Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

 «Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**Методические указания и контрольные задания**

**для выполнения студентами заочного отделения**

**по МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением»**

**(ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением)**

**22.02.05 «Обработка металлов давлением»**

Челябинск, 2019г

ОДОБРЕНА: УТВЕРЖДАЮ:

Цикловой методической комиссией Заместитель директора

по специальности МЧМ и ОМД колледжа по УМР

Председатель ЦМК

\_\_\_\_\_\_\_ Г.В. Карзунова \_\_\_\_\_\_\_\_ И.Н. Тихонова

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

Методические указания выполнения контрольных заданий по МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением», предназначено для студентов заочного отделения специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением, разработаны на основе рабочей программы по ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением.

 В указаниях рассмотрены порядок выполнения, структура и требования к оформлению. Даны образцы оформления контрольной работы примеры оформления задач, таблиц, рисунков, формул.

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Южно-Уральский многопрофильный колледж».

**Разработчик:** преподаватель ГБПОУ «ЮУМК» Н.Р.Сулейманова

**Рецензент : \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.И.Чернова**

Методист ГБПОУ «ЮУМК»

Содержание

* 1. [Пояснительная записка 4](#_Toc504581291)
	2. [Общие методические указания 5](#_Toc504581292)
	3. [Методические указания к контрольному заданию №1 8](#_Toc504581293)
	4. [Контрольные задания №1 20](#_Toc504581294)
	5. [Методические указания к контрольному заданию №2 26](#_Toc504581295)
	6. [Контрольные задания №2 36](#_Toc504581296)
	7. [Вопросы к экзамену 44](#_Toc504581291)
	8. Используемая [литература 47](#_Toc504581292)

# Пояснительная записка

#

Контрольные задания по МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением», составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ 03 разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) по специальности среднего профессионального образования 22.02.05 Обработка металлов давлением, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 21.04.2014 № 359.

В соответствии с учебным планом весь курс разбит на два задания.

Тематический план курса.

|  |  |
| --- | --- |
| №Задания  | Наименование темы |
| 1 | 1. Сущность и природа пластической деформации.2. Силы и напряжения возникающие при деформации.3. Деформация металла.4. Сопротивление деформации.5. Пластичность.6. Очаг деформации и его параметры.7. Внешнее трение при прокатке.8. Захват металла валками.9. Опережение и отставание. |
| 2 | 1. Уширение при прокатке.2. Усилия при прокатке.3. Расход энергии при прокатке.4. Неравномерность деформации.5. Особые случаи прокатки. |

# Общие методические указания

МДК 03.01 «Теория обработки металлов давлением», ПМ.03 Подготовка и ведение технологического процесса обработки металлов давлением, является одним из основных теоретических курсов среди профилирующих дисциплин специальности 22.02.05 «Обработка металлов давлением» и требует полного и глубокого изучения, приступая к выполнению контрольных работ, следует внимательно изучить программный материал, а по наиболее сложным разделам вести конспект.

 Контрольные задания составлены в 10 вариантах. Выбор варианта осуществляется по списку из журнала. Работы, выполненные не по варианту, возвращаются учащемуся без проверки. Каждый вариант контрольного задания включает два теоретических вопроса и три задачи. Ответы на теоретические вопросы должны отражать умения работать с технической литературой, умение анализировать и обобщать изучаемый материал.

При изучении материала кроме основного учебника (Куприн М.А., Куприна М.С. Основы теории прокатки. М., «Металлургия», 1978) , необходимо использовать дополнительную литературу, освещающую новейшие достижения в области пластической деформации теории прокатки.

Ответы на вопросы задания (где это необходимо) должны иллюстрироваться схемами, графиками. Диаграммами выполненными в карандаше с соблюдением масштаба. Рисунки должны иметь сквозную нумерацию по всему тексту работы и сопровождаться подрисуночным текстом.

Запись решения задач ведется в следующей последовательности:

- указать исходные данные и величины, которые необходимо найти;

- написать расчетную формулу, сначала в буквенном выражении, затем подставляются числовые значения;

- особое внимание следует обращать на размерность входящих в формулу величин;

-окончательные ответы, результаты вычислений следует приводить в системе СИ.

В конце работы необходимо привести список использованной литературы с обязательным указанием порядкового номера, автора, название книги, издательства, года издания.

В текстовой и графической частях работы необходимо соблюдать единую терминологию и обозначения, при этом можно использовать следующие соотношения:

 1кГ = 9,81Н≈ 10Н;

 1т = 10кН(0,01МН);

1 кГ/мм2 ≈ 10 МН/м2 (10МПа);

1 кГ = 10Н∙м;

1 кГм/с= 10Вт;

1 т =10 кН (0,01МН);

 1л.с. ≈ 736Вт;

 1рад ≈57,30;

1град= ;

1об/мин = (1/с или с-1).

Примечание. Приставки «к» (кило) и «М» (мега) соответствуют числу основных единиц 103 и106.

***Принятые обозначения:***

h0,h1 – высота (толщина) полосы соответственно до и после прохода, мм;

hср – средняя высота очага деформации, мм;

b0,b1 – ширина полосы соответственно до и после прохода, мм;

bср - средняя ширина очага деформации, мм;

l0, – длина заготовки (слитка) до прохода, мм;

l1 – длина полосы после прохода, мм;

lд – длина очага деформации, мм;

Δh,Δb,Δl – соответственно абсолютные обжатие, уширение,

 удлинение, мм;

Εh,Εb,Εl – соответственно относительные обжатие, уширение,

 удлинение, %;

е1,е2,е3 – соответственно истинные относительные обжатие,

 уширение, удлинение (вытяжки);

η,λ – соответственно коэффициенты обжатия η , уширения ,

 удлинения (вытяжки) μ, **λ** ;

F0,F1 – площадь поперечного сечения полосы соответственно до и после прохода, мм2; Fкв=-площадь квадрата; Fкр - площадь круга$

Fк – контактная площадь поверхности, мм2

Dв – диаметр валка, мм;

Rв – радиус валка, мм;

α – угол захвата, град или рад;

β – угол трения, град или рад;

γ – угол нейтрального сечения, град или рад;

Ѕ – опережение, %;

fз – коэффициент трения при захвате;

fу – коэффициент трения при установившемся процессе прокатки;

P – давление металла на валки, т (МН);

Pср – среднее удельное давление, кг/мм2(МН/м2);

Mпр – момент прокатки, кГм(нм).

**Методические указания к контрольному заданию №1**

***Первые вопросы*** контрольного задания охватывают материал, относящийся к разделу «Основы пластической деформации».

При обработке металлов давлением происходит изменение формы и размеров изделия без нарушения его сплошности и имеют физический смысл происходящих явлений при различных способах обработки металлов давлением.

Характер пластической деформации металлов тесно связан с кристаллическим строением.

 Пластическая деформация лежит в основе прокатки, прессования, ковки, штамповки.

Характер пластической деформации металлов тесно связан с их кристаллическим строением. В обычных условиях металл состоит из большого количества произвольно ориентированных зёрен (кристаллов), имеющих обычно неправильную форму. Для металлов характерны три типа кристаллических решеток: гранецентрированная кубическая, объемно-центрированная кубическая и гексагональная.

*Литература:* [1], стр. 12-18.

На границах зёрен атомы имеют значительно менее правильное расположение, чем в объёме, вследствие влияния силового поля атомов в соседних зёрнах. В результате атом не может быть прочно связан с определённым узлом кристаллической решётки, где происходят диффузионные перемещения. Всё это является причиной образования в кристалле смещений или дислокаций. Наличие дислокаций снижает величины сопротивления сдвигу. При полном отсутствии дислокаций кристаллы обладают наибольшей прочностью.

Необходимо четко уяснить, что пластическая деформация происходит в основном скольжением и двойникованием и насту­пает в момент, когда напряжения в плоскости скольжения до­стигнут определенной величины, называемой кристаллическим скалывающим напряжением при сдвиге — zs . Сдвиг возни­кает в определенном месте, где существуют дислокации, и рас­пространяется путем многократного пробега дислокаций в дан­ной плоскости кристалла под действием касательных напря­жений.

*Литература:* [1], стр. 12-18.

Обработка металлов давлением ведется в широком интервале температур. В зависимости от температуры обрабатываемого металла и процессов, происходящих в нем при деформации, раз­личают холодную и горячую пластические деформации.

Холодная деформация происходит при температурах ниже 0,3 Тпл и сопровождается упрочнением металла (наклепом). При такой деформации первоначальные зерна дробятся, вытя­гиваются, получают определенную ориентацию, металл стано­вится анизатропным — предел прочности повышается, пластич­ность уменьшается (меняются и другие свойства).

