

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
ОП.07 ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ
для обучающихся специальности
22.02.11 Обработка металлов в металлургическом производстве**

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	40
Лабораторное занятие 1	40
Лабораторное занятие 2	41
Лабораторное занятие 3	42
Лабораторное занятие 4	44
Практическое занятие 1,2	45
Практическое занятие 3,4	46
Лабораторное занятие 5	47
Практическое занятие 5	49
Лабораторное занятие 6	50
Лабораторное занятие 7	52
Практическое занятие 6	54
Лабораторное занятие 8,9	55
Практическое занятие 7,8,9	57
Лабораторное занятие 10	59
Практическое занятие 10,11,12	61

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) или учебных практических умений (умений решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

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

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы обработки металлов давлением» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен уметь:

Уд 1 Использовать типовые методики расчета параметров.

Уд 2 Использовать схемы и карты технологического процесса.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального (-ых) модуля (-лей) 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 2.2 Выполнять технологические операции при обработке 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.

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

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 Физические основы пластической деформации

Лабораторное занятие №1

Устройство и принцип работы автоматизированного прокатного стана ДУО -130

Цель: изучить правила техники безопасности работы на лабораторном прокатном стане, конструкцию и принцип его работы.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, лабораторный стан, свинцовый образец, штангенциркуль.

Задание:

1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности при работе на лабораторном автоматизированном стане ДУО-130.

2. Результаты работы занести в таблицу.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите правила безопасности и устройство прокатного стана.

2. Получите у преподавателя исходный образец типа “блужд”.

3. Измерьте штангенциркулем его ширину, высоту и длину. Полученные размеры запишите в таблицу.

4. Установите зазор между валками величиной 8 мм.

5. Включите стан.

6. Установите скорость прокатки 3 м/мин.

7. Задайте образец в клеть используя деревянный брусок.

8. После прокатки измерьте ширину, высоту и длину проката.

Таблица 1 - Результаты замеров

Состояние образца	Толщина об- разца h_n , мм	Ширина об- разца b_n , мм	Длина образца l_n , мм
Исходное			
После прокатки			

Форма представления результата:

Кратко запишите теоретические сведения, зарисуйте рисунок рабочей клетки стана.

Приведите результаты замеров и расчетов (табл. 1). Сделайте выводы по работе.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.2 Понятие о напряженно-деформированном состоянии металлов при обработке давлением

Лабораторное занятие №2

Получение наклепанного металла на лабораторном стане ДУО- 130

Цель: путём прокатки в холодном состоянии свинцового образца получить наклепанный металл и установить влияние степени деформации на механические свойства материала

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, лабораторный стан, свинцовый образец, штангенциркуль.

Задание:

1. Определить основные технологические параметры холодной прокатки.
2. Определить среднюю твердость образца с помощью твердомера.
3. Сделать выводы по работе.

Порядок выполнения работы:

1. Пронумеровать свинцовые образцы, измерить толщину в редней части образца.
2. Результаты занести в таблицу.
3. Образцы прокатать последовательно с относительным обжатием 25, 50 и 75%.
4. После прокатки измерить геометрические размеры образца и его твердость.
5. Твердость измерять в тех местах по длине образца.
6. Результаты замеров занести в таблицу.

Таблица 2 - Результаты замеров

Материал образца	№ образца	h0	h1	Δh	Eh	Твердость Нв			
						Перед. кромка	середина	Задняя кромка	Среднее значение

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, таблицу 2, расчёты искомых величин, диаграмму наклепанного материала, выводы о влиянии холодной деформации на свойства материала.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.3 Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов

Лабораторное занятие №3

Уравнение постоянства объёма и коэффициенты деформации при прокатке на стане ДУО - 130

Цель: Проверить закон постоянства объема на практике. Научиться определять показатели деформации при прокатке

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, лабораторный стан, свинцовый образец, штангенциркуль.

Задание:

1. Определить основные коэффициенты пластической деформации.
2. Проверить закон постоянства секндных объемов на практике.
3. Сделать выводы по работе.

Порядок выполнения работы:

1.Проверка закона постоянства объема:

- 1.1 Получите исходный образец размером 10 мм у преподавателя.
- 1.2. Измерьте его размеры (высоту, ширину и длину) с помощью штангенциркуля с точностью до десятых долей мм и занесите в табл.1.

