



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Обработка материалов давлением»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовой работе по дисциплине
«Теория и технология прокатки и волочения»
для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины
и технология обработки материалов давлением»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2007

УДК 621.778(075.8)
ББК 34.622я73
П79

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 8 от 27.03.2006 г.)*

Автор-составитель: *Ю. Л. Бобарикин*

Рецензент: канд. техн. наук, доц., декан механико-технологического факультета
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. П. Русов*

Проектирование маршрутов волочения : метод. указания к курсовой работе по дисциплине «Теория и технология прокатки и волочения» для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост. Ю. Л. Бобарикин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 34 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-562-5.

Рассмотрены основные вопросы проектирования маршрута волочения проволоки по выполнению курсовой работы.

Для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.778(075.8)
ББК 34.622я73

ISBN 978-985-420-562-5

© Бобарикин Ю. Л., составление, 2007
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2007

1. Постановка задачи и объем курсовой работы

Проектирование маршрута волочения предполагает выбор волочильного оборудования, промежуточных термообработок, определение технологических режимов изготовления волочением стальной проволоки с заданным диаметром из проволочной заготовки-катанки с заданным диаметром и содержанием углерода. Численные значения исходных данных для выполнения этого проектирования выдаются студентам индивидуально в задании на курсовую работу.

В расчетно-пояснительной записке курсовой работы на основе задания требуется: выбрать оптимальную последовательность видов волочильных станков; определить оптимальное количество переделов волочения или размещение между волочильными станками промежуточных термических обработок; рассчитать деформационно-кинематические и энергосиловые параметры волочения стальной проволоки с заданным конечным диаметром и требуемой величиной предела прочности из заданной заготовки. Объем этой части работы составляет 30–40 листов формата А4, оформленных в соответствии с требованиями ЕСКД.

В графической части курсовой работы требуется изобразить:

- укрупненную блок-схему последовательных этапов волочения с указанием выбранных волочильных станков, промежуточных термообработок, промежуточных диаметров и пределов прочности проволоки;
- кинематические схемы движения проволоки (схемы заправки проволоки) для каждого использованного вида волочильного стана;
- таблицы всех рассчитанных параметров волочения для каждого волочильного стана, выбранного в работе.

Объем графической части работы составляет три листа формата А1, оформленных в соответствии с требованиями ЕСКД.

Для выполнения курсовой работы рекомендуется использовать методику, приведенную в настоящих методических указаниях, а также сведения из источников, приведенного в списке литературы.

2. Выбор оборудования и количества переделов волочения

2.1. Предварительное определение типов используемых волочильных станков

Для предварительного определения типов волочильных станков, которые будут использоваться в проектируемом процессе волочения, анализируются величины заданного диаметра заготовки d_0 и конеч-

ного диаметра получаемой проволоки d_k . Анализ основан на технологических возможностях разных типов волочильных станов. Технологические возможности волочильных станов заключаются в том, что определенные диапазоны диаметров проволоки способны обрабатываться на определенных типах волочильных станов. Это связано с соответствием конструктивных и кинематических особенностей волочильного стана прочности и жесткости протягиваемой проволоки.

Для волочения диаметров проволоки 12...4 мм используются волочильные станы, работающие по принципу накопления витков проволоки на промежуточных тяговых барабанах (тип волочильных станов *A*). К этим видам станов относятся, например, волочильные станы «грубого волочения» UDZSA-2500-6, UDZSA-2500-4, UDZSA-2500-2 (приложение 1) сталепроволочного цеха № 3 РУП БМЗ (г. Жлобин) (буквенное обозначение стана означает фирменное наименование стана, четырехзначное число – максимальное усилие волочения в дециньютонках, однозначное число – количество тяговых барабанов в стане).

Для волочения диаметров проволоки 5,5...0,85 мм используются волочильные станы, работающие по принципу регулирования скоростей промежуточных тяговых барабанов (тип волочильных станов *B*). К этим видам станов относятся, например, прямоточные и петлевые волочильные станы «грубого и среднего волочения» сталепроволочных цехов № 1 и № 2 РУП БМЗ (приложение 2): 6/560, 7/560, 9/350 (первая цифра обозначения указывает на количество тяговых барабанов в стане, вторая – на диаметр тяговых барабанов стана в миллиметрах), KGT 2500/2+1600/2+1250/9, KGT 1600/4+1250/6 (буквенное обозначение стана означает фирменное наименование стана, четырехзначные числа – максимальные усилия волочения на тяговых барабанах в дециньютонках, однозначные числа – количества тяговых барабанов с соответствующими усилиями волочения).

Для волочения диаметров проволоки 3,15...0,1 мм используются волочильные станы, работающие по принципу скольжения витков проволоки по поверхностям промежуточных тяговых шкивов (тип волочильных станов *C*). К этим видам станов относятся, например, волочильные станы «тонкого волочения» сталепроволочных цехов № 1 и № 2 РУП БМЗ (приложение 3) NT 12.4, NT 12.6, NT 25.6, KNT 25.6, NT 30.8, KNT 30.8, NT 40.10 сталепроволочных цехов № 1 и № 2 РУП БМЗ (буквенное обозначение стана – фирменное наименование стана, первое число – номер модели стана, второе число – количество конусовидных секций тяговых шкивов).

На основании приведенных рекомендаций определяются возможные варианты последовательностей типов волочильных станов в технологии волочения. Варианты записываются в виде, соответствующем условным обозначениям типов волочильных станов с указанием стрелок, символизирующих направления технологического движения между волочильными станами.

Пример 1

Для волочения стальной проволоки с начального диаметра $d_0 = 5,5$ мм на конечный диаметр $d_1 = 0,2$ мм могут использоваться следующие варианты последовательностей типов волочильных станов:

$$A \rightarrow B \rightarrow C; B \rightarrow C.$$

Пример 2

Для волочения стальной проволоки с начального диаметра $d_0 = 5,5$ мм на конечный диаметр $d_1 = 1$ мм могут использоваться следующие варианты последовательностей типов волочильных станов:

$$A \rightarrow B \rightarrow C; B; B \rightarrow C.$$

Полученные варианты последовательностей используемых типов волочильных станов являются предварительными. Далее необходимо выбрать только один из этих вариантов.

Окончательный выбор последовательности используемых типов волочильных станов зависит от рационального использования имеющегося в распоряжении парка волочильных станов. Рациональный выбор определяется наиболее полным использованием ресурсов волочильных станов, т. е., кинематические возможности станов должны использоваться так, чтобы эти станы работали без недогрузки и перегрузки. Количество станов при этом должно быть минимальным для сокращения технологических пауз. Поэтому анализируются все возможные варианты предварительных последовательностей типов волочильных станов в соответствии с нижеприведенной методикой (до п. 2.4 включительно) и выбирается для дальнейшего расчета один более рациональный.

