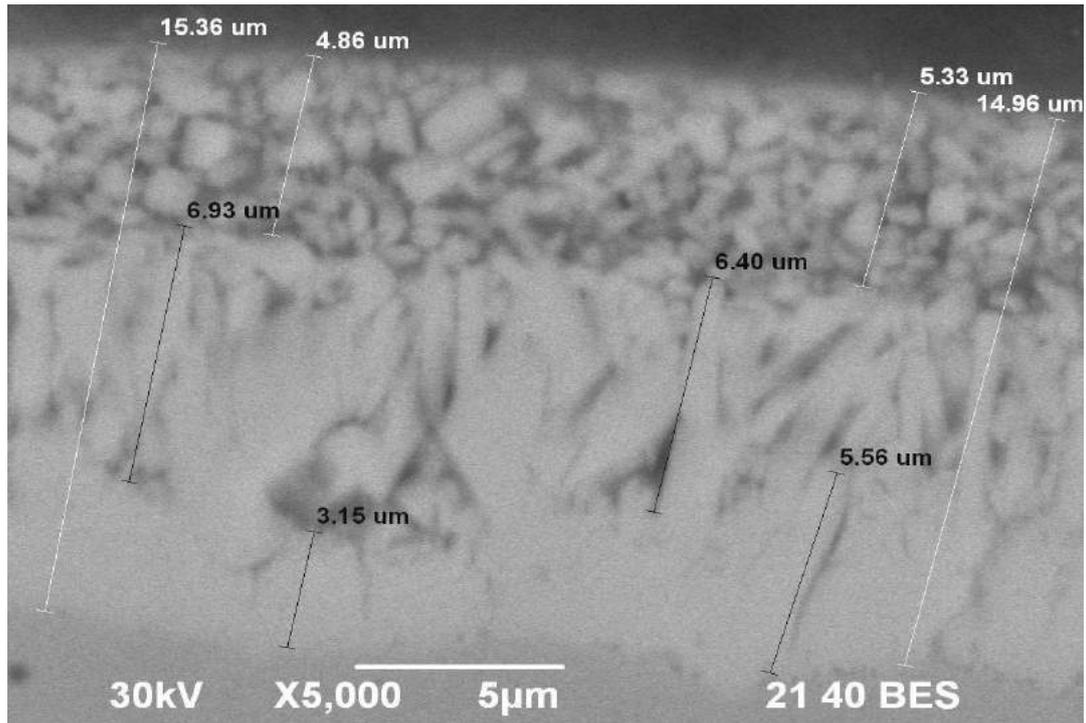


Рис. 4. Структура качественного покрытия проволоки диаметром 2,7 мм

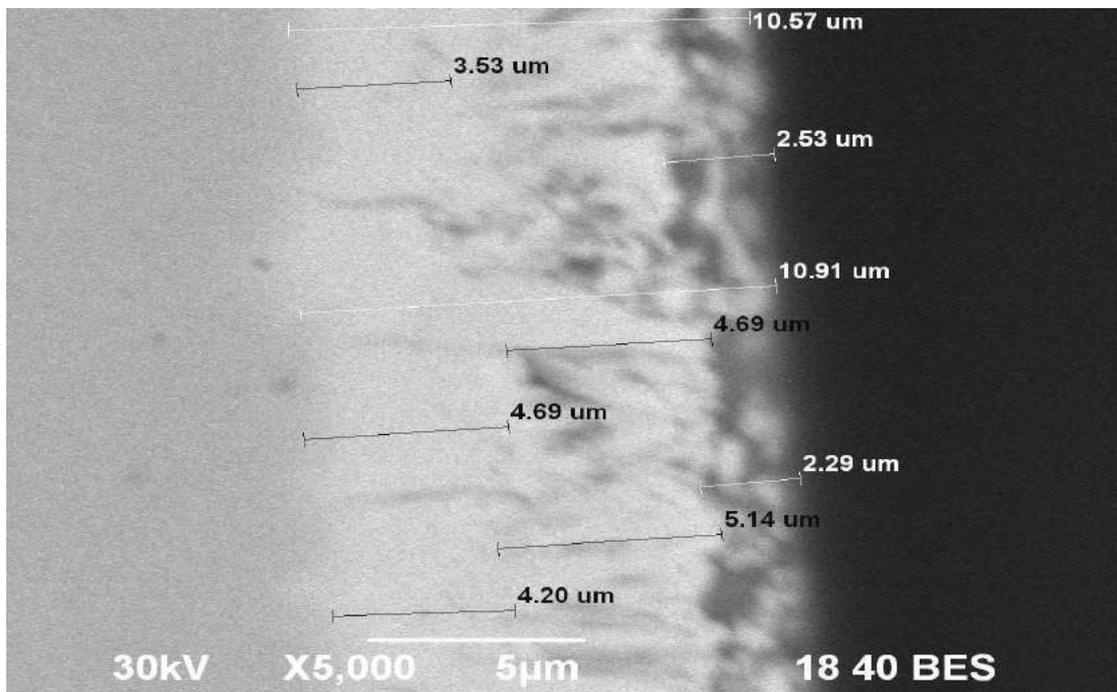


Рис. 5. Структура качественного покрытия проволоки диаметром 2,4 мм

Анализ структуры железцинковых фаз и требований к оцинкованной проволоке показал, что образцы проволоки изготовленной на рекомендуемых режимах работы агрегата и с использованием предло-

женной стальной заготовки обладают цинковым покрытием высокого качества. Покрытие получается равномерным по диаметру и всей длине проволоки. Предельные отклонения по диаметру соответству-

ют требованиям ГОСТ 3282 [6]. Значение плотности цинкового покрытия проволоки, диаметром от 1,6 до 5,0 мм установилось в пределах 95-120 г/м², что отвечает требованиям ГОСТ 3282 к оцинкованной проволоке высшего класса и значительно повышает коррозионную стойкость изделия.

Таким образом, реализация разработанной методики прогнозирования качества покрытий позволяет организовать технологический процесс, обеспечивающий требуемый уровень потребительских свойств оцинкованной проволоки. В результате возрастает качество готовой продукции, снижается вероятность появления дефектов, связанных с недостаточным сцеплением покрытия с основой и достигается требуемая толщина покрытия. Решение существующих проблем в конечном счете благоприятно отражается на затратах, связанных с появлением бракованной продукции и повышает доверие потребителей.

Список литературы

1. Бузунов Е.Г., Рубин Г.Ш., Мезин И.Ю. Описание процесса диффузии цинковых покрытий стальной проволоки на основе теории конструктивных фракталов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 66-67.
2. Квалиметрическая оценка производственных процессов изготовления / Яковлева Е.С., Мезин И.Ю., Касаткина Е.Г., Куцепендик В.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 2. С. 67-68.
3. Бузунов Е.Г., Мезин И.Ю., Зотов С.В. Методика прогнозирования качества покрытия оцинкованной проволоки // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. 2011. № 14 (231). С. 71-77.
4. Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Техносфера, 2006. 488с.
5. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. доп. и перераб. М.: МИСИС, 1994. 328 с.
6. ГОСТ 3282-74. Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. Анализ условий нанесения цинковых покрытий на проволоку в агрегатах FIB и ICE / А.Д. Носов, И.Ю. Мезин, С.В. Зотов и др. // Фазовые и структурные превращения в сталях: сб. науч. тр. / под ред. В.Н. Урцева. Магнитогорск, 2008. Вып. 5. С. 502-507.

References

1. Buzunov E.G., Rubin G.Sh., Mezin I.Ju. Diffusion of galvanizing coatings of steel wire based on the functional fractals theory. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no. 1, pp. 66-67.
2. Jakovleva E.S., Mezin I.Ju., Kasatkina E.G., Kucependik V.I. Qualimetric assessment of production processes. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no. 2, pp. 67-68.
3. Buzunov E.G., Mezin I.Ju., Zotov S.V. Method of coating quality forecast for galvanized wire. *Vestnik Juzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the South Ural State University]. 2011, no. 14 (231), pp. 71-77.
4. Kronover R. *Fraktaly i haos v dinamičeskikh sistemah*. [Fractals and chaos in dynamic systems]. Moscow: Technosphere, 2006, 488p.
5. Gorelik S.S., Skakov Ju.A., Rastorguev L.N. *Rentgenograficheskiy i jelektronno-opticheskiy analiz* [Radiographic and optoelectronic analysis]. Textbook. Manual for schools. - 3rd ed. ext. and rev. Moscow: MISIS, 1994, 328 p.
6. *GOST 3282-74. Provoloka stal'naja nizkouglerodistaja obshhego naznachenija* [State Standard 3282-74. Low carbon steel general-purpose wire]. Moscow: Publisher standards, 1974.
7. Nosov A.D., Mezin I.Ju., Zotov S.V. i dr. Analysis of wire galvanizing process in FIB and ICE units. Phase and structural transformations in steels. *Fazovye i strukturnye prevrashhenija v stal'jah: sb. nauch. tr. /pod red. V.N. Urceva* [Phase and structural transformations in steels: sat scientific. tr]. Ed. V.N. Urtseva. Magnitogorsk, 2008, no.5, pp.502-507.

УДК 621.771

Каледина О.С., Лимарев А.С.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ГЕОМЕТРИИ СОРТОПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье проанализированы причины образования немерной продукции и факторы, оказывающие влияние на длину готового проката. Рассмотрены методы раскроя материалов правильный выбор, которого определяет эффективность автоматизированной системы управления раскроем.

Ключевые слова: сортопрокатное производство, немерная продукция, качество сортового проката, резка металла.

Качество продукции один из важнейших факторов, обеспечивающих успешную конкуренцию металлургических предприятий, как на отечественных, так и на зарубежных рынках металлопродукции. [1].

В настоящее время перспективным направлением улучшения технико-экономических показателей сортовых станов является внедрение ресурсосберегающих технологий в производство, к которым можно отнести [2]:

- экономичную технологию раскроя;
- увеличение выхода годного мерного проката;
- снижение брака в результате уменьшения «бурежек» между группами клетей прокатных станов;
- уменьшение отходов благодаря обрезке минимальной длины захоложденных концов раскатов;
- получение требуемого качества торцов проката при резке и расширение сортамента качественно разрезаемых профилей с помощью ножей совершенных конструкций;
- уменьшение потребления электроэнергии ножницами и пилами за счет применения режима запуска на рез вместо режима непрерывного равномерного вращения и использования усовершенствованных типов ножниц с уменьшенными моментами инерции исполнительных механизмов.

Каждая из перечисленных составляющих вносит свой вклад в общую долю отходов при производстве проката. При этом следует также учитывать, что основ-

ные потребители сортовой стали требуют выполнения своих запросов по длине, поэтому наличие немерной продукции существенно снижает эффективность сортопрокатных станов. Сортовой прокат поставляется потребителю мерной (строго регламентированной) и немерной длины. Поскольку цена на немерный прокат значительно ниже, чем на мерный, это обуславливает снижение экономических показателей работы станов. Поэтому уменьшение выпуска немерного проката является важной задачей при производстве сортовых профилей [3]. Для решения этой задачи необходимо знать методы раскроя, которые условно можно разделить на 3 группы [4]:

- нормативные;
- технологические;
- оптимизационные.

Нормативные методы основаны на использовании нормативов отходов, которые в данной отрасли или на данном предприятии действуют. Специалист на основании своего опыта и умений выбирает (рассчитывает) раскрой и, если он укладывается в действующий норматив, отправляет в производство. Однако существует несколько недостатков этого метода:

- зависимость от специалиста, его настроения и здоровья;
- невысокая производительность.

Технологические методы основаны на применении четко описанных технологий. Таким образом, получают рациональные решения по раскрою. Оптимальное решение при этом, как правило, не ищется.

В ситуациях, которые отличаются от стандартных, раскрой может получаться достаточно далеким от оптимального. Применение компьютера для реализации этих методов ускоряет работу, но не повышает значительно оптимальность получаемого решения.

Оптимизационные методы основаны на применении математических методов, реализованных на ЭВМ. Эти методы делятся на две группы - чисто оптимизационные и эвристические. Большинство из оптимизационных методов используют линейные модели и метод линейного программирования для их решения. Однако реальные задачи раскроя часто имеют нелинейные элементы, которые приводят к тому, что решение получается все-таки не оптимальным. Эвристические методы иногда приводят к очень неплохим результатам, если это укладывается в норматив отходов. Тем не менее, никогда не ясно, а можно ли найти решение еще лучше.

Выбор соответствующего метода может различаться для каждого производства и определяется, в первую очередь, причинами возникновения немерной продукции. Среди основных причин образования немерной продукции можно выделить следующие:

- неправильная настройка оборудования, участвующего в резке металла;
- нарушение технологического режима нагрева заготовки и прокатки металла;
- отсутствие на прокатном стане эффективных адаптивных автоматизированных систем управления процессом резки.

Неправильная установка упора, несвоевременное отключение рольганга, а также состояние всего оборудования резки приводят к образованию немерной продукции. Также существенное влияние на качество продукции оказывают конструктивные и технические особенности оборудования, участвующего в резке, неудовлетворительное состояние которого может привести к образованию трещин на поверхности проката. Это приводит к необходимости обрезки дефектных концов, а соответственно к снижению производи-

тельности и уменьшению выхода годного [5]. Поэтому необходим тщательный контроль всех технических параметров оборудования задействованного в процессе холодной резки проката.

Нарушение технологического режима нагрева заготовки и прокатки металла приводит к существенному изменению параметров формоизменения, что сказывается на геометрических характеристиках проката, в том числе и на длине. Все это создает объективные условия для образования немерной продукции. Поэтому при производстве сортового проката необходимо соблюдение основных технологических параметров, в допустимых диапазонах возможных отклонений [6]. В свою очередь полное выполнение всех необходимых контрольных операций за состоянием оборудованием, несмотря на высокий уровень автоматизации современных сортовых станов, все еще сильно зависит от квалификации рабочего персонала. Внедрение эффективных методик оценки, подбора и подготовки персонала на ответственных производственных участках позволит существенно снизить количество несоответствующей продукции и повысить эффективность производства [7].

Существующие системы управления процессом резки на сортовых станах не позволяют выполнять рациональный раскрой проката, исключаящий немерную продукцию. Раскрой проката такого типа является линейным: металл, считается одномерным, т.е. раскрой ведется по одной координате – длине. Следует учитывать, что в прокатном цехе осуществляют раскрой на кратные мерные длины с немерными отрезками длиной не менее 1 м до 10% массы всей партии. Использование этого проката приводит к образованию большого количества отходов. [8] Причиной этого является отсутствие в алгоритмах резки металла моделей, учитывающих изменение технологических параметров при сортопрокатном производстве. Кроме того геометрические параметры заготовок могут также варьироваться в заданных пределах. Отсутствие возможности учета

этих факторов на действующем производстве приводит к тому, что одни и те же технологические режимы резки используются для проката различной длины. Результатом этого является наличие непрогнозируемой немерной продукции на сортовых станах.

Разработка модели оптимизации раскроя проката, с учетом изменяющихся технологических факторов, и внедрение в автоматическую систему управления технологическим процессом резки обеспечит раскрой проката, который практически исключит обрезь, не предусмотренную технологической документацией. Среди факторов, влияющих на длину конечного проката, которая в итоге определяет характеристики раскроя можно выделить следующие:

- геометрические параметры заготовки и готовой продукции;
- технологические режимы нагрева и прокатки металла;
- технические характеристики оборудования основного и вспомогательного оборудования;
- механические свойства стали.

При выборе параметров раскроя металла необходимо знать полную длину конечного проката. Это позволит правильно определить параметры раскроя на этапах предварительной резки, что в итоге обеспечит резку металла без остатков на окончательном этапе. В общем случае функционально взаимосвязь этих параметров и длины конечного проката можно выразить следующей формулой:

$$L = f(K, G, O, S, M),$$

где K – параметры, характеризующие геометрические характеристики заготовки; G – параметры, характеризующие геометрические характеристики готовой продукции; T – параметры, характеризующие технологические режимы при производстве сортового проката; S – параметры, характеризующие технические характеристики оборудования; M – параметры, ха-

рактеризующие механические свойства и химический состав прокатываемой стали.

Основными геометрическими параметрами, определяющими длину конечной продукции, являются ширина, длина и высота заготовки. Поскольку параметры заготовок могут изменяться в заданных пределах, то знание этих параметров позволяет прогнозировать длину конечной продукции в широких пределах. Более точное определение этих параметров до начала проката существенно повысит точность прогнозируемой длины продукции на выходе из последней клетки.

Знание геометрических параметров конечной продукции определяет необходимое количество резов на всех этапах резки. При необходимости небольшое изменение технологически параметров на предшествующих этапах дает возможность оптимизировать длину раскроя, что уменьшит вероятность возникновения немерного проката.