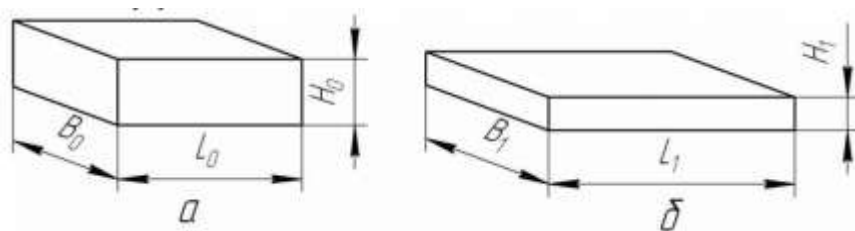


Рисунок 1 - Размеры заготовки до и после прокатки

Таблица 1 - Результаты замеров

Номер прохода	Толщина образца h_n , мм	Ширина образца b_n , мм	Длина образца l_n , мм	Объем образца V_n , мм ³
Исходный				
1				
2				
3				

1.3.Прокатайте образец (проход №1) с абсолютным обжатием 3 мм.

1.4.Измерьте размеры образца после прокатки и занесите в табл.1.

1.5.Прокатайте этот образец еще в два прохода с абсолютным обжатием 3 (проход № 2) и 2 мм (проход № 3).

1.6. Измерьте размеры образца после каждого прохода и занесите в табл.1.

1.7. Рассчитайте объем металла до и после прокатки.

1.8.Сравните и объясните полученные результаты.

2. Определение коэффициентов деформации:

2.1 Толщину исходного образца и после прокатки в трех проходах из табл. 1 занесите в табл. 2.

2.2 Рассчитайте единичные показатели деформации λ и ε_h по проходам и суммарные Λ_n и $\varepsilon_{h\text{сум}}$.

2.3 Определите средний коэффициент вытяжки λ .

Таблица 2 - Коэффициенты деформации при прокатке

Номер прохода	h_n , мм	Δh , мм	μ	λ	ε_h , %	Λ_n	$\varepsilon_{h\text{сум}}$, %
Исходный							
1							
2							
3							

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, таблицу 1 и 2, расчёты искомых величин, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.3 Сопротивление деформации и пластичность металлов и сплавов

Лабораторное занятие №4

Проверка закона наименьшего сопротивления

Цель: Экспериментальная проверка справедливости закона наименьшего сопротивления на основе исследования принципа наименьшего периметра при различных условиях трения на контакте

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, пластилиновый образец, линейка металлическая.

Задание:

1. Определить схему течения металла в горизонтальной плоскости при осадке образца.
2. Сделать выводы по работе.

Порядок выполнения работы:

1. Осадить образцы размерами 20*20*20 мм до конечной 14-15; 6-7 и 3-4 мм на сухой шероховатой поверхности, а затем на смазанной маслом поверхности.
2. После каждой осадки измерить образцы и сделать эскиз их контактной поверхности.
3. Рассчитать относительную высотную деформацию.
4. Осадить прямоугольный образец размерами 20*40*20 мм до конечной толщины 3-5 мм.
5. Сделать эскиз контактной поверхности образцов в исходном состоянии и после каждой операции осадки.

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, эскизы образцов, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.4 Методы расчёта формоизменения очага деформации

Практическое занятие №3,4

Расчёт параметров, характеризующих очаг деформации. Построение очага деформации по расчетным параметрам

Цель: научиться рассчитывать параметры очага деформации, знать зону входа и выхода металла, уметь показывать на схеме угол захвата, площадь контактной поверхности

Выполнив работу, вы будете уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Рассчитать параметры очага деформации.
2. По полученным данным построить очаг деформации.
3. Полученные результаты оформить в виде таблицы.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать искомые величины по формулам.
2. Рассчитать радиус прокатного вала.
3. Найти угол захвата во всех проходах.

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h}{D}\right)$$

4. Рассчитать длину хорды во всех проходах.

$$l_{\text{хор}} = \sqrt{R_k \cdot \Delta h}$$

5. Рассчитать длину дуги.

$$l_x = \sqrt{R_k \cdot \Delta h - \frac{\Delta h^2}{4}}$$

6. Рассчитать длину проекции очага деформации

$$l_x = \sqrt{\frac{D \cdot D_1}{D + D_1} \cdot \Delta h}$$

7. Площадь контактной поверхности

$$F_k = \frac{b_0 - b_1}{2} \sqrt{R \cdot \Delta h}$$

8. Заполнить таблицу.

9. Построить очаг деформации.

Таблица 1 - Результаты расчетов

№	h	b	l	Δh	Δb	μ	AB _{дуга}	AB _{хорда}	Длина проекции	F	угол захвата
0											
1											
2											
3											

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.5 Трение в процессах обработки металлов давлением

Лабораторное занятие №5

Определение коэффициента трения на лабораторном стане ДУО-130

Цель: Определение захватывающей способности валков и коэффициента трения при начальном захвате и при установившемся процессе прокатки

Выполнив задания, Вы будете:**уметь:**

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, свинцовый образец, линейка металлическая, штангенциркуль.

