

*Приложение 2.22.1 к ОПОП-II по специальности 22.02.08
Металлургическое производство (по видам производства)
(Направленность Обработка металлов давлением)*

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

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.01 ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
для обучающихся специальности
специальности 22.02.08 Metallургическое производство (по видам производства)
(Направленность: Обработка металлов давлением)**

Магнитогорск, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Практические занятия	4
Практическое занятие №1	4
Практическое занятие №2	6
Практическое занятие №3	7
Практическое занятие №4	11
Практическое занятие №5	16
Практическое занятие №6	23
Практическое занятие №7	26
Лабораторные занятия	29
Лабораторное занятие №1	29
Лабораторное занятие №2	32
Лабораторное занятие №3	33
Лабораторное занятие №4	36

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

Ведущей дидактической целью является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы металлургического производства» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Уд 2 оценивать качество сырья и готового продукта;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

А также формированию общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Выполнение обучающимися практических работ по ОП.01 Основы металлургического производства направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Практические занятия

Тема 2.1 Подготовка руд к плавке

Практическое занятие №1

Составление технологической схемы производства окатышей

Цель: формирование умений работы с технологическими схемами.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Уд 2 оценивать качество сырья и готового продукта;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Изучите технологию производства окатышей и составьте схему производства.

Ход работы:

1. Изучите основные сведения о производстве агломерата
<https://reader.lanbook.com/book/397271#22> (стр. 22-26).
2. Изучите технологическую схему производства агломерата (рис. 1)
3. Изучите основные сведения о производстве окатышей
<https://reader.lanbook.com/book/397271#27> (стр. 27-31).
4. Составьте технологическую схему производства окатышей на примере рисунка 1.
5. Ответьте на контрольные вопросы:
 - а. Какие способы подготовки применяются для железных руд?
 - б. Что такое сортировка?
 - в. Что такое грохот и какие виды грохотов бывают?
 - г. Что такое обогащение?
 - д. Какие способы обогащения железных руд применяются в промышленности?
 - е. Что такое агломерат?
 - ж. Какие шихтовые материалы применяются для производства агломерата?
 - з. Какие шихтовые материалы применяются для производства окатышей?
 - и. Что такое бентонит?
 - к. Что такое возврат?

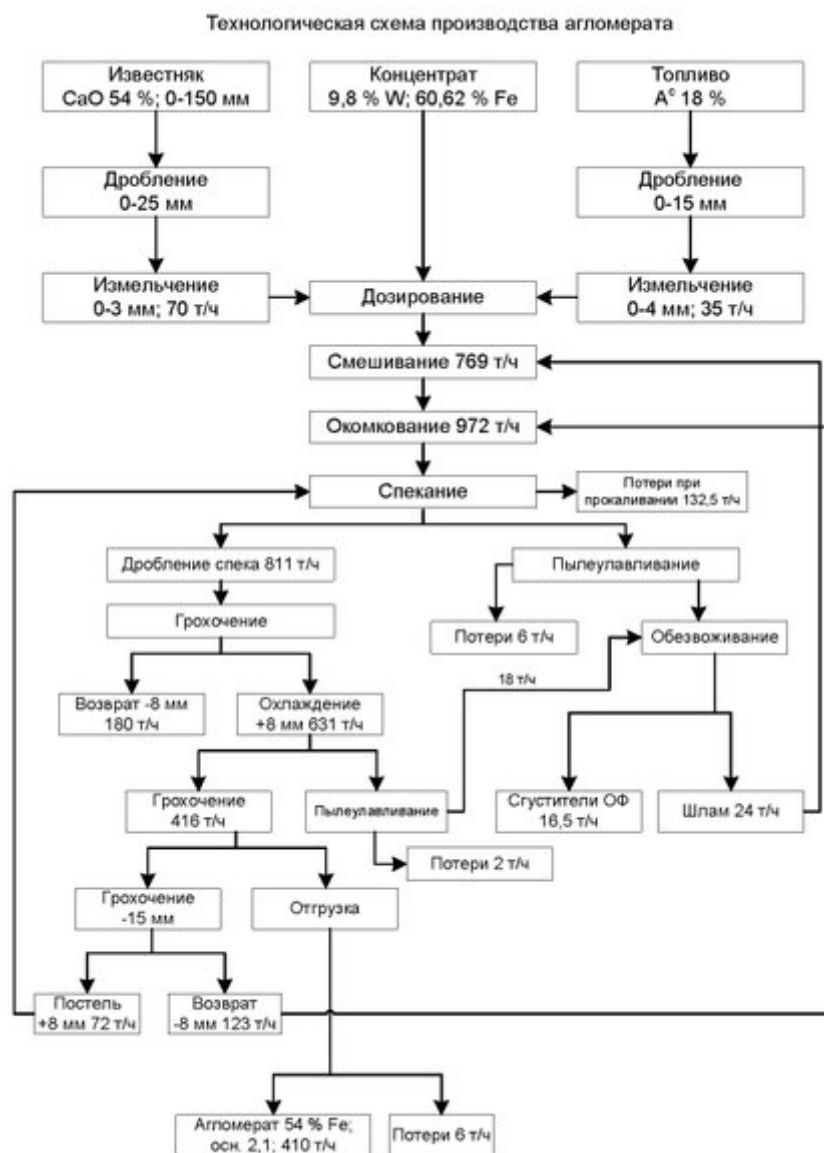


Рисунок 1 – Технологическая схема производства агломерата

Форма представления результата: составленная схема.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 2.2 Доменная печь и её вспомогательное оборудование

Практическое занятие №2 Характеристика доменного цеха

Цель: формирование умений определять основные элементы профиля и футеровки доменной печи.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Уд 2 оценивать качество сырья и готового продукта;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Изучите основное оборудование доменного цеха, дайте ему краткую характеристику.

Ход работы:

1. Изучите устройство доменного цеха и литейного двора <https://urait.ru/viewer/osnovy-metallurgicheskogo-proizvodstva-543624#page/13> (стр.13-22).

2. Подпишите элементы доменного цеха, обозначенные на рис.2 цифрами

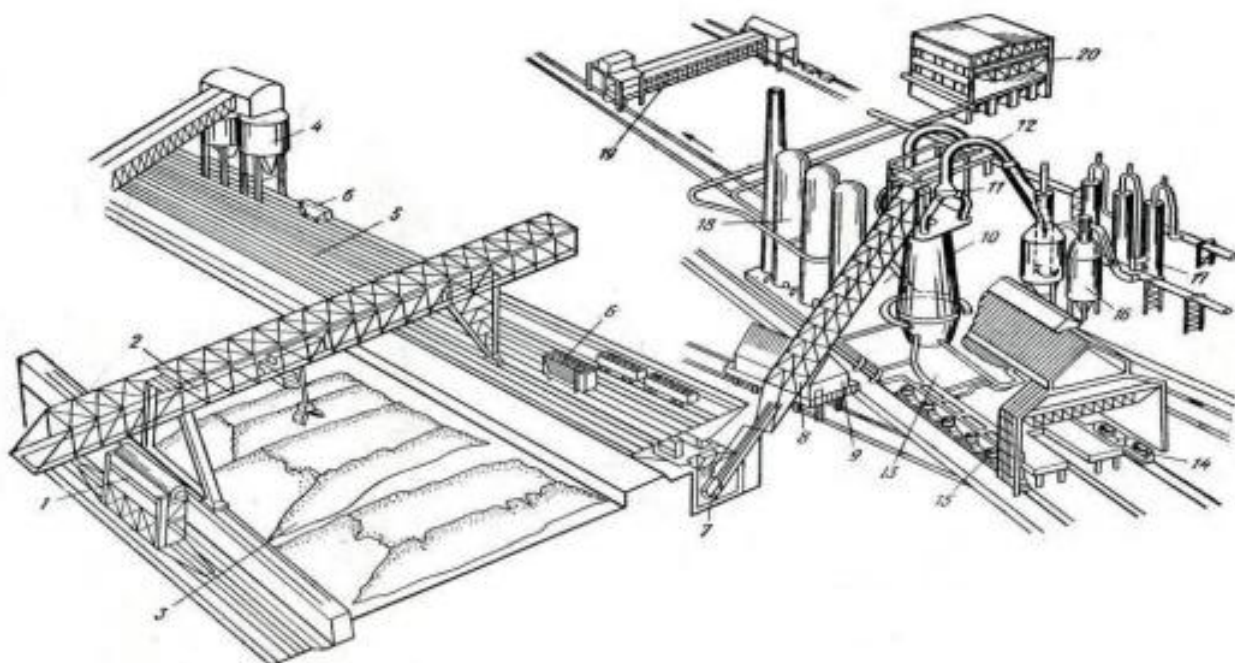


Рисунок 2– Устройство доменного цеха с рудным двором

1 - _____
2 - _____
3 - _____
4 - _____
5 - _____
6 - _____
7 - _____
8 - _____
9 - _____
10 - _____

11 - _____
12 - _____
13 - _____
14 - _____
15 - _____
16 - _____
17 - _____
18 - _____
19 - _____
20 - _____

3. Ответьте на контрольные вопросы:

- а. Какие материалы применяют для выплавки чугуна в доменной печи?
- б. Что относится к основным участкам доменного цеха?
- в. Какое оборудование находится на рудном дворе
- г. Перечислите и объясните назначение оборудования печного участка: доменной печи; воздухонагревателя; пылеуловителя; устройства по очистке газов.
- д. Перечислите и объясните назначение оборудования участка по уборке продуктов доменной плавки.

Форма представления результата: заполненная схема.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 3.1 Основы сталеплавильного процесса

Практическое занятие №3 Расшифровка марок сталей

Цель: формирование умений определять назначения, виды и состав сталей по их маркам.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Уд 2 оценивать качество сырья и готового продукта;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Определите для каждой марки стали её химический состав и группу, к которой она относится

Ход работы:

1. Изучите классификацию сталей
 1. по химическому составу:
 - а) углеродистые
 - б) легированные
 2. по содержанию углерода:
 - а) низкоуглеродистые (менее 0,25% С)
 - б) среднеуглеродистые (от 0,25% - 0,6% С)
 - в) высокоуглеродистые (больше 0,6% С)
 3. по содержанию легирующих элементов
 - а) низколегированные стали содержат меньше 2,5% легирующих элементов;
 - б) среднелегированные стали содержат 2,5-10% легирующих элементов;
 - в) высоколегированные стали содержат больше 10% легирующих элементов.
 4. по назначению:
 - а) конструкционные:
 - 1) стали общего назначения (строительные, цементуемые, улучшаемые, автоматные)
 - 2) стали специального назначения (рессорно-пружинные, шарикоподшипниковые, износостойкие, высокопрочные и др.)
 - 3) стали с особыми свойствами (нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные)
 - б) инструментальные
 5. по степени раскисления:
 - а) кипящая (кп)
 - б) полуспокойная (пс)
 - в) спокойная (сп)
 6. по качеству:
 - 1) стали обыкновенного качества ($S \leq 0.05\%$, $P \leq 0.05\%$)
 - 2) качественные стали ($S \leq 0.035\%$, $P \leq 0.035\%$)
 - 3) высококачественные ($S \leq 0.025\%$, $P \leq 0.025\%$)
 - 4) особовысококачественные ($S \leq 0.015\%$, $P \leq 0.025\%$)

Стали принято классифицировать по назначению на конструкционные и инструментальные, по химическому составу – на углеродистые и легированные.