Горячая деформация — основной вид обработки металлов давлением. Она происходит при температурах выше 0,7 Тпл и со­провождается двумя одновременно протекающими процессами— наклепом и рекристаллизацией. Преимущество горячей дефор­мации по сравнению с холодной — повышение пластичности и уменьшение сопротивления деформации.

*Литература:* [1],стр.19—25;[3],стр. 5—15;20—33; [6],стр.9—51.

При внешнем механическом воздействии металл меняет фор­му, так как под действием внешних сил изменяется расстояние между частицами тела, меняется расположение их молекул. Ме­талл претерпевает упругую или пластическую (остаточную) деформацию. Полная деформация — сумма упругой и пласти­ческой деформаций.

Следует внимательно изучить основные законы пластической деформации, так как знание этих законов даст возможность по­нять процессы, протекающие при обработке давлением.

При обработке металлов давлением, в частности^при прокат­ке, происходит уменьшение высоты, увеличение ширины и дли­ны. Объем же металла не изменяется. Это положение называют законом постоянства объема.

 Математическое выражение этого закона имеет вид: V0 = Vi, где V0 — объем металла до деформации; Vi — объем металла после деформации.

Уравнение постоянства объема (V0=Vi) широко применяет­ся для расчета размеров тела при всех видах обработки метал­ла давлением.

Зная начальные размеры тела, нетрудно определить его ко­нечные размеры и наоборот.

Если тело до и после деформации имело прямоугольное сече­ние — заготовка, полоса, лист ([1], стр. 45), то, исходя из уравнения V0 = Vb можно записать:

где ho; b0; — размеры тела до деформации;

 h1; b1; — размеры тела после деформации.

Для металла круглого сечения — трубная заготовка, пруток, проволока уравнение постоянства объема примет вид:

При изменении геометрической формы тела в процессе обра­ботки давлением размеры металла определяются соответственно его форме. Например, при прокатке круглой стали из блюма прямоугольного сечения получим уравнение постоянства объема в виде:

 F0×l0=F1×l1

Закон наименьшего сопротивления поясняет, почему каждая из точек, в случае возможного ее перемещения в деформируе­мом теле, перемещается в направлении наименьшего сопротив­ления.

*Литература:* [1], стр. 43—49; [6], стр.51—58, 111 — 122.

***Вторые вопросы*** контрольного задания составлены в ви­де теоретических вопросов и задач. При ответах на теоретиче­ские вопросы вариантов 1, 5, 7 учащийся должен уяснить, что в практических условиях обработки давлением выбор наиболее выгодных условий напряженного состояния (с точки зрения про­явления пластических свойств металла и его сопротивления деформации) является чрезвычайно важной задачей. Почему многие малопластичные сплавы не выдерживают горячей или холодной прокатки в литом состоянии? Почему после ковки ли­тых слитков этих же сплавов можно в дальнейшем производить их прокатку? Почему при прокатке ленты с натяжением давле­ние валков на металл при прочих равных условиях требуется меньшее, чем при прокатке без натяжения? Чтобы ответить на эти и другие вопросы, нужно понять, как проявляются пластические свойства металла и его способность деформироваться в за­висимости от схемы напряженного состояния и соотношения между главными нормальными напряжениями.

Каждый вид пластической деформации характеризуется определенным напряженным состоянием. При любом напря­женном состоянии всегда существует только три такие взаимно перпендикулярные плоскости, проходящие через одну точку, на которых касательные (τ) напряжения равны нулю.

Нормальные напряжения (σ),которые действуют на этих плоскостях, называются главными напряжениями.

Напряженное состояние точки характеризуют главными на­пряжениями.

Их три:

σ1— максимальное главное напряжение;

σ2 — среднее главное напряжение;

σ3 — минимальное главное напряжение.

При простом процессе прокатки на валках с гладкой бочкой наибольшее сжимающее напряжение σ1 возникает за счет дав­ления валков на металл;

σ2 — среднее напряжение сжатия возникает за счет сил трения, препятствующих уширению металла при прокатке;

σ3 — наименьшее сжимающее напряжение — за счет подпи­рающих сил трения, действующих в продольном направлении очага деформации.

При обычном процессе прокатки между главными напряже­ниями обязательна зависимость: σ1> σ2> σ3

*Литература:* [1], с. 26—35, рис. 16-23.

Ответ на вопрос должен быть конкретным с необходимыми схемами напряженного состояния и главных деформаций.

Для решения задач вариантов 2, 9 необходимо изучить мате­риал, устанавливающий связь между коэффициентами дефор­мации.

Учащийся должен знать, что о величине деформа­ции судят по изменению формы и размеров тела.

Для количественной оценки деформации применяют абсо­лютные и относительные величины.

При простом процессе прокатки (прокатка прямоугольного сечения в гладких валках одинакового диаметра) происходит уменьшение высоты и увеличение ширины и длины. Изменение этих величин характеризуется следующими показателями в абсолютных единицах (например, *мм):*

абсолютная высотная деформация (обжатие)

∆h1=h0-h1

 абсолютная поперечная деформация (уширение)

∆b1=b1-b0

абсолютная продольная деформация (удлинение)

∆l1=L1-L0

Абсолютные показатели неполно характеризуют величину деформации, так как не учитывают размеры изделия, поэтому величины деформации более полно можно оценить относитель­ными показателями.

Относительная деформация — отношение абсолютной дефор­мации к начальному размеру изделия, выражается в долях еди­ницы или процентах.

Относительная высотная деформация (относительное обжа­тие) равна

Относительное уширение

Относительное удлинение

Изменение размеров изделия характеризуют коэффициентами деформации:

коэффициент обжатия

 ;

коэффициент уширения

 ;

коэффициент вытяжки (удлинения)

 ;

Используя закон постоянства объема, можно записать

Из этого уравнения следует, что вытяжка за один проход есть отношение начальной площади поперечного сечения изде­лия к площади поперечного сечения изделия после деформации. Эта вытяжка называется частной

Общий (суммарный) коэффициент вытяжки за несколько пропусков (проходов) определяется как произведение частных коэффициентов вытяжки.


Если всё частные коэффициенты вытяжки одинаковы, то сум­марная вытяжка за n проходов определяется по формуле

***—*** средний коэффициент вытяжки, который характери­зует величину-изменения поперечного сечения прока­тываемого металла за какой-то период работы. Если известны общий и средний коэффициенты вытяжки, то, исходя из предыдущей формулы, можно определить число про­ходов

 общий коэффициент вытяжки можно определить через отношение площадей:

 где F0 — исходное сечение металла;

 Fn — сечение готового профиля.

 При незначительном уширении, когда

Исходя из уравнения постоянства объема V0=V1 можно записать:

Разделив обе части равенства на получим

 или

подставив в это уравнение вместо линейных размеров коэффи­циенты деформации, получим:

 или

Для случая, когда уширение практически отсутствует, между коэффициентом вытяжки и относительным обжатием сущест­вует зависимость:

*Литература:* [1], стр. 36—49; стр. 67—72.

Чтобы решить задачи вариантов 8, 10 и ответить на теоретический вопрос варианта 3, необходимо четко себе представлять, что такое очаг пластической деформации и какими параметрами он характеризуется.

Очаг пластической деформации — это объем, в котором про­исходит пластическая деформация металла ([1], стр. 75, рис. 38). Этот объем ограничен поверхностью рабочего инструмента, гра­ницами прекращения пластической деформации (плоскости вхо­да А1 А и выхода В1 В) и боковыми поверхностями тела (геомет­рический очаг деформации).

Очаг деформации при простом процессе прокатки характери­зуют следующие геометрические параметры ([1], стр75, рис. 38): высота до и после прокатки, абсолютное обжатие, средняя вы­сота очага деформации, ширина полосы до и после прокатки, средняя ширина очага де­формации, угол захвата, длина дуги контакта (захвата), хорда дуги контакта, горизонтальная проекция длины дуги контакта. При решении задач можно использовать формулы:

Где высота (толщина) полосы до и после прокатки;

 ширина полосы до и после прокатки;

Угол захвата α – центральный угол АОВ, соответствующий дуге касания раската с валками; определяется следующими соотношениями:

 или

  или ,

где R - радиус валка и соответственно D диаметр;

 Δh- обжатие в данном проходе.

