

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

---

Кафедра материаловедения и машиностроения

## **ПРОКАТКА**

Методические указания

к лабораторной работе по материаловедению

Санкт-Петербург

2012

УДК 669.017(076.5)

Прокатка: методические указания к лабораторной работе по материаловедению / сост.: Г.Н. Теплухин, В.Г. Теплухин, О.В. Бебякина, Н.Н. Ситов; СПб ГТУРП. - СПб., 2012. - 16 с.

Методические указания позволяют студентам самостоятельно подготовиться к лабораторной работе. Предназначаются для студентов всех формы обучения.

Рецензент: доцент кафедры инженерной графики, канд. техн. наук СПб ГТУРП Тимофеев А.А.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой, материаловедения и технологии машиностроения СПб ГТУРП (протокол №1 от 10 сентября 2012г.).

Утверждены к изданию методической комиссией факультета механики автоматизированных производств СПб ГТУРП (протокол №1 от 12 сентября 2012 г.).

Редактор и корректор В.А. Басова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Компьютерный набор и верстка Д.В.Ерошина Темплан 2012г., поз 61

---

Подп. к печати 25.12.12 Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 1,0 печ. л., 1,0 уч. – изд. л.

Тираж 200 экз. Изд. № 61. Цена "С". Заказ №

---

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

© Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2012

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- ознакомление с технологическими операциями прокатки;
- получение сведений о сортаменте проката;
- ознакомление с основными типами прокатных станов.

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОКАТКЕ МЕТАЛЛОВ

Под прокаткой понимают пластическую деформацию металла между вращающимися валками.

Прокатке подвергают до 90 % всей стали и большую часть цветных металлов.

Различают продольную, поперечную и косую (винтовую) прокатку (рис.1).

При продольной прокатке заготовка движется в направлении, перпендикулярном оси валков (рис. 1а); при поперечной прокатке движение заготовки осуществляется вдоль осей валков (рис.1 б); при поперечно-винтовой деформирование осуществляется между валками конической формы, вращающимися в одном направлении (рис.1 в). Оси валков расположены под некоторым углом, поэтому заготовка не только вращается, но и движется вдоль своей оси.

С помощью продольной прокатки получают сортовые и фасонные профили, поперечной и поперечно-винтовой - тела вращения (заготовки для зубчатых колёс, бесшовные трубы из сплошных заготовок, шары).

## ПРОДУКЦИЯ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА (СОРТАМЕНТ ПРОКАТА)

Продукция прокатного производства делится на 4 основные группы:

1. Сортовой прокат (рис.2), в который входят квадрат, круг, шестигранник и лента, относящиеся к простому профилю. Остальные виды - угольник, швеллер, двутавр, рельс, зетовый профиль и шпунт - относят к фасонному профилю.

2. Листовой прокат.

По толщине листовой прокат делится на: фольгу - толщиной менее 0,2 мм; тонколистовой - толщиной 0,2 - 4,0 мм; толстолистовой - 4 - 160 мм.

3. Трубы бесшовные и сварные.

Бесшовные трубы изготавливают диаметром до 650 мм; сварные – до 2500 мм.

4. Специальный прокат - колёса, кольца, шары, периодический профиль.