Конструкционные углеродистые стали бывают обыкновенного качества и качественные.

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества принято делить на группы А, Б, В. Стали группы А маркируют Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Стали группы Б маркируют БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6. Стали группы В маркируют ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Цифры обозначают номер марки стали. Степень раскисления стали обозначают в конце марки буквами сп – спокойная, пс – полуспокойная, кп – кипящая сталь. Например, БСт1кп – конструкционная углеродистая кипящая сталь обыкновенного качества группы Б.

Конструкционные углеродистые качественные стали маркируют цифрами 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 85, которые показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 10 - конструкционная углеродистая качественная сталь, содержащая 0,1% углерода.

Инструментальные углеродистые стали маркируют У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13, где цифры показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, У12 – инструментальная углеродистая сталь, содержащая 1,2% углерода.

Легированные стали кроме обычных компонентов содержат легирующие элементы для улучшения свойств. Легирующие элементы обозначают заглавными буквами русского алфавита:

А - N (азот)
Б - Nb (ниобий)
В - W (вольфрам)
Г - Mn (марганец)
Д - Cu (медь)
Е - Se (селен)
К - Co (кобальт)
М - Mo (молибден)
Н - Ni (никель)
П - P (фосфор)
Р - В (бор)
С - Si (кремний)
Т - Ti (титан)
Ф - V (ванадий)
Х - Cr (хром)
Ц - Zr (цирконий)
Ч - редкоземельный металл
Ю - Al (алюминий)

В начале марки конструкционной легированной стали находятся две или три цифры, показывающие среднее содержание углерода в сотых долях процента. Затем следуют буквы, обозначающие легирующие элементы. Цифры после букв показывают содержание данного легирующего элемента в целых процентах. Если цифры после буквы нет, то содержание этого легирующего элемента менее 1,5%. Например, 12Х18Н10Т – конструкционная легированная сталь, содержащая 0,12% С, 18% Cr, 10% Ni, менее 1,5% Ti.

В начале марки инструментальной легированной стали находится одна цифра, показывающая среднее содержание углерода в десятых долях процента или цифр нет, что показывает содержание углерода более 1 %. Содержание легирующих элементов определяется так же, как и в легированных сталях. Например, 9ХС - инструментальная легированная сталь, содержащая 0,9% С, менее 1,5% Cr, менее 1,5% Si.

Буквы в конце марки стали означают: А - сталь высококачественная, Ш - особовысококачественная сталь.

Буквы в начале марки стали означают: А – автоматная сталь, Р - быстрорежущая сталь, Ш - шарикоподшипниковая сталь.

2. Определите для каждой марки стали её химический состав и группу, к которой она относится

Пример выполнения практической работы.

ХВСГ - инструментальная легированная сталь, содержащая более 1% С, менее 1,5% Cr, менее 1,5% W, менее 1,5% Si, менее 1,5% Mn;

по химическому составу - легированная;

по содержанию углерода – высокоуглеродистая;

по содержанию легирующих элементов – среднелегированная;

по назначению - инструментальная;

по степени раскисления – спокойная;

по качеству – качественная.

Задания для выполнения практической работы

Номер варианта		Номер варианта		Номер варианта	
1	10X17H13M3T 08кп 7ХГ2ВМ У10 Х ВСт2кп 65Г 40 10Х14Г14Н4Т Ст0	3	55 25ХГСА 5Х3В3МФС У11А Ст3кп Х12МФ 09Х15Н8Ю 95Х18 Бст5пс 20Х17Н2	5	20Х20Н14С2 2Х8В8М2К8 10 У13 8ХФ ХГСВФ 60С2 Бст2кп 50ХФа 10Х11Н23Т3МР
2	07Х21Г7АН5 БСт3сп У13А 4Х5МФС 70 5ХНМ У7 45Х Ст2кп 40ХФА	4	4Х4ВМФС ВСт3пс 60 У9 6ХС 55ХГР 45ХН2МФА Ст4сп 65С2ВА 12Х1МФ	6	ХГ 30 Ст6сп 40Х10С2М 12Х17 4Х5В2ФС ХВ5 У10А ВСт5сп 10Х14АГ5

3. Ответьте на контрольные вопросы:

- а. По каким признакам классифицируются стали?
- б. Чем отличаются легированные стали от углеродистых?
- в. Как влияют постоянные примеси на свойства сталей?
- г. Какие бывают виды углеродистых сталей?
- д. Как маркируются конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества?
- е. Как маркируются конструкционные углеродистые качественные стали?
- ж. От чего зависит качество стали?
- з. Как маркируются инструментальные углеродистые стали?
- и. Как влияют легирующие элементы на свойства сталей?
- к. Как отличить легированную конструкционную сталь от легированной инструментальной?
- л. Как обозначаются легирующие элементы в марках сталей?

Форма представления результата: работа должна содержать расшифровку каждой марки стали её химический состав и группу, к которой она относится.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 6.1 Понятие о пластической и упругой деформации

Практическое занятие №4

Определение энергосиловых параметров при волочении проволоки на станах магазинного типа

Цель: формирование умений осуществлять выбор основного оборудования для волочения.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

При помощи исходных данных таблицы 2 выполните проверочный расчёт переходов при волочении на стане магазинного типа передельной проволоки диаметром d_k из катанки диаметром d_0 .

Ход работы:

1. Выберите волочильный стан (таблица 1).

Таблица 1 - Техническая характеристика станов магазинного типа

Таблица 1 - Техническая характеристика станков магазинного типа							
Вид стана	Диаметр барабана, мм	Количество переходов	Диаметр, мм:		Максимальное усилие на первом барабане, Н	Максимальная скорость волочения, м/с	Мощность привода, кВт
			заготовки	готовой проволоки			
Фирма СКЕТ							
UDZSA-5000	700	1-6	18,0 - 12,0	4,0 - 6,0	49300	330	40/45/55
UDZSA-2500	600(550)	1-10	9,0 - 7,0	1,6 - 3,0	24500	1080	30/40
UDZSA-1250	500	1-10	6,5 - 5,3	1,4 - 2,0	12200	1080	22/30
UDZSA-630	400(350)	1-10	4,5 - 3,5	0,9 - 1,2	6080	1080	13/17/18,4
АЗТМ							
6/450	450	6	9,0	2,8 - 4,0	4000	300 - 600	9,2/10,7/13,5
6/350	350	6	4,5 - 3,4	1,4 - 2,0	2000	300 - 600	9,2/10,7/13,5
8/250	250	8	2,0 - 1,4	0,5 - 0,8	1000	195 - 558	3,5

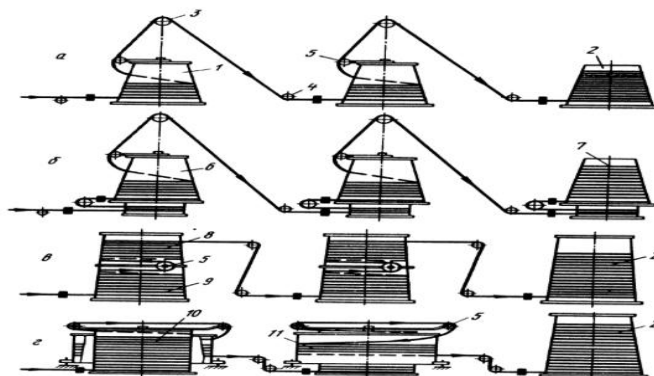


Рисунок 1 - Схемы различных вариантов многократных волочильных машин с изменением запаса проволоки: а — с одноступенчатыми барабанами; б — с двухступенчатыми барабанами; в — со сдвоенным барабаном; г — со сдвоенными концентрическими барабанами; 1 — одноступенчатый барабан; 2 — конечный одноступенчатый барабан; 3 — верхний направляющий ролик; 4 — нижний направляющий ролик; 5 — поводковое устройство; 6 — промежуточный двухступенчатый барабан; 7 — конечный двухступенчатый барабан; 8 — верхний барабан; 9 — нижний барабан; 10 — внутренний барабан; 11 — наружный концентрический барабан

Многократные волочильные станы с изменением запаса проволоки (из-за конструкции тяговых барабанов их называют также станами магазинного типа) можно представить как ряд однократных волочильных станов, у которых каждый предыдущий барабан B_{n-1} является для последующего барабана B_n , размоточным устройством с запасом проволоки и благодаря поводковому устройству любой промежуточный барабан B_n получает такой объем проволоки ($V_n \times F_n$), который в данный момент времени соответствует сечению его волюки.

При нормально настроенном процессе волочения с накоплением любой промежуточный барабан B_{n-1} , должен принимать на себя объем проволоки несколько больший, чем отдавать барабану B_n и таким образом на всех промежуточных барабанах должно происходить постепенное накопление запаса проволоки.

Основные достоинства:

- а) отсутствие скольжения проволоки на барабанах;
- б) возможность применения фактических кинематических вытяжек в соответствии с требованиями технологии, которые в достаточной степени отличаются от фактической кинематики машины, что создает этим машинам определенную универсальность и позволяет вести волочение с меньшей дробностью деформаций по единичным переходам;
- в) наличие на промежуточных барабанах определенного запаса проволоки, который может быть использован при остановке части волочильных барабанов для выполнения определенных технологических операций, без остановки конечного барабана.

Недостатки волочильных станов магазинного типа:

- а) сложность траектории проволоки при волочении через систему поводковых устройств и направляющих роликов. По этой причине достигнутые в настоящее время на этих машинах максимальные скорости волочения порядка 1000-1200 м/мин являются, по-видимому, предельными, а использование их для волочения тонкой и тончайшей проволоки, особенно из низкопрочных металлов и сплавов, вообще не представляется возможным;
- б) закручивание проволоки вокруг оси на угол ϕ при переходе с барабана B_{n-1} , на барабан B_n , через поводковое устройство. По этой причине волочильные станы магазинного типа не могут быть использованы для волочения особо прочной проволоки и проволоки фасонного сечения.

Напряжение и сила волочения — одни из основных характеристик процесса деформации при изготовлении проволоки. Знание этих величин необходимо при проектировании и разработке технологического процесса. Силовые условия процесса волочения определяют стабильность пластического формоизменения и производительность волочильного стана, расход энергии и требуемую мощность оборудования, служат основными

факторами при расчёте конструктивных параметров основного и вспомогательного оборудования.

2. Изучите алгоритм расчета

1. Определяем вытяжку за каждый переход:

$$\mu_1 = \frac{d_0^2}{d_1^2}; \mu_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2}; \dots; \mu_n = \frac{d_{n-1}^2}{d_n^2}.$$

2. Рассчитываем исходный предел текучести заготовки, кгс/мм².

$$\sigma_{so} = 100 \times C - d_0 + A,$$

где C – содержание углерода в стали, %;

d_0 – диаметр заготовки, мм;

A = 53; A = 48; A = 43 соответственно для патентированной, нормализованной заготовки и заготовки со структурой грубопластинчатого перлита.