Из предыдущих формул обжатие определяется

 или (мм)

Длина дуги захвата – ld – длина контактной поверхности металла с валками АС:

но в расчетах используют хорду дуги АВ ( где происходит соприкосновение прокатываемого металла с валками)

 Так как прокатка осуществляется при малых углах захвата, обычно не превышающих 330, то разница при вычислении величин l, lх и lд незначительна,

 то длина дуги определяется по формуле:

Материал доступно и очень подробно изложен в *литературе:* [1], стр. 74—90; рис. 38; [3], стр. 10—17; [4], стр. 114—123.

При решении задач необходимо соблюдать размерность угла захвата при определении той или иной величины.

***Третьи вопросы*** контрольного задания составлены в виде задач. Учащемуся предлагается определить возможность захва­та металла валками при неустановившемся процессе прокатки, подтвердить решение задачи схемой и пояснением к пей. Ответ и решение будут правильными, если будет хорошо изучена и усвоена тема «Захват металла валками».

Для захвата металла валками при неустановившемся про­цессе прокатки (неустановившийся процесс прокатки — это та­кой процесс, при котором захват металла валками еще не про­изошел) необходимо, чтобы угол трения (β3) был больше угла захвата (α).

tg β3 tg α или β3 α

Решение задачи сводится к определению угла захвата и угла трения по условиям задачи, сравнения их величин и вывода о возможности захвата металла валками.

Ответ необходимо пояснить схемой действия сил на полосу и момент захвата (необходимо вычертить схему и дать к ней пояснения).

Для определения угла захвата можно использовать ранее указанные формулы —;

При определении угла трения следует вспомнить из

механи­ки, что сила трения равна произведению нормальной силы на ко­эффициент трения, то есть T= N× f3 =N×tgβ3

 где f3 — коэффициент трения при захвате;

 β3 — угол трения, тангенс которого равен коэффициенту трения т.е tg β3= f3

Приближенное значение коэффициента трения можно опре­делить расчетом по эмпирическим формулам. Формула С. Экелунда

 f з = k1×(1,05 – 0,0005×t),

где f з — коэффициент трения при захвате;

 k1,– коэффициент, учитывающий материала валков,

 k1 = l,0 - для чугунных валков;

 k1 = 0,8 – для стальных валков.

 t – температура прокатываемого металла, °C.

Так как на коэффициент трения значительное влияние ока­зывает скорость прокатки и химический состав прокатываемой стали, Б. П. Бахтинов и М.М. Штернов ввели в формулу С. Эке­лунда поправочные коэффициенты к2 и к3.

f3 = k1×k2×k3× (1,05 - 0,0005×t),

где к2 — коэффициент, учитывающий влияние окружной скоро­сти валков, определяется по графику [1],. стр 102, рис.51;

 k3 — коэффициент, учитывающий влияние химического со­става прокатываемой стали, определяется по графи­ку [1], стр 104, рис.53

 Литература: [1], стр. 79—84; [2], стр. 96—107, рис. 51, 53

***Четвертые вопросы*** контрольного задания составлены в форме теоретических вопросов или задач по теме **«**Опережение п отставание металла при прокатке».

Современная теория прокатки предполагает, что в очаге де­формации существуют три зоны. Зона отставания, опережения и прилипания.

На входе в очаг деформации наблюдается явление отстава­ния, то есть скорость вращения валков больше скорости прока­тываемого металла, на выходе из него — явление опережения, то есть окружная скорость валков меньше скорости прокатывае­мого металла, но согласно законам механики должна существо­вать зона перехода от участков замедления к участкам уско­рения.

Теоретически установлено, что границей раздела зоны отста­вания и зоны опережения служит критическое, или нейтральное сечение, по обе стороны которого расположена очень небольшая зона, в которой отсутствует скольжение металла относительно валков. Зона, в которой скорость прокатываемого металла равна окружной скорости валков, называется зоной прилипания. Зона прилипания является переходной зоной от зоны отставания к зо­не опережения.

Нейтральное сечение характеризуется углом. Угол, опреде­ляющий положение нейтрального сечения, называется нейтраль­ным, или критическим.

При разработке рациональных скоростных режимов дефор­мации на непрерывных тонколистовых и бортовых станах необхо­димо учитывать опережение.

Опережение и отставание, как относительные величины, оп­ределяются в процентах. Величина опережения находится в пре­делах от десятых долей процента до нескольких процентов.

Опережение можно определить, использовав формулы:

,

где V1 - скорость выхода металла из валков;

 Vв - окружная скорость валков.

Явление, при котором скорость входа металла в валки меньше окружной скорости валков, называется отставанием:

,

где – Vо - скорость входа металла в валки.

Опережение и отставание, как относительные величины, определяются в %.

Для теоретических расчётов величины опережения пользуются формулой Дрездена

где R – радиус валка, мм;

 h1 – конечная толщина полосы, мм;

 γ – угол нейтрального сечения, рад.

Угол γ определяется следующим соотношением:

***Пятые вопросы*** контрольного задания составлены в виде задач и охватывает весь материал, рассмотренный при подготовке ответов на предыдущие вопросы.

Пример записи и решения задач

Задание: Определить высоту металла до прокатки, если известно: диаметр валков 1150мм, угол захвата металла валками 270 , коэффициент обжатия 0,6.

Дано:

Dв=1150мм

α=270

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Определитьh0;

1. Определяем абсолютное обжатие по формуле:

 [1], стр. 77,ф.52,

Где Dв -диаметр валка, мм;

 - угол захвата, град.



2. Определить высоту металла до прокатки используя формулы:

 [1], стр. 38, ф.13,

 - коэффициент обжатия;

h0 - высота металла до прокатки, мм;

h1- высота металла после прокатки, мм.

 [1], стр. 36, ф.4,

Решение:

 выразим

**Контрольные задания № 1**

**Вариант 1**

1. Опишите механизм деформации поликристаллических тел. Определите, под каким углом действуют максимальные каса­тельные напряжения.
2. Как проявляется пластичность металла в зависимости от схемы напряженного состояния и соотношения между главными нормальными напряжениями. Приведите примеры, поясняющие ответ.
3. Установите, возможен ли захват металла валками, если

DB =500 мм, , коэффициент трения 0,45.

Приведите схему действия сил на металл в момент захвата и дайте пояснения к ней.

1. Выведите зависимость между скоростью металла на входе и на выходе из валков.
2. Определите параметры очага деформации при простом процессе прокатки, если дано:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *мм* | *мм* | мм |  *мм* |  *мм* |  *мм* | η, |  |  | *мм* |  град. | Dв | *мм* | F0мм2 |
| 0 | 120 | 100 | 3000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  | 108 |  | 4 |  |  |  |  | 1,1 |  |  | 910 |  |  |
| 2 | 95 |  |  |  | 7 |  |  |  |  |  |  | 860 |  |  |
| 3 | 90 | 90 |  |  |  |  |  |  | 1,05 |  |  | 780 |  |  |

**Вариант 2**

1. Дайте определение кристаллической решетки. Перечислить виды кристаллических решеток, и дать им характеристику.

2. На штрипсовом стане 300 из заготовки размерами 100х450х11400мм мм прокатывают полосы сечением 3х400 мм. Определите длину готовой полосы и общий коэффициент вы­тяжки

3. Возможен ли захват металла валками, если начальная высота раската 300 мм, после прохода — 240 мм. Диаметр вал­ков 800 мм. Коэффициент трения при захвате 0,32. Приведите схему действия сил на металл в момент захвата дайте пояснения

4.Определите величину опережения при прокатке горячека­таной тонколистовой стали, если h0 = 20 мм, . Диаметр валков 700 мм. Коэффициент трения 0,23.

5. Длина очага деформации при прокатке на валках диаметром 800мм составила 150мм. Определить коэффициент обжатия в данном проходе, если h0 = 300 мм

**Вариант 3**

1. Охарактеризовать механизм деформации монокристаллов. Сущность сколь­жения и двойникования. Приведите схемы, поясняющие ответ.
2. Проанализируйте уравнение и ука­жите, как зависит величина обжатия от диаметра валков и угла захвата.