Влияние технологических факторов на длину проката неоднозначно. Поскольку даже незначительные изменения температурно-скоростных режимов совместно с параметрами, характеризующими механические свойства стали, прокатки приводят к существенному изменению формоизменения. В связи с этим целесообразно при определении параметров раскроя использовать достаточно точную и быструю модель формоизменения. В некоторых случаях это представляется затруднительным, что может быть упрощено использованием поправочных коэффициентов. Наряду с этим более важное значение имеет наличие технологической обрезки между клетями. Использование этого ресурса обеспечивает возможность варьирования длины конечного проката в широком диапазоне, что в свою очередь позволяет более рационально определять параметры раскроя проката.

При определении параметров раскроя необходимо учитывать характеристики оборудования, которые могут стать ограничивающими факторами при выборе значений параметров раскроя. Это связано в

первую очередь с ограниченной длиной и шириной холодильника, участка резки. Соответственно длина проката после предварительной резки не должна превышать заданных пределов. Поскольку эти параметры являются неизменными, то они существенно ограничивают возможности по оптимизации технологических режимов раскроя металла после прокатки. Учет вышеперечисленных параметров в единой математической модели и внедрение в автоматизированную систему управления технологическим процессом сортопрокатного стана позволяет управлять показателями качества геометрии сортового проката. Так, к примеру, автоматизированная система управления оборудования резки в комплексе с другими системами должна производить:

- расчет параметров резки, обеспечивающих оптимальную длину проката на делительных ножницах;
- повышение качества параметров раскроя и снижения вероятности возникновения технологических ошибок при резке проката;
- снизить долю участия персонала в процессе резки металла.

Сложность решения задачи оптимального раскроя проката связано с тем, что на действующем стане точная длина проката неизвестна до конца прокатки. Решение этой задачи не представляется возможным без выполнения следующих этапов:

- определения параметров раскроя при подаче заготовки для каждого типа продукции;
- предварительный расчет длины проката на выходе из последней клетки;
- корректировка параметров раскроя в соответствии с полученной длиной металла;
- осуществление резки металла;
- контроль полученной длины проката на участке резки и оценка оставшейся немереной продукции.

Таким образом, разработка математической модели оптимизации технологии резки сортового проката и внедрение ее в автоматизированную систему управления

технологическим процессом раскроя металла на сортовых станах позволит существенно снизить количество немерной продукции, что приведет к повышению производительности и сокращению экономических потерь при производстве сортового проката.

Список литературы

1. Концепция построения современных моделей прокатки на сортовых станах / Моллер А.Б., Тулупов О.Н., Лимарев А.С., Назаров Д.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. №1. С.64-67.
2. Сумский С.Н. Металлосберегающие технологии раскроя проката // Сталь. 2003. №6. С. 55-60.
3. Кузьменко А.Г. Создание новых технологических процессов и оборудования непрерывных мелкосортных станов, обеспечивающих повышение эффективности их работы: дисс. ... д-ра техн. наук. Москва, 1997. 50 с.
4. Бронфельд Г.Б. Решение задачи оптимального раскроя материалов // Сборник докладов «Первой всероссийской научно-практической конференции по вопросам решения оптимизационных задач в промышленности ОПТИМ-2001». С.-Петербург: ЦНИИ ТС, 2001. С. 9-12.
5. Лимарев А.С., Шаймарданова Ю.А. Улучшение качества реза полосового проката для автомобильных рессор [электронное издание] // Калибровочное бюро (Электронный научный журнал). Вып. 1. 2013. С. 50-55.
6. Разработка и применение баз данных технологических параметров с целью освоения и совершенствования сортопрокатных станов / Левандовский С.А., Назаров Д.В., Лимарев А.С., Моллер А.Б., Тулупов О.Н. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. №4. С. 36-40.
7. Моллер А.Б., Лимарев А.С., Логинова И.В. Квалиметрическая оценка компетентности персонала металлургического предприятия // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 1. С. 55.
8. Производство проката из рессорно-пружинистой стали / Жадан В.Т., Воронцов Н.М., Кулак Ю.Е. и др. М.: Металлургия, 1984. 216 с.

References

1. Moller A.B., Tulupov O.N., Limarev A.S., Nazarov D.V. The concept of construction of modern models of high-quality rolling mills. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no.1, pp. 64 -67.

2. Sumskij S.N. Steelsaving technology cutting. *Stal* [Steel]. 2003, no. 6, pp. 55-60.

3. Kuzmenko A.G. *Sozdanie novyh tehnologicheskikh processov i oborudovaniya nepreryvnyh melkosortnyh stanov, obespechivajushhih povyshenie jeffektivnosti ih raboty: diss. ... d-ra tehn. nauk* [The creation of new technological procedures and light-section mills to provide the growth in production effectiveness: dis. ... d-r tekhn. nauk]. Moscow, 1997, 50 p.

4. Bronfeld G.B. The solution of the problems in material cutting. *Sbornik dokladov «Pervoj vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii po voprosam reshenija optimizacionnyh zadach v promyshlennosti OPTIM-2001»* [The Collection of reports "The first Russian scientific and practical conference in optimization problems solution in industry OPTIM-2001"]. St. Petersburg, Central Research Institute of the TC, 2001, pp. 9- 12.

5. Limarev A.S., Shajmardanova Ju.A. The conditioning of strip bar for automobile shocks [elec-

tronic edition]. *Kalibrovochnoe bjuro. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal* [Metering office. Electronic scientific magazine]. no.1, 2011, pp. 50-55.

6. Levandovskij S.A., Nazarov D.V., Limarev A.S., Moller A.B., Tulupov O.N. The development and application of data bases of process parameters with the purpose of modern section mills commission and updating. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2005, no. 4, pp. 36-40.

7. Moller A.B., Limarev A.S., Loginova I.V. Personnel competence qualimetry assessment at metallurgic enterprise. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no.1, pp. 55-55.

8. Zhadan V.T., Voroncov N.M., Kulak Ju.E. i dr. *Proizvodstvo prokata iz resorno-pruzhinistoj stali*. [Rolling production from sprung elastic steel]. Moscow: Metallurgy, 1984, 216 p.

УДК 621.778

Г.Н. Гурьянов, Б.М. Зуев

МЕТОДИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ НА УДАРНЫЙ СРЕЗ И РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ*

Аннотация. В работе приведены результаты испытаний проволоки, проведен анализ влияния температуры испытания на прочность, сделан вывод о том, что в зависимости от степени деформации проволоки при холодном волочении величина работы разрушения при ударном срезе увеличилась в 1,5-2,8 раз с понижением температуры испытания с +20 до -80⁰С.

Ключевые слова: испытания, проволока, пластическая деформация

Россия имеет в северных районах богатые месторождения нефти и газа. Для их разработок необходимы оборудование, машины, механизмы и метизы в северном исполнении.

Долговечность работы металлических изделий, предназначенных для эксплуатации при умеренных температурах, заметно снижается в условиях Севера.

*

В работе принимали участие сотрудники НИИ-Метиза (г. Магнитогорск) Г.В. Баталов, В.Е. Гуленкин, В.М. Литвинова

Например, увеличивается на 25–30 % расход канатов в условиях работы Норильского горно-металлургического комбината [1].

Работоспособность канатов во многом зависит от свойств его основного элемента - проволоки.

Поэтому проводятся исследования для уточнения влияния состава стали, структуры, режимов термической обработки и деформирования на хладостойкость проволоки.

Пластическая деформация при холодном волочении является эффективным средством диспергирования перлитной

структуры, что приводит к уменьшению отрицательного влияния низких температур на пластичность проволоки.

Такое же влияние оказывает измельчение перлита при патентировании углеродистой стали. С другой стороны, микротрещины, возникшие в стальной проволоке при холодном волочении, могут усилить низкотемпературную хрупкость [1].

Для определения способности металлических материалов переносить ударные нагрузки и для выявления их склонности к хрупкому разрушению используют динамические испытания. Широко распространены и стандартизованы ударные испытания на изгиб образцов с надрезом [2].

Характеристикой динамических испытаний на изгиб с надрезом является ударная вязкость, которая зависит от прочностных и пластических свойств металла.

Поскольку ударная вязкость значительно зависит от геометрии надреза – концентратора напряжения, то его нанесение на углеродистую проволоку тонких

размеров, получившую повышенную пластическую деформацию, является трудоёмкой операцией.

Можно предполагать, что микротрещины в металле проволоки, образовавшиеся при холодной деформации, могут быть концентраторами напряжений, источниками разрушения. Кроме того, определение ударной вязкости не позволяет делать исчерпывающий вывод о характере поведения металлических изделий при эксплуатации [3]. В связи с этим определяли работу разрушения образцов проволоки без нанесения концентраторов напряжения при обычной и отрицательной температуре. Разрушение осуществляли срезом в плоскости поперечного сечения проволоки ножами, установленными на станине копра и подвижном маятнике.

Схема испытания проволоки на динамический срез показана на **рис. 1**, а общий вид установки для низкотемпературных испытаний проволоки приведён на **рис. 2**.

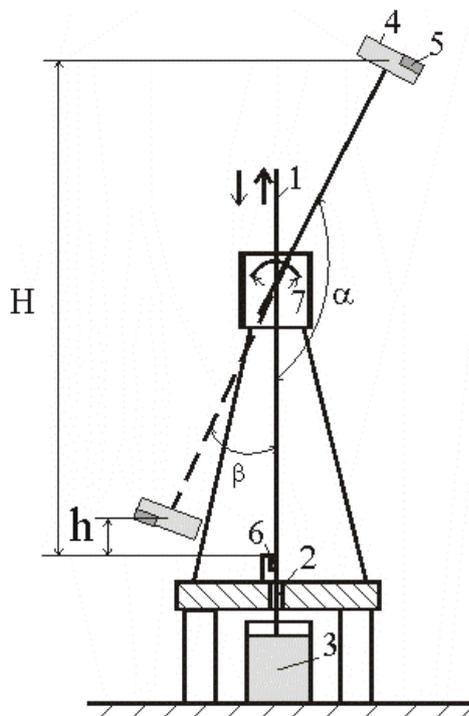


Рис. 1. Схема испытания проволоки на ударный срез при отрицательной температуре:

- 1 - образец; 2 - отверстие в станине копра для вертикального перемещения образца; 3 - ёмкость с охлаждающей средой; 4 - маятник; 5 - нож маятника; 6 - неподвижный нож; 7 - шкала замера углов отклонения маятника**

Образец проволоки 1 имеет возможность свободно перемещаться в вертикальном направлении в отверстии 2, сделанном в станине копра. Нижний конец образца помещён в сосуд 3 с охлаждающей жидкостью – раствором уголекислоты в ацетоне.

Маятник копра 4 с прямоугольным ножом 5 закрепляется в исходном верхнем положении и образует с вертикальной осью угол α . Нижний конец образца вы-

держивается в течение 3-5 минут в охлаждающей жидкости. Затем верхний конец перемещается вверх, чтобы охлаждённый нижний конец образца расположился напротив неподвижного ножа 6. Маятник свободно падает и наносит удар по образцу и срезает его в режущей плоскости ножей. После разрушения маятник по инерции поднимается и занимает с вертикальной осью угол β . Величины углов α и β фиксируются по шкале 7.

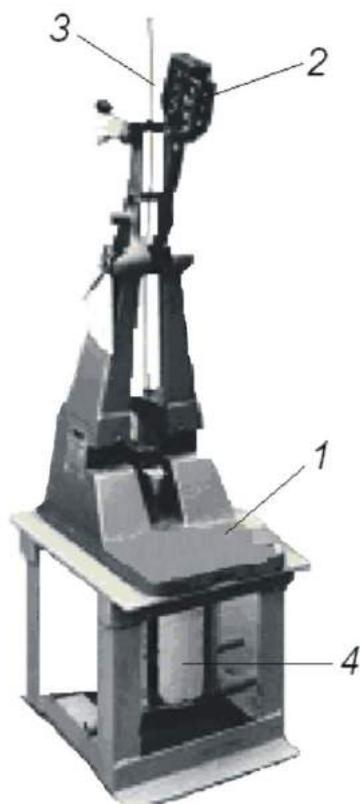


Рис. 2. Общий вид установки для низкотемпературных испытаний проволоки на ударный срез:

**1 - станина копра ПСВ - 5; 2 - маятник; 3 - образец;
4 - ёмкость с охлаждающей средой**

Величина работы разрушения определяется разностью потенциальной энергии маятника в начальный и конечный моменты испытания

$$A = P \cdot (H - h) = PL \cdot (\cos \beta - \cos \alpha),$$

где P - вес маятника; H, h - высота подъёма и высота взлёта маятника; L - длина маятника. Постоянными копра являются значения P, L и угол α .

Влияние низкой температуры на работу разрушения оценивали величиной отношения

$$A^- / A^+ = (\cos \beta^- - \cos \alpha) / (\cos \beta^+ - \cos \alpha),$$

где A^- , A^+ - значения работы при отрицательной и положительной (комнатной) температуре, $\alpha = 152^\circ$ - первоначальный угол отклонения маятника для копра (ПСВ - 5), использованного в испытаниях.

Средняя температура охлаждающей жидкости в сосуде составила – 80 °С.

При выборе марки стали учитывали положительное влияние марганца и чистоты металла от вредных примесей внедрения на хладостойкость углеродистых сталей [1]. Для изготовления проволоки использовали патентованную заготовку из стали марок 65КК (ОСТ 14 - 15 - 37 - 85), 65Г (ГОСТ 14959 - 79), 70 (ТУ 14 - 1 - 1881 - 76).

Для испытания использовали проволоку диаметром 1,8 мм трёх маркировоч-

ных групп прочности: 1570; 1770; 2060 Н/мм² (160, 180 и 210 кгс/мм²). Для обеспечения требуемой прочности проволоки использовали заготовку из стали марок 65КК и 65Г с размером диаметра: 3,3; 4,2 и 5,8 мм. При этом суммарная технологическая степень деформации проволоки составила: 70,2; 81,6 и 90,4%. Величины диаметра заготовки и суммарной степени деформации из стали марки 70 были следующими: 2,9 (61,5%); 3,8 (77,6%) и 5,0 мм (87,0%).

В табл. 1 приведены результаты замера угла β взлёта маятника после разрушения образцов при температуре +20 и - 80 °С, а также расчётные значения отношения средних величин работы разрушения при отрицательной (A^-) и положительной (A^+) температуре A^- / A^+ .

Таблица 1

Величины угла β взлёта маятника после разрушения образцов при температуре + 20 °С и - 80 °С и отношения средних значений работ разрушения A^- / A^+

Сталь	Q, %	β^+ , град	β^- , град	A^- / A^+
65 КК	70,2	139, 141, 141, 140, 140, 140	126, 128, 129, 129, 130, 131	2,27
	81,6	133, 136, 136, 136, 137, 138	127, 128, 128, 128, 128, 129	1,63
	90,4	137, 137, 137, 136, 134, 133	128, 128, 128, 128, 128, 127	1,53
65 Г	70,2	137, 138, 139, 139, 140, 142	130, 130, 129, 130, 130, 129	2,00
	81,6	137, 138, 139, 139, 139, 141	126, 127, 127, 127, 128, 129	2,08
	90,4	135, 136, 137, 138, 139, 140	127, 134, 128, 128, 142, 129	1,53
70	61,5	143, 138, 141, 139, 140, 141	129, 129, 131, 129, 125, 132	2,27
	77,6	141, 137, 135, 138, 139, 138	135, 129, 135, 128, 128, 128	2,79
	87,0	139, 135, 140, 137, 140, 138	126, 127, 136, 133, 127, 127	1,92

Результаты исследования показали увеличение работы разрушения образцов проволоки с уменьшением температуры испытания. Однако при стандартных испытаниях образцов с концентраторами напряжения всегда наблюдается уменьшение работы разрушения со снижением температуры испытания [2].

Причину повышения работы разрушения проволочных образцов при снижении температуры испытания можно объяс-

нить следующими положениями механики разрушения.

В испытываемом образце отсутствует трещина критического размера, для которой необходима работа только для её продвижения до полного разрушения образца. Поэтому необходима значительная работа для создания такой трещины. Однако с понижением температуры повышается сопротивление упруго – пластической деформации, что и привело к повышению

полной работы разрушения при отрицательной температуре, хотя при этом работа продвижения трещины меньше, чем при положительной температуре.

Если же микротрещины деформационного происхождения были близки по величине к трещине критического размера, то работа упруго – пластической деформации стала бы незначительной, и наблюдали бы уменьшение полной работы динамического среза проволоки.