3. Устанавливаем предел текучести после первого и последующих переходов:

$$\sigma_{sk1} = \sigma_{so} \times \sqrt{\frac{d_0}{d_1}}; \sigma_{sk2} = \sigma_{so2}; \sigma_{ski} = \sigma_{soi} \times \sqrt{\frac{d_{i-1}}{d_i}}.$$

4. Находим модуль упрочнения для каждого перехода:

$$m_i = \frac{\sigma_{ski} - \sigma_{soi}}{\mu_i - 1}.$$

5. Вычисляем напряжение волочения за каждый переход:

$$\sigma_{\sigma\sigma i} = \sigma'_{\sigma\sigma i} + \Delta\sigma_{\sigma\sigma i} = \sigma_{ski} + 2f \times \sigma_{ski} - \frac{(m_i - \sigma_{soi})(\mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)} - 1)}{f \times \text{ctg}(\alpha) \times \mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)}} - \frac{\sigma_{so} - \sigma_q}{\mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)}},$$

где $f = 0,05 \dots 0,07$ – коэффициент контактного трения;

$\alpha = 4 \dots 8$ – полуугол волоки;

$$\sigma'_{\sigma\sigma i} = \sigma_{ski} - \frac{(m_i - \sigma_{soi})(\mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)} - 1)}{f \times \text{ctg}(\alpha) \times \mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)}} - \frac{\sigma_{so} - \sigma_q}{\mu_i^{f \times \text{ctg}(\alpha)}}.$$

определяет напряжение волочения, необходимое для пластического формоизменения при данной вытяжке за проход, преодоление внешнего трения в рабочей зоне волоки и противонапряжения, кгс/мм²;

$\Delta\sigma_{\sigma\sigma i} = 2f \times \sigma_{ski}$ – учёт дополнительных потерь на трение в цилиндрической зоне волоки, кгс/мм²;

σ_q – величина противонапряжения, кгс/мм².

Конструкция станков магазинного типа не предусматривает создание регулируемого противонапряжения при волочении.

6. Вычисляем коэффициент запаса:

$$\gamma_i = \frac{\sigma_{ski}}{\sigma_{\sigma\sigma i}}.$$

7. Рассчитываем силу волочения, кгс:

$$T_i = \sigma_{\text{вол}} \times F_i = \sigma_{\text{вол}} \times \frac{\pi \times d_i^2}{4}.$$

8. Определяем скорость волочения на каждом блоке. Расчёт ведут против хода процесса. За основу принимается скорость волочения на последнем блоке V_n , м/с:

$$V_{n-1} = \frac{V_n}{\mu_n}; V_i = \frac{V_{i+1}}{\mu_{i+1}}.$$

9. Мощность привода магазинных станов для каждого блока содержит следующие составляющие:

- мощность, расходуемую на осуществление процесса волочения, кВт:

$$N_{\text{вол}i} = \frac{T_i \times V_i}{102 \times \eta},$$

где T_i – сила волочения, кгс;

V_i – скорость волочения, м/с.

- мощность, затрачиваемую на изгиб проволоки при её наматывании и разматывании с барабана, кВт:

$$N_{\text{изг}i} = \frac{2 \times \sigma_{\text{ски}} \times W_{\text{си}}}{102 \times \eta \times R} \times V_i,$$

где $\sigma_{\text{ски}i}$ – предел текучести проволоки при выходе из волоки, кгс/мм²;

$W_s = CW$ – момент сопротивления пластическому изгибу, мм³;

C – коэффициент равный 1,7 для сечения круглой формы;

$W = \frac{\pi d^3}{32}$ – момент сопротивления упругого изгиба, мм³;

R – радиус барабана, мм.

– мощность холостого хода, расходуемая на преодаление потерь в кинематических парах машин, кВт:

$$N_{\text{хл}} = (0,1 \dots 0,15) N_{\text{вол}i}.$$

– мощность, необходимая для преодоления сил трения в механизмах волочильного стана, учитывающая КПД привода машины:

$$\eta = 0,85 \dots 0,95.$$

Требуемая мощность на валу двигателя:

$$N_i = \frac{V_i}{102 \times \eta} \left(T_i + \frac{0,68 \times \sigma_{\text{ски}} \times d_i^3}{D_i} \right) + N_{\text{хл}}.$$

Результаты расчёта должны удовлетворять условиям

$\gamma_i \geq [\gamma_i]$; $[T_i] \geq T_i$; $[N_i] \geq N_i$,

где $[\gamma_i]$ – допустимый запас прочности для данного типоразмера проволоки;

$[T_i]$ – допустимая сила волочения по паспорту стана;

$[N_i]$ – установленная на стане мощность двигателей.

3. Выполните расчет на основании данных в таблице 2

Таблица 2 - Данные для расчёта по вариантам

Вариант	Маршрут волочения	Вид ТО	$[\gamma]$	Содержание углерода, %
---------	-------------------	--------	------------	------------------------

1(14)	5,0 – 4,52 – 3,84 – 3,27 – 2,80	Патентирование	1,4	0,7
2(15)	5,5 – 4,97 – 4,3 – 3,73 – 3,25 – 3,0	Нормализация	1,4	0,8
3(16)	5,5 – 4,96 – 4,4 – 3,8 – 3,3 – 3,0	Патентирование	1,4	0,5
4(17)	5,5 – 4,8 – 4,1 – 3,49 – 3,0	Нормализация	1,4	0,7
5(18)	5,5 – 4,96 – 4,4 – 3,8 – 3,3 – 3,0	Нормализация	1,4	0,8
6(19)	5,0 – 4,52 – 3,84 – 3,27 – 2,80	Патентирование	1,4	0,5
7(20)	5,5 – 4,96 – 4,4 – 3,8 – 3,3 – 3,0	Нормализация	1,4	0,7
8(21)	5,0 – 4,52 – 3,84 – 3,27 – 2,80	Патентирование	1,4	0,8
9(22)	5,5 – 4,96 – 4,4 – 3,8 – 3,3 – 3,0	Патентирование	1,4	0,9
10(23)	5,5 – 4,97 – 4,3 – 3,73 – 3,25 – 3,0	Патентирование	1,4	0,7
11(24)	5,5 – 4,8 – 4,1 – 3,49 – 3,0	Нормализация	1,4	0,8
12(25)	5,5 – 4,8 – 4,1 – 3,49 – 3,0	Нормализация	1,4	0,5
13(26)	5,5 – 4,97 – 4,3 – 3,73 – 3,25 – 3,0	Патентирование	1,4	0,9

4. Результаты расчета занесите в таблицу 3

Таблица 3 – Расчетная таблица

№ п/п	Показатель	Номер блоков					
		1	2	3	4	5	6
1	μ_n						
2	d_n , мм						
3	σ_{soi} , кгс/мм ²						
4	, кгс/мм ²						
5	m_i , кгс/мм ²						
6	, кгс/мм ²						
7	$\Delta \sigma_{воли}$, кгс/мм ²						
8	$\sigma_{воли}$, кгс/мм ²						
9	γ						
10	F_i , мм ²						
11	T_i , кгс						
12	V_i , м/с						
13	$N_{воли}$, кВт						
14	$N_{изги}$, кВт						

5. Ответьте на контрольные вопросы:

- Опишите преимущества и недостатки станов магазинного типа.
- От чего зависит предел текучести заготовки?
- Какие составляющие содержит мощность привода магазинных станков?

г. Какие условия должны удовлетворять результаты расчёта?

Форма представления результата: решения, заполненная таблица.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 6.1 Понятие о пластической и упругой деформации

Практическое занятие №5

Выбор и расчет стального каната для стропа

Цель: формирование умений определять стальной канат для стропа с определенным углом.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Выполните расчет стального каната для стропа, применяемого для подъема груза с определенным углом наклона стропа к направлению действия веса груза. Для выбранного каната рассчитать длину, необходимую для изготовления ветви облегченного стропа УСК1 (заделка концов каната заплеткой).

Ход работы:

Пример

1. Выберите стальной канат для стропа, применяемого для подъема груза массой 4 т, угол наклона стропа к направлению действия веса груза $\alpha = 30^\circ$.

2. Для выбранного каната рассчитайте длину, необходимую для изготовления ветви стропа (заделка концов каната заплеткой). Параметры строповки: $h = 2$ м, $\alpha = 30^\circ$. Длина петли ветви стропа $L = 0,144$ м.

Решение.

1. Выбор стального каната начинается с определения натяжения в одной ветви стропа:

$$P = m_{\text{гп}} \cdot g / n \cos \alpha = 4000 \cdot 9,81 / 2 \cdot \cos 30^\circ = 22655,2 \text{ Н},$$

где $m_{\text{гп}}$ – масса груза, т;
 n – количество ветвей стропа.

Разрывное усилие в ветви стропа

$$S = P \cdot z,$$

где z – коэффициент запаса прочности для стропа. Запас прочности для канатов по отношению к разрывному усилию должен приниматься не менее 6,0.

$$S = 22655,2 \cdot 6 = 135931,3 \text{ Н}.$$

По найденному разрывному усилию подбирается канат (см. табл. 2 – 7) и определяется его техническая характеристика:

- тип каната ЛК-РО ГОСТ 7668-80;
 - диаметр каната – 16,5 мм;
 - разрывное усилие каната – 150000 Н;
 - временное сопротивление проволок разрыву – 1770 МПа,
2. Длина выбранного каната рассчитывается следующим образом.

Определяется:

длина ветви стропа

$$L_{\text{с}} = h / \cos \alpha = 2 / \cos 30^\circ = 2,31 \text{ м};$$

длина каната, необходимого на образование петли ветви стропа:

$$L_{\text{п}} = 3 \pi d_{\text{к}} + \left[4 (1 - 3 d_{\text{к}})^2 + 36 d_{\text{к}}^2 \right]^{0,5} = 0,37 \text{ м};$$

$$0,37 \text{ м} = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,0165 + \left[4 \cdot (1 - 3 \cdot 0,0165)^2 + 36 \cdot 0,0165^2 \right]^{0,5} = 0,37 \text{ м};$$

длина каната, необходимого на заплетку:

$$L_{\text{з}} = 20 d_{\text{к}} = 20 \cdot 0,0165 + 0,2 = 0,53 \text{ м};$$

длина каната, необходимого на крепление:

$$L_{\text{кр}} = L_{\text{п}} + L_{\text{з}} = 0,37 + 0,53 = 0,90 \text{ м};$$

минимальная длина каната ветви стропа

$$L_{\text{к}} = L_{\text{с}} + 2 L_{\text{кр}} + 2 L = 2,31 + 2 \cdot 0,90 + 2 \cdot 0,144 = 3,822 \text{ м} \approx 3,9 \text{ м}.$$

Вывод. Для изготовления ветви стропа при заделке концов каната заплеткой необходим отрезок каната типа ЛК-РО длиной не менее 3,9 м.