1. Возможен ли захват металла валками, если высота метал­ла до прокатки 150 мм, после прокатки — 120 мм, диаметр вал­ков 550 мм, материал валков — чугун, температура металла, задаваемого в валки, 970° С. Осуществится ли прокатка, если задачу металла при прочих равных условиях вести при темпе­ратуре 1200° С? Приведите схемы действия сил на металл в мо­мент захвата при температуре 970°С и 1200°С и дайте поясне­ния к ним.
2. Определите величину опережения при прокатке, если ис­ходная высота полосы 12 мм, относительное обжатие в расчет­ном пропуске 30%, коэффициент трения 0,24, диаметр валков 600 мм.
3. Определите параметры очага деформации при простом процессе прокатки по следующим данным:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *мм* | *мм* | мм |  *мм* |  *мм* |  *мм* | η, |  |  | *мм* |  град. | Dв | *мм* | F0мм2 |
| 0 | 200 | 210 | 3000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 180 | 220 |  |  |  |  |  |  | 1,1 |  |  | 800 |  |  |
| 2 | 160 | 230 |  |  |  |  |  |  | 1,08 |  |  | 750 |  |  |
| 3 | 100 | 240 |  |  |  |  |  |  | 1,05 |  |  | 740 |  |  |

***Вариант 4***

1. Главные схемы деформаций и их влияние на пластичность металла. Привести схемы, поясняющие ответ.
2. Какие параметрыхарактеризуют форму и размеры очага информации? Приведите схему очага деформаций.
3. Возможен ли захват металла валками, если высота метал­ла до деформации 320 *мм,* после прохода 260 *мм,* диаметр валков 650 *мм.,* материал валков — сталь. Температура металла, задаваемого в валки, 1220°С. Осуществится ли захват металла, если при прочих равных условиях прокатку вести на чугунных валках? Приведите схемы действия сил на металл в момент за­хвата раската стальными и чугунными валками и дайте пояс­нения к ним.
4. Опережение при прокатке полосы с начальной толщиной 6 *мм* составило 5%. Окружная скорость валков равна 2 *м/с,* ско­рость полосы в плоскости входа ее в валки 1,5 *м/с.* Определите толщину полосы после прокатки (уширением пренебречь).
5. Определите размеры полосы до и после прокатки, если коэффициент обжатия в расчетном пропуске 0,75; коэффи­циент вытяжки 1,25; абсолютное обжатие 25 *мм,* абсолют­ное уширение 7,5 *мм;* длина раската после прокатки 7,5 *м.*

***Вариант 5***

1. Сформулируйте теорию предельного состояния . Напишите уравнение пластичности, устанавливающее связь между тремя главными напряжениями

1. Главные напряжения и возможные их схемы. Привести схемы, поясняющие ответ.

 3. Возможен ли захват металла валками, если высота метал­ла до деформации 600 *мм,* диаметр валков 1000 *мм.,* коэффициент трения при захвате 0,484; относительное обжатие за проход15%. Приведите схемы действия сил на металл в момент за­хвата раската валками и дайте пояс­нения к ним.

4. При прокатке заготовки на непрерывном заготовочном стане опережение составило 4%. Определить коэффициент трения при захвате если диаметр валков 600 *мм.,* высота метал­ла до деформации 160 *мм,* относительное обжатие за проход=20%.

5. Прокатка круга диаметром 10мм из заготовки 80х80х12000ммпроведена за 15 проходов. Определить средний коэффициент вытяжки и длину раската после проходов.

Вариант 6

1. Охарактеризовать холодную деформацию и явления, се сопровождающие. Область применения холодной деформации.
2. Перечислить основные коэффициенты деформации, связь между ними.
3. Возможен ли захват металла валками, если диаметр вал­ков 950 мм. высота металла на входе в валки 290 мм, после прохода — 220 мм, угол трения 25°? Приведите схему дейст­вия сил на металл в момент захвата и дайте пояснения к ней.
4. Определите величину опережения при прокатке, если ис­ходная высота 130 мм, относительное обжатие в заданном про­пуске 25%, коэффициент трения 0,36, диаметр валков 500 мм.
5. Определите массу исходного продукта прокатки, если ко­эффициент вытяжки составил 1,25, коэффициент обжатия 0,08, длина раската после прокатки 3,9 м, абсолютное обжатие 60мм, абсолютное уширение 20 мм. Плотность стали принять рав­ной 7,8 т/м3.

**Вариант 7**

1. Объяснить закон постоянства объема и его практическое значение.

1. Какая схема напряженного состояния имеет место в очаге деформации при прокатке и волочении? Нарисуйте схемы, пояс­няющие ответ. Поясните, за счет действий каких сил возникают главные нормальные напряжения σ1, σ2, σ3.
2. Возможен ли захват металла валками, если диаметр вал­ков 450 мм, относительное обжатие за проход составило 15%, высота после прохода 120 мм. Прокатка ведется па стальных валках, угол трения при этом 21°. Осуществится ли захват металла, если при прочих равных условиях прокатку вести на чугунных валках? Приведите схемы действия сил на металл в момент захвата раската стальными и чугунными валками и дайте пояснения к ним.
3. Определите величину опережения при прокатке, если диа­метр валков 450 мм, коэффициент трения при прокатке 0,3, тол­щина прокатываемой полосы h1 = 18 мм, относительное обжатие у, заданном пропуске 22%.
4. Определите длину очага деформации при прокатке поло­сы в валках диаметром 530 мм, при угле захвата 23°.

**Вариант 8**

1.Объяснить горячую деформацию и явления, ее сопровождающие. Об­ласть применения горячей деформации.

 2. Определите параметры очага деформации при простом процессе прокатки, если дано:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *мм* | *мм* | мм |  *мм* |  *мм* |  *мм* | η, |  |  | *мм* |  град. | Dв | *мм* | F0мм2 |
| 0 | 80 | 80 | 4000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  | 10 |  |  |  | 1,04 | 1,1 |  |  | 800 |  |  |
| 2 |  | 110 |  |  |  |  | 0,9 |  | 1,08 |  |  | 750 |  |  |
| 3 | 65 |  |  |  |  |  |  |  | 1,05 |  |  | 740 |  |  |

3. Угол трения при захвате чугунными валками составил 17°45'. Возможна ли прокатка, если начальная высота металла 140 *мм,* после прохода 110 *мм,* диаметр валков 530 *мм?* Осу­ществится ли захват металла, если при прочих равных условиях прокатку вести на стальных валках? Приведите схемы действия сил на металл в момент захвата металла чугунными и стальны­ми валками и дайте пояснения к ним.

1. При прокатке полосы h0 = 12 *мм* с обжатием 2 *мм* опере­жение составило 3%. Определите коэффициент трения, если диа­метр валков 350 *мм.*
2. Определите относительное обжатие при прокатке, если диаметр валков 450 *мм,* толщина полосы после пропуска 44 *мм,* длина очага деформации 60 *мм.*

***Вариант 9***

1. Дайте понятие дислокации, назовите виды дислокаций. Влияние дислокаций на прочность кристаллических веществ.'
2. На проволочном стане 250 получают катанку диаметром 6,5 *мм* из заготовки 60×60 ×11500 *мм.* Средняя вытяжка за проход 1,28. Определите число проходов и длину полосы после прокатки.
3. Установите, возможен ли захват металла валками, если диаметр валков 650 *мм,* валки стальные, температура прокаты­ваемого металла 1150° С, коэффициент обжатия 0,72, высота после прокатки 216 *мм.* Приведите схему действия сил па ме­талл в момент захвата и дайте пояснения к пен.
4. Прокатка листа hi = 2,8 *мм* ведется с обжатием 0,6 *мм* па валках диаметром 550 *мм,* коэффициент трения при прокатке 0,12. Определите величину опережения.
5. Сечение заготовки 200×200 *мм,* скорость входа полосы в очаг деформации 3,2 *м/с,* скорость выхода из очага Деформа­ции 4,5 *м/с.* Определите площадь поперечного сечения полосы после прокатки.

***Вариант 10***

1. Сформулируйте закон наименьшего сопротивления. Какое практическое значение имеет этот закон?
2. Определите параметры очага деформации при простом процессе прокатки, если дано:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *мм* | *мм* | мм |  *мм* |  *мм* |  *мм* | η, |  |  | *мм* |  град. | Dв | *мм* | F0мм2 |
| 0 | 160 | 160 | 4000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 120 | 168 |  |  |  |  |  |  | 1,1 |  |  | 800 |  |  |
| 2 |  |  |  |  | 8 |  | 0,9 |  | 1,08 |  |  | 750 |  |  |
| 3 | 100 |  |  |  |  |  |  | 1,03 | 1,05 |  |  | 740 |  |  |

3. На валках блюминга 1300 (катающий диаметр валков 1120*мм)* сделана насечка, благодаря чему коэффициент трения составляет 0,57. Определите максимальный угол захвата и мак­симальное обжатие, при которых возможен захват металла вал­ками. Приведите схему действия сил на металл в момент захва­та и дайте пояснения к пей.