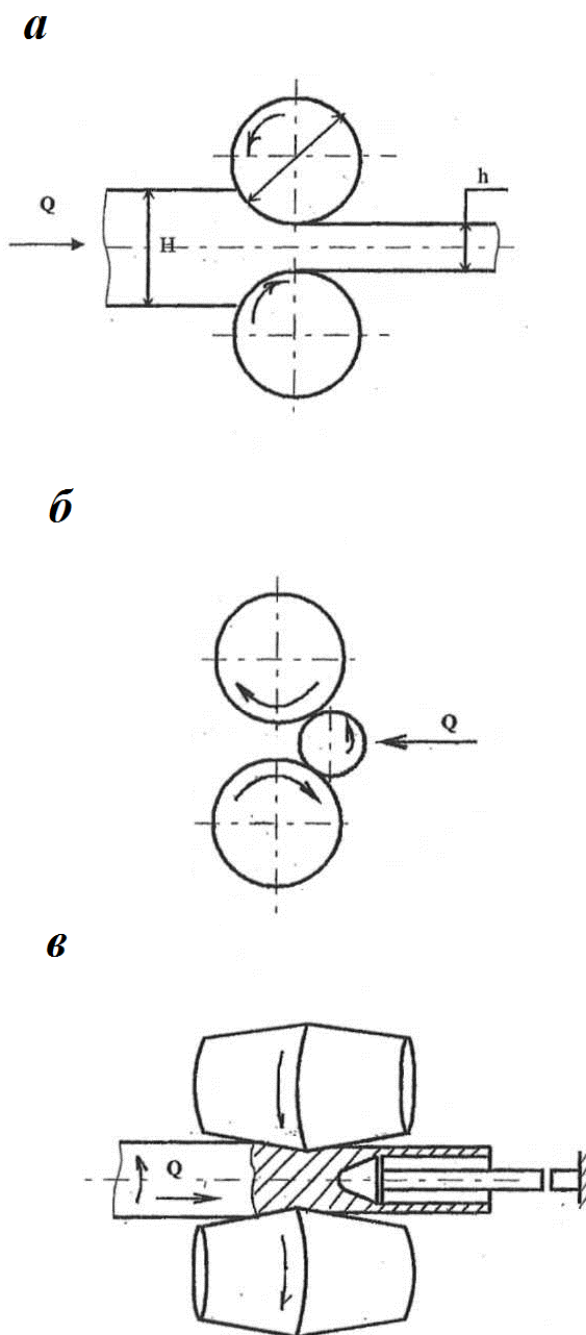
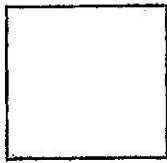


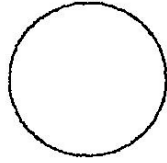
Рис.1. Основные схемы прокатки:

а – продольная; б - поперечная; в – косая (винтовая)

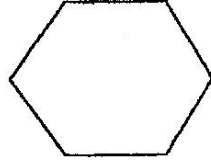
### Простые профили



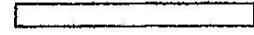
квадрат



круг

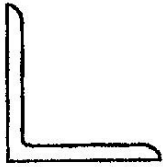


шестигранник

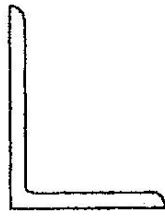


лента

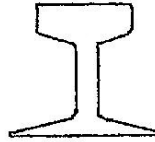
### Фасонные профили



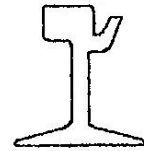
угольник  
равнобокий



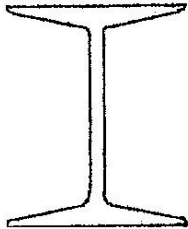
угольник  
неравнобокий



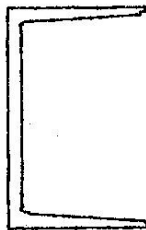
рельс  
железнодорожный



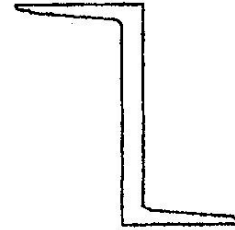
рельс  
трамвайный



двутавр



швеллер



зетовый  
профиль



шпунт

Рис.2. Сортовой прокат

## ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОКАТКИ

Инструментом для прокатки служат валки, которые отливают из отбеленного чугуна или выковывают из углеродистых либо легированных сталей.

Поверхность валков может быть гладкой (для получения листов и ленты) или с канавками (ручьями) по окружности (для сортового или фасонного проката) (рис.3).

Размеры и форма поперечного сечения изделия (заготовки) определяются профилем, составленным смежными ручьями двух валков (калибром).

Предварительное обжатие производится в черновых калибрах; окончательные размеры и профиль получают в чистовых калибрах.

Прокатка производится на специальных машинах - прокатных станах.