2. сходные данные для выбора каната и его расчета представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Таблица 1 - Исходные данные для выбора и расчета стального каната для стропа

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Масса груза, т	1	2	3,50	4	5	6,5	7	8	9	10
Угол наклона стропа к направлению действия веса груза α , град.	24	27	30	35	32	33	36	37	34	41
Высота строповки h , м	1,5	1,7	2	2,4	2,5	2,7	2,9	3	3,5	4
Длина петли ветви стропа L , мм	140	150	190	200	230	250	220	230	210	200

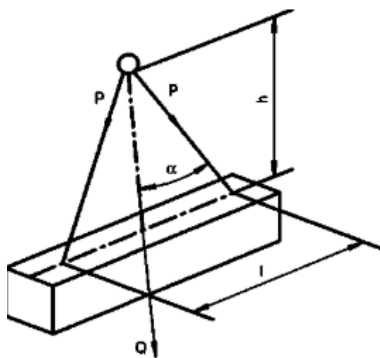


Рисунок 1 - Схема к расчету двухветьевого стропа

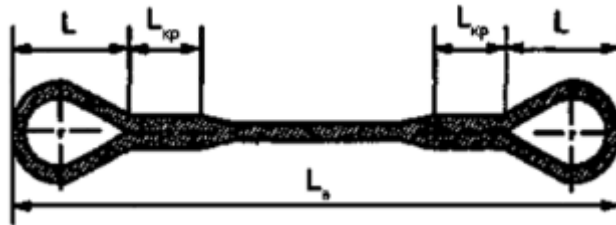


Рисунок 2 - Строп облегченный УСК 1

Таблица 2 - Гост 2688-80. Канат двойной свивки типа лк-р

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)		1670(170)		1770(180)	
3.6	4.98	48.8	-	-	-	-	2780	7465
3.8	5.63	55.1	-	-	-	-	9930	8400
4.1	6.55	64.1	-	-	-	-	11550	9750
4.8	8.62	84.4	-	-	-	-	15200	12850
5.1	9.76	95.5	-	-	-	-	17200	1460

5.6	11.9	116.5	18650	15800	19800	16800	20950	17800
6.2	14.47	141.6	22650	19250	24100	20100	25500	21100
6.9	18.05	176.6	28300	24000	30050	25500	31800	26300
7.6	21.57	211.0	33860	28700	35900	30500	38000	32300
8.3	26.15	256.0	41000	34800	43550	36950	46100	38150
9.1	31.18	305.0	48850	41500	51900	44100	55000	45450
9.6	36.66	358.6	57450	48850	61050	51850	64650	53450
11.0	47.19	461.6	73950	62850	78600	66750	83200	68800
12.0	53.87	527.0	84450	71750	89700	76200	95000	78550
13.0	61.0	596.6	95600	81250	101500	86800	107500	89000
14.0	74.40	728.0	116500	98950	123500	105000	131000	108000
15.0	86.28	844.0	135000	114500	143500	122000	152000	125500
16.5	104.61	1025,0	164000	139000	174000	147500	184500	152000
18.0	124.73	1220.0	195500	166000	207500	176000	220000	181500
19,5	143.61	1405.0	225000	191000	239000	203000	253000	209000
21,0	167,03	1635,0	261500	222000	278000	236000	294500	243500
22,5	188,78	1850,0	296000	251000	314500	267000	333000	275000
24.0	215,0	2110.0	337500	287000	359000	304500	380000	314000
25.5	244.0	2390.0	382500	324500	406500	345000	430000	356000
27.0	274.31	2685.0	430000	365000	457000	388000	483500	399500
28.0	297.63	2910.0	466500	396000	495500	421000	525000	434000
30.5	256.72	3490.0	559000	475000	594000	504500	629000	520000

Таблица 3 - Гост 3070. Канат двойной свивки типа тк

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)		1670(170)			1770(180)
3,3	3,62	35,5	-	-	-	-	6385	5490
3,6	4,38	42,9	-	-	-	-	7725	6640
3,9	5,20	51,0	-	-	-	-	9170	7885

4,2	6,10	59,8	-	-	-	-	10750	9245
4,5	7,07	69,3	-	-	-	-	12450	10700
4,8	8,12	79,6	12700	10900	13500	11600	14300	12250
5,5	10,42	102,6	16300	14000	17350	14900	18350	15750
5,8	11,67	114,5	18250	15650	19400	16650	20550	17650
6,5	14,53	142,5	22750	19550	24200	20800	25600	22000
8,1	22,64	222,0	35450	30450	37700	32400	39900	34300
9,7	32,52	319,0	50950	43800	54150	46550	57350	49300
13,0	57,70	565,5	90450	77750	96100	82600	101500	87250

Таблица 4 - Гост 3071. Канат двойной свивки типа тк

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)		1670(170)		1770(180)	
5,0	8,48	82,5	-	-	-	-	14950	12250
5,4	10,08	98,1	-	-	-	-	17750	14550
5,8	11,84	115,5	-	-	-	-	20850	17050
6,3	13,73	134,0	-	-	-	-	24200	19800
6,7	15,75	153,0	24650	20200	26200	21450	27750	22750
7,6	20,22	197,0	31700	25950	33650	27550	35650	29200
8,5	25,25	246,0	39550	32400	42050	34450	44500	36450
9,0	28,10	273,5	44050	36120	46800	38350	49550	40600
11,5	43,85	427,0	68750	56350	73050	59900	77350	63400
13,5	63,05	613,5	98850	81050	105000	86100	111000	91000

Таблица 5 - Гост 3077. Канат двойной свивки типа лк-о

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)		1670(170)		1770(180)	
4,6	7,94	77,8	-	-	-	-	14000	11550
5,1	9,79	95,9	-	-	-	-	17250	14250

5,7	12,88	126,0	-	-	-	-	22700	18800
6,4	15,63	153,0	-	-	-	-	27550	22800
7,8	22,47	220,5	35200	29900	37400	31300	39600	32750
8,8	29,92	293,6	46900	29800	49800	42350	52750	43650
10,5	39,54	387,5	61950	52650	65850	55950	69700	57560
11,5	49,67	487,0	77850	66150	82750	70300	87600	72450
12,0	54,07	530,0	84750	72000	90050	76500	95350	78850
13,0	60,94	597,3	95550	81100	101500	86150	107000	88700
14,0	73,36	719,0	115000	97750	122000	103500	129000	106500
15,0	86,95	852,5	136000	115500	144500	122500	153000	126500
16,5	101,68	996,5	159000	135000	169000	143500	179000	147500
17,5	117,58	1155,0	184000	156000	195500	166000	207000	171500
19,5	139,69	1370,0	219000	183000	232500	197000	246000	203500
20,5	158,19	1550,0	248000	210500	263500	223500	279000	230500
22,0	177,85	1745,0	278500	236500	296000	251000	313500	259000
23,0	198,67	1950,0	311500	264500	330500	281000	350000	289500
25,5	243,76	2390,0	382000	324500	406000	344500	429500	335500
28,0	293,48	2880,0	460000	391000	488500	415500	517500	428000
30,5	347,82	3410,0	545000	463500	579000	492000	613500	507500
32,5	406,77	3990,0	637500	541500	677500	575500	717500	593000
35,0	470,0	4610,0	737000	626500	783500	665500	-	-

Таблица 6 - Гост 7668. Канат двойной свивки типа лк-ро

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)			1670(170)		1770(180)
15,0	82,16	812,0	128500	104500	136500	111500	144500	116500
16,5	105,73	1045,0	165500	135500	176000	144000	186500	150000
18,0	125,78	1245,0	197000	161500	209500	171500	221500	175500
20,0	153,99	1520,0	241000	197500	256500	210000	271500	215000

22,0	185,10	1830,0	290000	237500	308000	252500	326500	258500
23,5	215,0	2130,0	338500	277000	369500	294000	380500	304000
25,5	252,46	2495,0	395500	324000	420500	344000	445000	352500
27,0	238,79	2800,0	444500	364500	472500	387500	500500	396500
29,0	325,42	3215,0	510000	417500	542000	444000	574000	454500
31,0	369,97	3655,0	580000	475000	616000	505000	652500	517000
33,0	420,96	4155,0	660000	540500	701000	574500	742500	588000
34,5	461,07	4550,0	722500	592000	768000	629500	813000	644500
36,5	503,09	4965,0	788500	646000	838000	686500	887000	703500
38,0	558,07	5510,0	875000	717500	929500	762000	984000	777500
39,5	615,95	6080,0	965500	791500	1025000	841000	1085000	861000
42,0	683,68	6750,0	1070000	878500	1135000	933500	1025000	955500
43,0	717,18	7120,0	1120000	919500	1190000	976000	1265000	1005000
44,5	787,38	7770,0	1230000	1005000	1310000	106500 0	1385000	1095000
46,5	850,76	8400,0	1330000	1090000	1415000	116000 0	1500000	1180000
48,5	927,12	9155,0	1450000	1190000	1540000	126500 0	-	-

Таблица 7 - Гост 7669-80. Канат двойной свивки типа лк-ро

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1570(160)		1670(170)		1770(180)	
14,5	96,36	906,0	151000	120500	160500	128000	169500	130000
16,0	121,87	1145,0	191000	152000	203000	162000	214500	165000
17,5	145,03	1360,0	227000	181500	241500	193000	255500	196000
19,5	179,07	1630,0	280500	224000	298000	238500	315500	242500
21,0	213,39	1950,0	334500	267500	355500	284000	376000	289500
23,0	251,21	2290,0	393500	315000	418500	334500	443000	341000

25,0	292,10	2660,0	458000	366000	486500	389000	515000	396000
26,5	327,43	2975,0	513000	410000	545000	436000	577500	444000
28,0	373,25	3395,0	585000	467000	621500	497000	658000	506500
30,0	426,76	3890,0	669000	535000	710500	568000	752500	579000
32,5	487,48	4445,0	764000	611000	812000	649000	859500	661500
35,5	580,11	5290,0	909500	727500	966000	772500	102000 0	787500
36,5	646,37	5895,0	1010000	810000	1075000	861000	114000 0	877500
39,0	716,29	6530,0	1120000	898000	1190000	954500	126000 0	972500
41,0	796,83	7265,0	1245000	994500	1325000	1055000	140500 0	1075000
42,0	843,90	7965,0	1320000	105000 0	1405000	1115000	148500 0	1140000

Форма представления результата: название работы, цель, краткие теоретические сведения, результаты расчетов, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 6.1 Понятие о пластической и упругой деформации

Практическое занятие №6

Построение рабочего чертежа детали резьбового соединения

Цель: формирование умений определять основные геометрические размеры болта с шестигранной головкой.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание: выполните рабочий чертеж детали резьбового соединения.

Ход работы:

1. Подберите соответствующие измерительные приборы для проведения измерений.
2. Проведите измерение размеров предложенной детали.

Обычно резьбовые крепежные изделия на чертежах изображаются так, что их ось расположена горизонтально. Все необходимые размеры для вычерчивания болтов приведены в соответствующих ГОСТах. Чертеж болта выполняется в двух видах с указанием необходимых размеров (рис. 1).

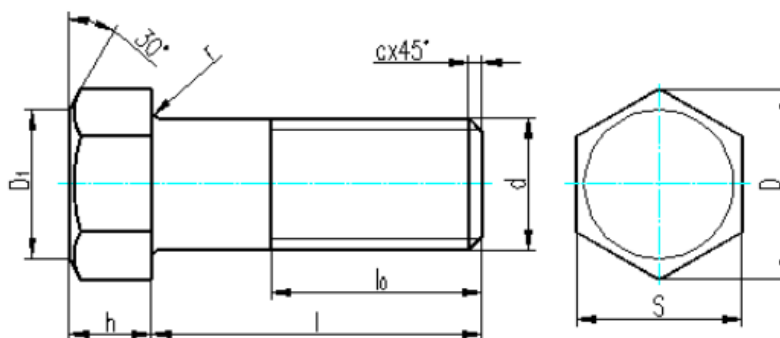


Рисунок 1

На рис. 1 используются следующие обозначения:

d — диаметр болта;

l — длина болта;

S — размер под ключ;

h — высота головки болта;

D — диаметр описанной окружности головки болта;

r — радиус сопряжения головки и цилиндрической части болта;

c — ширина фаски;

l_0 — длина нарезанной части болта;

D_1 — диаметр фаски головки болта.