Повышение степени деформации проволоки привело к увеличению количества и размера микротрещин, снижению работы деформации для образования трещины критических размеров. Поэтому отношение величин работ при отрицательной и положительной температуре A^- / A^+ в целом снизилось с увеличением прочности проволоки. Только некоторое повышение величины отношения для стали марок 65Г и 70 второй группы прочности в отношении первой можно объяснить преобладанием положительного влияния степени деформации на диспергирование перлитной структуры, приводящего к торможению продвижения микротрещин, над процессом зарождения и развития деформационных дефектов.

Необходимо отметить, что с увеличением степени деформации углеродистой проволоки уменьшается отрицательное влияние низких температур на число скручиваний до разрушения [4].

Можно сделать предположение: чем больше величина отношения A^- / A^+ , тем значительнее работа деформации, необходимая для образования трещины критических размеров. Повышение прочностных свойств исследуемой проволоки при снижении температуры испытания показали замеры максимальной нагрузки разрушения при растяжении.

На рис. 3 приведена схема испытания проволоки на растяжение при низких температурах. Проволочный образец 1 зажимается в захватах 2 разрывной машины (при исследованиях использовали универсальную машину ЦД - 10 производства бывшей ГДР, г. Лейпциг). Образец с захва-

тами помещён в камеру охлаждения – криокамеру 3, состоящую из двух коаксиальных цилиндров. Пространство между цилиндрами заполнено теплоизоляционной набивкой.

Криокамера сообщается с дополнительной камерой 4, предназначенной для замера температуры ртутным термометром 5. Охлаждающая жидкость с помощью электронасоса 6 поступает в циркуляционный термостат 7, а затем в холодильный теплообменник 8, где происходит охлаждение хладоносителя – спирта. В теплообменнике 8 готовится раствор твёрдой углекислоты в ацетоне. В табл. 2 приведены результаты трёхкратных испытаний при растяжении для определения максимальной нагрузки разрушения P_b проволоки диаметром 1,8 мм различных режимов изготовления при температуре +20 и –55 °С, а также значение отношения их средних величин и абсолютного среднего прироста P_b при уменьшении температуры испытания с +20 до –55 °С.

Снижение температуры испытания привело к увеличению прочности на 3 - 6 % в зависимости от степени деформации проволоки и марки стали. Величина отношения разрывного усилия P_b^- / P_b^+ меньше при большей степени деформации для всех трёх марок стали. При средней степени деформации Q (81,6% для сталей марок 65КК и 65Г и 77,6% для стали марки 70) имеем некоторое повышение отношения значений разрывного усилия при отрицательной и положительной температурах (P_b^- / P_b^+). Результаты испытания на ударный срез проволоки из сталей 65Г и 70 с этой степенью деформации также показывают повышение величины отношения A^- / A^+ (см. табл. 1).

Очевидно, при втором уровне деформации Q наблюдается преобладание диспергирующего положительного влияния на структуру стали над зарождением деформационных дефектов в процессе волочения, отрицательно влияющих на прочность металла.

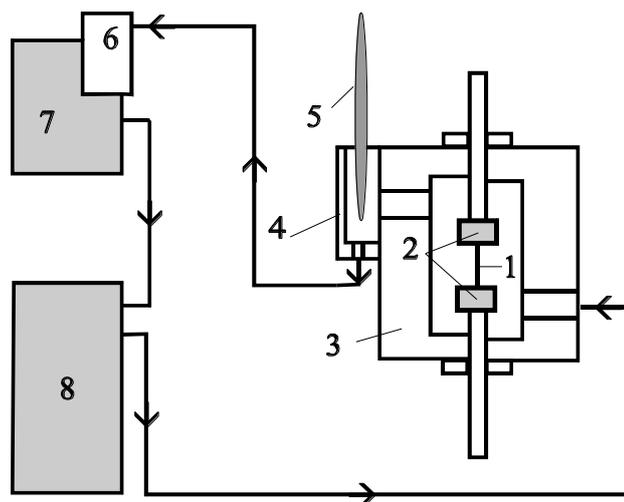


Рис. 3. Схема испытания проволочных образцов на растяжение при отрицательной температуре:

1 - образец; 2 - захваты разрывной машины; 3 - криокамера; 4 - дополнительная камера; 5 - термометр; 6 - электронасос; 7 - термостат; 8 - теплообменник

Таблица 2

Максимальная нагрузка при растяжении образцов проволоки диаметром 1,8 мм с различной степенью холодной деформации Q при температуре +20 и -55 °С

Сталь	Q , %	P_b^+ , кгс	P_b^- , кгс	P_b^-/P_b^+	ΔP_b , кгс
65КК	70,2	432;432;432	448;451;450	1,042	18
	81,6	463;468;467	488;490;490	1,049	23
	90,4	561;559;560	578;576;578	1,030	17
65Г	70,2	418;421;419	442;443;435	1,049	21
	81,6	448;448;448	472;472;473	1,054	24
	90,4	520;521;521	544;546;542	1,044	23
70	61,5	421;421;420	441;445;443	1,052	22
	77,6	456;456;457	483;483;485	1,059	27
	87,0	526;527;526	553;553;553	1,051	27

Приведённые результаты испытания проволоки при растяжении не противоречат данным работы [1], где установлено повышение временного сопротивления разрыву σ_b проволоки из стали марки 70, протянутой с суммарной степенью деформации 87,2%, в среднем на 75 кгс/мм² от величины 190 кгс/мм² при уменьшении температуры испытания с +20 до -196 °С. То есть, величина σ_b увеличилась на 39%. Данные табл. 2 показывают увеличение разрывной силы на 3 – 6% при снижении температуры испытания. Более высокая

степень повышения прочности стали марки 70 обусловлена более низкой температурой – 196 °С испытания [1] в сравнении с температурой -55 °С, при которой испытаны проволочные образцы из разных марок сталей и с различной степенью деформации при холодном волочении.

Вывод. В зависимости от степени деформации проволоки при холодном волочении величина работы разрушения при ударном срезе увеличилась в 1,5 - 2,8 раз с понижением температуры испытания с +20 до -80 °С. Можно предполагать, что при

ударном срезе без нанесения концентратора напряжения в большей степени проявляется зависимость прочности от температуры испытания, чем при растяжении. При уменьшении температуры испытания с +20 до -55 °С установлено увеличение прочности на 3 - 6%.

Результаты исследования подтвердили вывод, сделанный авторами работы [1]. При волочении проволоки с перлитной структурой пластическая деформация обуславливает два процесса, различным образом влияющих на хладостойкость стали: диспергирование, измельчение ферритно-карбидной смеси и зарождение, развитие деформационных дефектов.

Список литературы

1. Гриднев В.Н., Гаврилюк В.Г., Мешков Ю.Я. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали. Киев: Наукова думка, 1974. 231 с.
2. Золотаевский В.С. Механические испытания и свойства металлов. Под ред. И. И. Новикова. М.: Металлургия, 1974. 302 с.

3. Первасьев, М.А., Воробьев Е.П., Троп А.А. Рук. депонирована в ЦНИИТЭИТязмаш от 23.05.85 г. № 1467 ТМ – 85. Деп., Свердловск, 1985. 70 с.

4. Гурьянов Г.Н. Исследование распределения деформации кручения по длине образцов углеродистой проволоки. / Заводская лаборатория. 2008. Т. 74. № 8. С.63 - 65.

References

1. Gridnev V.N., Gavriljuk V.G., Meshkov Ju.Ja. *Prochnost i plastichnost holodnodeformirovannoj stali* [Strength and ductility of cold-worked steel]. Kiev: Naukova Dumka, 1974. 231 p.

2. Zolotaevskij V.S. *Mehaničeskie ispytaniya i svojstva metallov* [Mechanical testing and metal properties]. Ed. I. I. Novikova. Moscow: Metallurgy, 1974, 302 p.

3. Pervasev, M.A., Vorobjov E.P., Trop A.A. *Rukopis deponirovana v CNIIITJelTjzhmach ot 23.05.85 g. № 1467 ТМ – 85* [The copy was deposited in TSNII Tyazhgmach on 23.05.85 № 1467 ТМ – 85]. Sverdlovsk, 1985. 70 p.

4. Gurjanov G.N. Torsion deformation distribution along the carbon wire samples. *Zavodskaja laboratorija* [Plant laboratory]. 2008, T. 74, no. 8, pp. 63 - 65.

УДК 005.962.13

Аленина М.Н., Шемшурова Н.Г.

«БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» и возможность внедрения LEAN-технологий на российских предприятиях

Аннотация. Показан пример применения на практике методов «бережливого производства», в которых скрыт огромный потенциал совершенствования предприятия и его адаптации к быстро меняющимся условиям современного рынка без использования дополнительных ресурсов.

Ключевые слова: концепция «Бережливое производство», методики «5S» и «SMED», повышение производительности, снижение себестоимости, настройка и наладка оборудования на ходу, непроизводительные расходы, волочение, создание добавочной стоимости.

Методы «бережливого производства» – это комплекс взаимно дополняющих и поддерживающих друг друга подходов и методов, обеспечивающих наиболее эффективное производство. Базовый принцип для них один – необходимость устранения в деятельности предприятия всех непроизводительных расходов и любых действий, не создающих ценность. «Бережливое производство» подразумевает принципно

ально новые подходы к культуре менеджмента и организации предприятия [1, 2] и предлагает набор инструментов и методик, позволяющих существенно снизить потери, удешевить и ускорить процессы.

В середине 70-х годов прошлого века, в период мирового сырьевого кризиса на японском предприятии «Тойота» была разработана система организации рабочих мест «5S». В основе нее лежит ясная и в то

же время инновационная идея: все, что поддается оптимизации, должно быть оптимизировано, инновационность же заключается в том, что организация рабочего пространства рассматривается именно как *система*. Во время этого кризиса многие предприятия, даже мирового масштаба, снизили свое производство или разорились, а «Тойота» не только прочно стояла на ногах, но даже наращивала производство и прибыль своих акционеров.

Первым шагом в направлении повышения эффективности производства и улучшения качества продукции является наведение чистоты и порядка на рабочих местах, следствием чего должно стать повышение производительности, качества труда и дисциплины в коллективе. Именно эти цели преследует система «5S».

Российские предприятия, такие как ГАЗ, ВАЗ, КАМАЗ, РУСАЛ, Уралмаш, ЕвразХолдинг, Еврохим, СУАЛ и др., которые в начале 2000-х годов осознали преимущества системы 5S, к настоящему времени получили серьезный результат от ее применения: миллиарды рублей, сэкономленных за счет сокращения непроизводительных потерь, возможность инвестировать их в свое развитие и увеличение заработной платы работников, значительное сокращение уровня дефектности.

«5S» – недорогая и простая система – может быть использована в любой области. Она позволяет повысить эффективность производства, снизить потери и улучшить моральный климат в организации. К основным видам потерь при производстве относят лишние движения, производственные сбои, излишние запасы, нерациональные перевозки, простои, избыточное и неэффективное производство.

Японские исследователи считают: если менеджеры компании не могут реализовать «5S», значит, они не могут эффективно управлять. Система «5S» не требует для своего осуществления какого-то особого штата управленцев и не станет эффективной, пока весь персонал не будет к ней приобщен и не начнет думать об успехе этой системы. Однако если система

«5S» уже внедрена, можно считать, что и другие системы почти наполовину освоены (в части дисциплинированности персонала и его готовности к осуществлению изменений).

Из отечественной практики внедрения системы «5S» можно сделать следующие выводы:

- система применима и может успешно внедряться на отечественных объектах бизнеса и в организациях различных форм собственности;
- содержание принципов системы и технология ее внедрения требуют существенной адаптации с учетом особенностей отечественной экономики, методов организации производства и ментальности персонала;
- возможность успешного внедрения непосредственно зависит от социально-экономических условий труда на рабочих местах, то есть уровня и регулярности выплаты заработной платы, систематической и ритмичной загрузки производства, соблюдения со стороны администрации требований к безопасным условиям труда [3].

Система «5S» позволяет практически без капитальных затрат не только повышать производительность, сокращать потери, снижать уровень брака и травматизма, но и создавать необходимые стартовые условия для реализации сложных и дорогостоящих производственных и организационных инноваций, обеспечивать их высокую эффективность (в первую очередь, за счет радикального изменения отношения работников к своему делу).

Система «5S» на первый взгляд предъявляет достаточно простые требования к организации рабочих мест и производства в целом. У руководства и коллектива предприятия может возникнуть иллюзия, что эти требования легко выполнить, например, с помощью одного-двух субботников. Проблема заключается в том, что система «5S» является эффективной лишь при систематическом соблюдении всех ее условий. Известно, что, как часто ни проводи субботники, объем работ для

них найти можно, то есть психология субботника, аврала коренным образом отличается от психологии постоянных усилий, совершенствований по поддержанию порядка и чистоты на рабочих местах, которые требует система «5S». Освоение системы «5S» в масштабах предприятия влияет практически на все характеристики предприятия.

Опыт применения системы «5S» в промышленно развитых странах показывает, что ее использование повышает эффективность хозяйственной деятельности на 3-5 % [2]. Применение же системы в течение года на некоторых российских предприятиях дало следующие результаты: уровень травматизма и несчастных случаев снизился почти в 3 раза, производительность повысилась почти на треть, существенно улучшилось качество выпускаемой продукции, сократились складские запасы, что способствовало улучшению показателей оборачиваемости, и, самое главное, — изменилось отношение людей к труду [4].

Большинство результатов применения системы «5S» не имеют количественных характеристик. Это:

- повышение дисциплинированности и ответственности персонала, который приобретает навыки сознательного, качественного выполнения своих обязанностей;
- повышение надежности и качества работы оборудования, которое содержится в надлежащем состоянии;
- обеспечение жизнеспособности производства в кризисных условиях благодаря способности коллектива к строгому выполнению решений руководства, мобилизации сил и резервов для решения поставленных задач;
- повышение квалификации менеджеров предприятия, получивших опыт решения разнообразных проблем совершенствования производства и изменения отношения работников к своим обязанностям;
- повышение конкурентоспособности предприятия, так как чистота и порядок в глазах потенциальных заказчиков — это всегда признак высокого уровня организованности, способности предприятия каче-

ственно и в срок выполнить требуемую работу;

- готовность предприятия к более радикальным действиям по приобретению нового оборудования, изменению объектов производства, структуры предприятия и т.п., так как эффективность этих действий во многом зависит от ответственности и квалификации работников.

Соблюдение принципов чистоты и порядка, дисциплины и ответственности полезно не только в производственных условиях, но и во всех сферах человеческой деятельности, в том числе в быту. Система эффективна как на производственном участке, так и в офисе, и в научной лаборатории.

Английским аналогом японской системы «5S» является система «5S-CANDO».

Этапы внедрения системы «5S» показаны в **табл. 1**.

1. Сортировка материалов на *нужные, неиспользуемые и ненужные/непригодные*.

2. Размещение: расположение предметов отвечает требованиям: безопасности; качества; эффективности работы. Правила расположения вещей: на видном месте; легко взять; легко использовать; легко вернуть на место.

3. Наведение порядка: рабочая зона должна поддерживаться в идеальной чистоте. Для этого необходимо разбить рабочее пространство на зоны, создать схемы и карты с обозначением рабочих мест, мест расположения оборудования и т.п.; определить специальную группу сотрудников, за которыми будет закреплена зона для уборки; определить время проведения уборки.

4. Стандартизация: поддержание состояния после выполнения первых трех этапов. Необходимо создать рабочие инструкции, которые включают в себя описание пошаговых действий по поддержанию порядка. А также вести разработки новых методов контроля и вознаграждения отличившихся сотрудников.

5. Поддержание порядка и совершенствование: формирование привычки. Выработка привычки ухода за рабочим ме-

стом в соответствии с уже существующими процедурами.

Таблица 1

Этапы внедрения «5S» & «5S-CANDO»

«5S»	«5S-CANDO»
1. <i>Sieri</i> (整理) – избавление от всего лишнего и ненужного	1. <i>Clearing up</i> – избавление от всего лишнего и ненужного
2. <i>Seiton</i> (整頓) – приведение в порядок всего оставшегося	2. <i>Arranging</i> – наведение порядка
3. <i>Seiso</i> (清掃) – наведение чистоты на рабочем месте	3. <i>Neatness</i> – опрятность
4. <i>Seiketsu</i> (清潔) – регулярная уборка рабочего места и поддержание на нем порядка	4. <i>Discipline</i> – порядок
5. <i>Sitsuke</i> (躰) – превращение системы «5S» в привычный образ жизни	5. <i>Ongoing improvement</i> – постоянные усовершенствования

Философия «5S». Это не просто «стандартизация уборки», это философия малозатратного, успешного, бережливого производства. Данная философия производства подразумевает, что каждый сотрудник предприятия от уборщицы до директора выполняют эти пять простых правил. Основной плюс – эти действия не требуют применения новых управленческих технологий и теорий.