Задание:

1. Исследовать начальную стадию процесса прокатки.
2. Исследовать установившейся процесс прокатки.
3. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Исследование начальной стадии прокатки:
 - 1.1 Измерить толщину, длину и ширину свинцового образца.
 - 1.2 Установить необходимый зазор между валками.
 - 1.3 Подводим образец к вращающимся валкам.
 - 1.4 Во время захвата образца валками прекращаем вращение валков.
 - 1.5 Опыты проводим как на сухих, так на смазанных валках.
 - 1.6 Измеряем образец и данные заносим в таблицу 1.
 - 1.7 Исходя из полученных данных, рассчитываем максимальный угол захвата, угол трения и коэффициент трения при захвате металла валками.
 - 1.8 Таблица 1 - Результаты испытаний

№	Условие опыта	h_0	h_1	Δh	$a_{\text{захв}}$	μ_3	β_3
1	Валки сухие						
2							
1	Валки смазанные						
2							

2. Исследование установившегося процесса прокатки

- 2.1 Валки установить так, чтобы при загрузке образца в валки конец его слегка обжимался.
- 2.2 Начать процесс прокатки - валки вращаясь должны прокатывать образец до определённого момента, когда начнётся скольжение валков по свинцу - буксование.
- 2.3 После этого валки остановить, извлечь образец.
- 2.4 Измерить толщину в двух местах.
- 2.5 Смазать валки маслом и повторить опыт.
- 2.6 Результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты опыта

№	Условие опыта	H_{max}	h_1	Δh	a_y	μ_y	μ_y / μ_3
1	Валки						

2	сухие						
1	Валки						
2	смазанные						

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненные таблицы, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.5 Трение в процессах обработки металлов давлением

Практическое занятие №5

Определение коэффициента трения при горячей и холодной прокатке

Цель: освоить методику определения коэффициента трения при холодной и горячей прокатке

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. По данным предыдущих работ вычислить коэффициент трения при горячей и холодной деформации за три прохода.
2. Определить роль трения в процессах обработки металлов давлением.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать искомые величины по формулам.

$$\text{обжатие } \Delta h = h_0 - h_1;$$

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h}{D} \right).$$

2. Заполнить таблицу 1.
3. Проанализировать какую роль играет смазка при холодной и горячей деформации.
4. Температура прокатки 1200 С и она уменьшается на 50 с каждым проходом.
5. Температура холодной обработки 30 С.
6. Прокатывается углеродистая сталь со скоростью 5 м/сек.

Таблица 1 - Конечные результаты

№	H мм	h мм	Δh мм	смазка	$\cos a$	a град	a рад
0							
1							
2							
3							

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.6 Захват металла валками при обработке металлов давлением

Лабораторное занятие №6

Условие захвата металла валками и определение коэффициента трения на стане ДУО -130

Цель: Изучение и углубление знаний по исследованию деформации металла в

начальный момент при захвате металла валками; приобретение навыков работы на прокатном оборудовании; исследование эффективности смазки при прокатке.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, свинцовый образец, линейка металлическая, штангенциркуль.

Задание:

1. Определить условия захвата металла валками.
2. Исследовать соотношение между углами трения и захвата в начальный момент прокатки.
3. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить по одному образцу на каждый вариант прокатки – напильником снять заусенцы и запилить передний торец под угольник.
2. Измерить начальную толщину h_0 образцов.
3. Подготовить поверхности валков и образцов согласно варианту прокатки (при прокатке на машинном масле передний торец образца не смазывать).
4. Установить образец на стол стана.
5. Свести валки до расстояния 0,5 мм, включить привод валков.
6. С помощью деревянного бруска без нажима подвести образец его передним торцом к вращающимся валкам.
7. Постепенно увеличивать раствор валков до момента, когда начнется легкое дрожание и подергивание образца, после чего осуществляется захват его валками и последующая прокатка.
8. Измерить толщину h_1 образца после прокатки.
9. Опытные данные занести в таблицу.

таблица

Результаты измерений и расчетов								
Вариант про- катки	Опыт	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	ε_h , %	α , °	$\bar{\alpha}$, °	f
Сухие валки	1							
	2							
	3							
Валки с мелом	1							
	2							
	3							

10. Повторить пункты 3-9 три раза для одного образца, последовательно обжимая его в каждом проходе.
11. Используя результаты измерений обжатий, занесенные в таблицу, вычислить величину относительного обжатия для каждого варианта прокатки.
12. Рассчитать величины угла захвата по формуле (4) и среднее арифметическое значение угла захвата $\bar{\alpha}$.
13. С учетом среднего значения угла захвата $\bar{\alpha}$ определить коэффициент трения $f = \operatorname{tg} \bar{\alpha}$