2.2. Определение минимального количества переделов волочения

Передел волочения – это технологический участок обработки проволоки волочением, разделенный промежуточной термообработкой. Передел может быть и один, если промежуточная термообработка не нужна. Промежуточная термообработка разупрочняет металл,

повышая пластичность, и делает возможным дальнейшее его волочение.

Для определения минимального количества переделов используются следующие рекомендации: на первых переделах суммарная вытяжка находится в пределах 4...20 (обжатие 75–95 %); на последнем переделе, где окончательно достигается требуемая прочность проволоки, или на одном используемом переделе суммарная вытяжка определяется в зависимости от прочности проволоки и может достигать 40 (обжатие 97,5 %). Учитывая широкий диапазон значений вытяжек для первых переделов с целью повышения эффективности волочения необходимо, по возможности, принимать их максимальные значения.

Для определения количества переделов вначале определяют номинальную суммарную вытяжку за полный цикл волочения:

$$\mu\Sigma = \frac{d_0^2}{d_k^2}, \quad (2.1)$$

где d_k – конечный диаметр готовой проволоки;

d_0 – диаметр проволочной заготовки.

Пример 1

$$\mu\Sigma = \frac{5,5^2}{0,2^2} = 756,25.$$

Пример 2

$$\mu\Sigma = \frac{5,5^2}{1^2} = 30,25.$$

Если полученное значение $\mu\Sigma$ меньше 40, то принимается минимум один передел (больше можно, но это не рационально).

Если полученное значение $\mu\Sigma$ больше 40, то минимальное количество переделов определяется по формуле:

$$n_{\min} = 1 + \frac{\mu\Sigma}{40 \cdot 20}. \quad (2.2)$$

Полученное значение n_{\min} необходимо округлить до большего целого числа.

Пример 1 (продолжение). Так как $\mu\Sigma = 756,25 > 40$, то
$$n_{\min} = 1 + \frac{756,25}{40 \cdot 20} = 1,945$$
 и принимаем $n_{\min} = 2$.

Пример 2 (продолжение). Так как $\mu\Sigma = 30,25 < 40$, то принимаем $n_{\min} = 1$.

Полученные значения n_{\min} являются предварительными и соответствуют практическим предельным условиям волочения по запасу пластичности металла. Поэтому в производственных условиях значения n_{\min} могут увеличиваться на 1, вследствие особенностей влияния термообработки на качество металла проволоки и кинематических особенностей волочильного оборудования.

В одном переделе волочения могут участвовать один или несколько (обычно до двух) волочильных станков, предпочтительно одного типа.

Количество переделов может быть изменено далее после точного расчета вытяжки на последнем переделе и возможного изменения вытяжек на первых переделах.

Вид и места размещения промежуточных термообработок между волочильными станами определяются далее.

2.3. Определение оборудования, вида термообработки и начального диаметра проволоки для последнего передела

Основной задачей проектирования процесса волочения является получение требуемого конечного диаметра проволоки с заданным значением предела прочности проволоки. Эти параметры должны обеспечиваться на последнем переделе волочения, если используется несколько переделов волочения или на одном переделе, если используется только он один.

Обычно, для повышения эффективности волочения, каждый передел совмещают с одним волочильным станком. Но это совмещение не обязательно, если имеются конструктивные ограничения у волочильного оборудования и для достижения требуемой прочности проволоки на переделе могут использоваться несколько волочильных станков.

Примем в последнем переделе один стан. В этой связи далее анализируются последние станы в вариантах последовательностей типов волочильных станков.

Для этого вначале определяется предварительный начальный диаметр проволоки для последнего к-го стана (передела):

$$d_0^k = \frac{\sigma_b^2 \cdot d_1^k}{(10 \cdot (100 \cdot c - 6 \cdot d_1^k + A))^2}, \text{ мм}, \quad (2.3)$$

где σ_b – предел прочности готовой проволоки, МПа; принимается из следующих рекомендаций:

- для проволоки из стали 70 из диапазона 2250...2500;
- для проволоки из стали 75 из диапазона 2500...2750;
- для проволоки из стали 80 из диапазона 2750...3050;
- для проволоки из стали 85 из диапазона 3050...3350;
- для проволоки из стали 90 из диапазона 3350...3650.

c – содержание углерода в металле проволоки в относительных единицах;

k – верхний индекс, указывающий на последний стан (передел);

A – коэффициент, учитывающий вид термообработки заготовки под волочение, определяемый из рекомендаций:

а) если исходной заготовкой для рассматриваемого стана является катанка, полученная с использованием нерегулируемого охлаждения на воздухе после прокатки или переделная заготовка после волочения, термически обработанная отжигом, то $A = 43$;

б) если исходной заготовкой для рассматриваемого стана является катанка, полученная с использованием регулируемого охлаждения в линии прокатки или переделная заготовка после волочения, термически обработанная нормализацией, то $A = 48$;

в) если исходной заготовкой для рассматриваемого стана является катанка или переделная заготовка после волочения, термически обработанные патентированием, то $A = 53$.

Предел прочности металла заготовки для последнего стана (передела):

$$\sigma_{b0}^k = 10(100 \cdot c - d_0^k + A), \text{ МПа}. \quad (2.4)$$

Окончательный диаметр начального диаметра проволоки для последнего стана (передела):

$$d_0^k = \frac{\sigma_b^2}{(\sigma_{b0}^k)^2} \cdot d_k, \text{ мм}. \quad (2.5)$$

Если вся последовательность типов волочильных станом состоит из одного стана, то $d_0^k = d_0$. В этом случае необходимо определить

выполнимость равенства (2.5), при этом используется (2.4) с соответствующим значением A . Если равенство (2.5) выполнится, то этот вариант волочения с одним переделом можно рассматривать далее. Если (2.5) не выполнится, то изменяют A или σ_b в указанных диапазонах.

Далее определяется суммарная вытяжка на последнем переделе:

$$\mu\Sigma_k = \frac{(d_0^k + \Delta_0^k)^2}{(d_1^k - \Delta_1^k)^2}, \quad (2.6)$$

где Δ_0^k, Δ_1^k – допуски на размеры d_0^k и d_1^k , определяемые как 1,5 % от номинального диаметра с округлением до тысячных долей единицы (например, 0,0194 округляется до 0,019; 0,0196 – до 0,02).

Величина $\mu\Sigma_k$ не должна превышать 40...42, иначе проволока потеряет требуемую пластичность в конце волочения. Если это условие не выполняется, то принимается другое значение коэффициента A с пересчетом формул (2.3)...(2.6). Если это изменение не дало результата, то выбирается другое значение σ_b из диапазона для заданной стали.

На основе значения $\mu\Sigma_k$ выбирается вид последнего волочильного стана по ниже приводимым рекомендациям.

Если последний стан работает по принципу накопления витков проволоки на промежуточных тяговых барабанах (тип A) или по принципу регулирования скоростей промежуточных тяговых барабанов (тип B), то из приложений 1 или 2 выбирается стан с максимальным приближением величины его суммарной паспортной кинематической вытяжки $\mu\Sigma_k^n$ к значению $\mu\Sigma_k$. Для достижения этого равенства суммарную паспортную кинематическую вытяжку этих станов можно принимать для проекта измененной на ± 20 %.