ОАО «ММК-МЕТИЗ», как и любому другому крупному производственному предприятию, свойственны непроизводительные затраты, обусловленные в основном выпуском большого количества однотипных изделий, и, как следствие, организации производства партиями:

- ожидание в очередях передельной продукции перед следующей операцией;
- нерациональное транспортирование;
- лишние материально-производственные запасы, когда они закупаются большими партиями;
- лишние перемещения персонала при неудобном расположении оборудования или инструмента;
- затраты, связанные с качеством: проверки, переделки несоответствующей

продукции, утилизации неисправимого брака;

В рамках совершенствования СМК были рассмотрены возможности внедрения в одном из цехов ОАО «ММК-МЕТИЗ» некоторых инструментов бережливого производства, а именно 5S и SMED.

Использование системы 5S [5, 6] позволяет устранить потери, связанные с небрежным обращением и нерациональным хранением инструмента, оснастки и запасных частей посредством поддержания порядка на рабочих местах.

Следование следующим простым правилам позволяет оптимизировать рабочее место и повысить производительность труда:

- часто применяемые предметы должны храниться непосредственно на рабочем месте, а те, которыми пользуются редко, – в отдалении;
- инструмент, оснастка и запасные части должны размещаться так, чтобы их было легко найти и иметь собственное место хранения на складе, если ими не пользуются;
- необходимо постоянно поддерживать чистоту, чтобы грязь и мусор не мешали работе оборудования и не повреждали продукцию;

- регулярные профилактику и очистные операции следует включать в рабочие инструкции, а их выполнение – отмечать в журналах учета технического обслуживания;

- необходимо постоянно искать способы наилучшей организации рабочих мест и поддержания на них чистоты и порядка, выявляя при этом источники непроизводительных затрат.

Программа внедрения системы «5S может включать в себя следующие этапы

На подготовительном этапе необходимо разработать программу обучения, провести обучение сотрудников и создать рабочую группу, включив в нее как представителей цеха, так и администрации.

На этапе сортировки (идентификация проблемных участков, сортировка и маркировка предметов) рабочая группа производит обход и формирует перечень наиболее захламленных и загрязненных участков. После производит маркировку предметов, «кажущихся ненужными». Все они сортируются на группы: подлежащие утилизации; предметы, которым нужно изменить место хранения; предметы, по которым нельзя принять однозначного решения, и нужные предметы. По всем категориям должны быть приняты решения: утилизировать, или передать на склад, или передать в другие подразделения.

На этапе размещения (анализ размещения оснастки, инструмента, вспомогательных материалов, определение шаблонов и цветовой кодировки мест размещения) анализируется размещение стеллажей с оснасткой, инструментом, вспомогательными материалами с точки зрения удобства и доступности. В случае необходимости может быть принято решение о перемещении мест хранения предметов оперативной потребности в непосредственной близости от рабочего места. Также определяется единый шаблон надписей мест размещения оснастки, инструмента, вспомогательных материалов; цветовая кодировка мест их размещения.

На этапе наведения порядка (разработка матрицы распределения ответственности) выполняются работы по наведению чистоты.

На этапе «стандартизация» (разработка документов) разрабатываются «образцы чистоты» – фотографии с изображением правильно оборудованного рабочего места, разрабатываются «Регламенты проведения уборки рабочих мест», в котором обозначаются периодичность проведения уборки и перечень выполняемых операций.

На этапе поддержания порядка и совершенствования должны быть предусмотрены регулярное проведение работ по поддержанию чистоты и порядка на рабочих местах в соответствии с установленными требованиями и периодический анализ рабочих мест для исключения непроизводительных затрат.

При всей кажущейся несерьезности проделанной работы нужно понимать, что «5S» на самом деле преследует не цель мгновенного получения эффекта без вложения каких-либо материальных ресурсов, а создание в большей мере некоей философии порядка и самодисциплины. Следование «5S» – это помимо очевидных преимуществ – еще и вовлечение персонала в процесс улучшения; воспитание самодисциплины, оздоровление морали и мотивации коллектива [5-8].

Еще одним инструментом «Бережливого производства» является система «SMED» (*Single Minute Exchange of Die*) – быстрая переналадка оборудования, основанная на выделении «внешних» операций, исходными положениями которой являются выявление и устранение всех производственных наладочных операций. Эта система нацелена на преобразование крупносерийного поточного производства в единичное или мелкосерийное, способное сократить время выполнения отдельных заказов. Обычно процедуры переналадки представляют как бесконечно разнообразные, зависящие от операции и типа используемого оборудования. Все операции переналадки состоят из некоторой последовательности шагов. При традиционном способе переналадки распределение времени обычно соответствует представленному в **табл. 2**.

Этапы процесса переналадки оборудования в калибровочном цехе

Операция	Доля времени, %
1. Подготовка, постоперационная корректировка, проверка заготовки, резцов, штампов, приспособлений, калибров и т.д.	30
2. Установка и снятие калибров и т.д.	5
3. Центровка, разметка и установка других параметров	15
4. Пробные прогоны и корректировки	50

Базовая идея системы «*SMED*» заключается в трансформации всех возможных действий по переналадке оборудования из внутренних (*readjustment inside*) во внешние (*readjustment outside*) и максимальном сокращении времени внутренних переналадок. При проведении переналадки по традиционной схеме операции не подразделяют на внешние и внутренние, и те из них, которые *могли бы быть* выполнены как внешние, производятся как внутренние, поэтому оборудование простаивает в течение длительного периода времени. Таким образом, четкое понимание различий между внутренними и внешними действиями – суть системы «*SMED*».

На фирме «*Toyota Motor Company*» время внутренней переналадки станка по нарезке болтов, которое ранее составляло 8 часов, сокращено до 58 сек. На фирме «*Mitsubishi Heavy Industries*» время внутренней переналадки шестишпиндельного сверлильного станка, которое ранее составляло 24 часа, сокращено до 160 сек.

В рамках ОАО «*ММК-МЕТИЗ*» проведен анализ возможности и целесообразности внедрения системы «*SMED*» [6, 7]. Объектом наблюдения выбрано производство калиброванного проката на 50-тонном калибровочном стане *ИЗТМ №2*. Установлено, что для изготовления 340 кг калиброванного проката время производственного цикла (волочение) от поступления подката на стан до передачи его на следующую операцию составило 123 мин. Операционное время (время действий, добавляющих ценность) непосредственного волочения составило 31 мин. Коэффициент полезного действия процесса волочения, рассчитанный по формуле Смита, состав-

ляет 25 %. То есть, 75 % времени (92 мин.) затрачено на действия, не создающие добавочной стоимости. Из них, как объект применения системы *SMED*, нас интересуют 45 мин, затраченных на перенастройку стана.

Для рационализации системы переналадки проанализирован процесс волочения поэтапно.

1 этап. Работы, при которых необходимо останавливать стан (при малой перенастройке стана), включают в себя снятие фильеры (откручивание двух болтов крепежной шайбы, снятие шайбы и воронки, извлечение фильеры) и установку нового оборудования (установка фильеры, тянущей воронки и шайбы, затяжка конструкции).

Работа, которую можно провести без остановки стана – доставка фильеры из мастерской на рабочее место. Но так как работник не имеет права покидать рабочее место при работающем стане, все операции являются *внутренними*. При полной перенастройке стана с заменой всего технологического инструмента необходимо принести его со стеллажа возле фильерной мастерской, но так как полный комплект достаточно тяжел, нести его приходится в две ходки. Длительное время уходит на поиск слесарного инструмента и крепежных болтов, которых иногда не бывает в наличии, резьба на них зачастую бывает повреждена, что при работе стана приводит к ослаблению болтов и, как следствие, остановке оборудования и повторной затяжке болтов. Затяжка болтов осуществляется рожковым ключом, что является не совсем удобным, так как затруднен доступ к болтам. Вышедший из строя технологический инструмент (тянущие губки) необ-

ходимо также отнести на стеллаж возле мастерской и взять исправный, но так как неисправный и годный инструмент лежат вперемешку, соответственно на выборку затрачивается еще какое-то время.

2 этап. Если мы разместим непосредственно на рабочем месте стеллаж, где будет храниться в отдельных ячейках: исправный технологический инструмент, инструмент, вышедший из строя, инструмент слесарный, крепежные болты и т.д., то достигнем следующих целей:

- сможем преобразовать внутренние операции во внешние и сократить время на поиск и доставку необходимого инструмента;
- обеспечим надлежащее хранение болтов и, как следствие, исключим остановки оборудования из-за ослабления болтов по причине поврежденной резьбы болтов и их повторной затяжки.

3 этап. Следующие мероприятия позволяют сократить время установки крепежной шайбы и предложить более надежную защиту от вибрации, препятствующую ослаблению болтов:

- отверстия в крепежной шайбе сделать грушевидной формы, что позволит снимать шайбу, не выворачивая болты полностью, лишь слегка ослабляя их;
- вместо рожкового ключа использовать «трещотку», что сделает процесс затяжки более удобным.

Из 45 мин. времени переналадки 20 мин. составляют операции, которые можно перевести во *внешние*. При проведении мероприятий второго этапа, предположительно, получим сокращение времени внешних операций с 20 до 10 мин; при введении мероприятий третьего этапа – с 10 до 6 мин. Общее время непосредственно переналадки составит 31 мин. Время малой переналадки сократится на 14 мин. (31 %). Время, затраченное на действия, не создающие добавочную стоимость, составит 78 мин., а на действия, создающие добавочную стоимость, время остается неизменным (31 мин). *КПД* процесса волоче-

ния с учетом новой схемы переналадки составляет 40 % (увеличение на 15 %). Экономический эффект при условии полной загрузки оборудования и отсутствии ограничивающих факторов на последующих операциях составит 6 197 000 руб.

В нынешних условиях, когда заказы зачастую имеют большую номенклатуру при малых объемах, решение проблемы быстрой переналадки оборудования позволит более быстро и с меньшими производственными расходами осуществлять исполнение заказов потребителя.

Инструменты «*Бережливого производства*» часто недооцениваются российскими предприятиями, хотя позволяют достичь реальных целей: снижения затрат, сокращения времени простоев, создания корпоративной культуры, вовлечения персонала в процесс улучшения, повышения трудовой дисциплины, снижения травматизма и т.д. Цели данных инструментов просты и понятны рабочим, что повышает их самооценку и мотивацию, позволяет реализовать амбиции. Не стоит пренебрегать этими инструментами, так как в их применении на практике скрыт огромный потенциал совершенствования производства и адаптации его к быстро меняющимся условиям современного рынка, причем без использования дополнительных ресурсов, а силами самих же работников предприятия.

Список литературы

1. Лapidус В.А. Прежде чем внедрять стандарты ИСО 9000, надо навести элементарный порядок на производстве // Стандарты и качество. 1999. №2. С. 32-33.
2. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: уч. пособ. / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков и др. СПб.: Питер, 2008. 560 с.
3. Rastimeshin V.E., Kuprijanova T.M. Упорядочение: рациональное размещение предметов // Методы менеджмента качества. 2003. № 6.
4. Дерябин П.М. Почему нужно внедрять систему «Упорядочение» // Методы менеджмента качества. 2004. № 2.
5. Аленина М.Н., Кузнецова Е.Н., Шемшурова Н.Г. Разработка системы менеджмента качества холдинговых компаний на основе бенчмаркиговых исследований // Вестник Магнитогорского го-

сударственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С.102-107.

6. Аленина М.Н., Митюшкин А.А., Шемшурова Н.Г. Реализация методов «Бережливого производства» в ОАО «ММК-МЕТИЗ» // Вестник национального технического университета «ХПИ». Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях». Харьков. 2010. № 42. С. 101-106.

7. Аленина М.Н., Митюшкин А.А., Шемшурова Н.Г. Система SMED – один из инструментов «бережливого производства» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Материалы 68-й межрегиональной научно-техн. конф. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Том 1. С. 6-9.

8. Imai M. Гемба кайдзен: путь к снижению затрат и повышению качества. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 345 с.

References

1. Lapidus V.A. It is necessary to restore basic order in the production before adopting the ISO 9000 standards. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality]. 1999, no. 2, pp. 32-33.

2. Kane M.M., Ivanov B.V., Koreshkov V.N. i dr. *Sistemy, metody i instrumenty menedzhmenta kachestva* [Advanced material. Systems, methods and tools of quality management]. St. Petersburg.: Peter, 2008, 560 p.

3. Rastimeshin V.E., Kupriyanov T.M. Ordering is rational placement of objects. *Metody menedzhmenta kachestva* [Methods of Quality Management]. 2003, no. 6.

4. Derjabin P.M. Why do I need to adopt a system of "ordering". *Metody menedzhmenta kachestva* [Methods of Quality Management]. 2004, no. 2.

5. Alenina M.N., Kuznecova E.N., Shemshurova N.G. Development of quality management system of holding companies based on benchmarking studies. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no. 4, pp.102-107.

6. Alenina M.N., Mitjushkin A.A., Shemshurova N.G. Implementation of Lean Production Methods in JSC "ММК-МЕТИЗ". *Vestnik nacionalnogo tehničeskogo universiteta «HPI». Tematicheskij vypusk «Novye reshenija v sovremennyh tehnologijah»* [Vestnik of the National Technical University "KPI". Thematic release "New solutions in modern technologies"]. Kharkov, 2010, no. 42. pp. 101-106.

7. Alenina M.N., Mitjushkin A.A., Shemshurova N.G. SMED system is one of the "lean production" instruments. *Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovanija: Materialy 68-j mezhhregionalnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Actual problems of modern science, technology and education: Proceedings of the 68th inter-regional of scientific and tech. conf.]. NMSNU, 2010, vol 1, pp. 6-9.

8. Imai M. *Gemba kajzen: put k snizheniju zatrat i povysheniju kachestva* [Gemba Kaizen is a way to reduce costs and improve quality]. Moscow: Alpina Business Books, 2007, 345 p.

УДК621.79;669.36

Бахматов Ю.Ф., Драпеко Н.В., Тимиргалеев К.Р., Лебедева И.Г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ЕГО ФОРМИРОВАНИИ В ДИСПЕРСНО-ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЕ: РАСПЛАВ-ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Аннотация. Проведен анализ технологических режимов разрабатываемой технологии нанесения металлических покрытий из расплава, позиционированного в пространстве магнитным полем. Создан предварительный перечень значимых факторов, влияющих на качество покрытия. Учтены интервалы вариации технологических параметров определяющие качество изделия.

Ключевые слова: покрытие цинковое горячее, качество, капиллярные структуры, смачивание, жидкое вещество с фиксацией частиц магнитным полем

В МГТУ разрабатывается технологический процесс, позволяющий позиционировать в пространстве объем расплава не стенками ванны, а магнитным полем, что обеспечивает бесшлюзовое перемещение изделия под зеркалом ванны, параллельно плоскости последнего. Реализация такого процесса обеспечивается устройством [1] в котором расплав находится в капиллярной среде, образованной ферромагнитными элементами. Смачивая поверхности этих элементов, расплав удерживается адгезионными силами, которые коагулируют элементы, создавая дисперсно-дисперсионную среду (рабочую среду). А так как материал элементов ферромагнитен, то эта среда поддается воздействию магнитного поля. Поле позволяет создавать определенную форму среды, компенсировать гравитационное воздействие, создавать напряжения в объеме [2]. Совместное воздействие магнитного и теплового полей определяет конструктивное оформление оперативной зоны технологической операции - формирование покрытия [3]. Рабочая среда представляет собой пористую структуру, «пропитанную» расплавом металла. Т.к. элементы, формирующие поверхность пористой структуры, имеют различную геометрию и всегда разделены слоем жидкости, то можно выбрать три

основные схемы временных (динамических) капиллярных структур (**рис.1**).

На этапе исследования использовались сферические элементы. Поэтому, представляет интерес схема (см. **рис. 1,б**), отвечающая за степень коагуляции, при которой образуется конгломерат-цепочки частиц, вдоль которых происходит уменьшение градиента H , и силовое поле от напряжений сил поверхностного натяжения. В этой схеме ферромагнитные частицы разделены не магнитным зазором - металлом расплава. Это приводит к рассеиванию магнитного потока и увеличения градиента H ($gradH$), что влияет на объем рабочей среды. На ферромагнитную частицу, находящуюся в магнитном поле, действует сила, пропорциональная объему частицы V (т.е. массе), магнитной восприимчивости χ_m и напряженности магнитного поля H . Это соотношение имеет вид

$$F = \chi_m V H dH / dx,$$

поэтому увеличение радиуса приводит к увеличению объема и уменьшению суммарного не магнитного зазора, что положительно влияет на процесс, но уменьшает эквивалентную площадь действия сил поверхностного натяжения, и ослабляет степень коагуляции рабочей среды.