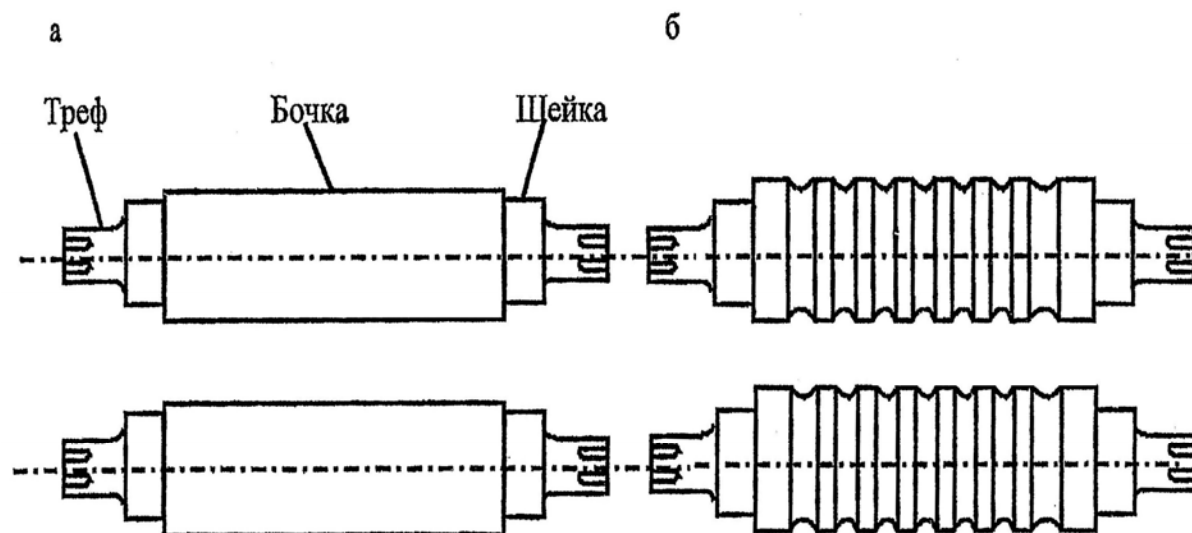


Рис.3. Прокатные валки:  
а- с гладкой бочкой; б- калиброванные

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОКАТНЫХ СТАНАХ

Прокатным станом называется комплекс технологических машин - орудий, обеспечивающих производство изделий прокаткой. На рис. 4 приведена схема расположения основных элементов главной линии прокатного стана.

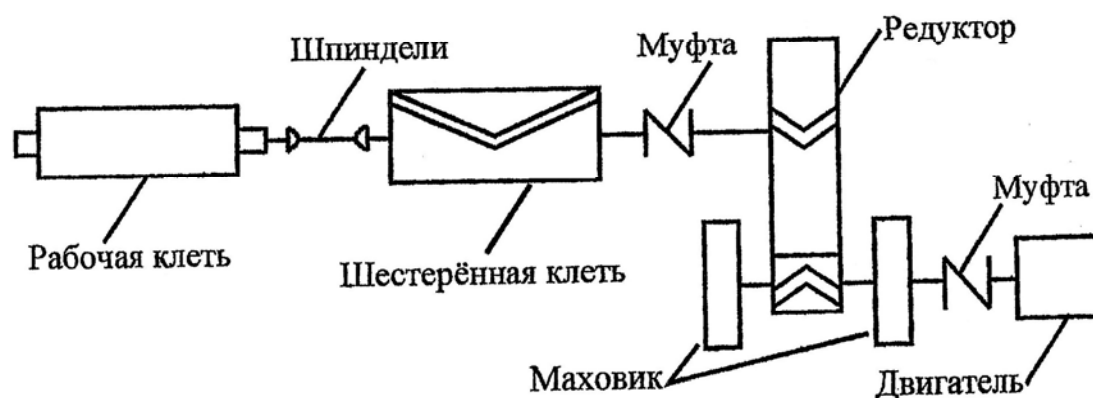


Рис.4. Схема расположения основных элементов главной линии прокатного стана

По расположению валков в рабочих клетках прокатные станы подразделяют на станы дуо, многовалковые и универсальные.

Станы дуо имеют два валка, которые вращаются в одном направлении (нереверсивные станы), либо в разных направлениях (реверсивные станы).

В многовалковых прокатных станах (рис.5) рабочими являются два валка, а все остальные опорными. Это позволяет применять рабочие валки малого диаметра, благодаря чему увеличивается вытяжка и снижается давление металла на валки.

Универсальные станы, кроме горизонтальных валков, имеют также и вертикальные, расположенные с одной или обеих сторон горизонтальных валков (рис.5).

По расположению рабочих клеток станы могут быть одноклетьевыми (рис.6а) и многоклетьевыми с линейным или последовательным расположением клеток. У линейных станков (рис.6б) клетки расположены в одну или несколько линий; в каждой линии все валки связаны между собой и вращаются с одной скоростью. Последнее является существенным

недостатком этих станов, так как препятствует увеличению скорости прокатки по мере увеличения длины прокатываемой полосы.