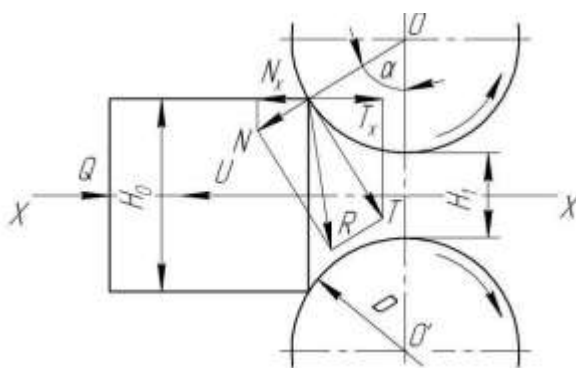


Рисунок 1 - Равновесие сил при установившемся процессе прокатки

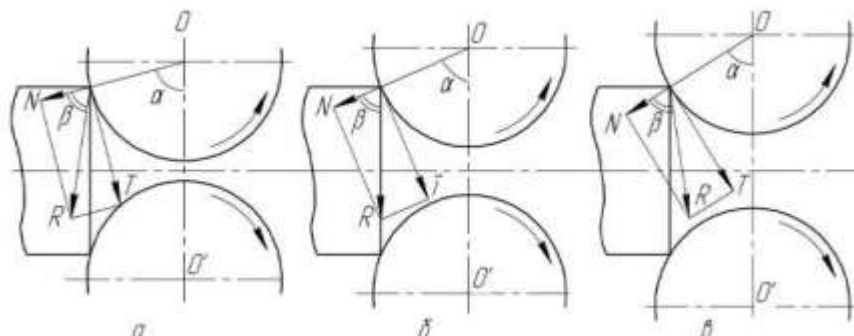


Рисунок 2 - Соотношение между углами трения и захвата в начальный момент

прокатки: а – захват невозможен ($\alpha < \beta$);

б – состояние равновесия ($\alpha = \beta$); в – захват осуществляется ($\alpha > \beta$)

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненные таблицы, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.7 Опережение и отставание

Лабораторное занятие №7

Определение опережения при прокатке на лабораторном стане ДУО -130

Цель: определение влияния величины обжатия и условий трения на опережение.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, свинцовый образец, линейка металлическая, штангенциркуль.

Задание:

1. Определить опережение для каждого прохода
2. Сделать выводы

Порядок выполнения работы:

1. Для исследования опережения использует два свинцовых образца одинаковых размеров (размеры образцов задаются преподавателем).
2. Перед прокаткой образцы измерить. Результаты занести в таблицу.
3. С помощью гибкой линейки определить расстояние между керновыми отметками на валках
4. С помощью кронциркуля или гибкой нити определить диаметр валков.
5. Первый образец прокатать за три прохода с разными абсолютными обжатиями.
6. Валки перед каждым проходом необходимо протирать сухой чистой тряпкой. После каждого прохода измерить образец и расстояние между отпечатками кернов на полосе.
7. Вторым образцом прокатать при тех же режимах, что и первый, но перед каждым проходом валки натереть мелом. Так же как описано выше, измерить второй образец.
8. Определить опережение для каждого прохода.
9. В каждом проходе по известной экспериментально полученной величине опережения определить коэффициент трения для различных условий прокатки. Полученные результаты свести в таблицу.

Опережение определяется по формуле Финка:

$$i = \frac{h_0 + D(1 - \cos \gamma)}{h_1} \cdot \cos \gamma - 1$$

Таблица

Результаты измерений и расчетов

№ опыта	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	l_0 , мм	l_1 , мм	i , %	α_0 , °	$\frac{h_1}{R}$	f
1. Прокатка в чистых валках									
1.									
2.									
3.									
2. Прокатка в напыленных валках									
1.									
2.									
3.									

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненные таблицы, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.7 Опережение и отставание

Практическое занятие №6

Определение опережения и отставания при прокатке

Цель: определение опережения и отставания расчётным путём

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Определить величину опережения и отставания, если окружная скорость валков 6 м/с.
2. Исходные данные взять из практического занятия №4

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать нейтральный угол во всех трех проходах по формуле:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu} \right)$$

2. Перевести градусы нейтрального угла в радианы.

3. Рассчитать опережение в трех проходах по формуле:

$$S = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100\%,$$

V_1 — скорость выхода металла из валков,

V_2 — окружная скорость валков.

4. Выразить и рассчитать скорость выхода металла из валков во всех трех проходах.
5. Выразить и рассчитать скорость входа металла из валков во всех трех проходах.
6. Определить отставание в трех проходах по формуле:

$$S_{\text{отс}} = \frac{V_2 \cdot \cos \alpha - V_0}{V_2 \cdot \cos \alpha} \cdot 100\%,$$

V_0 — скорость выхода металла из валков,

$V_{\text{в}}$ — окружная скорость валков.

7. Полученные результаты занести в таблицу 1.

8. Сделать выводы.