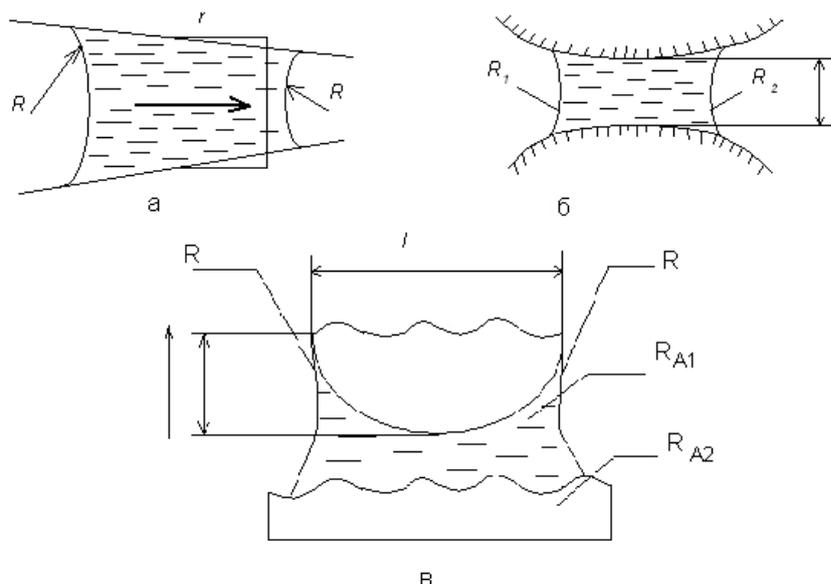


Рис.1. Схема образования капиллярной структуры и ее параметры:
 R_{A1} – микрогеометрия элемента; **R_{A2}** – микрогеометрия изделия;
 l - длина капилляра; **r** – сечение капилляра

На **рис.1, в** представлена модель капилляра, образованного элементом среды и участком поверхности изделия. Именно в этой зоне происходит взаимодействие когезионных и адгезионных сил, действующих на поверхностях образующих капилляр. Понятно, что металл, находящийся на поверхности элемента должен быть перенесен на поверхность изделия. Поэтому требуется сделать анализ механизма массопереноса в капиллярной структуре и определить корреляцию значимых факторов с технологическими режимами. Для цилиндрического капилляра высота подъема, **а**, следовательно, давление в капилляре определяется соотношением

$$h = \frac{2\sigma}{g\rho r} \cdot \cos\theta,$$

где **h** - высота подъема расплавленного припоя в капилляре; **g** - ускорение силы тяжести; **r** - радиус капиллярного канала; **ρ** - плотность металла; **σ** - поверхность натяжения; **θ** - краевой угол смачивания.

Следовательно, при прочих равных условиях **h** определяется радиусом капилляра **r** . В нашем случае сечение капилляра величина переменная и в первом приближении может быть определена косвенно по плотности упаковки (**рис. 2**).

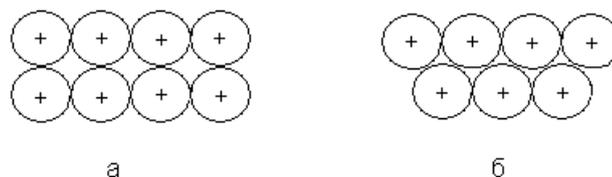


Рис. 2. Возможные схемы элементов компоновки

Схемы, представленные на **рис. 2, а, б** дают плотность упаковки 52 и 74 % соответственно, все остальное пространство заполняется жидкостью расплава. Можно сделать вывод, что второй способ компоновки элементов (см. **рис. 2, б**) имеет меньшее эффективное сечение капилляра и в нем в большей степени проявляется капиллярный эффект. Как видно радиусы элементов не влияют на плотность упаковки, но влияют на длину капилляра и на суммарную смачиваемую поверхность. Добиться такого режима (плотности упаковки) можно передачей на рабочую среду вибрирующего воздействия.

На условия переноса металла с поверхности элементов на изделие будут влиять температура расплава и температура изделия. Эффект объясняется тем, что поверхностное натяжение жидкости уменьшается при повышении температуры

$$\sigma_T = \sigma_0 \alpha (T - T_0)$$

где α – температура коэффициента поверхности натяжения.

Поэтому, в разрабатываемой технологии тепловой режим процесса должен обеспечить более высокую температуру расплава по отношению к изделию. Это достигается выбором скоростного режима. Кроме того, можно создать градиент температуры рабочей среды вдоль изделия, что обеспечивает противоток расплава по отношению к поверхности изделия. Действие термокапиллярного эффекта, с одной стороны, усложняют управление технологическим процессом, направленным на получение качественного покрытия, но позволяет обеспечить более многофакторное управление, что при определенных условиях позволит создать более гибкое производство.

Зависимости, определяющие высоту подъема жидкости и давления в капилляре, выведены из условия постоянства сечения канала. На **рис. 1** видно, что геометрия капилляра (r) переменна по длине (l), что предполагает влияние «геометрического

эффекта», действие которого проявляется через течение жидкости в сторону меньшего сечения (r). Так как протягиваемое изделие совместно с воздействием магнитного поля будет формировать канал капилляра, то на качество покрытия будет влиять переходный процесс, вызванный изменением скоростного режима (покрытие дискретных изделий). Влияние этих эффектов проявилось при проведении экспериментов, но носит пока случайный характер и требует дополнительного изучения.

Более определенно проявляется влияние микрогеометрии поверхностей Ra1 и Ra2. Известно, что явление смачивания определяется углом смачивания θ , или $\cos \theta$. Тогда, косинус угла смачивания (θ) на шероховатой поверхности во столько раз больше косинуса угла смачивания (θ) на гладкой поверхности, во сколько раз фактическая площадь шероховатой поверхности больше гладкой. Отсюда вытекает влияние шероховатости поверхности на смачивание. Если расплав смачивает поверхность металла, т. е. выполняется неравенство

$$\theta < 90^\circ, \quad \cos \theta > 0,$$

то увеличение шероховатости приводит к увеличению $\cos \theta$ или к уменьшению θ , а, следовательно, и к улучшению смачивания.

Таким образом, определяется механизм переноса расплава с поверхности ферромагнитных элементов на поверхность изделия, которым можно управлять, варьируя температурными режимами, геометрией ферромагнитных элементов, напряженностью магнитного поля и микрогеометрией поверхностей элементов и изделия.

Проведенные исследования показали перспективность реализации разрабатываемого технологического процесса и его экономическую эффективность.

Список литературы

1. Бахматов Ю.Ф., Бахматов И.Ю. Устройство для нанесения покрытия на изделия из вещества, находящегося в жидкой фазе. Патент на полезную модель № 114686

2. Бахматов Ю.Ф., Драпеко Н.В., Тимиргалеев К.Р. Процесс горячего оцинкования стальных объемных изделий из расплава, позиционированного в пространстве магнитным полем // Труды международного науч.-практич. конф. «Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР». Екатеринбург: ИМЕТ УрО РАН, 2013. С.100-101.

3. Бахматов Ю.Ф. Драпеко Н.В., Тимиргалеев К.Р. Технология нанесения металлических покрытий из расплава на длинномерные металлоизделия с совмещенными операциями очистки и стимулированной кристаллизацией // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 247-251.

References

1. Bahmatov Ju.F., Bahmatov I.Ju. *Ustrojstvo dlja nanesenija pokrytija na izdelija iz veshhestva, nahodjashhegosja v zhidkoj faze* [An apparatus for

coating a product of their substance, which are in the liquid phase]. Utility patent № 114686

2. Bahmatov Ju.F., Drapeko N.V., Timirgaleev K.R. Process of hot-dip galvanizing steel bulk products consists of liquid-alloy, positioned in the space by magnetic field. *Trudy mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Perspektivy razvitiya metallurgii i mashinostroenija s ispolzovaniem zavershennyh fundamental'nyh issledovanij i NIOKR»* [Proceedings of the International Scientific Conference "Prospects of development of metallurgy and engineering completed with the use of basic research"]. Ekaterinburg - Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2013, pp.100-101

3. Bahmatov Ju.F., Drapeko N.V., Timirgaleev K.R. Metal plating technology from the liquid-alloy on long-length metal products that include the cleaning operation and stimulated crystallization. *Modelirovanie i razvitie processov obrabotki metallov davleniem: mezhdunar. sb. nauch. tr. / pod red. V.M. Salganika* [Modeling and development of metal forming processes: International collection of scientific papers / edited by V.M. Salganik]. Magnitogorsk: NMSTU, 2012, pp.247-251.

УДК 669.1.004.16:568.562.6

Песин А.М., Локотунина Н.М.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Рассмотрен эффективный способ управления качеством выпускаемой продукции на основе теории ограничений. Качество рассматривается не как цель, а как ограничение. Показатели качества должны быть не меньше и не больше каких-то заданных величин. Показана целесообразность улучшения качества только приоритетной продукции, производство которой приведет к увеличению прибыли предприятия.

Ключевые слова: теория ограничений, «узкое место», улучшение качества, приоритетная продукция, прибыль.

Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. Для выживания в рыночных условиях предприятиям постоянно приходится решать проблемы, связанные с обеспечением требуемого качества продукции [1].

Одним из современных веяний в управленческой науке стала теория ограничений (theory of constraints - ТОС), впервые появившаяся в США [2-7]. Теория ограничений помогает решить основные проблемы, связанные с внедрением и раз-

витием на предприятиях систем менеджмента качества (СМК).

Цель концепции всеобщего управления качеством (TQM), основанной на теории ограничений, - определить эффективную систему управления, которая направлена на осуществление непрерывного увеличения прибыли при соблюдении необходимого условия – высокого качества. А совместное использование «бережливого производства» и теории ограничений позволяет получить синергетический эффект, значительно увеличивающий скорость денежного потока при одновременном снижении затрат.

Одной из первых в России по освоению и продвижению ТОС можно считать научную школу Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, в рамках которой проводятся исследования в этой области с 1995 года [8-14].

В рамках концепции TQM часто считают, что основной целью СМК является постоянное улучшение качества, которое рассматривают в виде главной цели. Однако это не совсем так. Предположим, что изготовили стол, имеющий множество заноз, то есть его качество не соответствует требуемому уровню. Такой стол никто не будет покупать. Если же мы сумеем каким-либо образом обеспечить разнотолщинность крышки стола на уровне 0,000000001 мм, то такой стол также никто не купит, так как он будет очень дорогим. В последнем случае показатели качества будут существенно превышать самые лучшие достижения конкурентов. Это по-

казывает, что качество не может быть целью (если оно не является «узким местом»), а должно выполнять роль ограничения. Его показатели должны быть определены некоторым диапазоном значений.

Покажем, что повышение качества разных видов продукции может приносить разную прибыль, а иногда и приводить к прямым убыткам.

Предположим, что имеется производственное предприятие, изготавливающее два вида продукции: изделие А и изделие Б. Потребители продукции готовы приобрести за неделю 100 единиц продукции А по цене 3000 рублей за единицу и 50 единиц продукции Б по цене 3200 рублей за единицу. Предприятие использует в производственном процессе 9 агрегатов. Структура технологических маршрутов предприятия с отражением длительности основных операций представлена на **рис. 1**.

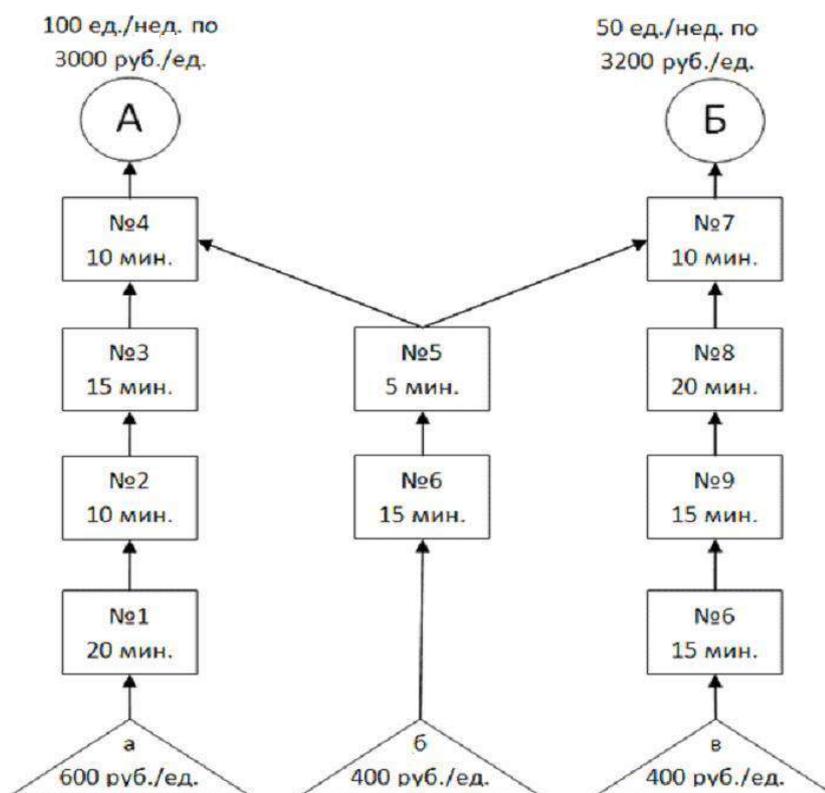


Рис. 1. Производственная структура предприятия

Фонд времени работы агрегатов 2400 минут в неделю (5 дней по 8 часов). Для

производства единицы изделия А используется два вида исходного сырья: «а» по

Качество в обработке материалов

600 рублей и «б» по 400 рублей за единицу. Изделие Б изготавливается из сырья «б» и сырья «в» по 400 рублей за единицу.

Необходимо определить структуру выпуска продукции, при которой предприятие может получить максимальную прибыль за неделю, если объем постоянных расходов составляет 100000 руб.

В первом случае выполним расчет на основе рыночного спроса.

Прибыль за неделю составит

$$100 \times (3000 - 1000) + 50 \times (3200 - 800) - 100000 = 220000 \text{ руб.}$$

Однако данный показатель является верным только в случае избытка производственных мощностей. Проверим, так ли это. Для этого выполним расчет загрузки

производственных мощностей, используя показатель расчетной загрузки:

$$Za = \frac{\sum_{i=1}^k Q_i t_i}{H_{\phi\psi}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где Q_i - объем рыночной потребности в продукции i -го вида, т; t_i - трудоемкость обработки единицы продукции i -го вида на данном агрегате, машино-часы; k - количество видов продукции, технологический маршрут которых проходит через данный агрегат; $H_{\phi\psi}$ - располагаемое время работы j -го агрегата, машино-часы.

Результаты расчетов по всем агрегатам представлены в **табл. 1**.

Таблица 1

Расчет загрузки производственных мощностей

Номер агрегата	Время работы агрегата, ч.		Расчетная загрузка, %	Дефицит ресурса
	требуемое	доступное		
1	2000	2400	83,3	нет
2	1000	2400	41,6	нет
3	1500	2400	62,5	нет
4	1000	2400	41,6	нет
5	750	2400	31,3	нет
6	3000	2400	125	да
7	500	2400	20,8	нет
8	1000	2400	41,6	нет
9	750	2400	31,25	нет

Как видно из **табл. 1**, агрегат №6 не может уложиться в отведенные 2400 минут, так как участвует в трех операциях: одна – при производстве продукции А, и две – при производстве продукции Б. Для удовлетворения всего рыночного спроса на продукцию А и Б агрегат требуется использовать $100A \times 15 \text{ мин./ед.} + 50B \times (15 \text{ мин./ед.} + 15 \text{ мин./ед.}) = 3000 \text{ мин.}$

Таким образом, предприятие не сможет произвести требуемый на рынке объем продукции.

Во втором случае выполним расчет, основанный на выборе наиболее выгодной продукции по традиционным показателям. Отсутствие возможности выпуска всей запрашиваемой рынком продукции заставляет выбирать такие объемы выпуска изделий А и Б, которые обеспечат максимум прибыли за неделю.

В **табл. 2** приведены традиционные экономические показатели для продукции А и Б.

Традиционные экономические показатели

Изделие	Значение показателя, руб.					РП _i
	Ц _i	ПЗ _i	МД _i	С _i	Ц _i - С _i	
А	3000	1000	2000	2000	1000	50
Б	3200	800	2400	2000	1200	56

Ориентируясь на традиционные показатели маржинального дохода (МД_i), прибыли на единицу (Ц_i- С_i) и рентабельности продукции (РП_i), можно сделать однозначный вывод о выгодности продукции Б.