Если последний стан работает по принципу скольжения (тип C), то из приложения 3 выбирается такой стан, чтобы его суммарная паспортная кинематическая вытяжка $\mu\Sigma_k^n$ соответствовала бы следующему условию с максимальным приближением к равенству:

$$\mu\Sigma_k^n \leq \frac{\mu\Sigma_k}{1,2...1,3}. \quad (2.7)$$

Для выполнения условия (2.7) подставляется поправочный коэффициент, выбранный из диапазона 1,2...1,3, предпочтительно принимать 1,2. Равенство в условии (2.7) обеспечит рациональное использование мощности волочильного стана с оптимальным скольже-

нием проволоки по поверхностям тяговых шайб, обеспечивающим оптимальный износ этих поверхностей и отсутствие обрывности проволоки. Чем меньше $\mu\Sigma_k^n$ в этом условии, тем меньше волок стана будет задействовано в оптимальном режиме волочения, поэтому менее эффективно будет использована мощность волочильного стана.

2.4. Определение вида перетяжных станов

В соответствии с вариантом последовательности станов подбираются номинальные суммарные вытяжки $\mu\Sigma'_1, \mu\Sigma'_2, \dots, \mu\Sigma'_{k-1}$ для первых или перетяжных станов достижения равенства:

$$\mu\Sigma = \mu\Sigma'_1 \cdot \mu\Sigma'_2 \dots \mu\Sigma'_{k-1} \cdot \mu\Sigma'_k, \quad (2.8)$$

где $\mu\Sigma'_k = \frac{(d_0^k)^2}{(d_1^k)^2}$ – номинальная суммарная вытяжка на последнем перделе.

Величины $\mu\Sigma'_m$, где m – порядковый номер стана, $m = 1, 2, \dots, (k-1)$ для выполнения равенства (2.8) произвольно выбираются из приложений 1, 2 и 3 как значения суммарных кинематических вытяжек $\mu\Sigma'_m$ соответствующих волочильных станов, принятых в варианте последовательности типов волочильных станов. Для выполнения равенства (2.8) номинальные суммарные кинематические вытяжки магазинных, прямоточных и петлевых волочильных станов можно изменять в пределах $\pm 20\%$, а для станов со скольжением – в меньшую сторону до $-20\dots 25\%$. Рациональный выбор станов определяется минимальным значением указанных отклонений. В исключительных случаях указанные отклонения можно увеличить, но это снизит загрузку оборудования или перегрузит его. Если величины номинальных суммарных вытяжек определенных типов волочильных станов не позволяют получить равенство (2.8), то можно вводить дополнительный стан к выбранным станам, например, принимать два стана типа A или два стана типа B . При этом необходимо соблюдать условие соответствия волочения определенных величин диаметров проволоки определенным типам волочильных станов в п. 2.1.

Примеры откорректированных вариантов последовательностей типов волочильных станов:

$$A_1, A_2 \rightarrow B \rightarrow C; \quad A \rightarrow B_1, B_2 \rightarrow C.$$

Волочильные станы, средние кинематические вытяжки которых выбраны, принимаются к дальнейшему расчету.

2.5. Определение промежуточных диаметров для перетяжных станов

Номинальные начальные и конечные диаметры проволоки для промежуточных волочильных станов можно определять против хода волочения, начиная с предпоследнего $m = (k - 1)$ -го стана, используя формулу:

$$(d_0^m) = \sqrt{\mu \Sigma'_m \cdot (d_1^m)^2}, \quad (2.9)$$

или по ходу волочения, начиная с первого $m = 1$ -го стана из формулы:

$$(d_1^m) = \sqrt{\frac{(d_0^m)^2}{\mu \Sigma'_m}}, \text{ мм.} \quad (2.10)$$

После этого определяются места расположения промежуточных термообработок в соответствии с выбором предварительного числа переделов. Размещать термообработки предпочтительно между разными типами волочильных станов, чтобы величина суммарной вытяжки внутри передела соответствовала бы рекомендациям в п. 2.2. Вид этой термообработки можно назначать самостоятельно.

В зависимости от выбранного оборудования возможно изменение числа переделов n в сторону увеличения n_{\min} .

Числа m и n могут совпадать или число m может быть больше числа n . Оптимальным является вариант последовательности волочильных станов, у которого число переделов совпало с числом волочильных станов, т. е. $m = n$, и при получении равенства (2.8) отклонения между суммарными вытяжками и средними кинематическими вытяжками волочильных станов минимальны.

Далее необходимо определить предел прочности исходной проволочной заготовки-катанки диаметром d_0 по формуле:

$$\sigma_{b0}^0 = 10(100 \cdot c - d_0 + A), \text{ МПа,} \quad (2.11)$$

где A – коэффициент, определяемый исходя из рекомендаций к формуле (2.3) принимая, что для незакаливаемых сталей используется нерегулируемое охлаждение, а для закаливаемых – регулируемое охлаждение.

Если количество переделов n больше чем 2, то по аналогии с формулой (2.4) необходимо определить предел прочности промежуточной проволочной заготовки σ_{b0}^m для всех промежуточных воло-

чительных станов, перед которыми проводится термообработка. Если в переделе несколько станов, то предел прочности проволоочной заготовки между ними определяется далее при расчете деформационно-кинематических параметров волочения.

В результате выполнения этого подпункта должна быть получена схема значений промежуточных диаметров проволоки с допусками для каждого используемого волочильного стана с указанием места расположения и вида термообработки (ТО). Общий вид этой схемы:

$$d_0^1 + \Delta_0^1, d_1^1 - \Delta_1^1 \rightarrow d_0^2 + \Delta_0^2, d_1^1 - \Delta_1^1 \rightarrow \text{ТО} \rightarrow \dots \rightarrow d_0^m + \Delta_0^m,$$

$$d_1^m - \Delta_1^m \rightarrow \text{ТО} \rightarrow d_0^k + \Delta_0^k, d_1^k - \Delta_1^k,$$

где Δ_0^m, Δ_1^m – допуски на размеры d_0^m и d_1^m , определяемые как 1,5 % от номинального диаметра с округлением до сотых долей единицы (например, 0,0194 округляется до 0,02; 0,0196 – до 0,02).

Полученные промежуточные диаметры с допусками используются далее как начальные и конечные диаметры для расчета режимов волочения определенных видов волочильных станов.

3. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения

После определения типов волочильных станов и промежуточных термообработок, промежуточных диаметров проволоки необходимо определить режимы волочения для каждого стана отдельно. Для этого выполняются расчеты в приведенной ниже последовательности.