Таблица 1

№	H	B	Δh	Δb	μ	V_h	V_v	α	β	γ	V_H	S_h	S_H
	мм	мм	мм	мм		м/с	м/с	°	°		м/с	%	%
0													
1													
2													
3													

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.8 Уширение при обработке металлов давлением

Лабораторное занятие №8,9

Изучение влияния величины обжатия на уширение на лабораторном стане ДУО-130

Изучение влияния ширины полосы на уширение на лабораторном стане ДУО-130

Цель: изучение зависимости уширения при продольной прокатке полосы прямоугольного сечения на гладкой бочке.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, свинцовый образец, линейка металлическая, штангенциркуль.

Задание:

1. Оценить влияние на уширение различных технологических факторов.
2. Сделать выводы.
- 3.

Порядок выполнения работы:**1. Зависимость уширения от коэффициента трения между валками и полосой**

Перед прокаткой в местах измерения ширины следует нанести риски (рис. 1).

- 1.1. У образца №1 измерить толщину h_0 , ширину b_0 , длину l_0 . Результаты занести в табл.1.
- 1.2. Прокатать образец № 1 в валках, смазанных мелом с обжатием 30- 40 %.
- 1.3. Измерить толщину h_1 , ширину b_1 и длину l_1 образца после прокатки и занести в табл.1
- 1.4. У образца № 2 измерить толщину h_0 , ширину b_0 , длину l_0 . Результаты занести в табл.1.
- 1.5. Прокатать образец № 2 в валках, смазанных машинным маслом с обжатием 30-40 %.
- 1.6. Измерить толщину h_1 , ширину b_1 и длину l_1 образца после прокатки и занести в табл.1.

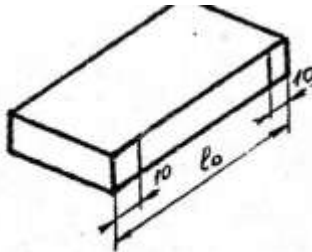


Рис. 1. Разметка прямоугольного образца

Таблица I

Данные по изучению влияния состояния поверхности полосы
и валков на уширение

№ об- разца	Усло- вия про- катки	Размеры образца, мм						$\Delta b = b_1 - b_0$, мм
		h_0	b_0	l_0	h_1	b_1	l_1	
1.	мел							
2.	масло							

1.7. Объясните почему с изменением состояния поверхности валков и полосы изменяется уширение.

2. Зависимость уширения от ширины полосы

- 2.1. Исследования проводятся на трех образцах разной ширины: 20 и 40 мм.
- 2.2. Прокатку с обжатием 30-40 % осуществлять на сухих валках.
- 2.3. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Данные по изучению влияния ширины полосы на уширение

Характеристика	Образец № 1 (20 мм)	Образец № 2 (30 мм)	Образец № 3 (40 мм)
h_0 , мм			
h_1 , мм			
$\Delta h_{\text{первого}}$			
h_2 , мм			

www.labstand.ru

16

$\Delta h_{\text{двух}}$			
b_0 , мм			
b_1 , мм			
$\Delta b_{\text{первого}}$			
b_2 , мм			
$\Delta b_{\text{двух}}$			

2.4. По полученным результатам (табл. 2) построить график $b = (h)$. Объясните полученный график.

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненные таблицы, график, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1.8 Уширение при обработке металлов давлением

Практическое занятие № 7,8,9

Методы расчёта уширения при прокатке по методу А.И. Целикова

Методы расчёта уширения при прокатке по методу Б.П. Бахтинова

Методы расчёта уширения при прокатке по методу А.П. Чекмарева

Цель: определить поперечную деформацию металла по трём методикам

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Рассчитать уширение по формулам Целикова, Бахтинова и Чекмарева.
2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать уширение по формуле А.П. Чекмарева

$$\Delta b = \frac{2b_{cp} \times \Delta h}{(h_0 + h_1) \left[1 + (1 + \alpha) \left(\frac{b_{cp}}{R\alpha} \right)^n \right]}$$

Где, h_0 и h_1 — толщина полосы до и после деформации, мм

b_{cp} — средняя ширина очага деформации, мм

α — угол захвата, рад.,

$n = 1$, при $b_{cp} < R\alpha$ — узкий очаг деформации;

$n = 2$, при $b_{cp} > R\alpha$ — широкий очаг деформации.

2. Исходные данные для определения уширения по методу А.П. Чекмарева в таблице 1.
3. Построить график зависимости уширения от ширины полосы.
4. Сделать выводы по графику.