1. Определите величину опережения, если диаметр валков 500 *мм,* толщина полосы после прокатки 2,5 *мм,* критический угол 3°.
2. Полосу прокатывают в три прохода на валках диаметром 800 *мм.* Угол захвата по проходам = 9°,= 8°, = 7°. Опре­делите обжатие, толщину и длину полосы после каждого про­хода, суммарное обжатие, общий коэффициент вытяжки. Разме­ры полосы после прокатки 12 х 600 х1000 *мм.*

**Методические указания к контрольному заданию № 2**

***Первые вопросы*** контрольного задания — это задачи по определению площади контактной поверхности. Площадь кон­тактной поверхности FK определяется как произведение сред­ней ширины очага деформации Ьср на длину контактной поверх­ности 1.

Литература: [1], стр. 74—84, рис. 38; [3], стр. 10—14, рис. 1.

При прокатке листов, лент и других профилей прямоуголь­ного сечения площадь контактной поверхности определяется по формуле:

где ширина профиля до и после прокатки, мм;

 радиус валков, мм;

 абсолютное обжатие, мм.

При прокатке в калибрах (прокатка круга, овала, квадрата на ребро, уголков и др.) площадь контактной поверхности мо­жет быть определена приблизительно по формуле:

В этом случае обжатие принимается равным среднему линейному обжатию за проход, т. е.

где площадь сечения металла до и после прохода,

ширина металла до и после прохода, мм;

***Вторые вопросы*** контрольного задания рассматривают зависимость уширения и удельного давления от различных фак­торов.

При обжатии металла в валках он течет как в продольном, так и в поперечном направлениях — увеличиваются длина и ши­рина выходящей полосы.

Приращение ширины полосы называют уширением. Разли­чают уширение свободное, несвободное (ограниченное) и вынуж­денное. Уширение имеет большое практическое значение и обя­зательно учитывается при расчете калибровки.

При прокатке профилей, имеющих ширину большую, нежели исходная заготовка, уширение рассматривается как положи­тельный фактор. При прокатке металла малой ширины из заго­товки большего сечения уширение нежелательно, так как рабо­та, затраченная на поперечную деформацию, в этом случае ока­зывается излишней.

Уширение зависит от различных факторов и, рассматривая эту зависимость, важно не только определить, как изменяется уширение под влиянием того или иного фактора, но-и объяснить причину этой зависимости.

Необходимо учитывать соотношение между продольной и по­перечной деформациями металла При прокатке, которое опреде­ляется схемой напряженного состояния, зависимостью между нормальными напряжениями применительно к рассматриваемо­му случаю и законом наименьшего сопротивления.

Определение уширения с учетом всех факторов, влияющих па пего, задача сложная. Поэтому для подсчета уширения уча­щийся может использовать формулы, которые содержат лишь основные факторы, влияющие на него, действие же остальных факторов учитывается опытными коэффициентами.

Для подсчета уширения можно использовать формулы: С. Н. Петрова — Е. Знбеля, Б. П. Бахтинова, С. И. Губкина, А. Н. Чекмарева.

Учащийся должен уметь проанализировать точность вышеуказанных формул и дать их сравнительную характеристику.

Литература: [1], стр. 108—117; [3], стр. 170—227; [4], стр. 128—136.

При обжатии в валках металл оказывает внутреннее сопро­тивление деформации. Давление, которое возникает в момент прокатки между металлом и валками, должно преодолеть внут­реннее сопротивление металла и заставить его изменить свою форму.

Давление в очаге деформации, отнесенное к единице площа­ди контактной поверхности металла с валками, называется кон­тактным (средним удельным) давлением, оно обозначается че­рез рср и измеряется в II/мм2, кГс/мм2, МП а.

Величина контактного давления зависит от различных фак­торов: диаметра валков, внешнего трения, натяжения, хим.соста­ва прокатываемой стали, температуры нагрева металла, ско­рости и степени деформации. Чтобы правильно ответить на вопрос о влиянии различных факторов на величину контактного (удельного) 'давления, необходимо повторить материал, рас­сматривающий возможные схемы напряженного состояния, об­ратив особое внимание на влияние схемы напряженного состоя­ния на проявление пластических свойств и способность металла деформироваться.

Литература: [1], стр.124—151; [3], стр.275—319; [4], стр.153—172.

***Третьи вопросы*** задания составлены в виде задач на оп­ределение контактного (среднего удельного) давления и уси­лия прокатки (давления на валки).

Для определения рациональных режимов обжатий, расчета на прочность деталей рабочей клети, определения мощности дви­гатели необходимо знать величину усилия прокатки (давления металла на валки).

Полное усилие прокатки определяется по формуле:

P = рср ×Fк , (кН)

где Fк- площадь контакта металла с валками, мм2

рср - среднее удельное давление, *Н/мм2*

то есть величина усилия прокатки зависит от контактного давле­ния (среднего удельного) и площади контакта металла с вал­ками.

Величина контактного давления (среднего удельного) опре­деляется по теоретическим формулам или экспериментальным данным.

На практике чаще всего используют следующие методы расчета контактных давлений.

 Метод С. Экелунда

,

где f – коэффициент трения, определяемый по формулам:

 f=1,05-0,0005t - для стальных валков;

 f=0,8(1,05-0,0005t) – для чугунных валков.

 k – удельное статическое сопротивление металла сжатию, кг/мм2;

 k=(14-0,01 t)(1,4+C+Mn+0,3Cr)

 η – вязкость металла, кг\*сек/мм2;

 η=0,01(14-0,01 t)

где t – температура прокатки, С0;

 V – окружная скорость валков, мм/сек.

 C, Mn, Cr – содержание в металле углерода, марганца, хрома, %.

Метод Головина-Тягунова:

, кг/мм2

где p0 – полезное удельное давление;

 f – коэффициент трения (по Головину f принимается в пределах 0,3-0,33).

Величина p0 определяется по формулам:

- при t<(tпл.-575) ,

- при t>(tпл.-575) ,

где tпл. – температура плавления стали, С0;

σп.ч. — предел прочности стали Н/мм2

Значения tпл. и σп.ч выбираются по графику [1], стр. 133 рис. 72

Метод А.И. Целикова

Для определения контактного (среднего удельного) давле­ния пользуются не формулой А. И. Целикова, а диаграммой рис.71,[1] стр.131. Литература: [1], стр. 128—131, диаграммы рис. 67,69, 70,71,72; [1], стр.134

На диаграмме 71 по оси ординат отложена величина ,

где к – коэффициент сопротивления металла деформации:

 к = 1,15×σт,, а по оси абсцисс – интегральный коэффициент δ, определяемы по формуле:

 ,

где f – коэффициент трения, определяемый по формулам: f=1,05-0,0005t0

 **-** для стальных валков; f=0,8(1,05-0,0005t0);

 – для чугунных валков.

Определяем относительную величину деформации по высоте в каждом проходе: ;

Определяем интегральный коэффициент δ

 Находя значение =n, находим среднее удельное давления

p=k×n=1,15× σт×n,

где σт – предел текучести или предел прочности (сопротивление деформации) при температурах, соответствующих температуре деформации.

Для определения предела текучести диаграмма рис.72 , где по оси ординат отложен предел текучести (предел прочности), а по оси абсцисс – температура.

Примеры расчетов, данные в литературе [1], с. 131—135; помогут при определении контактного (среднего удельного) давления.

***Четвертые вопросы*** контрольного задания требуют зна­ния методики определения затрат энергии по моменту прокатки. Момент на валу двигателя, необходимый для привода валков прокатного стана, слагается из следующих величин:

,

где - момент прокатки, приведенный к валу стана, кН∙м или тс∙м;

 - момент трения, приведенный к валу двигателя, кН∙м или тс∙м;

 - момент холостого хода, приведенный к валу двигателя, кН∙м или тс∙м;

 - динамический момент, приведенный к валу двигателя, кН∙м или тс∙м;

U - передаточное число от двигателя к валкам.

Сумма Мпр + Мтр +Мхх ± Мн составляет статический мо­мент. Мпр , М тр и Мхх неизбежны для любого процесса прокатки.

Отношение момента прокатки, приведенного к валу двига­теля, к статическому моменту составляет коэффициент полез­ного действия прокатного стана

В зависимости от конструкции прокатного стана величина коэффициента полезного действия колеблется в преде­лах 0,75 - 0,9.

Основной составляющей статического момента является момент прокатки.

Мпр — это момент, направленный на преодоление сопротив­ления деформации прокатываемого металла и возникающих при прокатке сил трения металла о валки.