3.1. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения петлевых, прямоточных и магазинных волочильных станов

Расчет проводится в следующей последовательности:

1) для прямоточных и петлевых станов расчетное количество переходов волочения n^p для m -го волочильного стана:

$$n^p = \frac{\ln(\mu \Sigma_m)}{\ln(\mu^{cp})}, \quad (3.1)$$

где μ^{cp} – средняя кинематическая вытяжка прямоточного или петлевого стана;

$$\mu\Sigma_m = \frac{(d_0^m + \Delta_0^m)^2}{(d_1^m - \Delta_1^m)^2} - \text{суммарная вытяжка стана.}$$

Для магазинных станов расчетное количество переходов волочения n^P для m -го волочильного стана:

$$n^P = \frac{\ln(\mu\Sigma_m)}{\ln(\mu^{cp} \cdot k)}, \quad (3.2)$$

где μ^{cp} – средняя кинематическая вытяжка магазинного стана или передаточное отношение между блоками волочильного стана;

k – коэффициент накопления проволоки на тяговом барабане, обеспечивающий накопление и создание запаса (магазина) проволоки на этом барабане; принимается из диапазона 1,03...1,06.

Полученное число n^P округляется до целого числа n ;

2) для прямоточных и петлевых станов единичные вытяжки μ_i для переходов волочения определяются по разным методам:

а) по методу понижения температуры волочения (для сталей 85...95):

$$\mu_i = \left[1 - \frac{1}{(i + \zeta)} \right]^{-2}, \quad (3.3)$$

где i – номер перехода волочения;

ζ – коэффициент интенсивности изменения единичных вытяжек.

Величина ζ определяется по формуле:

$$\zeta = \frac{n}{\mu\Sigma_m^{0,5} - 1}; \quad (3.4)$$

б) по методу постоянной температуры волочения (для сталей 70...80):

$$\mu_i = \left[1 - \frac{1}{(i + \zeta)} \right]^{-4}; \quad (3.5)$$

$$\zeta = \frac{n}{\mu\Sigma_m^{0,25} - 1}.$$

Для магазинных станов единичные вытяжки μ_i для переходов волочения определяются по методике:

– для первого перехода волочения вытяжка принимается на 3 % меньше μ^{cp} , т. е.: $\mu_1 = 0,97 \cdot \mu^{cp}$;

– для последнего перехода волочения вытяжка принимается на 5 % меньше μ^{cp} , т. е.: $\mu_n = 0,95 \cdot \mu^{cp}$;

– для всех промежуточных переходов вытяжки принимаются одинаковыми, равными μ_i :

$$\mu_i = 10^a, \quad a = \frac{\log(\mu \Sigma_m) - \log(\mu_1) - \log(\mu_n)}{n - 2}; \quad (3.6)$$

3) диаметры волок и пределы прочности проволоки по переходам волочения можно определять по ходу волочения для $i = 1 \dots n$ по формулам:

$$d_i = \frac{d_{i-1}}{\sqrt{\mu_i}}, \quad (3.7)$$

$$\sigma b_i = \sigma b_{i-1} \cdot \sqrt{\frac{d_{i-1}}{d_i}}. \quad (3.8)$$

Так же диаметры волок и пределы прочности проволоки по переходам волочения можно определять и против хода волочения для $i = n \dots 1$ по формулам:

$$d_{i-1} = d_i \cdot \sqrt{\mu_i}, \quad (3.9)$$

$$\sigma b_{i-1} = \sigma b_i \cdot \sqrt{\frac{d_i}{d_{i-1}}}; \quad (3.10)$$

4) для определения скорости волочения на последнем переходе вначале определяется максимальная скорость волочения для последнего перехода с $i = n$, исходя из допустимой температуры поверхности стальной проволоки 650 °С и температуры проволоки после охлаждения перед входом в волоку 40 °С:

$$V_i^{\max} = \frac{\left[650 - 40 - 0,3 \cdot \sigma b_i \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu_i} \right) \right]^2}{7,563 \cdot \sigma b_i^2 \cdot d_i \cdot 10^{-6}}. \quad (3.11)$$

Полученное значение V_i^{\max} необходимо сравнить с максимальной скоростью волочения на выбранном волочильном стане. Если V_i^{\max} превышает скоростную возможность стана, то на последнем переходе принимается скорость проволоки V_n , равная максимальной скорости волочения стана. Если V_i^{\max} не превышает максимальной скорости стана, то на последнем переходе принимается скорость проволоки V_n , равная V_i^{\max} ;

5) для прямоточных и петлевых станов скорости волочения для каждого перехода волочения определяются против хода волочения $i = n \dots 1$:

$$V_{i-1} = \frac{V_i}{\mu_i}. \quad (3.12)$$

Для магазинных станов скорости волочения для каждого перехода волочения определяются против хода волочения $i = n \dots 1$:

$$V_{i-1} = \frac{V_i}{\mu_{\text{ср}}}; \quad (3.13)$$

6) для каждого перехода волочения определяются средние температуры сечения проволоки и температуры поверхности проволоки:

$$tc_i = to_i + 0,45 \cdot \sigma b_i \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.14)$$

$$tn_i = to_i + 0,3 \cdot \sigma b_i \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right) + 2,75 \cdot \sigma b_i \cdot \sqrt{V_i \cdot d_i \cdot 10^{-3}}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.15)$$

Величина температур to_i может условно приниматься равной $40 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3.2. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения волочильных станов со скольжением

Расчет может проводиться по разным методам. Далее приводится метод минимального скольжения и метод устанавливаемого скольжения.

Метод минимального скольжения (для сталей 70...80)

Метод предполагает определение параметров волочения в следующей последовательности:

1) количество переходов волочения или деформирующих волок определяется на основе известных паспортных кинематических частных вытяжек для каждого перехода волочения μn_i , приведенных в характеристике волочильного стана со скольжением. Количество вытяжек μn_i равно максимальному количеству устанавливаемых волок в волочильный стан p , т. е. $i = 1 \dots p$.

Количество переходов волочения определяется так: против хода волочения, начиная с последней кинематической частной вытяжки μn_p , перемножают следующие против хода волочения кинематические частные вытяжки до значения изменяющегося итогового произведения, впервые превысившего $\mu \Sigma_m$ для рассматриваемого стана после очередного умножения; при необходимости, в конце перемножения имеющихся кинематических вытяжек, полученное произведение можно дополнительно умножить на одну или две величины кинематических вытяжек, равных первой кинематической вытяжке по ходу волочения; затем из ряда множителей полученного произведения исключаются два последних множителя (находящихся в начале хода волочения); количество множителей в итоговом ряде множителей будет равно количеству переходов волочения n .