В соответствии с сравнительной выгодностью изделия Б необходимо произвести все запрашиваемые рынком 50 изделий. При этом на агрегате №6 останется доступное время в объеме 900 минут. Значит, можно будет произвести еще 60 изделий А. В этом случае прибыль предприятия составит:

$$50 \times 2400 + 60 \times 2000 - 100000 = 140000 \text{ руб./нед.}$$

Рассмотрим третий случай, где расчет будет основан на методике теории ограничений.

Алгоритм решения:

1. Выявление ограничивающего ресурса.

Теория ограничений для предварительного определения агрегата – «узкого места» предлагает использовать следующие ориентиры:

- мнение производственных менеджеров о наиболее «проблемных» точках производства;
- места скопления запасов незавершенного производства.

Применение расчетного способа позволяет более точно определить местонахождение «узкого места» в случаях:

- если спрос на продукцию превышает производственную мощность предприятия, то ограничивающий ресурс – это наиболее дефицитный с точки зрения удовлетворения рыночного спроса ресурс;
- если спрос недостаточен для полной загрузки мощностей, то ограничивающим считается наиболее загруженный ресурс.

И в том, и в другом случае критерием определения «узкого места» выступает показатель расчетной загрузки (1).

2. Определение номенклатурного списка продукции, технологический маршрут которой проходит через выявленное на предыдущем этапе «узкое место».

Как уже было сказано ранее, в нашем примере через выявленное на предыдущем этапе «узкое место» проходит технологический маршрут двух видов продукции: А и Б.

3. Составление таблиц приоритетности продукции.

Составление таблиц приоритетности ведется по показателю маржинального дохода в единицу времени работы «узкого места», рассчитанному для всех определенных ранее позиций продукции.

Расчет показателя производится по следующей формуле:

$$ПП_i = \frac{Ц_i - ПЗ_i}{t_i^{ym}}, \quad (2)$$

где $ПП_i$ - маржинальный доход в единицу времени работы «узкого места» i -го вида продукции, руб./час; $Ц_i$ - цена i -го вида продукции, руб.; $ПЗ_i$ - величина переменных расходов на единицу продукции i -го вида, руб.; t_i^{ym} - длительность обработки единицы продукции i -го вида на «узком месте», час.

После этого проводится ранжирование всех видов продукции в порядке убывания рассчитанного показателя. Наиболее высокие значения показателя $ПП_i$ будут соответствовать самым приоритетным с точки зрения получения прибыли видам продукции.

Воспользуемся формулой (2) для определения более выгодной продукции. В

Качество в обработке материалов

качестве переменных расходов в данном случае выступают затраты на исходное сырье.

сырье.

$$ПП_A = \frac{3000 \text{ руб./ед.} - 600 \text{ руб./ед.} - 400 \text{ руб./ед.}}{15 \text{ мин./ед.}} = 133,33 \text{ руб./мин.}$$

$$ПП_B = \frac{3200 \text{ руб./ед.} - 400 \text{ руб./ед.} - 400 \text{ руб./ед.}}{15 \text{ мин./ед.} + 15 \text{ мин./ед.}} = 80 \text{ руб./мин.}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что продукция А является более выгодной. Отдадим ей предпочтение и произведем все требуемые 100 единиц. Тогда доступное время, оставшееся в распоряжении «узкого места» можно определить так: $2400 \text{ мин.} - 100A \times 15 \text{ мин./ед.} = 900 \text{ мин.}$ За это время агрегат №6 успеет произвести 30 изделий Б ($900 \text{ мин./} 30 \text{ мин.}$).

Прибыль в данном случае составит:

$$100 \times 2000 + 30 \times 2400 - 100000 = 172000 \text{ руб./нед.}$$

То есть экономический эффект от принятия более правильного решения на основе теории ограничений составляет 32 тыс. рублей в неделю или около 23 %.

Рассмотрим четвертый вариант. Предположим, что на предприятии улучшили качество продукции Б и спрос на нее вырос до 80 ед./нед. Производственная структура предприятия осталась такой же (рис. 2).

Результаты расчетов загрузки производственных мощностей представлены в табл. 3.

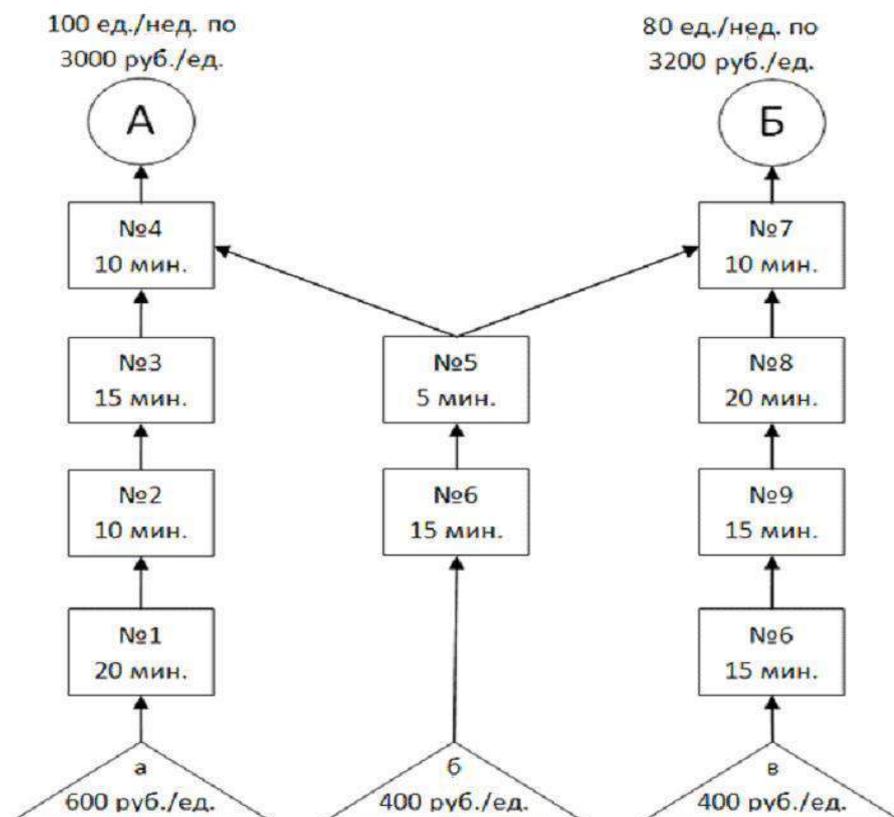


Рис. 2. Производственная структура предприятия

Расчет загрузки производственных мощностей

Номер агрегата	Время работы агрегата, ч.		Расчетная загрузка, %	Дефицит ресурса
	требуемое	доступное		
1	2000	2400	83,3	нет
2	1000	2400	41,6	нет
3	1500	2400	62,5	нет
4	1000	2400	41,6	нет
5	900	2400	37,5	нет
6	3900	2400	162,5	да
7	800	2400	33,3	нет
8	1600	2400	66,7	нет
9	1200	2400	50,0	нет

Как видно из **табл. 3**, более загруженными стали агрегаты №5-9. Агрегат №6 как и был, так и остается «узким местом». Приоритетной остается продукция А. Отдадим ей предпочтение и произведем 100 ед., а в оставшееся доступное время - 30 ед. продукции Б.

Таким образом, предприятие не сможет произвести требуемый на рынке объем продукции Б. Прибыль составила 172000 руб./нед. Увеличение качества продукции Б не дало никакого экономического эффекта, кроме дополнительных затрат на обеспечение этого качества.

Если учитывать традиционные экономические показатели, то продукция Б является более рентабельной (**табл. 2**). Увеличение ее выпуска до 80 ед. приведет к тому, что на производство продукции А не останется времени. Прибыль в данном случае составит:

$$80 \times 2400 - 100000 = 92000 \text{ руб./нед.}$$

Таким образом, улучшение качества продукции Б привело к снижению прибыли.

Рассмотрим пятый вариант. Предположим, что на предприятии улучшили качество продукции А и спрос на нее вырос до 110 ед./нед. Производственная структура представлена на **рис. 3**. Результаты расчетов загрузки производственных мощностей представлены в **табл. 4**.

Из **табл. 4** видно, что агрегат №6 так же остается «узким местом». Более выгодной продукцией является продукция А. Тогда доступное время, оставшееся в распоряжении «узкого места» составляет: $2400 \text{ мин.} - 110A \times 15 \text{ мин./ед.} = 750 \text{ мин.}$ За это время агрегат №6 успеет произвести 25 изделий Б (750 мин./ 30 мин.).

Прибыль в данном случае составит:

$$110 \times 2000 + 25 \times 2400 - 100000 = 180000 \text{ руб.}$$

Таким образом, улучшение качества продукции А способствовало повышению спроса на эту продукцию. В результате был увеличен объем выпуска продукции А. И так как продукция А является приоритетной, то в данном случае получена максимальная прибыль из всех рассмотренных вариантов.

Качество в обработке материалов

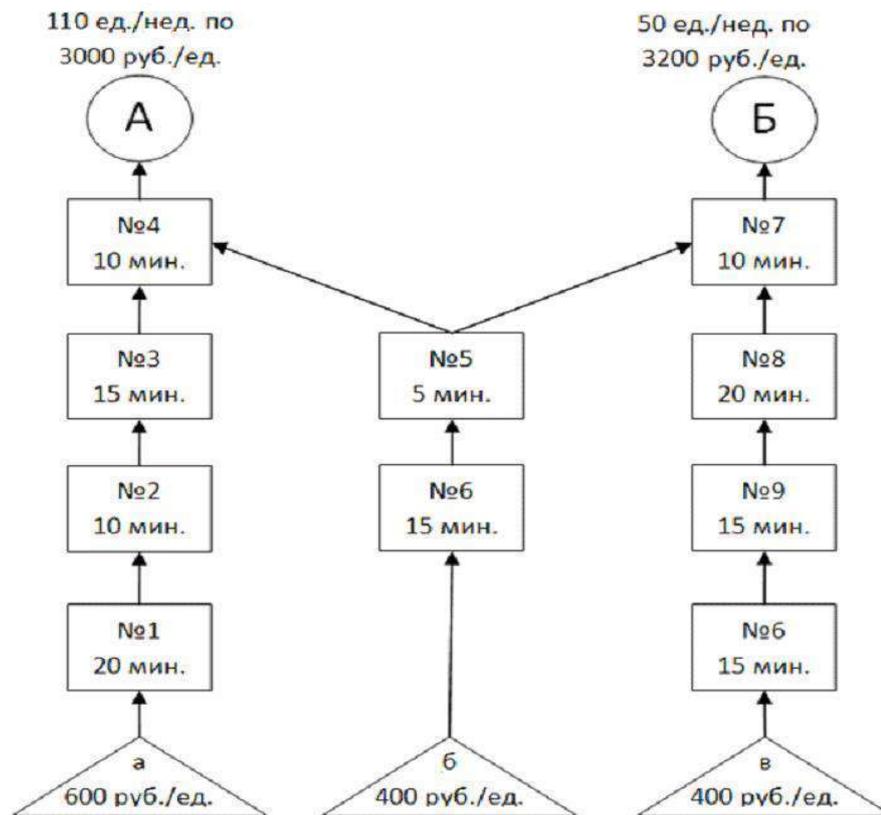


Рис. 3. Производственная структура предприятия

Таблица 4

Расчет загрузки производственных мощностей

Номер агрегата	Время работы агрегата, ч.		Расчетная загрузка, %	Дефицит ресурса
	требуемое	доступное		
1	2200	2400	91,7	нет
2	1100	2400	45,8	нет
3	1650	2400	68,8	нет
4	1100	2400	45,8	нет
5	800	2400	33,3	нет
6	3150	2400	131,3	да
7	500	2400	20,8	нет
8	1000	2400	41,6	нет
9	750	2400	31,25	нет

Заключение

Таким образом, эффективность управления качеством продукции возрастает, если использовать методы «бережливого производства» и концепции TQM на основе теории ограничений. На примерах было показано, что улучшение качества выпускаемой продукции не всегда позволяет достичь основной цели – получения максимальной прибыли. В первую очередь

необходимо заниматься улучшением качества приоритетной, с точки зрения ТОС, продукции.

Список литературы

1. Возможности повышения качества калиброванной стали в рамках традиционной технологии / Гун Г.С., Корчунов А.Г., Пивоварова К.Г. и др. // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 240-243.

2. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования: Учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 199 с.

3. Goldratt Eliahu M., Fox Bob E. The race. – NY.: North River Press, 1986. 179 p.

4. Goldratt Eliahu M., Cox Jeff. The Goal: process of ongoing improvement. – NY.: North River Press, 1992. 271 p.

5. Goldratt Eliahu M. What is this thing called theory of constraints? – NY.: North River Press, 1986. 179 p.

6. Голдратт Э.М. Синдром стога сена. Выживание информации из океана данных. М.: АСТ, 2005. 73 с.

7. Noreen E., Smith D., Mackey James T. The theory of constraints and its implications for management accounting. – NY.: North River Press, 1995. 187 p.

8. Новый подход к определению потерь от бракованной металлопродукции на основе использования подходов теории ограничений / Рахимов С.Н., Курбан В.В., Песин А.М., Песин И.А., Баскакова Н.Т. // Производство проката. 2013. №8. С. 45-48.

9. Применение теории ограничений для оптимизации функционирования подсистемы «Резка-Отделка-Упаковка-Транспортировка» как части технологической системы «Сталь-Прокат-Потребитель» ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / Рахимов С.Н., Шебаршова И.М., Курбан В.В., Песин А.М., Мухин А.А. // Производство проката. 2012. № 2. С. 34-39.

10. Повышение эффективности работы подсистемы «Резка – отделка – упаковка – транспортировка» листопрокатного цеха» / Рахимов С.Н., Шебаршова И.М., Левашова Е.В., Савицкий Л.А., Курбан В.В., Песин А.М. // Сталь. 2012. № 2. С. 137-143.

11. Новые подходы к производственному планированию / Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И. // Вестник ФГБОУ ВПО «МГТУ». 2011. № 2. С. 75-76.

12. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Новые экономические оценки и планирование производства на основе теории ограничений // Производство проката. 2004. № 6. С. 41 – 45.

13. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. М.: Экономика, 2006. 210 с.

14. Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System // The Business Review, Cambridge. Vol. 5. №2. Summer 2006. P. 344-350.

References

1. Gun G.S., Korchunov A.G., Pivovarova K.G. i dr. Opportunities to improve the quality calibrated steel under traditional technology. *Obrabotka sploshnyh i sloistyh materialov: mezhvuz. mezhdunar. sb. nauch. tr. Magnitogorsk: MGTU* [Processing of solid and laminated materials: interuniver. international collection scientific articles. Magnitogorsk: NMSTU] , 2003, pp. 240-243.

2. Pesin A.M., Salganik V.M., Zhudov V.V.. *Upravlenie promyshlennym predpriatiem na os-nove teorii ograniichenij: osnovy metodologii i opyt ispol zovanija* [Management an industrial enterprise on the basis of the theory of constraints: the basics of the methodology and experience in the use]. Magnitogorsk: NMSTU, 2004, 199 p.

3. Goldratt Eliahu M., Fox Bob E. The race – NY.: North River Press, 1986, 179 p.

4. Goldratt Eliahu M., Cox Jeff. The Goal: process of ongoing improvement. – NY.: North River Press, 1992, 271 p.

5. Goldratt Eliahu M. What is this thing called theory of constraints? – NY.: North River Press, 1986, 179 p.

6. Goldratt Je.M. *Sindrom stoga sena. Vyuzhivanie informacii iz okeana dannyh* [The haystack syndrome: sifting information out of the date ocean]. Moscow: АСТ 2005, 73 p.

7. Noreen E., Smith D., Mackey James T. The theory of constraints and its implications for management accounting – NY.: North River Press, 1995, 187 p.

8. Rahimov S.N., Kurban V.V., Pesin A.M., Pesin I.A., Baskakova N.T. New approach to the determination of losses from defective steel products on the basis the theory of constraints. *Proizvodstvo prokata* [Manufacture of rolled steel]. 2013, no. 8. pp. 45-48.

9. Rahimov S.N., Shebarshova I.M., Kurban V.V., Pesin A.M., Muhin A.A. Applying the theory of constraints for optimization of functioning a subsystem «Cutting-finish-packaging-transport» as part of a technological system «Steel-rolled steel-consumer» OJSC «Magnitogorsk Iron and Steel Works». *Proizvodstvo prokata* [Manufacture of rolled steel]. 2012, no. 2, pp. 34-39.