Сначала строим вид слева, чтобы иметь возможность показать на виде спереди ребра головки болта. Вид слева необходим, чтобы указать размер под ключ S . На виде слева изображаем лишь головку болта. Она представляет собой шестиугольник. Для его построения измеряем диаметр окружности D , в которую шестиугольник вписан. Затем окружность делим на шесть равных частей. Болт следует располагать на главном виде так, чтобы видны были три грани его головки. Поэтому на виде слева точки ребер лежат на вертикальной оси симметрии (рис. 8). Затем изображаем фаску в виде окружности, диаметр которой измеряем, либо вычисляем по формуле: $D_1 = 0,95 S$.

Переходим к построению вида спереди. Самым сложным представляется построение головки болта с фасками. Фаской называется срез кромки детали под определенным углом, обычно 30° , 45° , 60° .

Рассмотрим последовательность ее выполнения (рис. 9). На виде слева, как было указано выше, она изображается окружностью, пересекающей вертикальную осевую линию в точках 1_3 и 2_3 , а на главном виде – отрезком $1_2 2_2$.

Через точки 1_2 и 2_2 проводим проекции образующих конуса – под углом 30° к проекции основания призмы. На главном виде получаются точки A_2 и B_2 – проекции точек пересечения боковых ребер призмы с поверхностью конуса. Ребра призмы располагаются симметрично относительно оси призмы, поэтому точки пересечения всех ребер с поверхностью конуса будут располагаться на одной высоте от основания призмы.

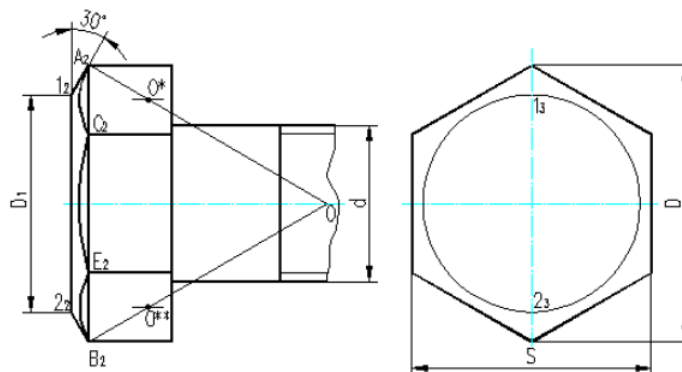


Рисунок 2

Фаска представляет собой поверхность усеченного конуса. При пересечении граней шестигранника с конической поверхностью фаски образуются гиперболы, которые с целью упрощения построения заменяют дугами окружностей радиусов R и r .

Проведя из точки A_2 прямую параллельно основанию призмы, получим C_2 и E_2 — точки пересечения ребер с поверхностью конуса. Фронтальную проекцию грани A_2C_2 делим пополам, к линии 1_2A_2 (фаске) в точке A_2 проводим перпендикуляр, который пересечет линию, делящую фронтальную проекцию грани пополам, в точке O^* и ось головки болта в точке O . Из точки O радиусом $R = OC_2$ и из точек O^* и O^{**} радиусом $r = O^*A_2$ проводим три дуги окружностей. На этом построение фаски завершено.

Рассмотренный способ построения является универсальным при изображении фасок с углом 30° на любых гранных деталях, в том числе и при изображении гайки.

После выполнения чертежа болта необходимо сравнить размеры его составных частей (диаметр болта, высота головки, величина фаски и т. п.) с приведенными в таблицах. На чертеже болта рядом с проставленными размерами следует в скобках указать табличные размеры.

Форма представления результата: чертеж болта.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 6.2 Технологические процессы обработки металлов

Практическое занятие №7

Составление схемы технологического процесса получения листового проката

Цель: формирование умений составлять схемы технологического процесса.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Изучите технологию производства проката из слитков и непрерывнолитых заготовок. Дать сравнительную характеристику технологических схем.

Ход работы:

1. Изучите теоретические сведения

Листовой прокат является одним из самых экономичных видов металлопродукции. Из него изготавливают разнообразные сварные и штампованные конструкции и изделия, отличающиеся меньшей массой по сравнению с литыми. Производство листового проката в общем выпуске проката возрастает, в связи, с чем продолжается строительство новых высокопроизводительных листопркатных станов.

Листовую сталь подразделяют на толстолистовую, тонколистовую горячей и холодной прокатки универсальную. По отечественным стандартам листы толщиной от 4 до 760 мм относятся к толстым: листы толщиной до 4 мм относятся к тонким. Исходным материалом для производства горячекатаной листовой стали являются слябы. Слябы – это заготовки прямоугольного сечения.

Общая схема производства листа и сортового профиля представлена на рисунке 16. При использовании в качестве исходного материала слитков 1 в технологической схеме предусматривается участок нагревательных колодцев и обжимного стана – блюминга 2 или слябинга 3. При использовании в качестве исходного материала блюмов или слябов технологический процесс начинается с заготовочных станов – непрерывного заготовочного стана 4 при сортовой прокатке или широкополосного стана горячей прокатки 5 при листовой прокатке. Последующие технологические операции получения проката одинаковы для обеих схем.

Непосредственно из блюмов производится прокатка на крупносортовых и рельсобалочных станах.

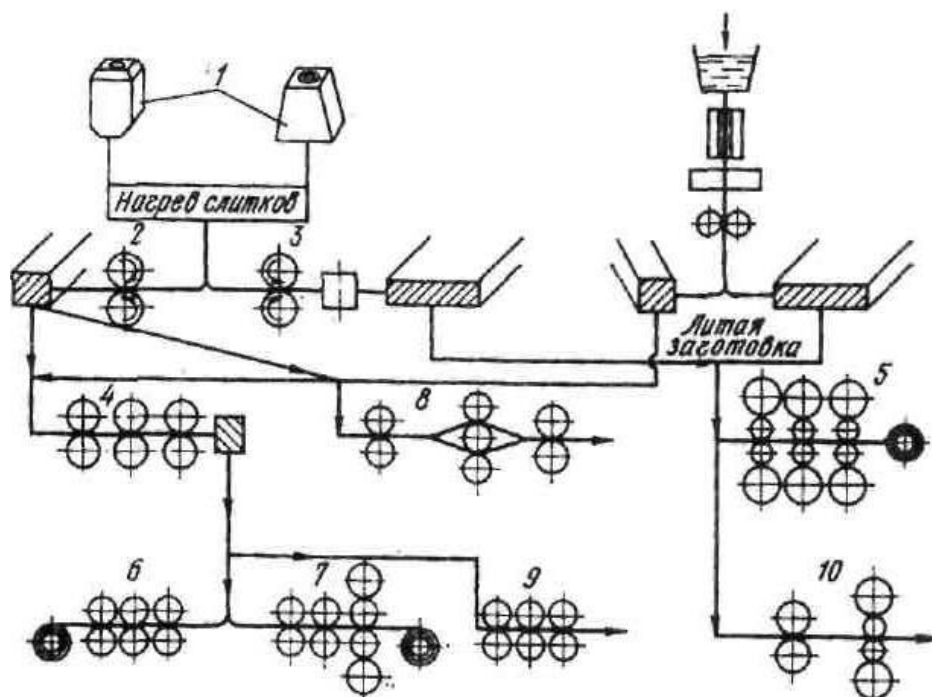


Рисунок 1 - Общая схема производства проката на металлургическом предприятии

При производстве сортового проката заготовка поступает на крупносортовые и среднесортные 9 станы, мелкосортные и проволочные 6 станы, штрипсовые станы 7. При листовом производстве заготовка поступает на одно- и многоклетевые станы горячей и холодной прокатки 5, 10.

Станы холодной и горячей прокатки листа подразделяются на непрерывные и реверсивные. Непрерывные прокатные станы состоят из 3-6 рабочих четырехвалковых клеток. Наибольшее распространение получили четырехвалковые клетки. Они предназначены для прокатки сталей при горячей прокатки от 4 до 200 мм при холодной прокатки от 0,35 до 2,7 мм с суммарным обжатием до 70-80%.

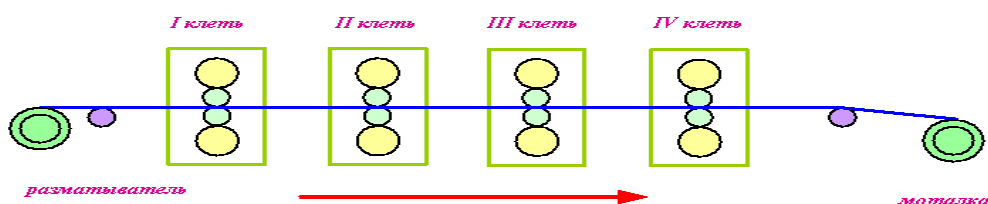


Рисунок 2 - Схема непрерывного стана холодной прокатки

Непрерывный стан состоит из нескольких рабочих клеток, расположенных последовательно. Прокатка в таких станах происходит одновременно во всех клетях при неизменном направлении движения металла. Число обжатий равно числу клеток. Для разматывания листа в начале стана устанавливается разматыватель, а для наматывания листа после прокатки в конце стана – моталка.

В состав непрерывного кроме основного оборудования входит следующее вспомогательное оборудование: подающий конвейер, передаточная тележка, отгибатель переднего конца, правильная машина, сниматель рулонов, цепные транспортеры, оборудование для обвязки рулонов. Станы непрерывные отличаются высокой производительностью.

транспортеры, оборудование для обвязки рулонов. Станы непрерывные отличаются высокой производительностью.

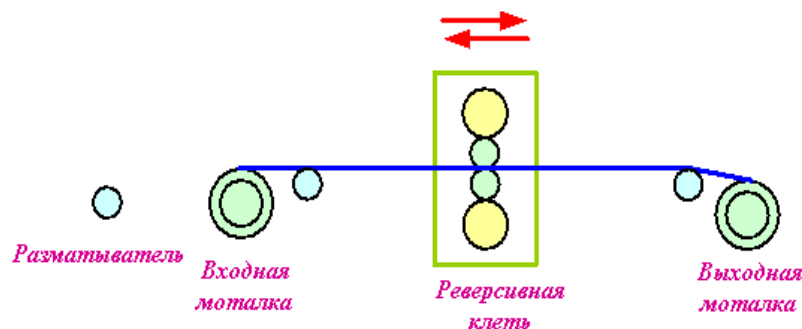


Рисунок 3 - Схема реверсивного стана

Реверсивные станы холодной прокатки выполняются одноклетьевыми. Прокатка производится в несколько пропусков при реверсировании рабочих валков. После каждого пропуска стан останавливается, при этом изменяется положение верхнего рабочего вала, после чего прокатка производится в противоположном направлении. С обеих сторон реверсивного стана расположены моталки. Реверсивный стан на входной стороне, кроме моталки имеет разматыватель, назначение которого сводится к тому, чтобы принять рулон, предназначенный для прокатки, и перемотать его на моталку, стоящую на выходной стороне стана.

2. Начертить схему производства (по вариантам)

Вариант 1 - среднесортного проката из литой заготовки;

Вариант 2 – холоднокатаных листов из слитков;

Вариант 3 - катанки из литой заготовки;

Вариант 4 – горячих листов из слитков;

Вариант 5 – штрипса из литой заготовки;

Вариант 6 – мелкосортного проката из слитков;

3. Составьте технологию производства заданного вида проката.

4. Ответьте на контрольные вопросы:

а. Что такое сортамент?

б. Какие группы проката включает сортамент прокатных изделий?