Таблица 1 - Данные для определения уширения по формуле А.П. Чекмарева

№ варианта	Диаметр валков, D, мм	Толщина полосы до прокатки, h_0 , мм	Обжатие, Δh , мм	Ширина полосы до прокатки, b_0 , мм
1	950	440	40	100; 500; 700
2	950	360	60	100; 300; 800
3	950	300	80	50; 200; 700
4	850	520	60	100; 300; 750
5	850	340	75	20; 300; 800
6	850	220	60	60; 180; 700
7	800	210	30	50; 120; 600
8	800	170	45	40; 100; 800
9	600	200	60	20; 200; 600
10	600	220	40	30; 100; 500

5. Определить уширение по формуле Б.П. Бахтинова.

$$\Delta b = 1,15 \times \frac{\Delta h}{2h_0} \left(\sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right)$$

Таблица 2 - Исходные данные для определения уширения по методу Б.П. Бахтинова

№ варианта	Толщина полосы до прокатки, h_0 , мм	Обжатие, Δh , мм	Диаметр валков, D, мм	Скорость прокатки, v , м/с	Температура металла, t, °C	Материал валков	Материал полосы
1	700	120	1300	5,0	1250	сталь	Сталь 30
2	810	100	1300	4,5	1250	сталь	Ст.1
3	720	80	1150	4,5	1200	сталь	Ст.3
4	450	70	1150	4,2	1200	сталь	ШХ15
5	320	60	950	3,0	1180	сталь	P18
6	360	80	950	3,0	1180	сталь	Ст.3
7	240	40	850	3,2	1150	сталь	Сталь 30
8	200	50	850	3,4	1150	сталь	X15H60
9	100	15	650	5,0	920	чугун	4X13
10	140	20	650	5,0	950	чугун	X18H10T

6. Построить график зависимости уширения от ширины полосы по методу Б.П. Бахтинова

7. Сделать выводы по графику.

8. Определить уширение по формуле А.И. Целикова

$$\Delta b = 0,5 (R_k \times \Delta h - \Delta h^2 f) \times \ln(h_0 / h_1)$$

9. Данные для определения уширения по методу А.И. Целикова взять из таблицы 2.

10. Построить график зависимости .

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1. 9 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением

Лабораторное занятие №10

Исследование силовых условий при прокатке в валках с гладкой бочкой на стане ДУО- 130

Цель: Изучение методики определения силовых параметров процесса прокатки; исследование мощности и расхода энергии при прокатке.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: инструкция по технике безопасности, инструкция по выполнению лабораторных работ, свинцовый образец, линейка металлическая, штангенциркуль.

Задание:

1. Определить влияние степени обжатия на энергетические параметры процесса прокатки (усилие, мощность, КПД) и о возможности их теоретического определения по формулам.
2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

1. Измерить в трех местах толщину образцов H_0 (толщину следует измерять по середине ширины образца) и ширину B_0 (в таблицу занести среднее значение).
2. Подготовленные образцы прокатать в один проход с обжатием $\square H$: 10 %, 25 % и 50 %.
3. В процессе прокатки фиксировать усилие прокатки.
4. Измерить в трех местах у прокатанных образцов их толщину H_1 и ширину B_1 .
5. Опытные данные занести в таблицу.
6. Рассчитать теоретическую величину усилия прокатки P_t по формуле:

$$P_t = p_{cp} F,$$

где, F - площадь поперечного сечения полосы, мм

7. При расчете взять коэффициент трения f металла о валки и угол захвата $\square$ (в радианах) из данных лабораторной работы №2 (вариант прокатки при смазанных машинным маслом валках).
8. Рассчитать мощность деформирования $N_{деф.}$, потери на трение в подшипниках $N_{подш.}$, а также мощность прокатки $N_{расчет.}$ по формулам:

$$N_{расчет} = N_{деф} + N_{подш} + N_{шест} + N_{редукт} + N_{дв}$$

где $N_{деф}$ – мощность, затрачиваемая на деформацию металла, включая и трение прокатываемого металла о валки; это полезная часть мощности (считая трение неизбежным, хотя и подлежащим наибольшему возможному уменьшению);

$N_{подш}$ – мощность, расходуемая на преодоление трения в подшипниках прокатных валков;

$N_{шест}$ – мощность, затрачиваемая в шестеренной клети на преодоление трения в подшипниках и в зубьях шестерен;

$N_{редукт}$ – мощность, расходуемая на преодоление трения в подшипниках и зубьях редуктора;

$N_{дв}$ – мощность, теряемая в двигателе.

9. Определить КПД прокатного стана η по формуле:

$$N_{расчет} = \frac{N_{деф.} + N_{подш.}}{\eta_{шест.} \cdot \eta_{редукт.} \cdot \eta_{дв.}},$$

где $\eta_{шест.}$ – КПД шестеренной клети ($\eta_{шест.} = 0,95...0,97$);

$\eta_{редукт.}$ – КПД редуктора ($\eta_{редукт.} = 0,97...0,98$);

$\eta_{дв.}$ – КПД электродвигателя ($\eta_{дв.} = 0,86...0,88$).