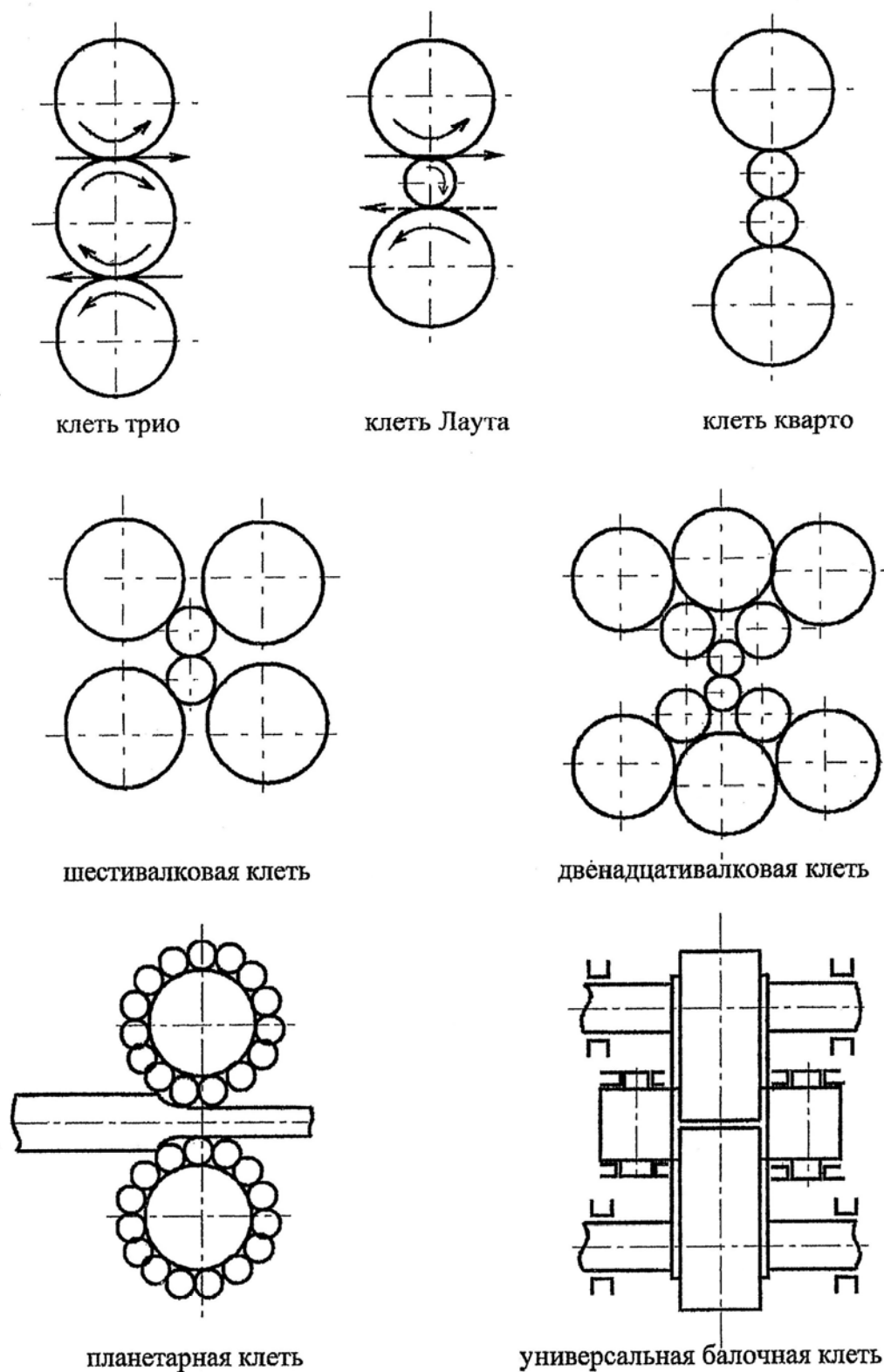


Рис.5. Схемы расположения валков в клетях прокатных станов



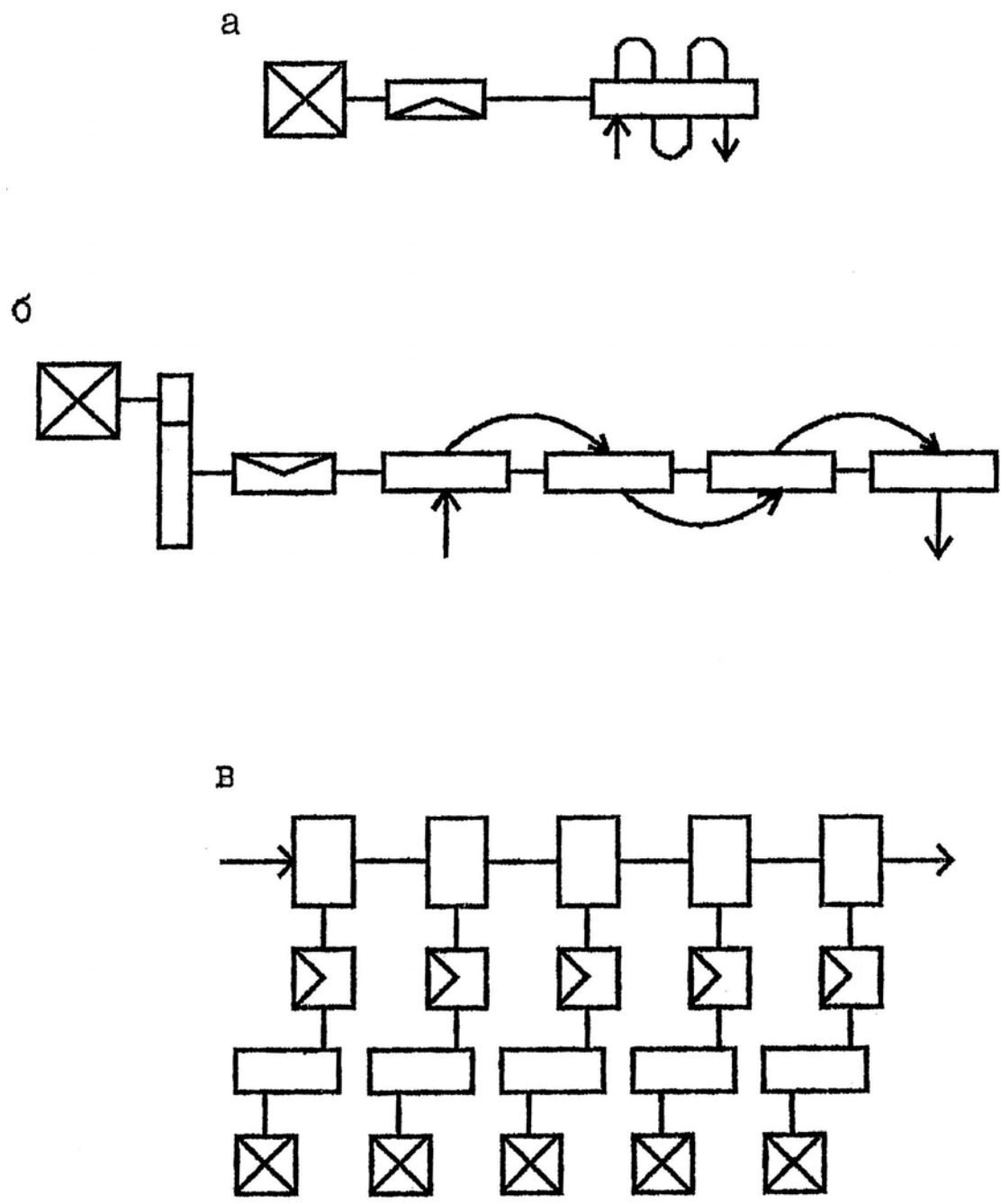


Рис.6. Классификация прокатных станов по расположению рабочих клеток: а- одноклетьевой; б- линейный; в- непрерывный.

Поэтому в некоторых случаях для повышения производительности станом клетки располагают в несколько линий с разной скоростью прокатки. Производительность прокатки можно повысить последовательным расположением клеток в непрерывных станах. Привод рабочих клеток непрерывных станом может быть групповым, когда несколько клеток приводятся в движение от одного двигателя, или индивидуальным, когда

каждая клеть имеет свой двигатель (рис.6б,в). В обоих случаях окружная скорость каждой последующей пары валков должна быть больше скорости предыдущей на строго определённую величину. На непрерывных станах можно прокатывать полосу с натяжением, что позволяет увеличить обжатие.

По назначению прокатные станы подразделяют на станы для производства полупродукта и станы для выпуска готового проката (табл.1).