в. Что такое блюм, сляб?

г. Какие основные операции осуществляют при производстве сортового проката?

д. Какие операции осуществляют при производстве листового проката?

е. В чем существенное отличие производства сортового и листового проката?

ж. Что такое блюм, сляб, катанка, штрипс?

Форма представления результата: письменное описание технологического процесса и оборудования, применяемого для производства стали в ЭСПЦ.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Лабораторные занятия

Тема 3.2 Технология получения стали в конвертерах

Лабораторное занятие №1

Производство стали в конвертерных цехах. Технология выплавки стали в КК

Цель: формирование умений сущности производства и технологии выплавки стали в кислородном конвертере.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Уд 2 оценивать качество сырья и готового продукта;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: виртуальный учебный комплекс: «Тренажер-имитатор технологии эксплуатации кислородного конвертера»; персональные компьютеры.

Задание: изучите технологический процесс производства стали в кислородном конвертере.

Ход работы:

1. Изучите теоретические сведения

Кислородно-конвертерным процессом в нашей стране обычно называют процесс выплавки стали из жидкого чугуна и добавляемого лома в конвертере с основной футеровкой и с продувкой кислородом сверху через водоохлаждаемую фурму.

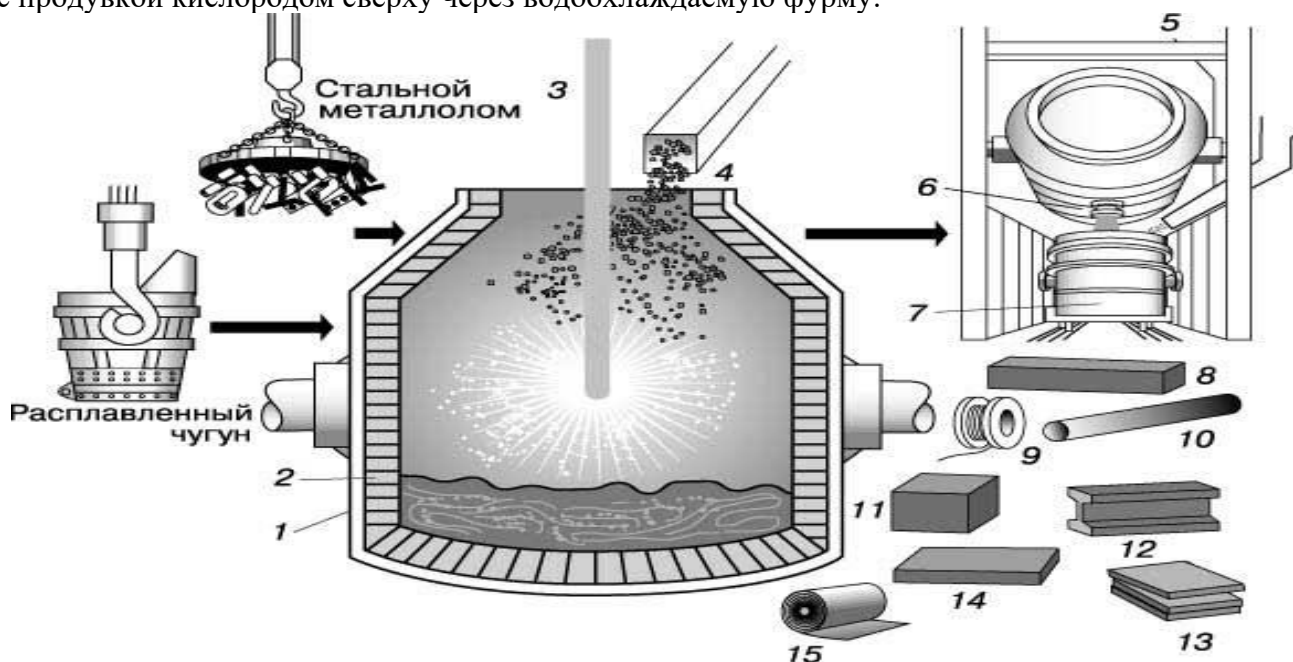


Рисунок 7 - Общая схема кислородно-конвертерного процесса

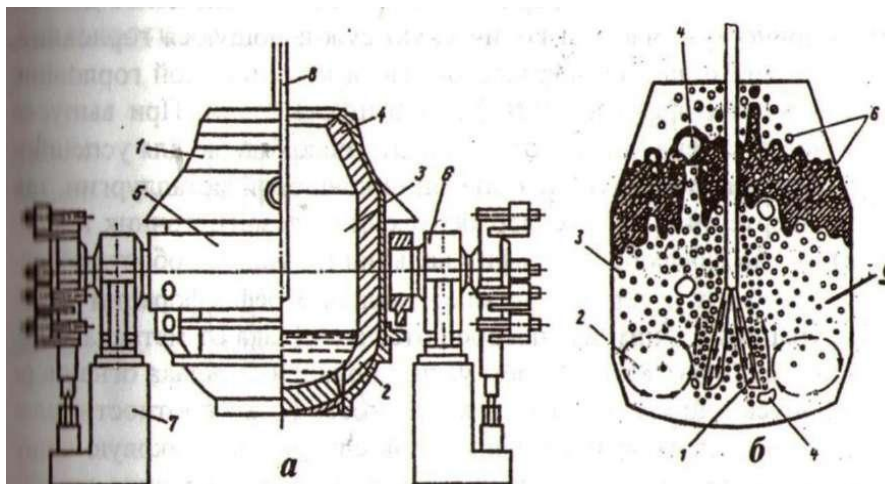


Рисунок 8 - Схема конструкции кислородного конвертера (а) и структуры ванны при продувке кислородом сверху (б):
 а) 1 - корпус; 2 - огнеупорная футеровка; 3 - рабочее пространство; 4 - горловина; 5 - опорное кольцо; 6 - опорный подшипник; 7 - станина; 8 - водоохлаждаемая фурма для подвода кислорода;
 б) 1 - зона продувки (прямого реагирования металла с кислородом); 2 - зона циркуляции металла; 3 - пузыри; 4 - крупные газовые полости; 5 - металл; 6 - шлак

Конвертер имеет сферическое или сфероконическое днище, цилиндрическую часть и коническую суживающуюся горловину. В месте перехода цилиндрической части к конической горловине расположено отверстие (лётка) для выпуска стали. При выпуске производят отсечку шлака от стали. Это необходимо для успешного проведения последующих операций ковшовой металлургии, так как конвертерный шлак содержит оксид железа (источник кислорода), оксид фосфора и сульфид кальция (возможен обратный переход фосфора и серы в металл - явление рефосфорации и ресульфурации). Одним из способов отсечки шлака от металла является введение в отверстие (лётку) при появлении шлака огнеупорного конуса или шара, имеющих плотность более плотности шлака, но менее плотности металла. Шлак сливают в шлаковую чашу через горловину, наклонив конвертер в противоположную от лётки сторону.

3. Изучите технологическую схему процесса производства стали в кислородном конвертере

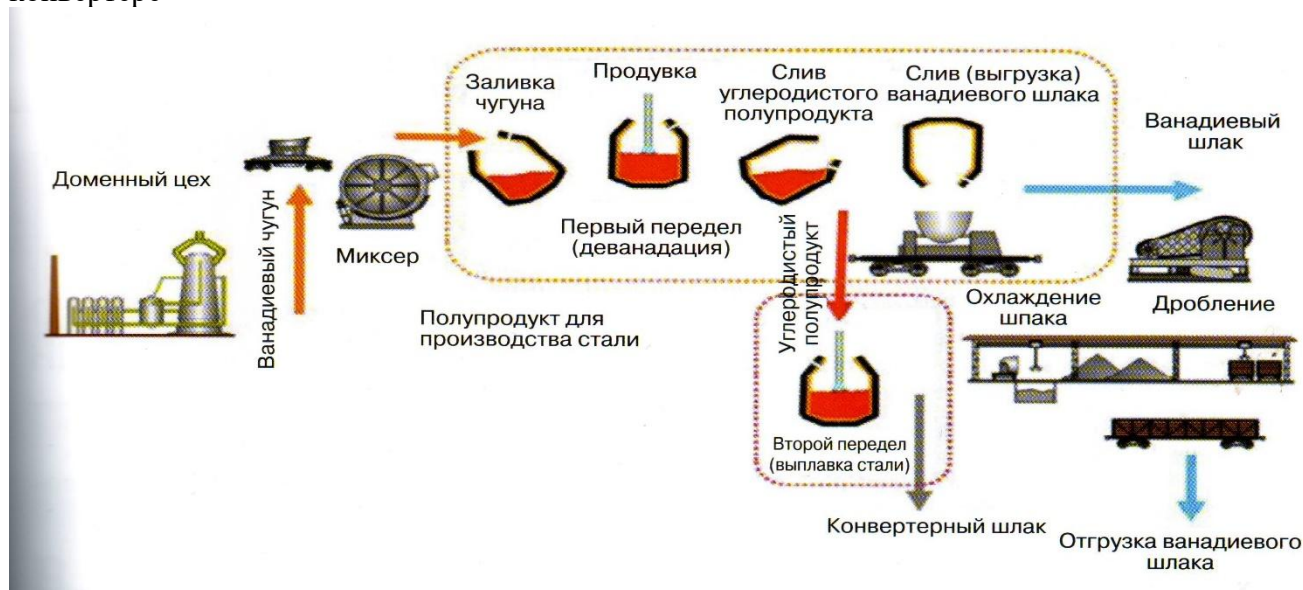
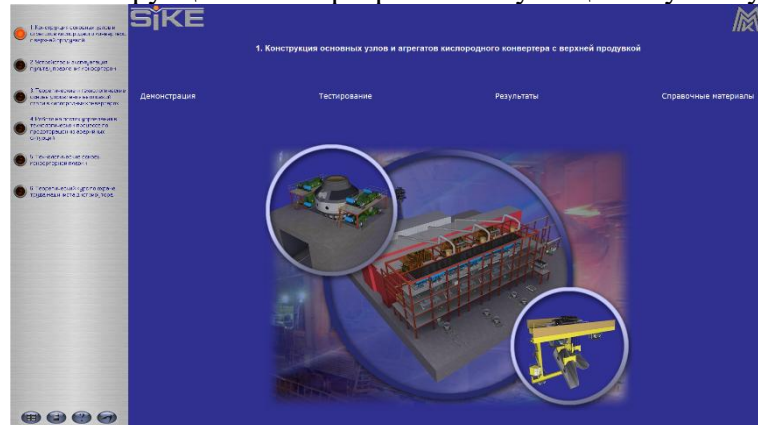


Рисунок 3 - Схема технологического процесса производства стали в КК

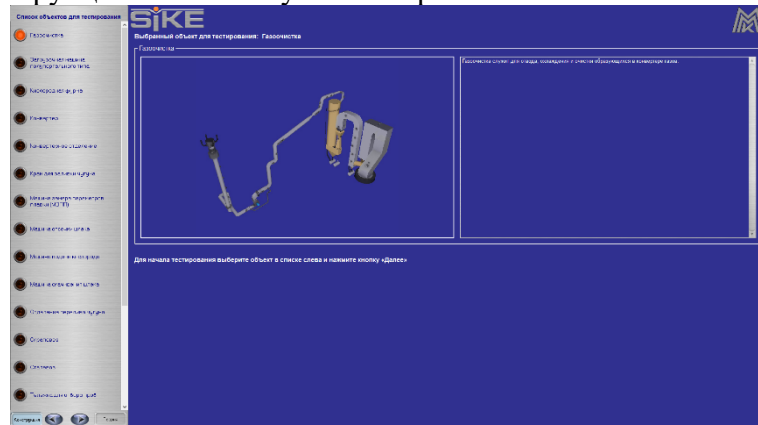
4. Ответьте на контрольные вопросы:

- а. В чем сущность процесса производства чугуна в КК?
- б. Какие шихтовые материалы используются для производства стали в КК?
- в. Что является топливом в КК?
- г. Опишите основные реакции, происходящие в конвертере.