При прокатке на гладких валках одинакового диаметра, когда оба валка приводные, момент прокатки определяется по формуле:

,

где Р – полное давление металла на валки, кН;

 - коэффициент плеча равнодействующей, показывающий, какую часть от очага деформации составляет плечо силы.

При практических расчетах рекомендуется коэффициент принимать в следующих пределах:

 а) при горячей прокатке ,

 б) при холодной прокатке

- это момент, направленный на преодоление добавочных сил трения в подшипниках валков и в передаточных механизмах стана. Добавочные силы трения возникают лишь при прохождении металла через валки.

Момент трения определяется по формуле:

кН∙м;

где - момент, направленный на преодоление добавочных сил трения только в подшипниках валков;

 - передаточное число редуктора.

, кН∙м;

где Р – полное давление металла на валки кН;

 d - диаметр шейки валка, м;

 f - коэффициент трения в подшипниках валков.

Значение коэффициента трения зависит от конструкции подшипников, условий их работы и принимаются в пределах:

 а) для подшипников качения или жидкостного трения

 б) для подшипников из пластмассы (текстолит)

 в) для подшипников с металлическими вкладышами (бронза, баббит и др.)

 - момент, направленный на преодоление добавочных сил трения в механизмах передачи (шестеренная клеть, редуктор, шпиндели и др.).

, кН∙м;

где - коэффициент полезного действия передачи от двигателя к валкам.

Значения принимаются в зависимости от передачи:

 а) для зубчатой одноступенчатой передачи ;

 б) для ременной передачи ;

 в) для канатной передачи .

 - это момент, направленный на преодоление сил трения в подшипниках валков и передаточных устройств стана во время холостого хода, то есть во время пауз.

Момент холостого хода стана равен сумме моментов, необходимых для вращения каждой детали, то есть

,

где - момент, требующийся для вращения одной детали.

,

где G - вес данной детали, кг или т;

 d – диаметр шейки детали,м;

 f - коэффициент трения подшипников детали;

 u – передаточное число между двигателем и данной деталью.

На основании практических данных иногда принимают, что момент холостого хода равен 3-6% от номинального момента двигателя.

 - это момент, направленный на преодоление сил инерции при изменении скорости вращающихся деталей привода стана (валков, шпинделей, муфт, шестерен, якоря двигателя), и возникает только на станах, где скорость прокатки в печении прохода металла через валки меняется (блюминги, слябинги, реверсивные станы и др.) и определяется по формуле:

**,** кН∙м

где G×D2 — маховой момент всех вращающихся деталей глав­ной линии (эта величина известна из паспорта стана);

 — угловое ускорение (замедление) двигателя при прокатке,

В зависимости от типа стана и характеристики двигателя

Момент от сил натяжения определяется по формуле:

Мн = (Q2-Q1)-RB .

 где Q1 и Q2 — соответственно переднее и заднее натяжения. Литература: [1], стр. 151-169.

***Пятые вопросы*** контрольного задания требуют знаний построения диаграмм механической нагрузки на валу двигателя, причин, вызывающих неравномерную деформацию при прокатке.

Для установления потребной мощности главного привода и установления рациональных режимов обжатий необходимо знать энергетические затраты.

Мощность главного двигателя можно определить по формуле:

Nдв =Мдв× W, Вт,

где Мдв — крутящий момент на валу двигателя;

 w — угловая скорость вращения вала двигателя, 1/с.

где n — число оборотов двигателя в минуту.

Методика определения Мдв зависит от типа стана и приня­того на стане способа прокатки. Для станов линейного типа, ра­ботающих без перекрытия (нагрузка на двигатель образуется одновременно только от одного пропуска), мощность двигателя определяется по максимальному расчетному моменту. На ста­нах, работающих с перекрытием (нагрузка на двигатель прихо­дится от двух, трех и более пропусков), на реверсивных станах и станах, работающих с маховиком, момент на валу двигателя не остается постоянным, и, чтобы определить его, необходимо построить диаграмму механической нагрузки на валу двигателя.

Графическое изображение изменения момента во времени называется диаграммой механической нагрузки на валу двига­теля. Диаграмма механической нагрузки строится в координа­тах: момент двигателя — время. Принцип построения диаграмм механической нагрузки доступно изложен в [1], стр.160—164, рис. 86, 87.

Процесс пластической деформации сопровождается неравно­мерной деформацией изделия по ширине, высоте и длине. Не­равномерность возникает от ряда факторов, которые неизбежны при процессах пластической обработки (неоднородность физико-химических и механических свойств, трение на контактных по­верхностях, неравномерное сечение раската, степень деформации, различие в диаметре валков и др.). Все это приводит к возник­новению дополнительных напряжений, снижающих пластич­ность, повышающих сопротивление деформации, что требует повышенного расхода энергии. Неравномерная деформация ве­дет к образованию остаточных напряжений первого, второго и третьего рода.

Наличие остаточных напряжений в изделиях нежелательно, так как они снижают пластические свойства прокатываемого металла. Для их снятия изделия подвергают низкотемператур­ному отжигу.

Литература: [1], стр. 113—124; [4], стр. 147—153.

Особые случаи прокатки. К ним можно отнести прокатку в калибрах, в валках разного диаметра, с одним приводным валком, винтовую прокатку и др.

Особое внимание необходимо обратить на процесс непрерыв­ной прокатки, при котором полоса одновременно прокатывается в нескольких клетях.

При прокатке в калибрах все параметры, характеризующие процесс деформации, определяются средними значениями и на­ходятся по формулам простого случая прокатки.

Среднее обжатие в калибре

∆hср=h0ср-h1ср ;

гдеh0ср и h1ср – соответственно средняя высота полосы до и после прокатки;

*; ;*

где F0 и F1 — площадь полосы до и после прокатки;

 Ь0 и b1 — ширина полосы до и после прокатки.

Средний катающий диаметр

где Do — начальный диаметр валков.

Средняя длина очага деформации

Непрерывный процесс прокатки — это такой процесс, при котором полоса одновременно прокатывается в нескольких кле­тях, расположенных последовательно одна за другой. При про­катке может возникать натяжение или подпор полосы.

Основным условием непрерывной прокатки служит закон по­стоянства секундных объемов.

F∙V = const, *мм3,/с .*

Секундный объем металла, проходящий через любую клеть непрерывного стана, есть величина постоянная.

 Произведение V∙F —-константа прокатки.

*Литература:* [1], с. 169—186.

**Контрольные задания № 2**

*Вариант 1*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке металла прямоугольного сечения, если диаметр валков 950 *мм,* угол захвата в расчетном пропуске составил 22°, коэф­фициент уширения 1,05, абсолютное уширение 10 *мм.*
2. Как влияет на контактное давление температура металла, скорость и степень деформации? Объясните причину такой за­висимости.
3. Полосу из стали Ст. 3 сечением 350х 310 *мм* прокатали до размеров 290 х 320 *мм* на валках диаметром 1000 *мм,* ско­рость прокатки 4*м/с,* коэффициент трения при прокатке 0,45, температура металла 1050°С. Определите контактное (среднее удельное) давление по формуле С. Экелунда и усилие прокатки (давление на валки).
4. Определите момент прокатки и момент трения в задан­ном пропуске, если усилие прокатки (давление при прокатке) 2,5 *МН* (250*тс),* абсолютное обжатие 35*мм,* передаточное чис­ло редуктора 4, диаметр рабочих валков 650 *мм,* диаметр шейки валка 390 мм, подшипники валков — текстолитовые, коэффи­циент полезного действия передачи от двигателя к вал­кам *ɳобщ* = 0,85
5. Определите работу при прокатке полосы по следующим данным: начальное сечение 60 x 60х1000 *мм,* после прокат­ки 40 х 63*мм.* Контактное (среднее удельное) давление 65 *МН/м2* (6,5 *кГс/мм2).*

*Вариант 2*

1. На стане холодной прокатки прокатывают лист шириной 1600 *мм,* угол захвата составил 6°. Определите площадь кон­тактной поверхности, если диаметр стальных валков 500*мм,* контактное (среднее удельное) давление в расчетном пропуске 750 *МН/м.2* (75 *кГс/мм2). ,*
2. При холодной прокатке топких листов, лепт используют полированные и шлифованные валки, применяют технологиче­скую смазку. Объясните, с какой целью это делается.
3. Раскат сечением 125х160 *мм* из стали 30 прокатан на валках диаметром 550*мм.* Коэффициент вытяжки при прокат­ке 1,3; коэффициент уширения 1,05. Температура металла в рас­четном пропуске 1080°С. Определите контактное (среднее удель­ное) давление по формуле А. Ф. Головина, В. А. Тягунова и уси­лие прокатки (давление на валки).
4. Определите момент на валу двигателя блюминга в задан­ном пропуске, если диаметр валков блюминга 1100 *мм,* диаметр шейки валка 650мм, усилие прокатки (давление при прокатке) в расчетном пропуске 3,8 *МН* (380 *тс),* абсолютное обжатие при прокатке составило 85*мм;*подшипники валков блюминга тексто­литовые, коэффициент полезного действия передачи от двигате­ля к валкам *ɳобщ* =0,95, U = 1. Момент холостого хода принять равным 0,04 *МН-м* (4 *тс-м);* динамический момент 0,4 *МН-м* (40 *тс-м).*
5. Какие причины вызывают неравномерность деформации по ширине полосы и какие явления ее сопровождают?