Таблица 1

Классификация прокатных станов по назначению

| Названия станов                            | Диаметр валков, мм или длина бочки, мм | Назначение  |
|--|--|---|
| <b>Станы для выпуска полупродукта</b>      |  |   |
| Блюминги                                   | 800 - 1400                             | Прокатка слитков в полупродукт крупного сечения   |
| Слябинги                                   | 800 - 1400                             |   |
| Заготовочные                               | 450 - 800                              | Прокатка полупродукта более мелкого сечения из блюмов; иногда из слитков массой менее 1500 кг |
| <b>Станы для выпуска готового проката</b>  |  |   |
| Рельсобалочные                             | 750-900                                | Железнодорожные рельсы, двутавровые балки, швеллеры крупных размеров                          |
| Крупносортовые                             | 500 -700                               | Круг, квадрат 80 - 200 мм, двутавровые балки и швеллеры № 12 - 24                             |
| Среднесортные                              | 350 - 500                              | Круг, квадрат 40-80 мм, двутавровые балки и швеллеры до №16                                   |
| Мелкосортные                               | 250-350                                | Круг, квадрат 8 - 40 мм, уголок 50х50   |
| Штрипсовые                                 | 300-400                                | Полоса 64-500 мм толщиной 1,5 - 10 мм   |
| Проволочные                                | 250 - 300                              | Катанка D 5,5 - 9 мм  |
| Толстолистовые                             | Длина бочки<br>2000 - 5000             | Лист толщиной 4,0 - 200 мм  |
| Тонколистовые, горячей и холодной прокатки | Длина бочки<br>700 - 2800              | Лист толщиной 0,2 - 4,0 мм  |

Кроме указанных в табл. 1, используются специальные станы для производства бесшовных и сварных труб, колесо- и бандажепрокатные, шаропрокатные, для прокатки зубчатых колёс, осей, периодических профилей.

## ПОДГОТОВКА СЛИТКОВ К ПРОКАТКЕ

Для производства сортового проката чаще всего используют слитки квадратного сечения; для прокатки листа - заготовки прямоугольного сечения. Производство бесшовных труб может выполняться непосредственно из слитков и заготовок круглого сечения.

На различных станах прокатывают слитки различной формы и массы:

на заготовочных - до 1500 кг;

блюмингах - 3 - 10 т;

слябингах — 8 - 25 т.

На свойства проката существенное влияние оказывает качество слитка. Последний считается качественным, если усадочная раковина, рыхлость, ликвация, газовые пузыри, неметаллические включения и другие внутренние пороки находятся в допустимых пределах, а поверхностные дефекты (трещины, плёны, завороты) отсутствуют :

Практикой установлено, что получение стального слитка с высококачественными показателями тем труднее, чем больше масса слитка и выше легированность. Полностью избежать появления дефектов в слитках не удаётся. Перед нагревом слитки следует осматривать, а поверхностные дефекты удалять.

Однако на металлургических заводах 90 - 95 % слитков сразу после разлива поступают в нагревательные колодцы или печи, что практически исключает возможность их осмотра. Кроме того, подкорковые пузыри и неметаллические включения проявляются в процессе прокатки и обнаруживаются лишь на заготовках.

Поэтому используется, главным образом, технологическая схема производства проката «слиток - полупродукт - готовый прокат» (рис.7).

К полупродукту относят следующие виды проката:

блюмы - заготовки квадратного (или близкого к нему) сечения размером от 400х400 мм до 150х150 мм, полученные на блюминге или на установке непрерывной разливки стали;

слябы - заготовки прямоугольного сечения, полученные на слябинге, блюминге или на установке непрерывной разливки стали; толщина 50 -300 мм; ширина 500-1800 мм;

заготовка - полупродукт квадратного или близкого к нему сечения размером от 50х50 мм до 150х150 мм; этот вид полупродукта прокатывается на заготовочных станах или получается непрерывной разливкой или даже ковкой (только легированные стали);