Если принять за полезную мощность, расходуемую в прокатном стане, мощность $N_{деф.}$, идущую на деформацию металла и преодоление трения металла о валки, то коэффициент полезного действия равен:

$$\eta = \frac{N_{деф.}}{N_{расчет}} 100 \%,$$

11. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Экспериментальные и расчетные величины

Показатель		№ образца		
		1	2	3
Начальные размеры, мм	H_0			
	B_0			
Конечные размеры, мм	H_1			
	B_1			
Характеристики деформирования	ΔH , мм			
	H_1 / H_0			
	ε_H , %			
Промежуточные расчеты	$B_{ср}$, мм			
	l , мм			
	F , мм ²			
	h , мм			
	$\sigma_{с1}$, МПа			
	$\bar{\sigma}_x$, МПа			

11. Построить графики зависимостей $P_{\text{э}} = f(\square H)$ и $P_{\text{т}} = f(\square H)$ на одном координатном поле.

12. Построить графики зависимостей $N_{\text{расчет.}} = f(\square H)$ и $N_{\text{опыт.}} = f(\square H)$ на одном координатном поле.

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненные таблицы, график, выводы.

Критерии оценки:

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

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;

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

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

Тема 1. 9 Энергосиловые параметры при обработке металлов давлением

Практическое занятие №10, 11, 12

Расчет контактного давления при горячей прокатке по методу А.Ф Головина

Расчет контактного давления при горячей прокатке по методу В.А. Тягунова

Расчет контактного давления при горячей прокатке по методу А.И. Целикова

Цель: освоить методику определения контактного давления при горячей прокатке по различным методам.

Выполнив задания, Вы будете:

уметь:

- использовать типовые методики расчёта параметров;
- использовать схемы и карты технологического процесса.

Материальное обеспечение: методическое пособие

Задание:

1. Выполнить расчеты контактного давления по различным методикам.
2. Сделать выводы.

Порядок выполнения работы:

- 1) Определить усилие при горячей прокатке, если известны следующие исходные данные:
 - валки с гладкой бочкой, чугунные $D=1000\text{мм}$;
 - число оборотов валков $n_{\text{в}}=80\text{ об/мин}$;
 - прокатываемый металл – сталь 08сп
 - температура металла при прокатке 1100°C ;
 - размеры прокатываемой полосы прямоугольного сечения до прохода $h_0=5,0\text{ мм}$, $b_0=1050\text{ мм}$,
 - после прохода $h_1=4,5\text{мм}$, $b_1=1000\text{ мм}$.

Из марочника сталей находим след. данные 08сп С0,05-0,12%, Мп 0,35-0,65%, Ст 0,10%. Абсолютное обжатие определяется по формуле:

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

где, h_0 и h_1 - толщина до и после прокатки, мм

$$\Delta h = 5 - 4,5 = 0,5 \text{ мм}$$

Длина контактной поверхности определяется по формуле:

$$L = \sqrt{R \Delta h}$$

где, R – радиус валка, мм

L – длина контактной поверхности, мм

Δh – абсолютное обжатие, мм

$$L = \sqrt{500 * 0,5} = 16 \text{ мм}$$

Среднее значение высоты и ширины определяется по формуле:

$$h_c = 0,5(h_0 + h_1)$$

где, h_0 – начальная толщина полосы, мм

h_1 – конечная толщина полосы, мм

$$h_c = 0,5(4,5 + 5) = 4,5 \text{ мм}$$

$$b_c = 0,5(b_0 + b_1)$$

$$b_c = 0,5(1050 + 1000) = 1025 \text{ мм}$$

Площадь контактной поверхности определяется по формуле:

$$F = b_c \cdot l = 0,5(b_0 + b_1) \sqrt{R \Delta h}$$

где, b_0 и b_1 – толщина до и после прокатки, мм

R – радиус валка, мм

Δh – абсолютное обжатие, мм

$$F = 1025 * 16 = 16400 \text{ мм}^2$$

Скорость прокатки определяется по формуле:

$$V_{np} = \pi \cdot D_{II} \cdot n_b / 60$$

Где, диаметр валка (D) надо перевести из миллиметров в метры, т.е $D = 1000 \text{ мм} = 1,0 \text{ м}$

$$V_{np} = 3.14 * 1 * (150 / 60) = 7,8 \text{ м/с}$$

Усилие прокатки определяется по методу Целикова А.И.