*Вариант 3*

1. При прокатке в валках диаметром 600 *мм* из квадрата со стороной 45 *мм* получен овал шириной 60 *мм.*Определите пло­щадь контактной поверхности, если коэффициент вытяжки в расчетном пропуске составил 1,35.
2. Объясните, от чего будет зависеть величина среднего удельного давления.
3. Пользуясь методом А. И. Целнкова, определи re контакт­ное (среднее удельное) давление и усилие прокатки (давление на валки) при прокатке листов из стали с содержанием углеро­да 0,15%. Толщина прокатываемых листов 6мм***,*** ширина 800 *мм,* коэффициент обжатия 0,75, диаметр валков 600мм***,*** материал валков — закаленный чугун. Температура металла в расчетном пропуске 900°С.

4 Определите момент холостого хода блюминга, если вес одного рабочего валка равен 35 *тс,* вес одного шестеренного валка — 28 *тс,* диаметр шейки рабочего валка 690мм***,*** диаметр шейки шестеренного валка 600мм***.*** Подшипники рабочих и ше­стеренных валков текстолитовые. Привод блюминга безредукторный; момент холостого хода остальных вращающихся частей принять равным 0,022 *МН-м* (2,2 *тс∙м)*

5 Какие причины вызывают неравномерность деформации по толщине полосы и какие явления ее сопровождают?

*Вариант 4*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке металла прямоугольного сечения, если диаметр валков 850 *мм,*площадь поперечного сечения раската после прокат­ки 8200 *мм2,* коэффициент вытяжки 1,30, начальная ширина по­лосы 100 *мм,*коэффициент уширения 1,2.

1. Объясните, почему при прокатке на валках диаметром 500 *мм* величина контактного давления (при прочих равных условиях) меньше, чем контактное давление при прокатке на валках диаметром 700 *мм.*
2. Сталь, содержащая 0,25% углерода, 0,5% марганца, про­катана на стальных валках диаметром 850 *мм* при температу­ре 1000°С. Скорость прокатки 2,5 *м/с,* обжатие в расчетном пропуске составило 40 *мм,* коэффициент обжатия 0,8, ширина раската до пропуска 200 *мм,* коэффициент уширения 1,05. Опре­делите контактное (среднее удельное) давление по формуле С. Экелунда и усилие прокатки (давление на валки).
3. Определите момент прокатки и момент трения в заданном пропуске, если усилие прокатки (давление при прокатке) 2МН (200 *тс),* абсолютное обжатие 40 *мм,* передаточное число редуктора 2,75, диаметр рабочих валков 800 *мм;* диаметр шейки валка 450 *мм,* коэффициент трения в подшипниках 0,35, коэф­фициент полезного действия передачи от двигателя к вал­кам *ɳобщ* = 0,9.
4. Определите работу при прокатке полосы по следующим данным: начальное сечение 80x80х1200 *мм.* после прокат­ки 60х83 *мм.* Контактное (среднее удельное) давление 75 *МН/м2* (7,5 *кГс/мм2).*

*Вариант 5*

1. Определите площадь контактной поверхности при про­катке сляба на стане трио Лаута, если диаметр среднего вал­ка 700 *мм,* верхнего и нижнего 900*мм,* размеры сляба до пропуска 200х1100 *мм,* после пропуска 175 х 1105 *мм.*
2. Зависимость контактного давления от натяжения. Объяс­ните зависимость, приведите схемы напряженного состояния, поясняющие ответ.
3. Пользуясь методом А. И. Целикова, определите контакт­ное (среднее удельное) давление и усилие прокатки (давление на валки) при прокатке стали с содержанием углерода 0,45% на чугунных валках диаметром 500 *мм* при температуре 950°С. Площадь поперечного сечения раската до прокатки 3000*мм2,* толщина полосы после пропуска 24*мм,* относительное обжатие при прокатке 20%, коэффициент уширения 1,05.
4. Определите момент на валу двигателя, необходимый для привода обжимной клети среднесортного стана, по следующим данным: усилие прокатки (давление при прокатке) 1,57*МН* (157 *тс),* абсолютное обжатие в расчетном пропуске 30*мм,* передаточное число от двигателя к валкам 1,75, диаметр валков 600*мм,* диаметр шейки валка 360*мм,* подшипники вал­ков текстолитовые, коэффициент полезного действия передачи от двигателя к валкам *ɳобщ* = 0,92, момент холостого хода об­жимной линии принять равным 0,005 *МН-м* (0,5 *тс-м).*

5. Перечислите особые случаи прокатки. Охарактеризуйте непрерывный процесс прокатки.

*Вариант 6*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке в ящичном калибре, если диаметр валков 950*мм,* сечение раската до пропуска 300х200*мм,* коэффициент обжатия 0,834, абсолютное уширение в расчетном пропуске составило 10*мм.*
2. Дайте определение «уширение металла при прокатке», его практическое значение. Назовите виды уширения и приведите примеры.
3. Полоса, имевшая до пропуска сечение 280 х 280 *мм,* про­катана с обжатием 25% на валках диаметром 850*мм.* Темпера­тура металла в расчетном пропуске 1150°С, прокатываемая сталь содержит углерода 0,5%. Коэффициент вытяжки при про­катке составил 1,25. Определите контактное (среднее удельное) давление по формуле А. Ф. Головина и В. А. Тягунова и усилие прокатки (давление на валки).
4. Определите момент на валу двигателя, необходимый для привода валков черновой клети проволочного стана с диаметром валков 400*мм.* Диаметр шейки валка 250*мм,* усилие прокатки (давление при прокатке) в расчетном пропуске 1,2 *МН* (120 *тс),* абсолютное обжатие 15мм, коэффициент трения в подшипниках валков 0,003, коэффициент полезного действия передачи от дви­гателя к валкам  *ɳобщ* = 0,88. Передаточное число редуктора 10,8 Момент холостого хода принять равным 0,0015 *МН∙м(0,*15 *тс∙м).*
5. Какие причины вызывают неравномерность деформации по длине полосы и какие явления ее сопровождают?

*Вариант 7*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке металла в овальном калибре, если диаметр валков равен 300 *мм,* высота квадрата, задаваемого плашмя в овальный ка­либр, 25 *мм,* коэффициент вытяжки при прокатке 1,45, ширина овального калибра 30 *мм.*
2. Какие коэффициенты и величины характеризуют уши­рение?
3. Сталь, содержащая углерода 0,3%, марганца 0.7% и хро­ма 1%, прокатана на закаленных чугунных валках диаметром 650 *мм* при температуре 1100°С. Скорость прокатки 1,2 *м/с.* сечение полосы до пропуска 20X 200 *мм,* после пропуска 12x204 *мм.* Определите контактное (среднее удельное) давле­ние по формуле С. Экелунда и усилие прокатки (давление на валки).
4. Определите момент трения при прокатке на одноклетевом толстолистовом стане, если усилие прокатки (давление при про­катке) в заданном для расчета пропуске составило 6,9 МН (690 *тс),* диаметр рабочих валков 980 *мм,* диаметр шей­ки валка 650 *мм,* подшипники валков текстолитовые, коэффи­циент полезного действия передачи от двигателя к вал­кам *ɳобщ* = 0,91, абсолютное обжатие в расчетном про­пуске 13 *мм.*
5. Прокатка профиля ведется в несколько (5—11) пропусков. Объясните, в каких пропусках, первых или последних, неравно­мерность деформации должна быть больше и почему.