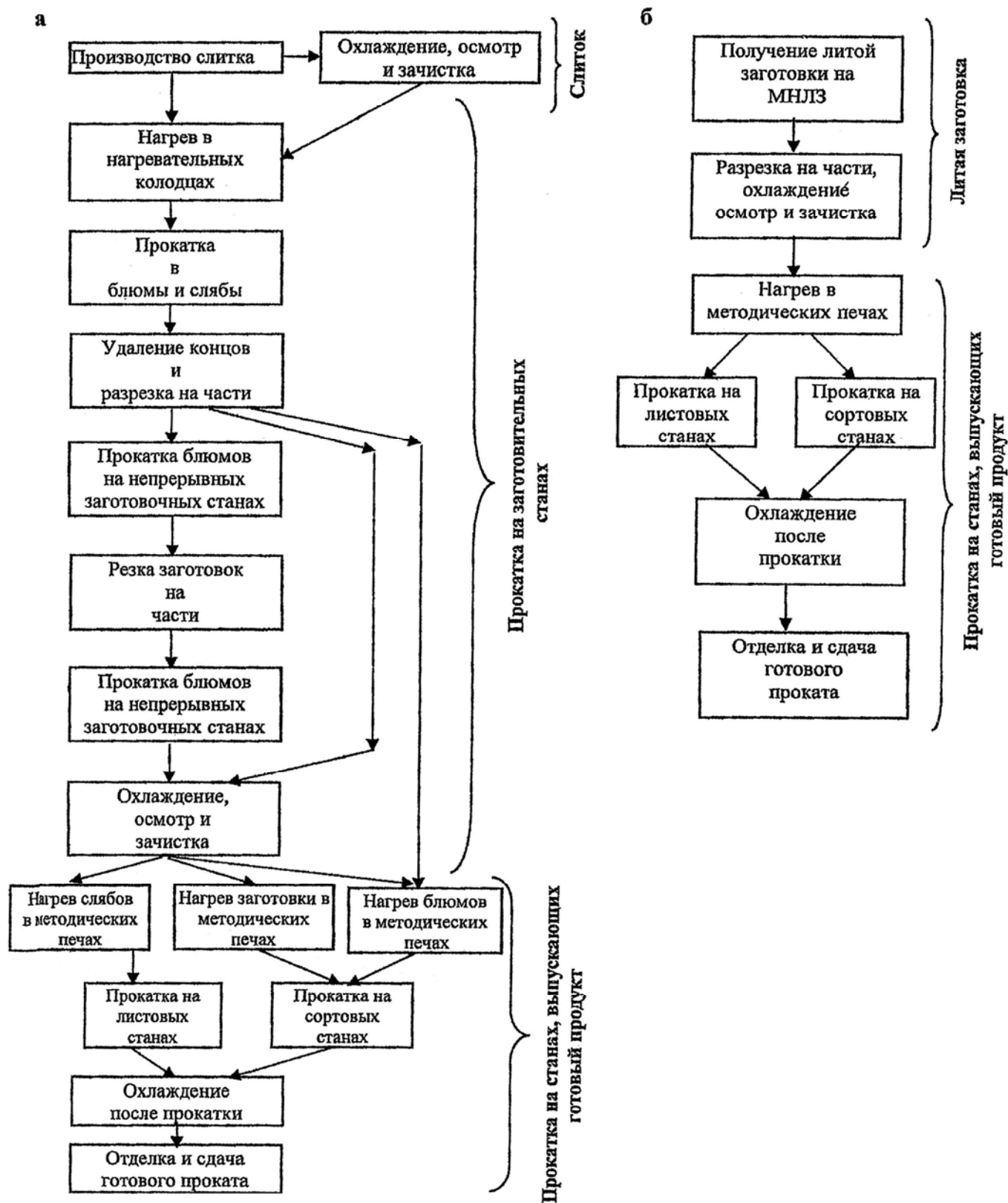


Рис.7. Технологические схемы прокатки.  
 а- слиток – полупродукт - готовый прокат;  
 б- литая заготовка –готовый прокат

- сутунка - листовая заготовка для прокатки листов штучным способом; толщина 6-50 мм; ширина 150 - 500 мм.

- Подготовка заготовок к прокатке заключается в удалении имеющихся на поверхности дефектов. Необходимость удаления поверхностных дефектов диктуется тем, что они не устраняются в процессе последующей прокатки, а переходят на готовый продукт.

Поэтому до 70 % заготовок из углеродистых сталей и до 100 % из легированных сталей подвергаются зачистке. На подготовке металла к прокатке занято от 40 % до 80 % рабочих прокатного цеха.