Полученное значение итогового произведения кинематических частных вытяжек будет равно суммарной кинематической вытяжке $\mu \Sigma_m^v$ для проектируемого маршрута волочения. Величина $\mu \Sigma_m^v$ может равняться суммарной кинематической вытяжке стана или может быть меньше ее, если используются не все волокна стана;

2) значения величин относительного скольжения для каждого перехода волочения:

$$C_i = C_0 \cdot \left(1 - \frac{i}{n}\right). \quad (3.16)$$

Величина скольжения на нулевой шайбе C_0 равна:

$$C_0 = 1 - \frac{\mu \Sigma_m^v}{\mu \Sigma_m}, \quad (3.17)$$

где $\mu\Sigma_m$ – суммарная вытяжка стана, вычисляемая для стана со скольжением по формуле из (3.1);

3) определение скорости волочения на последнем переходе V_n проводится по аналогии с п. 3.1, подпункт 4. В качестве вытяжки на первом переходе в формуле используют кинематическую вытяжку для этого перехода, т. к. единичная вытяжка на этом этапе еще не известна;

4) линейные скорости вращения тяговых шайб определяются против хода волочения, принимая на последнем переходе линейную скорость вращения последней тяговой шайбы, равной скорости проволоки V_n на этом переходе:

$$B_{i-1} = \frac{B_i}{\mu l_i}; \quad (3.18)$$

5) скорости волочения проволоки на переходах волочения:

$$V_i = B_i \cdot (1 - C_i); \quad (3.19)$$

6) единичные (частные) вытяжки определяются исходя из скоростей проволоки на переходах волочения:

$$\mu_i = \frac{V_i}{V_{i-1}}; \quad (3.20)$$

7) диаметры волок и пределы прочности проволоки по переходам волочения определяются по аналогии с п. 3.1, подпункт 3;

8) для каждого перехода волочения определяются средние температуры сечения проволоки и температуры поверхности проволоки по аналогии с п. 3.1, подпункт 6.

Метод устанавливаемого скольжения (для сталей 70...95)

Метод предполагает определение параметров волочения в следующей последовательности:

1) предварительные значения единичных вытяжек для каждого перехода вычисляются по формуле:

$$\mu_i^n = \mu l_i (1 + \beta), \quad (3.21)$$

где μl_i – единичная паспортная кинематическая вытяжка;

β – коэффициент износа волокна, изменяемый в диапазоне 0,015...0,08; принимается для последнего перехода – 0,015, для предпоследнего – 0,017.

Чем больше значение β , тем больше величина относительного скольжения витков проволоки по поверхности тяговых шайб и тем меньшее количество задействованных волокон в волочильном стане. Но большие скольжения ведут к повышенному трению витков проволоки по поверхности тяговых шайб, что вызывает более интенсивный износ этих поверхностей и дополнительный нагрев проволоки шайб. К тому же наличие незадействованных волокон в стане снижает эффективность его работы.

Чем меньше значение β , тем меньше величина относительного скольжения витков проволоки по поверхности тяговых шайб, тем меньше скольжение, при этом используется большее количество волокон стана. Но размерный износ волокон может вызвать отсутствие скольжения, что не допустимо. Поэтому желательно выбирать значения β для большинства переходов из рационального диапазона 0,017...0,024.

2) количество переходов волочения определяется по аналогии с приведенным выше методом минимального скольжения подпункт 1 за следующим исключением: в рассматриваемом производстве умножаются не кинематические вытяжки, а единичные μ_i^n ; из ряда множителей полученного произведения два последних множителя не исключаются, и количество множителей в итоговом ряде множителей будет также равно количеству переходов волочения n ;

3) определение уточненных единичных вытяжек для каждого перехода:

Для последнего перехода принимается:

$$\mu_n = \mu n_n (1 + \beta_n), \quad (3.22)$$

где $\beta_n = 0,015$.

Для предпоследнего перехода принимается:

$$\mu_{n-1} = \mu n_{n-1} (1 + \beta_{n-1}), \quad (3.23)$$

где $\beta_{n-1} = 0,02$.

Для всех других переходов μ_i вычисляется:

$$\mu_i = 10^a, \quad a = \frac{\log(\mu \Sigma_m) - \log(\mu_{n-1}) - \log(\mu_n)}{n - 2}. \quad (3.24)$$

В числителе дроби формулы (3.24) могут вычитаться десятичные логарифмы вытяжек других переходов волочения, если предварительно установить их точные значения.

Вычисления по формуле (3.24) необходимы для точного равенства произведения единичных вытяжек суммарной вытяжке $\mu\Sigma_m$;

4) определение скорости волочения на последнем переходе V_n проводится по аналогии с п. 3.1, подпункт 4;

5) линейные скорости вращения тяговых шайб B_i определяются по аналогии с методом минимального скольжения п. 3.2, подпункт 4;

6) скорости волочения проволоки V_i на переходах волочения определяются по формуле (3.12);

7) значения величин относительного скольжения для каждого перехода волочения:

$$C_i = \frac{B_i - V_i}{B_i}; \quad (3.25)$$

8) диаметры волок и пределы прочности проволоки по переходам волочения определяются по аналогии с п. 3.1, подпункт 3;

9) для каждого перехода волочения определяются средние температуры сечения проволоки и температуры поверхности проволоки по аналогии с п. 3.1, подпункт 6.

4. Расчет энергосиловых режимов волочения

Основные энергосиловые режимы волочения для прямоточных, петлевых, магазинных волочильных станков и волочильных станков со скольжением определяются в следующей последовательности:

1) модули упрочнения проволоки для переходов волочения:

$$w_i = \frac{\sigma S_i - \sigma S_{i-1}}{\mu_i - 1}, \text{ МПа}, \quad (4.1)$$

где σS_i – предел текучести металла проволоки, принимаемый равным усредненному значению $\frac{\sigma_{bi}}{1,2}$.

2) напряжения волочения для переходов волочения для волок с длиной калибрующей зоны, равной половине диаметра этой зоны:

$$\sigma v_i = \sigma S_i(1 + 2f) - \frac{(w_i - \sigma S_{i-1})((\mu_i)^a - 1)}{a \cdot (\mu_i)^a} - \frac{\sigma S_{i-1} - (q_i \cdot \sigma v_{i-1})}{(\mu_i)^a} + 2f\sigma S_i, \text{ МПа, (4.2)}$$

где $a = \frac{f}{\tan(\alpha_i)}$ – вспомогательный коэффициент;

α_i – полуугол деформирующей зоны волокна, принимаемый округлением до целого числа его расчетной величины α_i^p в градусах, полученной из рекомендации об оптимальной геометрии очага деформации в волокне (без учета свойств обрабатываемого металла и смазки):

$$\alpha_i^p = 2 \arctg\left(\frac{d_{i-1} - d_i}{d_{i-1} + d_i}\right), \text{ град.};$$

f – коэффициент контактного трения, принимаемый для прямо- точных, петлевых, магазинных волочильных станов 0,05...0,07 и для волочильных станов со скольжением 0,04...0,06;

q_i – коэффициент противонатяжения, определяемый по ниже приведенным рекомендациям;

Для прямо- точных и петлевых станов для первого перехода $q_1 = 0$, для остальных переходов $q_i = 0,3$.

Для магазинных станов $q_i = 0$ для всех переходов.