10. Rahimov S.N., Shebarshova I.M., Levashova E.V., Savickij L.A., Kurban V.V., Pesin A.M. Ncrease of efficiency to work of the subsystem «Cutting-finish-packaging-transport » rolling workshop. *Stal* [Steel]. 2012, no. 2, pp. 137-143.

11. Pesin A.M., Salganik V.M., Berezhnaja G.A., Chikishev D.N., Shmakov V.I. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 2, pp. 75-76.

12. Pesin A.M., Salganik V.M., Zhudov V.V. New economic evaluation and planning of production

on the basis the theory of constraints. *Proizvodstvo prokata* [Manufacture of rolled steel]. 2004, no. 6, pp. 41 – 45.

13. Senichev G.S., Shmakov V.I., Vier I.V., Salganik V.M., Pesin A.M., Zhudov V.V. *Realizacija koncepcii proizvodstvennogo planirovanija na osnove jeffektivnogo ispol'-zovanija ogranichenij* [Implementation the concept of the production planning based on

an efficient use of constraints]. Moscow: Economy, 2006, 210 p.

14. Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System // *The Business Review*, Cambridge. vol. 5, no. 2. Summer 2006, pp. 344-350.

УДК 621.771

Пудов Е.А., Набиуллин И.Р., Селиванов В.А.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ ЛАТУНЬ-СТАЛЬ-ЛАТУНЬ РАЗМЕРАМИ 0,3X131ММ, 0Д5X131ММ ПО ТУ 3-001-95

Аннотация. Описана технология производства биметаллической ленты размерами 0,3x131 мм и 0,15x131 мм; приведены параметры основных операций. По разработанной технологии изготовлены опытные партии и успешно испытаны на электроламповых заводах.

Ключевые слова: биметаллическая лента - латунь-сталь-латунь, технология изготовления, отжиг, прокатка, резка, упаковка

В настоящее время самым распространенным способом изготовления различных биметаллов, в том числе сталь - цветные металлы, является способ совместной пластической деформации компонентов биметалла в процессе его прокатки (способ холодного плакирования прокаткой). Биметаллический прокат сталь - цветные металлы выпускается отечественными металлургическими заводами преимущественно в виде полос, листов и ленты. Наибольшее распространение и перспективу широкого применения имеет полосовой и листовой биметаллический про-

кат сталь - медь, сталь - алюминий, сталь - никель и т.д. [1].

В настоящее время биметаллический прокат изготавливают по следующей технологической схеме (**рис. 1**).

На **рис. 2** представлена схема получения слоистых металлических лент способом холодной прокатки в рулонах. При рулонных способах тщательно очищенные исходные ленты основы 1 и покрытия 2 с соответствующего количества разматывателей 3 подают в прокатные валки 4, совместно прокатывают с большими единичными обжатиями, затем многослойную полосу 5 сматывают в рулон моталкой 6.

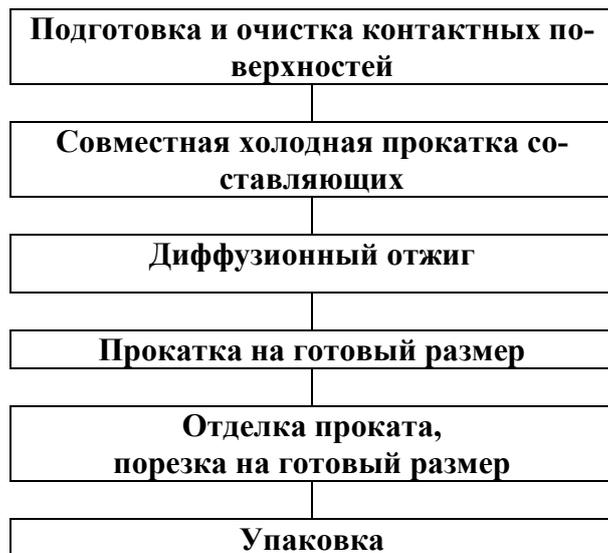


Рис. 1. Общая технологическая схема изготовления биметаллического проката

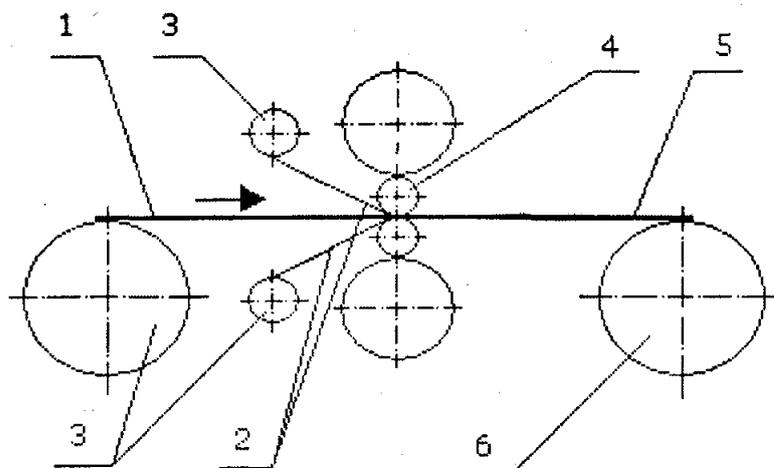


Рис. 2. Схема получения слоистых металлических лент

В адрес ОАО «ММК-МЕТИЗ» поступил запрос о рассмотрении возможности изготовления биметаллической ленты латунь - сталь - латунь размерами 0,15-0,70x40-130 мм, в качестве основы используется сталь марки 08КП. Толщина покрытия - латунь составляет 5 % от толщины ленты. При этом физико-механические свойства должны удовлетворять требованиям технических условий ОСТ 3-6649-91 «Ленты и полосы биметаллические»:

- временное сопротивление - 265-363МПа (27-37 кгс/мм²);

- относительное удлинение - не менее 27 %.

Специалистами ЦЗЛ ОАО «ММК-МЕТИЗ» была разработана технология изготовления опытной партии биметаллической ленты размером 0,3x131мм, 0,15x131мм (рис. 3).

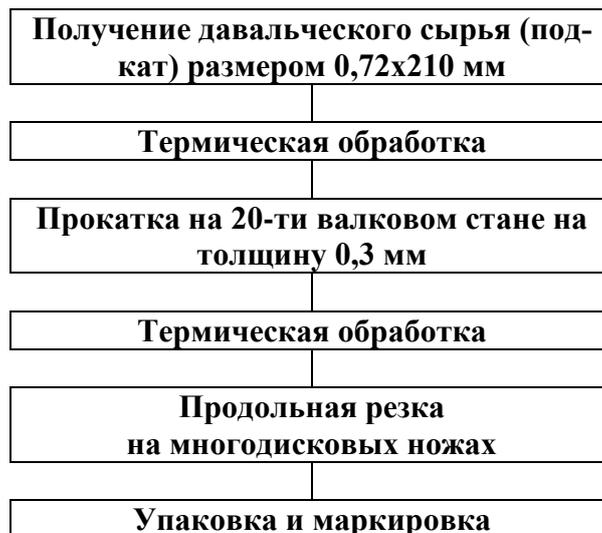


Рис. 3. Схема изготовления биметаллической ленты размером 0,3x131 мм

На **рис. 4** представлена схема изготовления биметаллической ленты размером 0,15x131мм.

Термическая обработка биметаллической ленты осуществлялась в колпаковых печах типа СКБ 6001 по следующему режиму:

- нагрев до температуры 580 °С;
- выдержка при 580 °С - 10 часов;
- охлаждение до 70 °С под муфелем.

Данный режим отжига универсальный, разработан для биметаллической ленты толщиной 0,3 и 0,15 мм.

Прокатка биметаллической ленты осуществлялась на реверсивном 20-ти валковом стане ЦЛХП (**рис. 5**), при этом об-

жатие при прокатке ленты размером 0,3x210 мм составило 58 %, при прокатке ленты размером 0,15x210мм суммарное обжатие составило 79 %.

Согласно разработанной технологии были изготовлены опытные партии биметаллической ленты латунь-сталь-латунь размерами 0,3x131 и 0,15x131 мм. Данная продукция была отгружена в адрес электроламповых заводов в города Бишкек, Саранск. По результатам переработки у потребителя опытных партий биметаллической ленты латунь-сталь-латунь размерами 0,3x131 и 0,15x131 мм установлено, что данная продукция полностью соответствует требованиям ТУ 3-001-095.

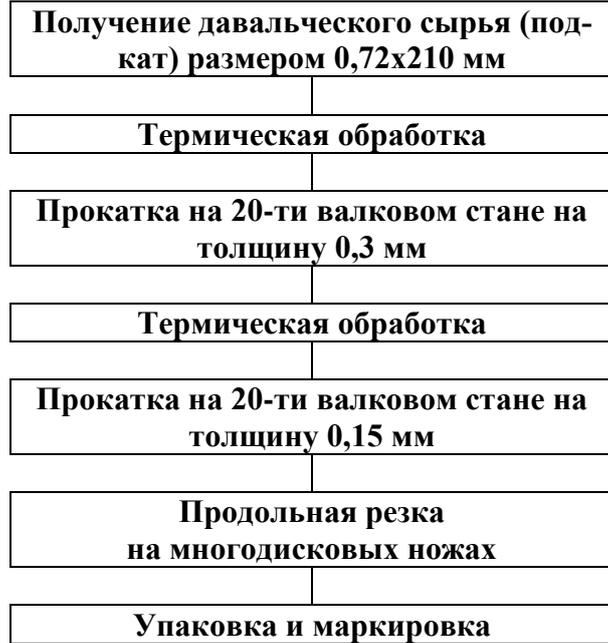


Рис. 4. Схема изготовления биметаллической ленты размером 0,15x131 мм

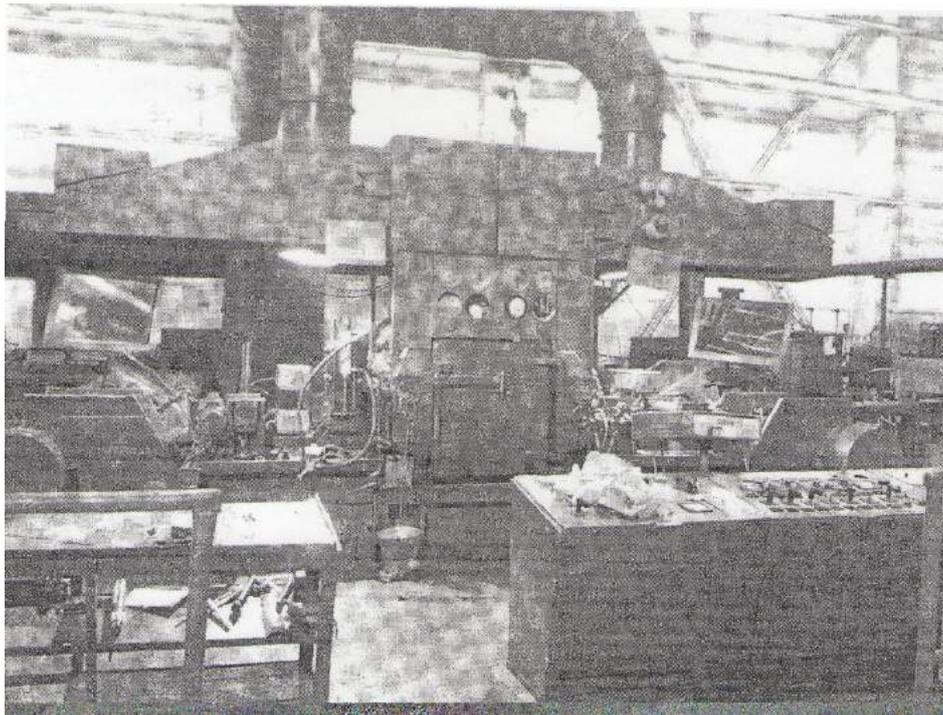


Рис. 5. Реверсивный 20-ти валковый стан ЦЛХП

Список литературы

1. Биметаллические соединения / К.Е. Чарухина, С.А. Голованенко, В.А. Мастеров, Н.Ф. Казков. М.: Изд-во «Металлургия», 1970.

References

1. Charuhina K.E., Golovanenko S.A., Masterov V.A., Kazkov N.F.. *Bimetallicheskie soedinenija* [Bimetallic compounds] Moscow: Publ "Metallurgy", 1970.

ANNOTATION

UDC 621.778

Gun G.S., Mezin I.Ju., Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun I.G., Rubin G.Sh. ACADEMIC SCHOOL OF PRODUCT QUALITY CONTROL AND PROCESS QUALITY CONTROL OF MAGNITOGORSK STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Abstract. The article describes the establishment and growth/development of Magnitogorsk scientific and pedagogical school “Qualimetry theory design and development”. The authors outlined the results and achievements of scientists and researchers from Magnitogorsk state technical university in the field of quality control.

Keywords: scientific school, qualimetry, standardization, certification, quality control.

UDC 658.562: 65.018.2

Brinza V.V. QUALITY MANAGEMENT OF THE METALLURGY COMPANY AS THE OBJECT TO PREDICTIVE MODELING

Abstract. The article describes the activities of the technical division metallurgical plant which operates as part of one of the leading russian steel holdings. For this division identified reserves of increasing the effectiveness of the quality policy. Investigations were carried out with respect to future states of this organizational structure. These alternative states prepared with additional support from side of individual elements in the initial state of the technical division. In this regard, successfully was the attracting to the use of qualitative modeling method, based on the weighted digraphs.

Simulation results confirmed the key role of quality management system for the effectiveness of technical division. First, all its functional components may be significantly respond to changing trends in the development of each of the major engineering departments of this division. And second, additional support for most components of the quality management system determines the feedback gain for correct direct managerial influence that provides an additional increase in the aggregate results of the technical division. Demonstrated that the component of quality management system, which should be significantly expanded is the development and improvement of statistical methods for monitoring and quality control.

Active use of the results enables maximum use of existing management system for growth of the effectiveness of the technical division metallurgical plant.

Keywords: metallurgical company, quality management, technical division plant, forecast, qualitative modeling method, computer experiment, reserves increase competitiveness.

UDC 65.018

Gitman M.B., Fedoseev S.A., Stolbov V.Yu. MATHEMATICAL MODEL OF PRODUCT QUALITY CONTROL

Abstract. The general mathematical problem of product quality control throughout its life cycle is considered. It is believed that process of formation of the products quality depends on set of processes: planning, production, sale, service, etc. Quality functional of products, which are built on the basis of the optimality criteria and constraints in the control problem, are entered. The ways of constructing quality functional in description of the various processes are offered.

Keywords: quality control, mathematical model, quality functional.

UDC 621.774.372

Okulov R.A.*, Parshin S.V. ANALYSIS OF BILLET WALL THICKNESS DEVIATION IN THE PROCESS OF SHAPED TUBE DRAWING AND ITS INFLUENCE ON THE PRODUCT QUALITY

Abstract. The paper is concerned with an important issue of the dependence of the product geometry and the energy-power characteristics of the drawing process on the wall thickness deviation. The research work was carried out using finite elements method and the results were verified in practical activity. Theoretical results match well with the practical ones. As a result of the research work the authors determined/calculated the target/sought relationships and offered valuable help to manufacturers.

Keywords: drawing, deviation, steel 20, shaped tube, wall thickness.

UDC 621.77

Golubchik Je.M., Telegin V.E., Rubin G.Sh. APPLICATION OF TECHNOLOGICAL ADAPTATION PRINCIPLES FOR THE QUALITY INDEX CONTROL IN THE MULTIVARIANT TECHNOLOGICAL SYSTEM OF COLD ROLLED STRIP PRODUCTION

Abstract. The authors studied the principles of adaptive control of quality measures/characteristics in the multivariant multistage system in the process of cold rolled coinage strip production. This approach helps to provide guaranteed achievement of acceptable quality level of metal product under various external actions.

Keywords: quality control, cold rolled strip, algorithm.

UDC 621.778

Haritonov V.A., Galljamov D.Je. ANALYSIS OF DEFORMATION METHODS ON PROPERTIES OF STEEL WIRE

Abstract. The authors performed comparative analysis of steel high strength wire drawing in one-piece dies and combined “broaching-drawing” methods. They carried out pilot research and computer simulation of wire drawing methods.

Keywords: drawing, scale factor, wire die, roller die, deformability of the metal, surface factor.

UDC 621.771

Fajzulina R.V., Moleva O.N., Nikiforov M.A. TIN-PLATE QUALITY FOR TWO ELEMENT DRAW CANS

Abstract. In order to find out the causes of “contamination spot” defects the authors carried out the research of rolling oil application on the basis of animal fatty substances.