Удаление поверхностных дефектов осуществляется различными способами:

-вырубка пневматическим зубилом; позволяет осуществить только выборочную зачистку и снятие заусенцев;

-зачистка абразивными кругами; позволяет удалить сравнительно мелкие дефекты;

-огневая зачистка - выжигание металла вблизи поверхностного дефекта пламенем газокислородной смеси; при этом удаляется и сам дефект;

-обточка, строжка, фрезерование.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОКАТКИ

Прокатка может осуществляться холодным и горячим способом.

Холодная прокатка ( $t_{\text{прок}} < t_{\text{рекр}}$ ) осуществляется без специального нагрева и применяется для производства тонкого листа и ленты.

Горячая прокатка включает непременно операцию нагрева. Нагрев металла перед прокаткой, выполняется с целью уменьшения его сопротивления деформированию и повышения пластичности.

Горячая прокатка производится в интервале температур, который выбирается по диаграммам состояний:

$$t_{\text{нач}} = t_{\text{кон}} + \Delta t ,$$

где  $\Delta t$  - общее падение температуры за время обработки с момента выдачи из печи до окончания прокатки.

Неверно выбранные температура и режимы нагрева приводят к перегреву, вскрытию подкорковых пузырей, пережогу, что может служить причиной окончательного брака или резкого снижения механических свойств и качества поверхности.

При пережоге происходит окисление границ зёрен, теряется пластичность, и пластическая деформация становится невозможной.

При перегреве происходит значительный рост зерна, что может сохраниться в готовом изделии и привести к ухудшению механических свойств.

Чтобы избежать этого, максимальную температуру нагрева для стали принимают на 200 - 250°C ниже линии солидус. В зависимости от химического состава, она составляет 1150 — 1280°C.

Режим нагрева выбирается прежде всего в зависимости от теплопроводности металла и его структурного состояния. Стали с низкой теплопроводностью (например, быстрорежущие) нагревают медленнее, особенно до температуры 600 - 800°C. Выше 800°C пластичность сталей, как правило, допускает максимально возможную скорость нагрева.

Нижнюю температуру конца прокатки установить трудно. Принимают во внимание размеры поперечного сечения и толщину отдельных участков проката, скорость прокатки, интенсивность деформации, требования по механическим свойствам, макро- и микроструктуре, способ охлаждения.

В одних случаях повышение  $t_{\text{кон}}$  прокатки экономически выгодно, так как при этом повышается производительность стана и уменьшается расход энергии при прокатке.

В других случаях идут на снижение температуры конца прокатки, чтобы обеспечить в последних проходах получение мелкозернистой структуры и высоких механических свойств.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- Какие существуют виды прокатки?  
Что получают при помощи продольной прокатки?  
Что получают при помощи поперечно - винтовой прокатки?
- Назовите группы продукции прокатного производства.  
Что такое сортовой прокат? Сделайте эскизы.
- Назовите инструмент для прокатки.
- Что такое калибр? Черновые и чистовые калибры.
- Нарисуйте схему расположения основных элементов главной линии прокатного стана.
- Как классифицируются прокатные станы по количеству валков и по расположению рабочих клеток?
- Перечислите названия прокатных станов по назначению.  
Укажите диаметр рабочих валков для каждого вида станов.
- В чем состоит подготовка слитков к прокатке.  
Всегда ли она производится?
- Технологические схемы прокатки. Приведите пример.
- Каковы температурные условия прокатки?

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основными сведениями о прокатке.
2. Посмотреть фильм «Листовая прокатка» и принять участие в его обсуждении.
3. Дать письменные ответы на вопросы для самопроверки.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЁТУ

Отчёт должен содержать:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- краткие сведения о прокатке;
- рисунки, иллюстрирующие устройство прокатных станов, сортамент проката.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Суворов А.Г. Обработка металлов давлением. М.: Металлургия, 1982. - 560 с.

Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 1977. - 664 с.

Технология конструирования материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. - 6-е изд. - / А.М. Дальский, [и др.] – М. : Машиностроение, 2005. – 592 с.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Цель работы.....   | 3  |
| Основные сведения о прокатке металлов .....                | -  |
| Продукция прокатного производства (сортамент проката)..... | -  |
| Инструмент для прокатки.....                               | 6  |
| Основные сведения о прокатных станах .....                 | 7  |
| Подготовка слитков к прокатке.....                         | 11 |
| Температурные условия прокатки .....                       | 13 |
| Вопросы для самопроверки .....                             | 14 |
| Порядок выполнения работы.....                             | 16 |
| Требования к отчету.....                                   | -  |
| Библиографический список.....                              | -  |