Для станов со скольжением для первого перехода $q_1 = 0$, для остальных переходов q_i вычисляется по формуле:

$$q_i = \frac{1}{2\pi \cdot s_{i-1} \cdot f_s}, \quad (4.3)$$

где s_{i-1} – число витков проволоки на расположенном перед i -й воло- кой тяговом шкиве, назначаемое так, чтобы на стане было почти рав- ное число шкивов с одинаковыми числами витков проволоки 3,5 и 2,5 по ходу волочения, а на предпоследних одном–трех шкивах, при- нимаемое 1,5 (например, пусть число задействованных шкивов 21, то на первых десяти шкивах можно принять число витков 3,5, на следую- щих десяти шкивах – 2,5, и на последнем шкиве – 1,5 или другое рас- пределение: 3,5 на девяти первых шкивах, 2,5 на девяти последую- щих, и 1,5 на 3-х последних);

f_s – коэффициент трения скольжения между поверхностями про- волоки и тяговых шкивов, принимается в соответствии с используе-

мыми материалами проволоки, шкивов и смазки, можно принять равным 0,09...0,1.

3) коэффициенты запаса волочения:

$$\gamma_i = \frac{\sigma S_i}{\sigma v_i}. \quad (4.4)$$

Величина γ_i должна находиться в пределах от 1,4 до 2,5.

Невыполнение условия попадания расчетного значения γ_i в указанные пределы является критерием наличия расчетных ошибок;

4) усилия волочения P_i и усилия противонатяжения Q_i :

$$P_i = \sigma v_i \cdot \frac{\pi \cdot (d_i)^2}{4}, \text{ Н.} \quad (4.5)$$

$$Q_i = q \cdot \left[\sigma v_i \cdot \frac{\pi \cdot (d_{i-1})^2}{4} \right], \text{ Н.} \quad (4.6)$$

Значения P_i не должны превышать допустимых значений усилий волочения, указанных в характеристиках волочильных станов (прямоточных, петлевых и магазинных);

5) потребная мощность двигателя привода тягового барабана или шкива волочильного стана для каждого перехода волочения:

$$N_i = \left[\frac{V_i}{102 \cdot \eta} \left(P_i - Q_i + \frac{s \cdot \sigma S_i \cdot (d_i)^3}{D_i} \right) + (1 - \eta) \frac{V_i}{102 \cdot \eta} (P_i - Q_i) \right] \cdot 0,1, \text{ кВт,} \quad (4.6)$$

где η – коэффициент полезного действия привода тяговых барабанов для прямоточных, петлевых и магазинных станов или волочильных шкивов для станов со скольжением, принимаемый равным от 0,85 до 0,9;

s – коэффициент, равный для последнего перехода 0,34, для остальных переходов $s = 0,68$;

D_i – диаметры тяговых барабанов или шкивов, приводимых в характеристике стана.

Для прямоточных, петлевых и магазинных станов величины N_i не должны превышать значения мощностей двигателей индивидуальных приводов тяговых барабанов. Для станов со скольжением находится сумма всех значений N_i , которая должна быть меньше мощности двигателя волочильного стана, используемого в приводе сразу

всех волочильных шкивов. Невыполнение условий сравнения потребных и имеющихся мощностей двигателя может являться критерием наличия расчетных ошибок, для исправления которых необходима дополнительная проверка расчета. При отсутствии ошибок можно снизить скорость волочения на последнем переходе стана V_n .

Литература

1. Перлин, И. Л. Теория волочения / И. Л. Перлин, И. З. Ерманок. – Москва : Metallургия, 1971. – 448 с.
2. Горловский, М. Б. Справочник волочильщика проволоки / М. Б. Горловский, В. Н. Меркачев. – Москва : Metallургия, 1993. – 336 с.
3. Коковихин, Ю. И. Технология сталепроволочного производства : учебник для вузов / Ю. И. Коковихин. – Киев, 1995. – 608 с.
4. Коковихин, Ю. И. Производство низкоуглеродистой проволоки : учебник / Ю. И. Коковихин, В. А. Пинашина, И. Б. Буравлев. – Киев : ИСДО, 1995. – 328 с.
5. Юхвец, И. А. Волочильное производство / И. А. Юхвец. – Москва : Metallургия, 1964. – 374 с.
6. Берин, И. Ш. Волочильный инструмент / И. Ш. Берин, Н. З. Днестровский. – Москва : Metallургия, 1971. – 174 с.
7. Битков, В. В. Технология и машины для производства проволоки / В. В. Битков. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики станов магазинного типа

1. Волоочильный стан UDZSA-2500/6

Максимальный диаметр проволоки, мм: 6,5.

Минимальный диаметр проволоки, мм: 2.

Скорость проволоки на выходе из волоочильного стана, м/с: 6,5.

Максимальное конструктивно возможное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 6.

Диаметры шести тяговых барабанов, мм: 550.

Мощность двигателя привода тяговых барабанов, кВт: 55.

Среднее передаточное отношение между блоками волоочильного стана: 1,2.

Суммарная кинематическая вытяжка: 2,9860.

Максимальное допустимое усилие волочения на первой волоке, Н: 25000.

2. Волоочильный стан UDZSA-2500/4

Максимальный диаметр проволоки, мм: 6,5.

Минимальный диаметр проволоки, мм: 2.

Скорость проволоки на выходе из волоочильного стана, м/с: 5,12.

Максимальное конструктивно возможное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 4.

Диаметры четырех тяговых барабанов, мм: 550.

Мощность двигателя привода тяговых барабанов, кВт: 55.

Среднее передаточное отношение между блоками волоочильного стана: 1,2.

Суммарная кинематическая вытяжка: 2,0736.

Максимальное допустимое усилие волочения на первой волоке, Н: 25000.

3. Волоочильный стан UDZSA-2500/2

Максимальный диаметр проволоки, мм: 6,5.

Минимальный диаметр проволоки, мм: 2.

Скорость проволоки на выходе из волоочильного стана, м/с: 3,8.

Максимальное конструктивно возможное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 2.

Диаметры двух тяговых барабанов, мм: 550.

Мощность двигателя привода тяговых барабанов, кВт: 55.

Среднее передаточное отношение между блоками волочильного станка: 1,26.

Суммарная кинематическая вытяжка: 1,5876.

Максимальное допустимое усилие волочения на первой волоке, Н: 25000.

**Технические характеристики станов
прямоточного и петлевого типов**

1. Волочильный стан 6/560

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 12.
Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 6.
Диаметры шести тяговых барабанов, мм: 560.
Средняя кинематическая вытяжка стана: 1,27.
Суммарная кинематическая вытяжка: 4,1959.
Максимальное допустимое усилие волочения на барабане, Н: 18000.
Мощность двигателя индивидуального привода тягового барабана, кВт: 75.

2. Волочильный стан 7/560

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 12.
Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 7.
Диаметры шести тяговых барабанов, мм: 560.
Средняя кинематическая вытяжка стана: 1,27.
Суммарная кинематическая вытяжка: 5,3288.
Максимальное допустимое усилие волочения на барабане, Н: 18000.
Мощность двигателя индивидуального привода тягового барабана, кВт: 75.