Keywords: tin, rolling oil, animal fatty substance, “contamination spot” defect

UDC 621.778

Rubin G.Sh. SOME MECHANISMS OF QUALITY INCENTIVE SCHEMES OPERATION

Abstract. The paper deals with the efficiency of the integrated assessment for encouragement of the assessed object quality improvement. The authors explain the reasons causing “inflation”, i.e. decline in efficiency of motivation when the motivation resource is limited. They show the reverse effect of motivation when the additive model of the integrated quality assessment is used. The efficiency of motivation depending on the kind of encouragement was studied.

Keywords: integrated assessment, quality, motivation, efficiency.

UDC 621.793.5

Mezin I.Ju., Zotov S.V. ASSESSMENT OF THE COMPLEX DESIGN PROCEDURE AND FORECAST OF WIRE GALVANIZING COATING PROPERTIES

Abstract. The authors describe the developed forecasting method of galvanized wire coating quality. On the basis of structural fractal geometry they carried out mathematical simulation of the process of zinc coating structure forming. The research group found the dependence of zinc-iron coating phase thickness on the time of melt dipping thus forecasting the coating properties. The developed method makes it possible to determine the rational speed of wire in the hot dip galvanizing bath/unit and produce the coating of the quality level demanded.

Keywords: forecasting method, zinc coating, coating forming mechanism, zinc-iron phases

UDC 621.771

Kaledina O.S., Limarev A.S. ROLLED SECTION GEOMETRY CONTROL

Abstract. The paper analyzes the reasons for the formation off-gage products and factors that influence the length of the finished products. The methods of material cutting right choice, which determines the efficiency of the automated control system cutting.

Keywords: bar rolling production, off-gage products, quality long products, metal cutting

UDC 621.778

Gurjanov G.N., Zuev B.M. METHODS AND RESULTS OF CARBON STEEL WIRE IMPACT SHEAR AND ELONGATION TEST AT LOW TEMPERATURE

Abstract. The authors described the results of wire tests, carried out the analysis of relationship between temperature and strength and came to a conclusion that depending on the amount of reduction, in the process of cold drawing the fracture energy value at impact shear testing increased by 1.5 – 2.8 times when the test temperature decreased from + 20 to – 80°C.

Keywords: tests, wire, plastic deformation.

UDC 005.962.13

Alenina M.N., Shemshurova N.G. THE SYSTEM OF "LEAN PRODUCTION" IS A FIRST STEP TO IMPLEMENTING A QMS

Abstract. The authors describe practical application of lean production methods which offer great potential for the company improvement and its adaptation to the rapidly changing market conditions without using any extra resources.

Keywords: the concept of lean production, 5S and SMED methods, productivity improvement, cost saving, equipment adjustment and maintenance on the run, unproductive expenditures, value added activity.

UDC 621.79;669.36

Bachmatov U.F., Drapenko N.V., Temirgaleev K.R., Lebedeva I.G. TECHNOLOGICAL FACTORS DETERMINING THE QUALITY OF GALVANIZING COATING WHEN IT IS FORMED IN THE DISPERSION MEDIUM: MELT-FERROMAGNETIC ELEMENTS

Abstract. The authors carried out the analysis of processing methods of the developed technology of metal coating from the melt positioned by the magnetic field. Significant factors determining the quality of coating were outlined. Various combinations of technological parameters determining the final product quality were considered.

Keywords: melt, magnetic field, ferromagnetic elements, orifice, moistening, adhesion

UDC 669.1.004.16:568.562.6

Pesin A.M., Lokotunina N.M. POSITIVE AND NEGATIVE ASPECTS OF IMPROVING THE QUALITY OF PRODUCTS

Abstract. The efficient way of managing the quality of products on the basis the theory of constraints was considered. We have examined the quality not as a goal but as a restriction. The quality indicators should be no less and no more than the specified values. The expediency of improving the quality just a priority of production, which will increase profits of enterprise, has shown.

Keywords: theory of constraints, bottleneck, quality improvement, priority products, profit.

UDC 621.771

Pudov E.A., Nabiullin I.R., Selivanov V.A. MANUFACTURE OF 0,3X131MM, 0,15X131MM BIMETALLIC BRASS-STEEL-BRASS STRIP IN ACCORDANCE WITH SPECIFICATIONS 3-001-95

Abstract. 0,3x131mm and 0,15x131mm bimetal strip production process is described; characteristics of the main processing steps are given. The developed technology was used to manufacture some pilot batches and was tested successfully at electric-bulb plants.

Keywords: Bimetal strip – brass-steel-brass, production process, annealing, rolling, cutting, packing.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аленина Марина Николаевна – начальник бюро по разработке и внедрению системы менеджмента качества (отдел СМК ОАО «ММК-МЕТИЗ»). E-mail: alen_sea@mail.ru; mnalenina@mmk-metiz.ru.

Бахматов Юрий Федорович – профессор каф. «Физика» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Бринза Вячеслав Владимирович - д-р техн. наук, директор Научно - исследовательского центра технологического прогнозирования, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС". E-mail: brinzavv@misis.ru.

Галлямов Денис Эдуардович - аспирант ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: mgtu@magtu.ru.

Гитман Михаил Борисович – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры математическое моделирование систем и процессов ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ). E-mail: gmb@matmod.pstu.ac.ru.

Голубчик Эдуард Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры машиностроения и металлургических технологий ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: golub66@mail.ru.

Гун Геннадий Семенович – д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: mgtu@magtu.ru.

Гун Игорь Геннадьевич - д-р техн. наук, проф., генеральный директор ЗАО НПО «БелМаг». E-mail: goun@belmag.ru.

Гурьянов Геннадий Николаевич - ОАО «НИИМетиз», г. Магнитогорск, старший научный сотрудник. E-mail: ggnbelorhoum@rambler.ru.

Драпеко Николай Вячеславович– аспирант кафедры физики Институт энергетики и автоматизации ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Зотов Сергей Владимирович - канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологий, сертификации и сервиса автомобилей» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет». E-mail: zotov_tssa@mail.ru.

Зуев Борис Михайлович - ОАО «НИИМетиз», г. Магнитогорск, зам. директора. E-mail: ggnbelorhoum@rambler.ru.

Каледина Ольга Сергеевна - студентка гр. СХСм-13 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: eiename@mail.ru.

Корчунов Алексей Георгиевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: agkorchunov@mail.ru.

Лебедева Ирина Григорьевна – студентка гр. СХСм-13, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: irina@mail.ru.

Лимарев Александр Сергеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологий, сертификации и сервиса автомобилей» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: aslimarev@mail.ru.

Локотунина Наталья Михайловна - кандидат технических наук, доцент кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: pesin@bk.ru.

Мезин Игорь Юрьевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский госу-

дарственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: meziniiy1@mail.ru.

Молева Ольга Николаевна – ведущий инженер Центральной лаборатории комбината ОАО «ММК». E-mail: melnikov.ya@mmk.ru.

Набиуллин Илья Рафаилович – зам. начальника цеха ленты холодной прокатки «ММК - МЕТИЗ». E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Никифоров Михаил Александрович – инженер ЦЛК ОАО «ММК». E-mail: nikiforov.ma@mmk.ru.

Окулов Роман Алексеевич – аспирант кафедры «Металлургические и роторные машины» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. E-mail: okulov.roman@gmail.com.

Паршин Сергей Владимирович – д-р техн. наук, профессор кафедры «Металлургические и роторные машины» ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. E-mail: netskater@mail.ru.

Песин Александр Моисеевич - д-р техн. наук, проф. кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: pesin@bk.ru.

Пудов Евгений Андреевич – канд. техн. наук, заместитель начальника исследовательского центра ОАО «ММК-МЕТИЗ». E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Рубин Геннадий Шмульевич – канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: rubin@mgn.ru.

Селиванов Владимир Александрович – ведущий инженер ЦЗЛ «ММК - МЕТИЗ». E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Столбов Валерий Юрьевич – д-р техн. наук, проф., декан факультета прикладной математики и механики ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ). E-mail: valeriy.stolbov@gmail.com.

Телегин Вячеслав Евгеньевич – аспирант ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: golub66@mail.ru.

Темиргалеев Камиль Рамилович– аспирант кафедры физики Институт энергетики и автоматизации ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Файзулина Римма Вафировна – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры физики ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: r.fayzulina@gmail.com.

Федосеев Сергей Анатольевич - д-р техн. наук, проф. кафедры математическое моделирование систем и процессов ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ). e-mail: fsa@gelicon.biz.

Харитонов Вениамин Александрович - канд. техн. наук, профессор кафедры «Машиностроительных и металлургических технологий» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: mgtu@magtu.ru.

Шемшурова Нина Георгиевна – канд. техн. наук, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: ybitut85@mail.ru.

Чукин Михаил Витальевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: m.chuin@mail.ru.

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alenina Marina Nikolaevna - Head of Office to develop and implement a quality management system (QMS department of JSC "MMK-METIZ").

E-mail: alen_sea@mail.ru; mnalenina@mmk-metiz.ru.

Bahmatov Jurij Fedorovich - Ph.D., assistant professor of physics department, Institute of Energy and Automation, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Brinza Vjacheslav Vladimirovich - Dr. Sc., Director of Scientific Research Center of Technological Prognosis, National Research University «Moscow Institute of Steel and Alloys».

E-mail: brinzavv@misis.ru.

Chukin Mihail Vitalevich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: m.chuin@mail.ru.

Drapenko Nikolaj Vjacheslavovich - Postgraduate student of physics department, Institute of Energy and Automation, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Fajzulina Rimma Vafirovna - senior teacher of physics department, Nosov Magnitogorsk State Technical University., PhD in Technical Sciences. E-mail: r.fayzulina@gmail.com.

Fedoseev Sergej Anatolevich - Prof., D.Sc., State National Research Polytechnic University of Perm. E-mail: fsa@gelicon.biz.

Galljamov Denis Jeduardovich - Postgraduate student, Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Gitman Mihail Borisovich - Prof., Dr. Sc., Perm National Research Polytechnic University.

E-mail: gmb@matmod.pstu.ac.ru.

Golubchik Jeduard Mihajlovich - assistant professor, master of science, chair of mechanical engineering and metallurgical technologies Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Nosov Magnitogorsk State Technical University». E-mail: golub66@mail.ru.

Gun Gennadij Semenovich - Prof., D.Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: mgtu@magtu.ru.

Gun Igor Gennadevich - Prof., Dr. Sc., General Director, BelMag JSC.

E-mail: gown@belmag.ru.

Gurjanov Gennadij Nikolaevich - Senior Researcher of JSC «NIIMetiz », Magnitogorsk.

E-mail: ggnbelorhoum@rambler.ru.

Haritonov Veniamin Aleksandrovich - PhD in Technical Sciences, prof. of department mechanical engineering and metallurgical technologies, Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Kaledina Olga Sergeevna - Master, Physics Department, Institute of Energy and Automation FSBEI HPE Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: eiename@mail.ru.

Korchunov Aleksej Georgievich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: agkorchunov@mail.ru.

Lebedeva Irina Grigorevna - Master, Physics Department, Institute of Energy and Automation FSBEI HPE Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: irina@mail.ru.

Limarev Aleksandr Sergeevich - Ph.D., Assoc. Prof. of the Department "Technology, certification and service vehicles", Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: aslimarev@mail.ru.

Lokotunina Natalja Mihajlovna - Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: pesin@bk.ru.

Mezin Igor Jurevich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

E-mail: meziniyl@mail.ru.

Moleva Olga Nikolaevna - principal engineer Central factory laboratory of Magnitogorsk Iron & Steel Works. E-mail: melnikov.ya@mmk.ru.

Nabiullin Ilja Rafailovich – chief of the shop the cold rolled strip JSC MMK-METIZ. E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Nikiforov Mihail Aleksandrovich – engineer Central factory laboratory of Magnitogorsk Iron & Steel Works. E-mail: nikiforov.ma@mmk.ru.

Okulov Roman Alekseevich - FGAOU HPE «Ural federal university of a name of the first President of Russia B. N. Yeltsin», Mechanical engineering institute; postgraduate of department "Metallurgical and Rotor Machines". E-mail: okulov.roman@gmail.com.

Parshin Sergej Vladimirovich - Doctor of Engineering, professor of FGAOU HPE «Ural federal university of a name of the first President of Russia B. N. Yeltsin», Mechanical engineering institute; professor of department «Metallurgical and Rotor Machines». E-mail: netskater@mail.ru.

Pesin Aleksandr Moiseevich - Prof., D.Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: pesin@bk.ru.

Pudov Evgenij Andreevich - deputy chief of the research center JSC MMK-METIZ, PhD in Technical Sciences. E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Rubin Gennadij Shmulevich - Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: rubin@mgn.ru.

Selivanov Vladimir Aleksandrovich - principal engineer CZL of JSC MMK-METIZ. E-mail: samokhvalova.vm@mmk-metiz.ru.

Stolbov Valerij Jurevich - Prof., D.Sc., State National Research Polytechnic University of Perm. E-mail: valeriy.stolbov@gmail.com.

Shemshurova Nina Georgievna - Ph.D., Professor. Professor of "Metal Forming" HPE "Magnitogorsk State Technical University. GI Nosov". E-mail: ybitut85@mail.ru.

Telegin Vjacheslav Evgenevich - Postgraduate student, Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: golub66@mail.ru.

Timirgaleev Kamil Ramilevich - Postgraduate student of physics department, Institute of Energy and Automation, Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: ybakhmatov@yandex.ru.

Zotov Sergej Vladimirovich – Ph.D., Assoc. Prof. of the Department "Technology, certification and service vehicles", Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: zotov_tssa@mail.ru.

Zuev Boris Mihajlovich - deputy director of JSC «NIIMetiz», Magnitogorsk. E-mail: ggnbelorhoum@rambler.ru.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «КАЧЕСТВО В ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ»

1. Рекомендуемый объем статьи – не более 8 страниц компьютерного набора в формате А4, **без нумерации страниц.**

Текст статьи, сведения об авторах, список литературы, аннотация, ключевые слова представляются в соответствии с требованиями к работам, направляемым в центральную печать, в виде файла, созданного средствами Microsoft Word, версией не выше 2007, и распечаткой на стандартных листах бумаги формата А4.

2. При наборе статьи **рекомендуются следующие установки:**

- шрифт – Times New Roman, размер основного текста 14 пт; межстрочный интервал - одинарный; абзацный отступ (красная строка) – 10 мм; перенос слов - автоматический.

Разметка страницы:

деление на колонки - не предусмотрено;

поля: верхнее, нижнее, левое, правое – 20 мм.

Формулы набираются в редакторе формул MS Equation и размещаются внутри текста. Каждая строка формулы – отдельным объектом. Основной размер в формулах – 14 со стандартными установками. В формулах также как в текстовом редакторе латинские символы набираются курсивом; цифры, греческие и русские символы, математические функции (sin, ln и т.п.) – прямого начертания.

В тексте статьи обязательны ссылки на все рисунки и таблицы. Ссылка на рисунки по тексту - (рис. 1); на таблицу – (табл. 1).

Рисунки должны быть четкими, предоставлять возможность однозначного прочтения всех размещенных элементов. Рисунки должны быть вставлены в текст в пределах его границ, допускать возможность их перемещения в тексте и возможность изменения размеров. Рисунки предоставлять в виде распечатки на стандартных листах бумаги формата А4 и дополнительно отдельным файлом в формате TIF, JPG с разрешением 300 dpi. В тексте статьи должны быть подрисовочные надписи в местах размещения рисунков. Например:

Рис. 1. Опытный болт крепления головки цилиндра

Таблицы должны быть пронумерованы и иметь названия. Пример оформления – Таблица 1 (в правый край листа). На следующей строке название таблицы (по центру).

3. К каждой статье прилагаются:

- **экспертное заключение, при наличии авторов сторонних организаций – разрешение на публикацию в открытой печати от руководства их предприятия на бланке с печатью;**

- **рецензия;**

- **сведения об авторах** (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, звание и должность, полное название учреждения, контактный телефон и адрес электронной почты каждого автора (всю информацию об авторе перечислить в одном абзаце).

- **аннотация** (на русском и английском языках) должна содержать актуальность, постановку проблемы и пути решения проблемы), количество слов – 50-100;

- **ключевые слова** (на русском и английском языках);

- **список литературы** (на русском и английском языках) оформляется по ГОСТ 7.1.

- **В начале статьи, на отдельной строке указывается код УДК**

Пример оформления статьи:

УДК...

Иванов М.В.,

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет»

[пустая строка]

ВЫБОР ФУНКЦИЙ ПОРИСТОСТИ И РАСЧЕТ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ

[пустая строка]

Текст статьи

Внимание! Публикация статей является бесплатной.

Статьи проходят обязательное научное рецензирование.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Тел.: (3519) 29-84-31

E-mail: tssa@magtu.ru