5. Ознакомьтесь с конструкцией конвертера и эксплуатацией пульта управления.



6. Изучите конструкции основных узлов и агрегатов:



7. Пройдите тестирование.

Форма представления результата: оценка за тестирование.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 3.5 Технология разливки стали

Лабораторное занятие №2 Устройство слябовой и сортовой МНЛЗ

Цель: формирование умений определять основные элементы слябовой и сортовой МНЛЗ.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: виртуальный учебный стенд: «Слябовая машина непрерывного литья заготовок». Тренажерный комплекс: «Разливщик стали: слябовая машина непрерывного литья заготовок». Персональные компьютеры.

Задание: изучите технологический процесс разливки стали на слябовой и сортовой МНЛЗ.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с мультимедийной программой «Устройство слябовой и сортовой МНЛЗ».

2. Выделите необходимые участки и разделите их на основные и вспомогательные.

3. Пройдите тестирование.

Форма представления результата: результаты тестирования.

Критерии оценки:

Отлично – 90% - 100% верно выполненных заданий.

Хорошо – 80% - 90% верно выполненных заданий.

Удовлетворительно – 70% - 80% верно выполненных заданий.

Неудовлетворительно – менее 70% верно выполненных заданий.

Тема 6.2 Технологические процессы обработки металлов

Лабораторное занятие №3

Составление схемы технологического процесса получения полупродукта и сортового проката

Цель: формирование умений составлять схемы технологического процесса.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: тренажёр-имитатор «Стан 170».

Задание: изучите технологический процесс получения полупродукта и сортового проката.

Ход работы:

1. Изучите теоретические сведения

Прокатное производство – завершающая стадия металлургического цикла. Примерно 90% всего выплаваемого металла проходит через прокатные цехи, где производят большое количество разнообразных профилей, широко используемых во всех отраслях народного хозяйства

Основной продукцией металлургического производства является стальной прокат. Это стальные прутки различного сечения, трубы, листы, проволока и др. Их получают в результате одного из способов обработки металлов давлением – прокатки. Чаще всего деформацию металла осуществляют в горячем состоянии, так как при этом значительно повышается пластичность металла, что позволяет более эффективно осуществлять процесс прокатки

Температурный интервал нагрева стали перед прокаткой 1060 – 1350° С

Для нагрева слитков применяют нагревательные колодцы и методические печи, которые представляют собой выложенные огнеупорным кирпичом рабочие пространства, расположенные ниже уровня пола цеха

Основное оборудование прокатного стана.

Прокатный стан – это комплекс машин и механизмов, предназначенных для деформации металла и выполнения вспомогательных операций: транспортировки заготовки к валкам, уборки после прокатки, резки, охлаждения, правки, штабелирования или свёртывания в рулоны, бунты и т.д.

Принято различать основное и вспомогательное оборудование прокатного стана. Основное оборудование, предназначенное для деформации металла, включает в себя рабочую клеть, шпиндели, шестерённую клеть, редуктор, соединительные муфты, электродвигатели (рис.1).

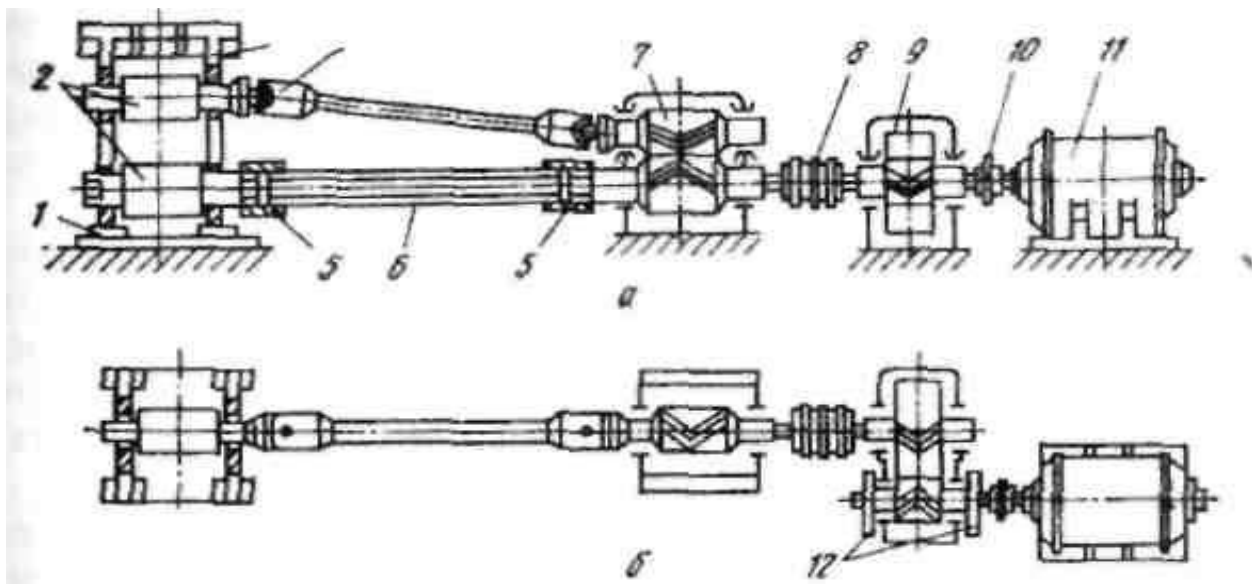


Рисунок 1 - Схема одноклетьевого стана: а-вид спереди; б-вид с верху; 1-плитовина; 2-валки; 3-рабочая клеть; 4-шпиндель; 5-соединительные муфты; 6-трефовый шпиндель; 7-шестерённая клеть; 8-коренная муфта; 9-редуктор; 10-моторная муфта; 11-главный электродвигатель; 12-маховики

Вспомогательное оборудование прокатного стана.

1. Транспортное оборудование:

- Рольганги;
- Шлеппера;
- Манипуляторы;
- Кантователи;
- Слитковозы.

2. Обработывающее оборудование:

- Ножницы и пилы для резания металла;
- Зачистные станки -токарные и фрезерные для зачистки поверхности заготовок;
- Правильные машина для выравнивания поверхности проката;
- Моталки для смотки проката в бунты или рулоны и т.д.

Сортамент прокатного производства

Основной продукцией чёрной металлургии является стальной прокат. Совокупность прокатываемых профилей называют сортаментом. Сортамент прокатных изделий можно разделить на следующие группы:

1. сортовой;

а) простые профили (круг, квадрат, шестигранник, полоса (штрипс), сегмент, овал, треугольник, катанка (проволока));

б) фасонные профили (уголок, рельсы, швеллер, балка, рессора, зетовый профиль и др.);

2. листовой;

а) тонколистовой;

б) толстолистовой;

в) широкополосовой;

3. трубы;

а) бесшовные;

б) сварные;

4. специальный прокат;

а) железнодорожные колёса;

б) бандажи;

в) периодические профили.

Технологический процесс производства проката состоит из следующих основных операций:

1. подготовки слитков или заготовок к прокатке;
2. нагрева металла перед прокаткой;
3. прокатки;
4. охлаждения металла после прокатки;
5. отделки проката

Технология производства проката.

В качестве исходного материала в прокатном производстве используют слитки и непрерывнолитые заготовки. Из слитков получают блюмы и слябы. Блюмы – это квадратные заготовки со скруглёнными углами сечением до 400*400 мм. Слябы – это заготовки прямоугольного сечения.

Блюмы, слябы и заготовки являются полупродуктом.

Сортовой, листовой, трубы профиль является готовым продуктом. Существуют две технологические схемы производства проката: из слитков и непрерывнолитых заготовок (рис.2).

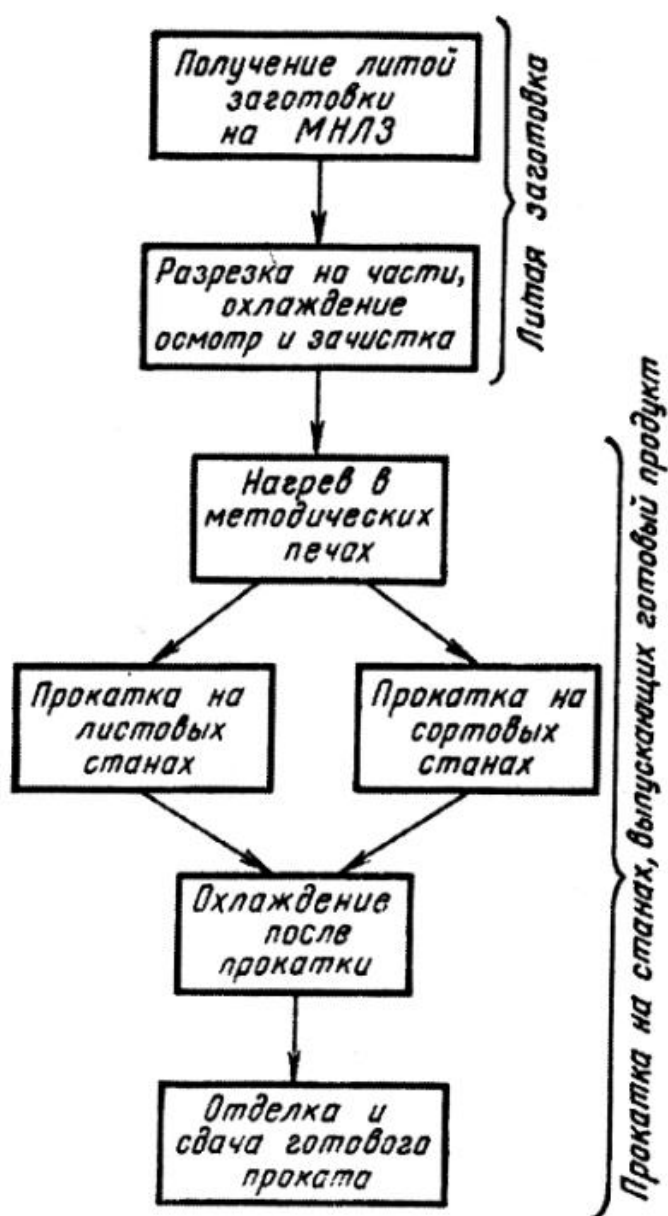


Рисунок 2 - Типовые схемы производства прокатных изделий из слитка и непрерывно-литой заготовки

2. Ознакомьтесь с мультимедийной программой «Стан 170».
2. Выделите необходимые участки и разделите их на основные и вспомогательные.
3. Пройдите тестирование.
4. Составьте технологическую схему производства сортового проката.
5. Ответьте на контрольные вопросы:

- а. Что называют прокатным производством?
- б. Что называют прокатным станом?
- в. Какое оборудование прокатного стана относится к основному?
- г. Какое оборудование прокатных цехов можно отнести к вспомогательному?
- д. С какой целью нагревают металл перед прокаткой?
- е. Какие факторы определяют температуру нагрева металла перед прокаткой?
- ж. До какой температуры нагревают сталь перед прокаткой?
- з. Какое оборудование используют для нагрева заготовок?
- и. Что такое сортамент и какие группы он включает?
- к. Какие виды проката производят на ПАО «ММК»?
- л. Что такое блюм и сляб?
- м. Какие основные операции осуществляют при производстве проката?