3. Волочильный стан 9/350

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 16.
Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 9.
Диаметры девяти тяговых барабанов, мм: 350.
Средняя кинематическая вытяжка стана: 1,2.
Суммарная кинематическая вытяжка: 5,1598.
Максимальное допустимое усилие волочения на барабане, Н: 7500.
Мощность двигателя индивидуального привода тягового барабана, кВт: 27.

4. Волоочильный стан KGT 1600/4+1250/6

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 18.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 10.

Диаметры тяговых барабанов, мм: 1–2 барабаны – 670,
3–10 барабаны – 600.

Средняя кинематическая вытяжка стана: 1,2.

Средняя суммарная кинематическая вытяжка стана: 6,192.

Максимальное допустимое усилие волочения, Н:

- на 1–4 барабанах – 16000,
- на 5–10 барабанах – 12500.

Мощность двигателя индивидуального привода тягового барабана, кВт: 44.

5. Волоочильный стан KGT 2500/2+1600/2+1250/9

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 25.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 13.

Диаметры тяговых барабанов, мм: 1–2 барабаны – 700,
3–13 барабаны – 600.

Средняя кинематическая вытяжка стана: 1,2.

Средняя суммарная кинематическая вытяжка стана: 10,699.

Максимальное допустимое усилие волочения, Н:

- на 1–2 барабанах – 25000,
- на 3–4 барабанах – 16000,
- на 5–13 барабанах – 12500.

Мощность двигателя индивидуального привода тягового барабана, кВт: 44.

Технические характеристики станом со скольжением

1. Волоочильный стан NT 12.4V

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 16.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 21.

Единичные кинематические вытяжки:

- для последней 21-й волоки – 1,0989,
- для предпоследней 20-й волоки – 1,1242,
- для остальных волок – 1,1696.

Суммарная кинематическая вытяжка: 24,2388.

Диаметры тяговых шкивов:

- 1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 57,1 мм; 3-й шкив 77,97 мм;
(левая нижняя) 5-й шкив 106,73 мм; 7-й шкив 146,1 мм;
9-й шкив 200 мм;
- 2-я секция тяговых шкивов: 2-й шкив 57,1 мм; 4-й шкив 77,97 мм;
(правая нижняя) 6-й шкив 106,73 мм; 8-й шкив 146,1 мм;
10-й шкив 200 мм;
- 3-я секция тяговых шкивов: 11-й шкив 57,1 мм; 13-й шкив 77,97 мм;
(правая верхняя) 15-й шкив 106,73 мм; 17-й шкив 146,1 мм;
19-й шкив 200 мм;
- 4-я секция тяговых шкивов: 12-й шкив 57,1 мм; 14-й шкив 77,97 мм;
(левая верхняя) 16-й шкив 106,73 мм; 18-й шкив 146,1 мм;
20-й шкив 192,1 мм;
21-й чистовой вытяжной шкив – 200 мм.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 22.

2. Волоочильный стан NT 12.4A

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 16.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 23.

Единичные кинематические вытяжки:

- для 1, 3, 5, 7, 9-й волоки – 1,1739,
- для 2, 4, 6, 8, 10-й волоки – 1,1639,
- для 11–22 волок – 1,1392,
- для 22-й волоки – 1,0624.

Суммарная кинематическая вытяжка 24,1669.

Диаметры тяговых шкивов:

- 1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 57,1 мм; 3-й шкив 77,97 мм;
(левая нижняя) 5-й шкив 106,73 мм; 7-й шкив 146,1 мм;
9-й шкив 200мм;
- 2-я секция тяговых шкивов: 2-й шкив 57,1 мм; 4-й шкив 77,97 мм;
(правая нижняя) 6-й шкив 106,73 мм; 8-й шкив 146,1 мм;
10-й шкив 200мм;
- 3-я секция тяговых шкивов: 11-й шкив 52,16 мм; 13-й шкив 67,70 мм;
(правая верхняя) 15-й шкив 87,87 мм; 17-й шкив 114,04 мм;
19-й шкив 148,01 мм; 21-й шкив 192,1 мм;
- 4-я секция тяговых шкивов: 12-й шкив 52,16 мм; 14-й шкив 67,70 мм;
(левая верхняя) 16-й шкив 87,87 мм; 18-й шкив 114,04 мм;
20-й шкив 148,01 мм; 22-й шкив 192,1 мм;
23-й чистовой вытяжной шкив – 200 мм.

Суммарная кинематическая вытяжка: 21,1669.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 22.

3. Волоочильный стан NT 12.6

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 25.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 22.

Единичные кинематические вытяжки:

для 1–20 волоки – 1,1702;

для 21 волоки – 1,12457;

для 22 волоки – 1,0986.

Суммарная кинематическая вытяжка: 28,6436.

Диаметры тяговых шкивов:

- 1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 78,16 мм; 2-й шкив 91,4 мм;
(верхняя) 3-й шкив 106,9 мм; 4-й шкив 125,0 мм;
5-й шкив 146,2 мм; 6-й шкив 171,0 мм;
7-й шкив 200 мм;
- 2-я секция тяговых шкивов: 8-й шкив 78,16 мм; 9-й шкив 91,4 мм;
(верхняя) 10-й шкив 106,9 мм; 11-й шкив 125,0 мм;
12-й шкив 146,2 мм; 13-й шкив 171,0 мм;
14-й шкив 200 мм;
- 3-я секция тяговых шкивов: 15-й шкив 78,16 мм; 16-й шкив 91,4 мм;
(верхняя) 17-й шкив 106,9 мм; 18-й шкив 125,0 мм;
19-й шкив 146,2 мм; 20-й шкив 171,0 мм;
21-й шкив 192,2 мм;

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами;

22-й чистовой вытяжной шкив – 200 мм.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 30.

Мощность двигателя для модификации стана НТ 12.6А, кВт: 22.

4. Волоочильный стан НТ 25.6

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 20.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 21.

Единичные кинематические вытяжки:

для 1–6 волоки – 1,1696;

для 7–20 волоки – 1,1242;

для 21 волоки – 1,0989.

Суммарная кинематическая вытяжка: 14,4875.

Диаметры тяговых шкивов:

1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 137,2 мм; 2-й шкив 160,4 мм;
(верхняя) 3-й шкив 187,6 мм; 4-й шкив 219,38 мм;

5-й шкив 256,54 мм; 6-й шкив 300 мм;

2-я секция тяговых шкивов: 7-й шкив 117,31 мм; 8-й шкив 137,2 мм;

(верхняя) 9-й шкив 160,4 мм; 10-й шкив 187,6 мм;

11-й шкив 219,38 мм; 12-й шкив 256,54 мм;

13-й шкив 300 мм;

3-я секция тяговых шкивов: 14-й шкив 117,31 мм; 15-й шкив 137,2 мм;

(верхняя) 16-й шкив 160,4 мм; 17-й шкив 187,6 мм;

18-й шкив 219,38 мм; 19-й шкив 256,54 мм;

20-й шкив 288,3 мм.