*Вариант 8*

1. Определите площадь контактной поверхности на трехвал-ковом стане (трио Лаута) 900/700/900 при прокатке листа шири­ной 1200*мм.* Высота исходного раската 130*мм,* относительное обжатие в расчетном пропуске составило 30%.
2. Приведите формулы для численного определения ушире­ния и дайте анализ точности этих формул.
3. Пользуясь методом А. И. Целикова, определите контакт­ное (среднее удельное) давление и усилие прокатки (давление на валки) по следующим данным: величина обжатия в расчетном пропуске 30*мм,* коэффициент обжатия 0,8, абсолютное уши­рение 5 *мм,* коэффициент уширения 1,04, диаметр стальных вал­ков 650 мм. Прокатываемая сталь содержит углерода 0,35%, температура металла в расчетном пропуске 1000 С.
4. Определите коэффициент полезного действия одноклете-вого реверсивного стана дуо для прокатки толстолистовой стали по следующим данным: момент на валу двигателя составил 1,16 *МН∙м* (116 *тс∙м),* диаметр валков 980 *мм,* абсолютное об­жатие в расчетном пропуске 25*мм,* усилие прокатки (давление при прокатке) в расчетном пропуске 55 *МН*(5500 *тс),* U=1. Динамический момент принять равным 0,3 *МН∙м* (30 *тс∙м).*
5. Объясните смысл прокатки с натяжением полосы между клетями и с образованием петли между ними. Поясните преиму­щества и недостатки каждого способа.

*Вариант 9*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке полосы в ящичном (прямоугольном) калибре, если диаметр валков 600 мм, площадь поперечного сечения раската после прокатки

23000*мм2,* коэффициент вытяжки 1,34, коэффициент уширения 1,07, абсолютное обжатие 15 *мм.*

2. Влияние на величину уширения диаметра валков, обжа­тия, ширины полосы и числа пропусков. Объясните причину такого влияния.

1. Прокатывается сталь с содержанием углерода 0,40%, мар­ганца 0,8%, хрома 0,20%. Площадь поперечного сечения раска­та до прокатки 50000*мм2,* относительное обжатие 25%, ширина полосы после прокатки 250*мм,* коэффициент уширения в расчет­ном пропуске 1,09. Температура прокатки 1050°С, скорость про­катки 1,5 *м/с,* диаметр валков 900 *мм,* валки стальные кованые. Определите контактное (среднее удельное) давление по форму­ле С. Экелунда и усилие прокатки (давление на валки).
2. Определите момент трения при прокатке, если усилие про­катки (давление при прокатке) в расчетном пропуске составило 2,5 *МН* (250*тс),* диаметр валков рабочей клети 950 *мм,* диаметр шейки валка 560 *мм,* подшипники валков текстолитовые, коэф­фициент полезного действия передачи от двигателя к вал­кам  *ɳобщ* =0,93, абсолютное обжатие 45 *мм,* U = 1.

5. Объясните принцип построения диаграммы нагрузки на валу двигателя реверсивного стана.

*Вариант 10*

1. Определите площадь контактной поверхности при прокат­ке на стальных валках, если диаметр валков 450 мм, ширина полосы 750 мм, абсолютное обжатие 3,0 мм, контактное (среднее удельное) давление 720 МН/м2 (72 кГс/мм2).

2. Влияние на величину уширения коэффициента трения, температуры металла, состояния поверхности валков. Объясни­те причину такого влияния.

3.Полоса, имевшая до прокатки площадь поперечного сече­ния 6000 мм2, прокатана на валках диаметром 700мм, с обжа­тием 40%. Ширина раската после прокатки 110мм, коэффициент уширения в расчетном пропуске составил 1,1 температура ме­талла в расчетном пропуске 900°С, содержание углерода в ста­ли 0,35%. Определите контактное (среднее удельное) давление но формуле А. Ф. Головина, В. Н. Тягунова и усилие прокатки (давление на валки).

4. Определите статический момент и коэффициент полез­ного действия стана по следующим данным: диаметр валков ра­бочей клети 450мм, усилие прокатки (давление при прокатке) в расчетном пропуске 1,3 МН (130тс), абсолютное обжатие 20мм, передаточное число редуктора 2,7 диаметр шейки рабо­чего валка 280мм, подшипники валков текстолитовые, коэффи­циент полезного действия передачи от двигателя к вал­кам *ɳобщ* =0,89. Момент холостого хода принять равным 0.0025 МН∙м (0,25тс∙м).

5. Объясните принцип построения диаграммы нагрузки на валу двигателя с постоянной скоростью вращения.

***Вопросы к экзамену***

1. Перечислить и охарактеризовать виды получения изделий деформацией.
2. Что такое кристаллическая решетка и какие виды кристаллических решеток вы знаете?
3. Какой тип решетки можно считать наиболее пластичным из ОЦК, ГЦК, ГПУ и почему
4. Какие тела бывают, чем они отличаются?
5. Записать три свойства твердых тел и дать характеристику.
6. Объяснить отличие монокристалла и поликристалла.
7. Перечислить и охарактеризовать дефекты кристалла.
8. Что называется дислокацией, дать характеристику дислокации.
9. Какое тело называется поликристаллическим? Чем обусловлено поликристаллическое строение металлов? Что такое кристаллит (зерно)
10. Что такое анизотропия и чем она обусловлена?
11. Что такое плоскость скольжения? Какие кристаллографические плоскости чаще всего являются плоскостями скольжения?
12. Объяснить механизмы возникновения и размножения дислокаций. Какие дополнительные механизмы размножения дислокаций появляются при деформации поликристаллического тела по сравнению с деформацией монокристаллов?
13. Как можно охарактеризовать процесс образования кристаллов
14. Какое тело называется поликристаллическим? К образованию каких дефектов приводит перемещение атома из узла кристаллической решетки?
15. Объяснить что такое наклеп и чем он обусловлен?
16. Что мы называем дислокацией? Приведите примеры дислокаций
17. Охарактеризовать деформирующие силы:( внешние и внутренние)
18. Дать характеристику напряжениям ( нормальное σ и касательное τ)
19. Чем объясняется наличие остаточных напряжений в деформированном металле после снятия нагрузки? Виды остаточных напряжений.
20. Охарактеризовать главные деформации и их. Закон постоянства объема
21. Рассмотреть три возможные схемы главных деформаций.
22. Охарактеризовать совокупность схемы главных напряжений и схемы главных деформаций.
23. Чем обусловлено упрочнение (наклеп) металла в процессе пластической деформации?
24. Какие явления возникают при деформации металла при повышенных температурах?
25. Перечислить и дать характеристику основным законам пластической деформации***.***
26. Объяснить влияние горячей деформации на свойства металла.
27. Влияние скорости деформации на пластичность и сопротивление деформированию при холодной и горячей обработке металлов давлением. Как влияет скорость деформации на скорость размножения дислокаций.
28. Что является пластичностью металла. Перечислить факторы, влияющие на пластичность металла. Методы оценки пластичности
29. Объяснить физический и геометрический очаг деформации .

# Объяснить что такое трение и с чем оно связано.

# Охарактеризовать факторы влияющие на коэффициент трения при прокатке .

1. Стадии процесса прокатки. Охарактеризовать каждую стадию процесса прокатки. Что такое установившейся процесс
2. Дать характеристику опережению и отставанию при деформации металла.
3. Объяснить сущность явлений опережения и отставания при ОМД. От каких факторов зависит опережение?
4. Какое сечение называют критическим или нейтральным сечением. Что называют нейтральным углом (γ).
5. Объяснить что такое уширение? Зачем прокатчику необходимо учитывать уширение? Какие бывают виды уширения?
6. Объяснить от каких факторов зависит среднее контактное давление? Перечислите их и поясните значение каждого,
7. Объяснить что такое усилие прокатки? Записать формулу и охарактеризовать.
8. Что такое среднее контактное напряжение? Записать формулу и охарактеризовать.
9. Перечислить и записать основные энергосиловые параметры прокатки.

**Используемая литература**

1. Куприн М.А., Куприна М.С. Основы теории прокатки. [Текст]: учебник для металлургических техникумов /М., «Металлургия», 1978

2. Бахтинов, В.Б. Технология прокатного производства. [Текст]: Учебник для техникумов / В.Б. Бахтинов. – М.: Металлургия, 1983. – 488 с.

3. Целиков А.И., Гришаков А.И., Основы теории прокатки. [Текст] учебник техникумов /М., «Металлургия», 1970-\_\_\_

4. Протасов, А.А. Сборник задач по технологии горячей и холодной прокатки стали и сплавов[Текст] /А.А. Протасов. - М.: «Металлургия», 2002.-320 с.

5. Грудев А.П., Теория прокатки, учебник для студентов вузов [Текст]: / А.П. Грудев, М.: Интермет Инжиниринг, 2001