Форма представления результата: выполненная схема.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тема 8.1 Технология получения готовой продукции методом сварки

Лабораторное занятие №4

Ультразвуковой контроль сварных соединений

Цель: формирование умений проведения контроля стыковых сварных соединений стальных образцов и оценки качества соединений по результатам контроля.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 рассчитывать основные параметры металлургического производства;

Выполнение работы способствует формированию:

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологических процессов обработки металлов давлением, работы оборудования, характеристик исходных заготовок и металлопродукции.

ПК 2.3. Вести технологический процесс обработки металлов давлением в соответствии с требованиями нормативной, технологической документации,

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание основного и вспомогательного технологического оборудования процессов обработки металлов давлением.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Материальное обеспечение: программно-аппаратный комплекс «Ультразвуковой контроль металлов» (с ПК). Комплект стандартных образцов. Комплект наклонных пьезоэлектрических преобразователей (далее ПЭП) на различные частоты. Лабораторные образцы сварных соединений.

Задание: проведите ультразвуковой контроль сварных соединений.

Ход работы:

1. Изучите краткие теоретические сведения

Существуют два основных вида сварки: плавлением и давлением. Данные виды делятся, в свою очередь, на множество подвидов, зависящих от способа сварки.

Дефекты сварных соединений, а также способы выявления этих дефектов акустическими методами контроля, зависят прежде всего от вида и способа сварки.

Дуговая сварка стыковых сварных соединений – наиболее распространенный способ сварки плавлением. Свариваемые кромки располагаются на некотором расстоянии друг от друга и промежуток заполняют металлом электрода, плавящегося под действием электрической дуги. Участок, свариваемый первым, называется корнем.

Ультразвуковой контроль обеспечивает выявление почти всех дефектов этой сварки. Для выявления дефектов в сварных соединениях стандартом (ГОСТ 14782-86) установлено три метода акустического контроля, отличающихся по способам обнаружения дефектов: эхо-метод, теневой и зеркально-теневой.

Основным способом контроля стыковых сварных соединений является эхо-метод с использованием наклонного совмещенного преобразователя поперечных волн (рис. 1).

Корень шва контролируется прямым (непосредственно выходящим из преобразователя) лучом (положения преобразователя 1 и 2), а верхнюю часть шва – однократно отраженным лучом (положения преобразователя 3 и 4).

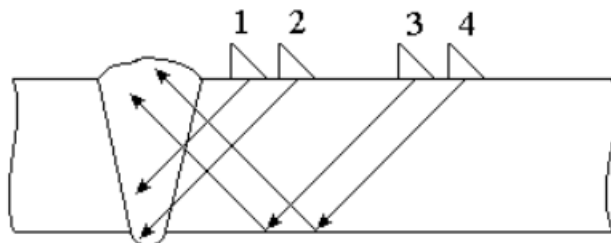


Рисунок 1 - Контроль шва эхо-методом

Контроль двукратно и многократно отраженным лучом нежелателен ввиду сильного расхождения пучка лучей и его искажения при отражениях. Для проверки всего сечения сварного шва преобразователи перемещают, как показано на рис. 2, сплошными линиями вверху между крайними положениями 1 и 4 преобразователя (рис. 1). В положении 1 преобразователь либо упирается в верхний валик шва, либо находится вблизи него, а в положении 4 луч еще попадает в зону сплавления. Такая схема прозвучивания называется поперечно-продольным сканированием.

Если геометрия шва не обеспечивает полное его прозвучивание по указанной схеме, контроль производится многократно отраженным лучом. Шов контролируется слева и справа (рис. 2), при этом лучи проходят через шов в четырех направлениях, что повышает вероятность выявления различно ориентированных дефектов. С целью повышения надежности контроля преобразователи непрерывно разворачивают вправо и влево на угол $\varphi = 10 \div 15$ градусов.

Оптимальное значение угла ввода ультразвуковых колебаний α обычно выбирается так, чтобы в крайнем положении преобразователя его акустическая ось пересекала ось симметрии шва на глубине, равной половине толщины основного металла. Именно в этом случае обеспечивается прозвучивание всего сечения шва.

При контроле прямым лучом должно быть выполнено условие $\operatorname{tg} \alpha \geq (b + 2n) / d$, где b - ширина усиления, мм; n - стрела преобразователя, мм; d - толщина свариваемого металла, мм. При контроле однократно отраженным лучом – $\operatorname{tg} \alpha \geq (b + 2z) / d$, где z - расстояние от границы усиления до точки отражения, (2К8) мм.

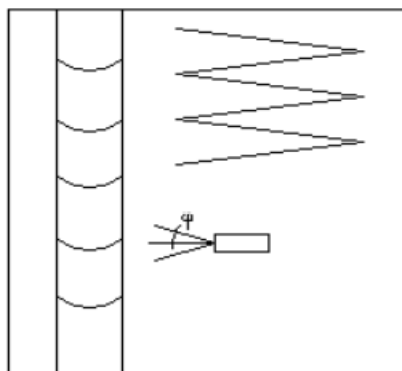


Рисунок 2 Схема сканирования шва

Определенный указанным выше способом угол ввода луча и выбранный способ прозвучивания определяют зону перемещения преобразователя.

Для контроля прямым лучом - $L_{\min} = n$, $L_{\max} = d \cdot \operatorname{tg} \alpha$ (рис. 3); для контроля однократно и многократно отраженным лучом - $L_{\min} = m \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha + z$, $L_{\max} = (m + 1) \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha$, где m определяет число отражений (рис. 4).

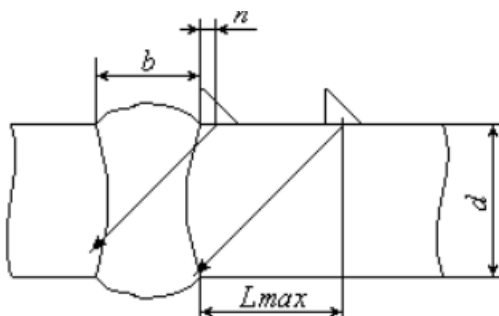


Рисунок 3 Контроль шва прямым лучом

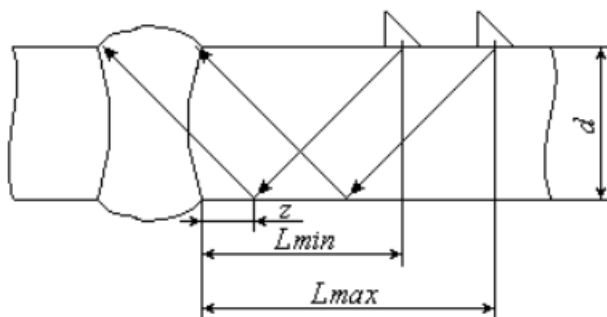


Рисунок 4 Контроль шва многократно отраженным лучом

Выбор частоты и амплитуды колебаний производится в зависимости от размеров изделия, коэффициента затухания волн в материале и уровня структурных помех. Чем больше толщина, тем ниже должна быть частота и больше амплитуда колебаний.

В табл. 1 приведены рекомендуемые параметры контроля швов различной толщины.

Таблица 1

Толщина шва, мм	Частота, МГц	Размер пьезопластины, мм	Угол ввода, в град
2...5	10	3...4	70...75
5...10	4...5	4...6	60...70
10...50	2...2,5	10...15	50...70
50...200	1,5...2	15...20	35...50
200...2000	1...1,5	30...50	35

Обоснование приведенных параметров состоит в следующем.

При контроле тонких сварных швов (10 мм и менее) возникает трудность с контролем корня шва прямым лучом, так как подойти близко к шву мешает верхний валик. Целесообразно увеличить угол ввода. Полезно также уменьшить стрелу преобразователя, однако ее ограничивает размер пьезоэлемента и условие предотвращения отражения от переднего угла призмы.

Повышение частоты при этом уменьшает расхождение лучей, даже при уменьшении размера пьезопластины, что позволяет избежать отражения от переднего угла призмы. Увеличение частоты позволяет также избежать возникновения поверхностных релеевских волн от боковых лучей пучка, в случае, если угол ввода достаточно велик. При контроле толстых сварных швов (200 мм и более) чувствительность дефектоскопа может оказаться недостаточной, поэтому применяют понижение частоты, преобразователи с пьезопластинами большого диаметра, уменьшают угол ввода, контроль проводят только прямым лучом.

Настройка и проверка аппаратуры заключается в проверке соответствия требованиям инструкции: частоты, условной и предельной чувствительности, угла ввода, погрешности глубиномера, мертвой зоны, лучевой разрешающей способности в направлении прозвучивания, стрелы преобразователя.

Данные операции производятся с использованием стандартных образцов. В заключение отметим, что перед контролем соединения подвергают внешнему осмотру: измеряют толщину свариваемого металла и ширину усиления, устанавливают отсутствие недопустимых внешних дефектов.

2. Выполните предварительную настройку, проверку работоспособности дефектоскопа и настройку ВРЧ согласно методике.

3. Проведите проверку основных параметров ультразвукового контроля при помощи дефектоскопа в комплекте с используемыми наклонными ПЭП: абсолютная чувствительность, угол ввода луча, стрела преобразователя, мертвая зона, лучевая разрешающая способность, погрешность глубиномера. Данную проверку проведите при помощи комплекта стандартных образцов.

4. Исследуйте основные параметры предложенных образцов сварных соединений, проведите их внешний осмотр и подготовьте образцы к работе.

5. Проведите выбор основных параметров контроля и схем прозвучивания.

6. Выполните контроль предложенных образцов сварных соединений.

7. Выключите дефектоскоп, уберите рабочее место.

8. Оформите результаты контроля, оцените качество сварных соединений.

9. Сделайте выводы по проделанной работе.

10. Ответьте на контрольные вопросы:

а. Что определяет виды потенциальных дефектов сварных соединений? Назовите эти виды и дайте их характеристику.

б. Каковы основные методы акустического вида контроля сварных соединений?

- в. Охарактеризуйте особенности контроля сварных соединений эхо-методом. Посредством чего реализуется контроль всего сечения сварного шва?
- г. Каким образом организуется выявление дефектов с различной ориентацией?
- д. В каких случаях применяется контроль многократно отраженным лучом и почему такой способ контроля нежелателен?
- е. Геометрически объясните формулы расчета зоны перемещения ПЭП при поперечно-продольном сканировании.
- ж. Охарактеризуйте особенности выбора основных параметров контроля толстых швов.
- з. Основные параметры контроля тонких швов.
- и. Какое влияние оказывает размер пьезопластины на параметры диаграммы направленности ПЭП, и каким образом это сказывается на разрешающей способности?
- к. Как влияет частота зондирующих импульсов на чувствительность дефектоскопа?
- л. От чего зависит выбор амплитуды колебаний при контроле сварного шва эхо-методом?
- м. Каким необходимым операциям подвергается объект контроля перед проведением процедуры контроля?
- н. В чем заключается проверка аппаратуры перед проведением контроля сварных изделий.

Форма представления результата: проведенные измерения.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выполнены все задания, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.