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами.

21-й чистовой вытяжной шкив – 300 мм.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 75.

5. Волоочильный стан КНТ 25.6

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 25.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 25.

Единичные кинематические вытяжки:

для 1–8 волоки – 1,1481;

для 9–24 волоки – 1,1296;

для 25 волоки – 1,0989.

Суммарная кинематическая вытяжка 23,3126.

Диаметры тяговых шкивов:

1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 114,09 мм; 2-й шкив 130,98 мм;
(верхняя) 3-й шкив 150,38 мм; 4-й шкив 172,66 мм;
5-й шкив 198,23 мм; 6-й шкив 227,59 мм;
7-й шкив 261,3 мм; 8-й шкив 300 мм;

2-я секция тяговых шкивов: 9-й шкив 122,60 мм; 10-й шкив 139,32 мм;
(верхняя) 11-й шкив 158,34 мм; 12-й шкив 179,90 мм;
13-й шкив 204,44 мм; 14-й шкив 232,32 мм;
15-й шкив 264,00 мм; 16-й шкив 300 мм;

3-я секция тяговых шкивов: 17-й шкив 122,60 мм; 18-й шкив 139,32 мм;
(верхняя) 19-й шкив 158,34 мм; 20-й шкив 179,90 мм;
21-й шкив 204,44 мм; 22-й шкив 232,32 мм;
23-й шкив 264,00 мм; 24-й шкив 300 мм.

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами.

25-й чистовой вытяжной шкив – 300 мм.

Мощность двигателя общего привода шкивов, кВт: 75.

6. Волочильный стан NT 30.8

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 13.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 19.

для 1–18 волоки – 1,1696;

для 19 волоки – 1,0555.

Суммарная кинематическая вытяжка: 17,706.

Диаметры тяговых шкивов:

1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 256,54 мм; 2 шкив 300 мм;
(верхняя)

2-я секция тяговых шкивов: 3-й шкив 187,6 мм; 4-й шкив 219,38 мм;
(верхняя) 5-й шкив 256,54 мм; 6-й шкив 300 мм;

3-я секция тяговых шкивов: 7-й шкив 137,2 мм; 8 шкив 160,4 мм;
(верхняя) 9-й шкив 187,6 мм; 10-й шкив 219,38 мм;
11-й шкив 256,54 мм; 12-й шкив 300 мм;

4-я секция тяговых шкивов: 13-й шкив 137,2 мм; 14-й шкив 160,4 мм;
(верхняя) 15-й шкив 187,6 мм; 16-й шкив 219,38 мм;
17-й шкив 256,54 мм; 18-й шкив 288,3 мм.

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами.

19-й чистовой вытяжной шкив – 300 мм.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 80.

7. Волоочильный стан KNT 30.8

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 15.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 25.

Единичные кинематические вытяжки:

для 1–16 волоки – 1,1477;

для 17–24 волоки – 1,1291;

для 25 волоки – 1,098.

Суммарная кинематическая вытяжка: 26,2854.

Диаметры тяговых шкивов:

1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 198,23 мм; 2-й шкив 227,59 мм;
(верхняя) 3-й шкив 261,3 мм; 4-й шкив 300 мм;

2-я секция тяговых шкивов: 5-й шкив 198,23 мм; 6-й шкив 227,59 мм;
(верхняя) 7-й шкив 261,3 мм; 8-й шкив 300 мм;

3-я секция тяговых шкивов: 9-й шкив 122,6 мм; 10 шкив 139,32 мм;
(верхняя) 11-й шкив 158,34 мм; 12-й шкив 179,9 мм;
13-й шкив 204,44 мм; 14-й шкив 232,32 мм;
15-й шкив 264 мм; 16-й шкив 300 мм;

4-я секция тяговых шкивов: 17-й шкив 122,6 мм; 18-й шкив 139,32 мм;
(верхняя) 19-й шкив 158,34 мм; 20-й шкив 179,9 мм;
21-й шкив 204,44 мм; 22-й шкив 232,32 мм;
23-й шкив 264 мм; 24-й шкив 300 мм.

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами.

25-й чистовой вытяжной шкив – 300 мм.

Мощность двигателя одного общего привода шкивов, кВт: 90.

8. Волоочильный стан NT 40.10

Максимальная скорость проволоки на выходе из стана, м/с: 13.

Максимальное конструктивное количество волок (без учета сдвоенных волок), шт.: 20.

Единичные кинематические вытяжки:

для 1–19 волоки – 1,1696;

для 20 волоки – 1,0555.

Суммарная кинематическая вытяжка 20,709.

Диаметры тяговых шкивов:

1-я секция тяговых шкивов: 1-й шкив 256,54 мм; 2-й шкив 300 мм;
(верхняя)

2-я секция тяговых шкивов: 3-й шкив 256,54 мм; 4-й шкив 300 мм;
(верхняя)

3-я секция тяговых шкивов: 5-й шкив 160,4 мм; 6-й шкив 187,6 мм;
(верхняя) 7-й шкив 219,38 мм; 8-й шкив 256,54 мм;
9-й шкив 300 мм;

4-я секция тяговых шкивов: 10-й шкив 160,4 мм; 11-й шкив 187,6 мм;
(верхняя) 12-й шкив 219,38 мм; 13-й шкив 256,54 мм;
14-й шкив 300 мм;

5-я секция тяговых шкивов: 15-й шкив 160,4 мм; 16-й шкив 187,6 мм;
(верхняя) 17-й шкив 219,38 мм; 18-й шкив 256,54 мм;
19-й шкив 288,3 мм.

Каждая верхняя секция тяговых шкивов имеет свою нижнюю секцию обводных шкивов с таким же их количеством и диаметрами.

20-й чистовой вытяжной шкив – 300 мм.

Мощность двигателя общего привода шкивов, кВт: 100.

Содержание

1. Постановка задачи и объем курсовой работы.....	3
2. Выбор оборудования и количества переделов волочения.....	3
2.1. Предварительное определение типов используемых волочильных станов.....	3
2.2. Определение минимального количества переделов волочения.....	5
2.3. Определение оборудования, вида термообработки и начального диаметра проволоки для последнего передела	7
2.4. Определение вида перетяжных станов	10
2.5. Определение промежуточных диаметров для перетяжных станов.....	11
3. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения.....	12
3.1. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения петлевых, прямоточных и магазинных волочильных станов	12
3.2. Расчет деформационно-кинематических режимов волочения волочильных станов со скольжением.....	15
4. Расчет энергосиловых режимов волочения	19
Литература	23
Приложения	24

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ

**Методические указания
к курсовой работе по дисциплине
«Теория и технология прокатки и волочения»
для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины
и технология обработки материалов давлением»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Автор-составитель: **Бобарикин Юрий Леонидович**

Редактор *Н. И. Жукова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 02.05.07.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,14.

Изд. № 44.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.