Скорость деформации определяется по формуле (11):

$$U = \frac{V \Delta h}{L \cdot 10^{-3} h_0}$$

где, V – скорость прокатки, м/с

L – длина очага деформации, мм

Δh – абсолютное обжатие, мм

h_0 – начальная толщина листа, мм

$$U = \frac{7.8 * 9.6}{0.022 * 4}$$

$$U = 70 \text{ с}^{-1}$$

Для температуры металла 1200°C и скорости деформации 70 с^{-1} сопротивление деформации по экспериментальным кривым $\sigma_{\dot{\epsilon}} = 15 \text{ кг с/мм}^2$

Коэффициент трения определяется по формуле:

$$\mu_y = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot t)$$

где κ_1 – коэффициент, учитывающий влияние валков (для стальных $\kappa_1=1,0$)

κ_2 – коэффициент, учитывающий влияние окружной скорости валков и определяется по графику,

κ_3 – коэффициент, учитывающий влияние химического состава стали и определяется по таблице,

$$\mu_y = 0,8 * 0,55 * 1,0(1,05 - 0,0005 \cdot 1200)$$

$$\mu_y = 0,231$$

Коэффициент, учитывающий влияние ширины полосы определяется по формуле (13):

$$n_b = n_b' * n_b''$$

где коэффициент n_b' определяется в зависимости от соотношения b_0/l , если $b_0/l < 1$, то $n_b' = 1,0$, если $b_0/l > 5$ принимают $n_b' = 1,15$, если $b_0/l = 1,0-5,0$, то n_b' определяется по гр. 3. В нашем случае $b_0/l > 5,0$ значит $n_b' = 1,15$.

Коэффициент n_b'' определяется по формуле:

$$n_b'' = \frac{1 + \frac{(3b_c - l)\mu_{\dot{\epsilon}} * l}{6b_c h_c}}{1 + \frac{0.5\mu_{\dot{\epsilon}} l}{h_c}}$$
$$n_b'' = 0,96$$

Тогда:

$$n_b = 1,15 * 0,96 = 1,1$$

$$\delta = \frac{2\mu_{\dot{\epsilon}} * l}{\Delta h}$$

$$\delta = \frac{2 * 0.2 * 16}{0,5}$$

$$\delta = 13,0$$

Для значений $\delta = 13,0$ $E=0,1$ по графику находим $n'_\sigma = 2,4$, так как коэффициент n''_σ определяется из отношения $\frac{l}{h_c}$, т.е при $\frac{l}{h_c} = 0,05-1,0$ $n''_\sigma = (\frac{l}{h_c})^{-0,4}$, при $\frac{l}{h_c} > 0$, $n''_\sigma = 1,0$. В данном случае $n''_\sigma = 1,0$

Натяжение при прокатке по условию отсутствует, поэтому $n'''_\sigma = 1$
Следовательно, коэффициент рассчитывается по формуле:

$$n_\sigma = n'_\sigma n''_\sigma n'''_\sigma$$

где n'_σ - коэффициент, учитывающий влияние внешнего трения

n''_σ - коэффициент, учитывающий влияние внешних зон

n'''_σ - коэффициент, учитывающий влияние натяжения

$$n_\sigma = 2,4 * 1 * 1 = 2,4$$

Контактное давление рассчитывается по формуле:

$$P_{cp} = \sigma_\phi * n_\sigma * n_\sigma$$

где, σ_ϕ - сопротивление деформации, кгс/мм²

n_σ - коэффициент, учитывающий влияние ширины полосы,

n_σ - коэффициент, учитывающий влияние натяжения

$$P_{cp} = 15 * 2,4 * 1,15 = 41,4 \text{ кгс/мм}^2$$

Усилие прокатки определяется по формуле:

$$P = P_{cp} * F$$

где, P_{cp} — контактное давление, кгс/мм²,

F - площадь контактной поверхности, мм²

$$P = 41,4 * 16400 = 678960 \text{ кгс} = 678 \text{ тс}$$

Расчет усилия прокатки находим по методу А.Ф.Головина, В.А.Тягунова

Для стали 5х температура плавления 1300 и предел прочности $\sigma_B = 70$ кгс/мм² найдены по графику (Куприн М.И., Куприна М.С. “ Основы теории прокатки”)

$$k_t = (0,95 * t_{nl} - t) / 1500 \quad (26)$$

$$k_t = (0,95 * 1300 - 575) / 1500$$

$$1100 > (1300 - 575)$$

$$k_t = (0,95 * t_{nl} - t) / 1500 = (0,95 * 1300 - 1100) / 1500 = 0,09$$

сопротивление деформации

$$\phi = 0,09 * 70 = 6,3 \text{ кгс/мм}^2$$

Коэффициент учитывающий величину внешнего трения

$$n' = 1 + 0,33 * = 1,41$$

Контактное давление рассчитывается как:

$$P_{cp} = 6,3 * 1,41 = 8,883 \text{ кгс/мм}^2$$

Усилие прокатки

$$P = P_{cp} * F$$
$$P = 8,883 * 36600 = 325117 = 325 \text{ тс}$$

Форма представления результата:

Отчет должен содержать название и цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу, выводы.

Критерии оценки:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая часть выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена.