

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

**М.В. Андросенко, В.И. Кадошников,
И.Д. Кадошникова, Е.В. Куликова**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Магнитогорск
2015

УДК 621.771 (075)

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Машины и агрегаты технологического
оборудования» ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный
индустриальный университет»,
профессор, кандидат технических наук
А.Н. Савельев

Директор ООО «ТехНаМет», кандидат технических наук
В.Д. Галкин

Андросенко, М.В.

Проектирование прокатных цехов: учеб. пособие / М.В. Андросен-
ко, В.И. Кадошников, И.Д. Кадошникова, Е.В. Куликова. – Магнитогорск:
Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 55 с.

Рассмотрены основы прокатного производства, типы прокатных и труб-
ных станов, методика проектирования прокатных цехов, основные требования
при проектировании прокатных цехов, основное и вспомогательное оборудование
прокатных станов.

Предназначено для обучающихся по направлению 151000.62 «Технологи-
ческие машины и оборудование», специальности 151701.65 «Проектирование
технологических машин и комплексов» всех форм обучения, изучающих дисци-
плины «Проектирование оборудования цехов прокатного производства», «Проек-
тирование технологических линий и комплексов металлургических цехов.

УДК 621.771 (075)

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2015
© Андросенко М.В.,
Кадошников В.И.,
Кадошникова И.Д.,
Куликова Е.В., 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Прокатное производство	5
2. Методика проектирования прокатных цехов	17
3. Выбор технологической схемы производства проката	18
4. Основные требования при проектировании прокатных цехов	26
5. Основное оборудование прокатных станов.....	32
5.1. Рабочие клетки и их приводы	32
5.2. Узлы валков	33
5.3. Станины.....	34
5.4. Муфты и шпиндели.....	35
6. Вспомогательное оборудование прокатных цехов	35
6.1. Машины перемещения и кантовки проката	35
6.2. Режущие машины	42
6.3. Правильные машины.....	46
6.4. Машины клеймения и маркировки проката.....	47
6.5. Машины для разматывания-наматывания рулонов и бунтов.....	48
6.6. Агрегаты травления и зачистки проката	52
6.7. Агрегаты покрытия и термообработки проката	53
Библиографический список	55

ВВЕДЕНИЕ

Черная металлургия является фундаментом машиностроения: на долю черных и цветных металлов приходится более 90% всего объема конструкционных материалов, применяемых в машиностроении России, причем доля черных металлов составляет около 95% общего объема металлургического производства. Второе место по потреблению металлопродукции после машиностроения занимает промышленное и гражданское строительство.

Прокатное производство — это третий передел металлургического производства, где слитки или литую заготовку перерабатывают в готовые изделия, т.е. прокат различных форм и размеров.

В прокатных цехах стальные слитки прокатываются в металл самого разнообразного профиля. Технологический процесс прокатки разделяется на два основных цикла: нагрев слитков перед прокаткой в нагревательных печах или нагревательных колодцах и прокатка нагретых слитков.

Современные прокатные цехи являются важнейшим звеном металлургического производства. Отдельные цехи достигают длины более 1 км, площади до 25 га. Прокатные цехи по объему составляют до 75% от всех одноэтажных зданий заводской площадки. Прокатный цех характеризуется весьма тяжелым и громоздким оборудованием, устанавливаемым на фундаментах, независимых от несущих конструкций зданий прокатных цехов, решаются одноэтажными и оборудуются мостовыми кранами грузоподъемностью до 125 т.

1. ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Конечным продуктом металлургического производства является металлопрокат, роль которого во всех отраслях народного хозяйства трудно переоценить. По сортаменту продукции станы разделяют на:

- заготовочные, в том числе станы для прокатки слэбов и блюмов;
- листовые и полосовые;
- сортовые, в том числе балочные и проволочные;
- трубoproкатные;
- деталепрокатные (бандажи, колёса, оси и т.д.).

По технологическому процессу станы делят на следующие группы:

- литейно-прокатные (агрегаты);
- обжимные (для обжатия слитков), в том числе слябинги и блюминги;
- реверсивные одноклетьевые;
- тандемы;
- многоклетьевые;
- непрерывные;
- холодной прокатки.

Сортамент — совокупность прокатных профилей, отличающихся по форме и размерам.

Профиль — форма поперечного сечения прокатного изделия. Профиль разделяется на:

- листовой (лист, полоса (рулон), штрипс);
- горячекатаный тонкий (толщина до 4 мм);
- горячекатаный толстый (толщина свыше 4 мм);
- холоднокатаный.

Профнастил — это стеновой или кровельный материал для наружных ограждений, стен и крыш. Профнастил подразделяется на сортовой и фасонный:

- сортовой — простой (круг, квадрат, шестигранник, полоса плоского сечения); арматура — это изделие из металла, применяемое для армирования железобетонных конструкций;
- фасонный — общего (массового) потребления (угловой профиль, швеллеры, двутавровые балки и другие); специального назначения (рельсы железнодорожные широкой и узкой колеи, рельсы трамвайные, профили сельскохозяйственного машиностроения, судостроения, нефтяной и электропромышленности).

По размеру профиля сортовой прокат делится на:

- крупный — круглая сталь диаметром 80–250 мм, квадратная сталь со стороной 70–200 мм, периодические арматурные профили № 70–80, угловая сталь с шириной полок 90–250 мм, швеллеры и двутавровые бал-

ки обычные и облегченные высотой 360–600 мм, специальные широкополочные двутавры и колонные профили высотой до 1000 мм, шестигранная сталь до № 100, рельсы железнодорожные длиной 1 м и массой 43–75 кг, полосовая сталь шириной до 250 мм и др.;

– средний – круглая сталь диаметром 32–75 мм, квадратная со стороной 32–65 мм и шестигранная до № 70, стальной периодический арматурный профиль № 32–60, двутавровые балки высотой до 300 мм, швеллеры высотой от 100–300 мм, рельсы узкой колеи Р18-Р24, штрипсы сечением до 8×145 мм, разнообразные фасонные профили отраслевого назначения и др.;

– мелкий – круглая сталь диаметром 10–30 мм, квадратная сталь со стороной 8-10 мм, периодический арматурный профиль № 6–28, угловая сталь с шириной полок 20–50 мм, швеллеры № 5–8, полосовая сталь шириной до 60 мм, шестигранная сталь до № 30 и разнообразные фасонные профили отраслевого назначения эквивалентных размеров.

Прокатное производство обычно организуется на металлургических заводах и является завершающим звеном полного металлургического цикла.

В состав прокатных цехов (комплексов) большой производительности входит целый ряд промышленных корпусов и сооружений основного и вспомогательного назначения, связанных единым технологическим процессом. Отдельные прокатные цехи достигают в длину более 1 км.

Для прокатного цеха характерно весьма тяжелое и громоздкое оборудование, которое устанавливается на фундаменты.

Внутри прокатных цехов размещаются многочисленные помещения, станции и посты управления. В машинных залах устанавливаются основные силовые двигатели, преобразовательные устройства, аппаратура управления. В специальных подвальных помещениях устраиваются центральные смазочные станции (маслоподвалы) и станции автоматической густой смазки. Прокатные цехи оборудуются мостовыми кранами грузоподъемностью до 125 т.

В цехе горячей прокатки устанавливают обжимной или заготовочный стан – связующее звено между сталеплавильным цехом, снабжающим прокатный цех слитками, и отделочными прокатными станами. Если имеется УНРС, необходимость в обжимных и заготовочных станах отпадает.

Цехи холодной прокатки располагаются, как правило, рядом с цехами горячей прокатки и соединяются с ними конвейером для подачи горячекатаных рулонов. Особенностью цехов холодной прокатки – наличие больших травильных агрегатов и отжигательных печей. В цехах холодной прокатки осуществляется обработка заготовок меньших размеров, чем в цехах горячей прокатки, что позволяет строить здания с прямоугольным очертанием в плане и параллельным расположением пролетов.

Для хранения кислот, обезвреживания отходов и их утилизации предусматривают ряд вспомогательных зданий и сооружений (кислотные, купоросные).

Сортопрокатные цехи состоят из нескольких отделений с продольным и поперечным расположением пролетов, заблокированных в одну группу: отделения нагревательных колодцев, отделения блюминга, отделения непрерывно-заготовочного стана, склада заготовок, отделения станов, склада готовой продукции. Внутренние дворы между отделениями сортовых станов предназначены для аэрации.

Прокатный стан – комплекс оборудования, в котором происходит пластическая деформация металла между вращающимися валками. В более широком значении – система машин, выполняющая не только прокатку, но и вспомогательные операции:

- транспортирование исходной заготовки со склада к нагревательным печам и валкам стана;
- передачу прокатываемого материала от одного калибра к другому;
- кантовку;
- транспортирование металла после прокатки;
- резку на части;
- маркировку или клеймение;
- правку;
- упаковку;
- передачу на склад готовой продукции и др.

Различают основное и вспомогательное оборудование прокатного стана. Основное оборудование прокатного стана предназначено для выполнения главной операции — деформации металла между вращающимися валками. Вспомогательное оборудование составляют машины и агрегаты для выполнения вспомогательных операций, таких как нагрев, транспортировка исходного материала к рабочей клетке, кантовка, уборка материала после прокатки, резка на мерные длины, охлаждение, правка, сматывание в бунты или рулоны, отделка, термическая обработка, маркировка и клеймение, упаковка, подача на склад готовой продукции.

Линия, по которой располагают основное оборудование, называется главной линией прокатного стана. В случае с одноклетьевым станом главная линия – одна рабочая клетка с приводом прокатных валков (рис. 1.1). Главную линию многоклетьевого стана образуют несколько рабочих клеток, которые располагаются в одну линию, параллельно друг другу или в шахматном порядке.

По расположению рабочих клеток различают последовательные, непрерывные и полунепрерывные многоклетьевые станы. Последовательный стан отличает поочередная прокатка полосы в его рабочих клетках. Непрерывный стан — стан, в котором полоса прокатывается одновре-

менно во всех его клетях. Клетки располагаются одна за другой, обеспечивая высокую производительность стана. Полунепрерывный стан состоит из непрерывных и последовательных групп клеток.

По назначению различают обжимные, заготовочные, толстолистовые, широкополосовые и листовые станы холодной прокатки, а также рельсобалочные, сортопрокатные, проволочные, трубо- и деталепрокатные станы. Кроме того, существуют профилегибочные станы.

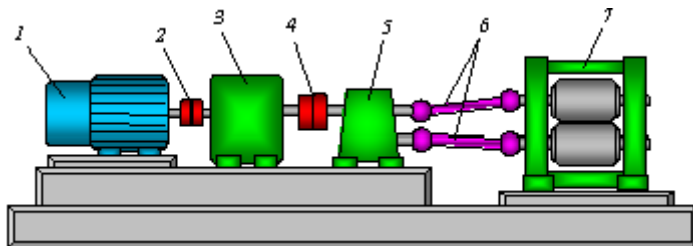


Рис. 1.1. Одноклетьевого прокатный стан: 1 – электродвигатель; 2 – муфта моторная; 3 – редуктор; 4 – муфта коренная; 5 – шестеренная клетка; 6 – шпиндель; 7 – рабочая клетка

Обжимные станы (рис.1.2) служат для обжатия слитков, подготовки их к последующей обработке давлением. Схемы расположения оборудования блюминга и слябинга похожи, у слябинга вместо обычной 2-валковой рабочей клетки устанавливали универсальную 2-валковую рабочую клетку.

Стальные слитки нагреваются до температуры 1100–1280°C в нагревательных колодцах, затем подаются слитковозами к приемному рольгангу. После прокатки в рабочей клетке осуществляется огневая зачистка поверхности металла, резка полосы, клеймение и передача по рольгангу на холодильник.

В последних конструкциях универсальных слябингов для горизонтальной клетки применяются цельнолитые станины, которые прикрепляются к плитовинам при помощи анкерных колец. В нажимных механизмах использовались винтовые и червячные передачи от высокоскоростных электродвигателей. Вращение каждому вертикальному валку передается через независимый редуктор и вертикальный универсальный шпиндель.

На металлургическом заводе блюминг работает совместно с заготовочным станом, на котором производят заготовки для сортового стана. Диаметр валков заготовочных станов находится в диапазоне 450–800 мм.

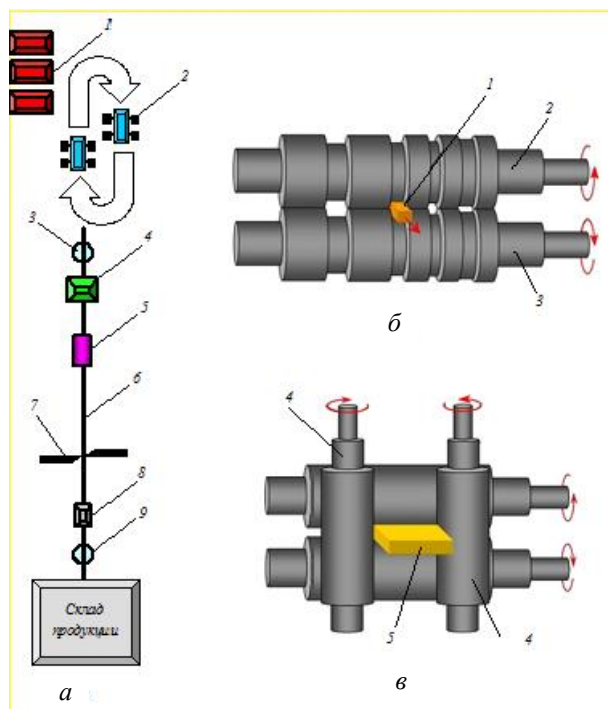


Рис. 1.2. Блюминг и слябинг: *a* — расположение оборудования (1 — нагревательный колодец; 2 — слитковоз; 3 — весы для слитка; 4 — клеть дуо; 5 — машина огневой зачистки; 6 — рольганг; 7 — ножницы; 8 — клеймовщик; 9 — весы для сляба); *б, в* — схемы прокатки (2, 3 — горизонтальные рабочие валки; 1 — блюм; 4 — вертикальный валок; 5 — сляб)

Заготовочные прокатные станы — прокатные станы, предназначенные для прокатки блюмов или слитков в заготовки квадратного или круглого сечения с целью их последующей обработки на специализированных прокатных станах (сортовых, трубных и др.) (рис.1.3).

Различают заготовочные станы: непрерывные, линейные и с последовательным расположением клетей. В настоящее время наиболее распространены непрерывные заготовочные станы, в которых прокатываемый металл обжимается поочерёдно в клетях с вертикальными и горизонтальными валками без кантовки, что уменьшает опасность образования на его поверхности трещин и царапин. Индивидуальный привод валков стана обеспечивает регулировку скорости прокатки, упрощает настройку и калибровку валков.

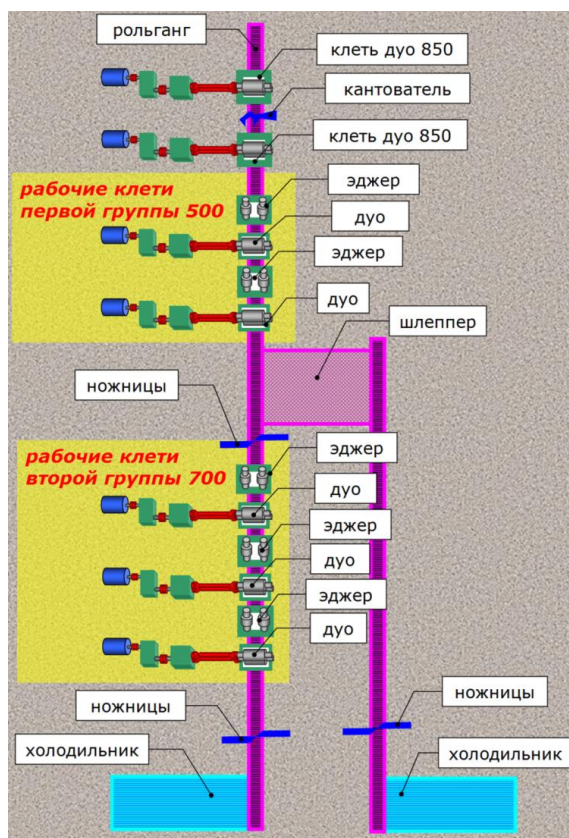


Рис. 1.3. Непрерывный заготовочный стан 700/500

Заготовочные станы устанавливают непосредственно за блюмингом для прокатки из блюмов сечением 300×300 – 400×400 мм заготовок, а также и небольших блюмов следующих размеров:

- непрерывные заготовочные станы с одной группой клеток (например, стан 700) – крупную сортовую квадратную заготовку сечением от 125×125 до 140×140 мм и блюмов сечением от 140×140 до 200×200 мм;
- непрерывные заготовочные станы с двумя группами клеток (например, стан 700/500) – сортовую заготовку сечением от 60×60 до 100×100 мм (выдается из второй группы) и сечением от 120×120 до 140×140 мм и блюмов сечением от 140×140 до 200×200 (выдаются из первой группы клеток);
- непрерывные заготовочные станы с тремя группами клеток (например, стан 900/700/500) – предназначенные для получения сорто-

вых заготовок сечением $80 \times 80 \div 170 \times 170$ мм из блюмов сечением до 370×370 мм;

– последовательные трубозаготовочные станы – круглую заготовку диаметром 75–300 мм для последующей прошивки и раскатки на трубопрокатных агрегатах.

Толстолистовые станы предназначены для горячей прокатки листов толщиной 4–50 мм и более и шириной 1000–5000 мм. Основным размером, характеризующим листовые станы, является длина бочки рабочих валков.

Исходным металлом для толстолистовых станов являются катаные или литые слябы толщиной 100–500 мм, шириной 1,0–2,4 м, длиной 2,0–5,3 м, массой от 2 до 40 т, а также слитки массой до 60 т. Толстолистовой стан 5000 представлен на рис. 1.4.

В состав оборудования стана 5000 входит полный комплект машин и механизмов: от загрузочных устройств нагревательных печей до уборочных устройств на складе готовой продукции.

Одноручьевая радиально-криволинейная МНЛЗ производительностью 1 650 тыс. т в год, расположенная в кислородно-конвертерном цехе ММК, выпускает слябовую заготовку толщиной 190–300 мм и шириной до 2 700 мм для стана 5000.

Четыре нагревательные печи общей массой 4,5 тыс. т нагревают слябы до нужной температуры. Окалиноломатель очищает сляб от окалины. «Сердце» толстолистового стана — уникальная клеть кварто с максимальным усилием прокатки порядка 12 тыс. т, мощнейшая в мире. Высота клетки 17 м, масса 5850 т.

Главный привод клетки имеет мощность $2 \times 12\,000$ кВт. Масса одной из двух станин 560 т, а масса всей клетки более 1 тыс. т. Прокатка осуществляется в две стадии — черновую и чистовую.

Для горячей правки листов применяются роликоправильные машины, размещенные до и после установки ускоренного охлаждения. Клеймитель наносит на раскат идентификационный номер. Стан имеет карман противоблоксного охлаждения для замедленного снижения температуры проката из некоторых марок низколегированной высокопрочной стали. Листы такого проката сначала снимают с рольганга, а затем, после охлаждения, снова возвращают на рольганг с помощью мостового крана. Установка ультразвукового контроля отслеживает внутреннее качество листов. Торцевые ножницы применяются для поперечной резки листов и обрезки их торцов. Сдвоенные кромкообрезные ножницы предназначены для продольной резки листов, обрезки их кромок и для раскроя на две узкие половины. Делительные ножницы используются для поперечной резки на мерные длины. После маркировщика готовая продукция поступает на склад.

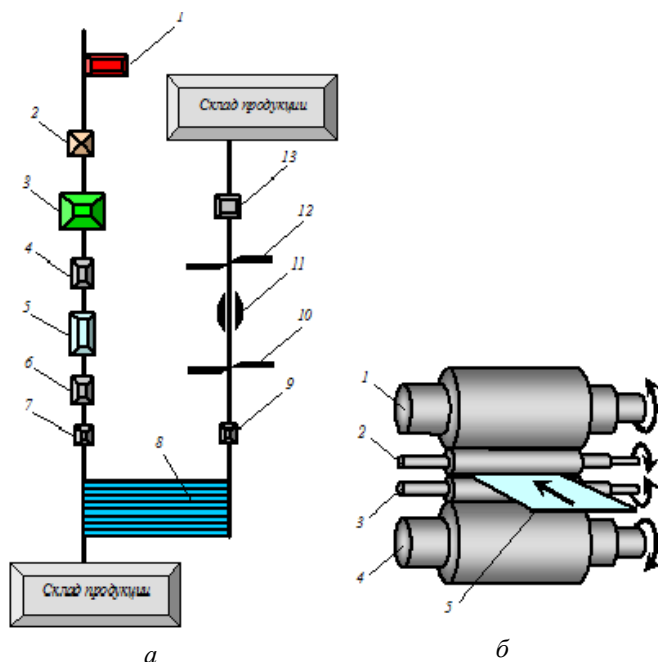


Рис. 1.4. Толстолистовой стан 5000: *а* – расположение оборудования (1 – нагревательная печь; 2 – окалиноломатель; 3 – клеть кварто 5000; 4, 6 – правильные машины; 5 – установка ускоренного охлаждения; 7 – клеймовщик; 8 – холодильник; 9 – установка ультразвукового контроля; 10 – торцевые ножницы; 11 – кромкообрезные ножницы; 12 – делительные ножницы; 13 – клеймовщик); *б* – схема прокатки в клетке кварто (1, 4 – опорные валки; 2, 3 – рабочие валки; 5 – лист)

Листовые станы холодной прокатки получили более широкое распространение, чем станы горячей прокатки, поскольку холоднокатаный лист имеет более точные геометрические размеры, лучшую плоскостность, большую чистоту поверхности и более высокие механические свойства, чем горячекатаный лист.

Современным способом холодной прокатки листовой стали является рулонный, при котором металл в виде длинных полос сматывается в рулоны большой массы. Для прокатки тонколистовой стали в рулонах применяются главным образом непрерывные станы, а при небольшом объеме производства одноклетьевые реверсивные станы с четырехвалковой клетью и многовалковые. Рулонная прокатка на непрерывных и одноклетьевых станах происходит с натяжением полосы. Значительно реже используют полистную холодную прокатку на одноклетьевых реверсивных станах (без натяжения).

Широкополосовые станы горячей прокатки используются для изготовления толстых и средних по толщине листов и полос.

В широкополосовых станах прокатка осуществляется следующим образом: полоса несколько раз пропускается через клеть кварто вращающимися моталками то в одном, то в обратном направлении, и обжимается рабочими валками до необходимой толщины. Между печными моталками можно установить две-три дополнительные клетки, что позволит получать более тонкую полосу и повысит качество её поверхности.

Рельсобалочные станы предназначены для прокатки из блюмов рельсов широкой колеи, крупных балок, швеллеров и других профилей.

Рельсобалочные станы бывают двух типов:

- рельсобалочные станы ступенчатого типа, состоящие из двух или большего числа линий;
- рельсобалочные станы последовательно возвратного типа.

Наибольшим распространением пользуются рельсобалочные станы ступенчатого типа.

Универсальный рельсобалочный прокатный стан имеет в своем составе реверсивную обжимную клеть и стан тандем, состоящий из двух универсальных 4-валковых реверсивных клетей (рис. 1.5).

В универсальной клетке четыре вала равномерно деформируют весь профиль рельса, обеспечивая симметричность его сечения, мелкозернистую структуру металла и высокие механические свойства проката вследствие равномерного распределения температуры.

Последний пропуск раската осуществляется в чистовой калибрующей клетке с четырьмя прокатными валками. Рельс обжимается с четырех сторон, в результате чего повышается прямолинейность рельсовой головки, улучшается плоскостность поверхности катания и минимизируются остаточные напряжения.

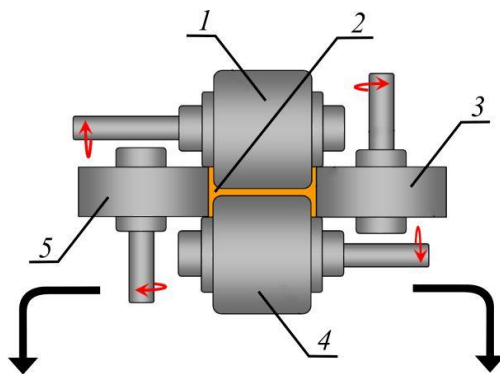


Рис. 1.5. Рельсобалочный стан: 1, 3, 4, 5 – рабочие валки;
2 – двутавровая балка

К *сортпрокатным* относятся крупно- (валки диаметром 500–750 мм), средне- (300–500 мм) и мелкосортные (250–290 мм) станы, на которых производят балки различного поперечного сечения. Так, крупносортный стан компании «SMSMeerGmbH» выпускает тяжелые балки с высотой профиля 600–1100 мм (рис. 1.6).

Группа тандем включает две универсальные клетки и клетку для бокового обжатия полков прокатываемой балки.

Программа среднесортного стана названной компании рассчитана на прокатку балок с высотой профиля 100–500 мм и шириной полки от 50–260 мм. Почти все новые среднесортные станы имеют реверсивные группы тандем.

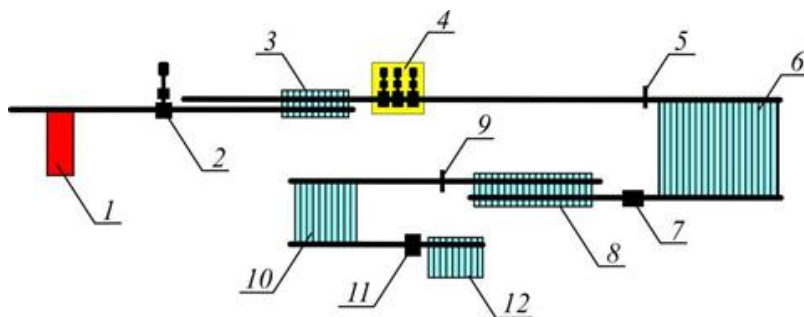


Рис. 1.6. Крупносортный стан: 1 – нагревательная печь; 2 – обжимная клетка; 3 – поперечный транспортер; 4 – группа тандем; 5 – пила горячей резки; 6 – холодильник; 7 – роликовая правильная машина; 8 – собирающий транспортер; 9 – пила холодной резки; 10 – штабелирующая установка; 11 – обвязочная машина; 12 – разгрузочная решетка

Мелкосортные и проволочные станы отличаются разнообразием схем расположения рабочих клеток. Например, мелкосортный стан 280, разработанный во ВНИИМЕТМАШе, предназначен для производства горячекатаного круга диаметром 12–40 мм, квадрата со стороной 12–30 мм, равнополочного уголка № 2,5–4,0, стали арматурной для железобетонных конструкций. Объем производства 200 тыс. т/год.

Передача заготовок от МНЛЗ к прокатному стану с помощью портального перекладчика обеспечивает возможность как горячего, так и холодного посада заготовки в нагревательную печь (рис. 1.7).

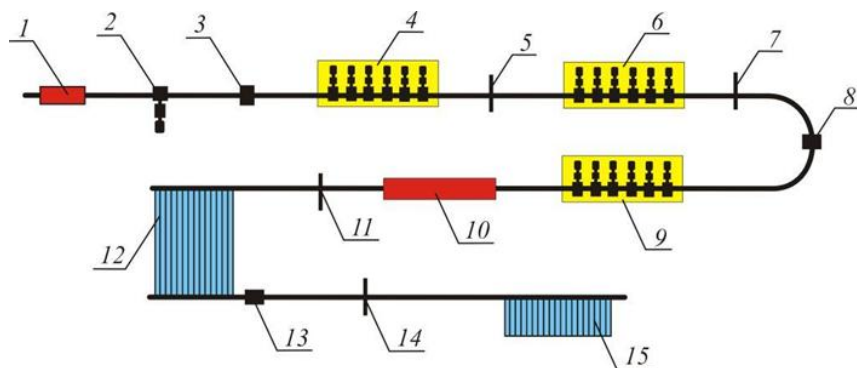


Рис. 1.7. Мелкосортный стан 280:

- 1 – нагревательная печь; 2 – окалиноломатель; 3 – гидросбив;
 4, 6, 9 – черновая, промежуточная и чистовая группы клетей;
 5, 7 – летучие ножницы; 8 – петлеобразователь;
 10 – линия термоупрочнения; 11 – делительные ножницы;
 12 – холодильник; 13 – пакетировщик;
 14 – ножницы холодной резки; 15 – участок взвешивания и обвязки

Черновая группа состоит из шести клетей — трех вертикального и трех горизонтального типов (двух клетей 560 и четырех 450). Промежуточная группа клетей включает шесть горизонтальных клетей 380, а чистовая группа клетей — шесть горизонтальных клетей 280.

Трубопрокатные станы применяют для получения как сварных, так и цельнокатаных (бесшовных) труб (рис.1.8).

Сварные трубы получают на трубоэлектросварочных агрегатах. Бесшовные трубы производят на трубопрокатном агрегате. В его состав входят прошивной, автоматический, раскатной и калибровочный станы. Они связаны между собой транспортными механизмами, обеспечивающими полную автоматизацию и поточность производства.

Наиболее распространены трубопрокатные агрегаты с автоматическим станом и станами тандем. На малых агрегатах типа 140 прокатывают трубы диаметром 30–159 мм и толщиной стенки 3,0–40 мм. Минимальный диаметр труб определяется возможностями редуционного стана. Средние трубопрокатные агрегаты типа 220 и 250 предназначены обычно для производства труб диаметром 102–245 мм с толщиной стенки 3,5–50 мм.

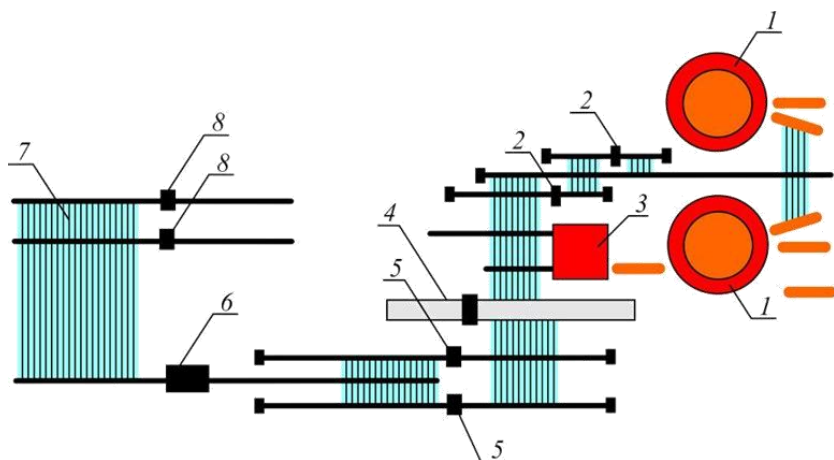


Рис. 1.8. Трубопрокатный агрегат ТПА 400:

- 1 – нагревательные печи; 2 – прошивные станы;
 3 – подогревательная печь; 4 – автоматический стан; 5 – раскатной стан;
 6 – калибровочный стан; 7 – охлаждающий стеллаж;
 8 – правильные машины

Наличие редуционных станов расширяет диапазон прокатываемых труб до минимального диаметра 60 мм. Большие трубопрокатные агрегаты 350, 400 специализируются на производстве труб диаметром 127–426 мм с толщиной стенки 4–60 мм (рис. 1.9). В составе таких агрегатов отсутствуют редуционные станы.

На практике распространены также трубопрокатные агрегаты с непрерывным станом, в которых деформация прокатываемой трубы осуществляется на оправке одновременно в нескольких последовательно расположенных клетях, с пилигриммовым станом, с 3-валковым раскатным станом (риллинг-станом), с реечным станом.

Производство бесшовных стальных труб осуществляется в такой последовательности: нагрев металла, получение трубной заготовки (гильзы) и ее раскатка, окончательное формирование стенки и диаметра трубы – редуцирование и калибровка (см. рис. 1.9).

Прошивной стан служит для получения отверстий в заготовках круглого сечения. Для прошивки тонкостенных гильз лучше использовать 2-валковые станы, а для прошивки толстостенных гильз – 3-валковые.

Автоматический стан устанавливают за прошивным с целью уменьшения диаметра и толщины стенки гильзы. Название стана «автоматический» связано с тем, что выброс гильз на входную сторону стана производится с помощью роликов обратной подачи. На рабочих валках такого стана имеется несколько калибров.

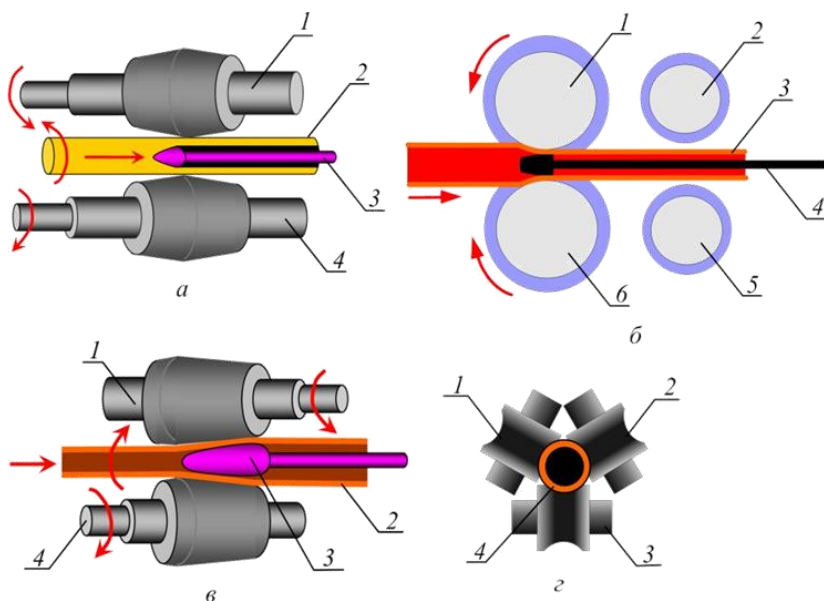


Рис. 1.9. Схемы изготовления трубы на трубoproкатном агрегате:
а – прошивка (1, 4 – валки; 2 – гильза; 3 – стержень с оправкой);
б – прокатка на автоматстане (1, 6 – рабочие валки;
 2, 5 – ролики обратной подачи; 3 – гильза; 4 – стержень с оправкой);
в – раскатка (1, 4 – валки; 2 – гильза; 3 – оправка на стержне);
г – калибровка (1, 2, 3 – валки; 4 – труба)

2. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

Проектирование прокатных цехов осуществляют на основании применения общих принципов и методов проектирования металлургических заводов и цехов. Вместе с тем проектирование прокатных цехов определяется спецификой прокатного производства, которая имеет ряд отличительных особенностей.

Прокатное производство – заключительный передел металлургического производства, обеспечивающий выпуск готовых прокатных изделий и определяющий характер металлургического завода, его многообразных технологических процессов, сортамента прокатываемых сталей, состав цехов и агрегатов, параметров агрегатов. В зависимости от сортамента прокатных изделий находит место и экономическое значение завода в системе металлургической промышленности нашей страны. Прокат-

ное производство отличается от других видов металлургического производства большим разнообразием готовых изделий, непрерывным совершенствованием технологических процессов с целью повышения качества выпускаемого проката, возрастающими требованиями потребителей к качеству этих изделий.

В прокатных цехах применяют сложные комплексы механического, энергетического и подъемно-транспортного оборудования, осуществляющего подготовку исходных материалов к прокатке, деформацию металла, термическую и термомеханическую обработку, отделку и другие операции. Качество выпускаемых прокатных изделий зависит от степени совершенства этого оборудования.

В сталеплавильных и доменных цехах основные производственные агрегаты хотя и отличаются сложностью устройства, но имеют ограниченное число операций технологического процесса. Поэтому уровень прокатного производства зависит прежде всего от качества и технического уровня весьма разнообразного оборудования, изготавливаемого предприятиями машиностроительной промышленности – тяжелого, транспортного, энергетического машиностроения, электротехнической промышленности, химического машиностроения и др.

При разработке проекта прокатного цеха учитывают нормы, порядок и последовательность проектирования промышленных предприятий, которые определяются соответствующими директивами и указаниями директивных органов.

Проектирование прокатных цехов, которые являются сложными в отношении оборудования и строительства, ведут в две стадии:

- 1) проекта строительства (расширения, реконструкции, технического перевооружения) прокатного цеха со сводной сметой;
- 2) рабочей документации на строительство проектируемого прокатного цеха со сметой на строительство.

Разработку проекта прокатного цеха, как и вообще проекта предприятия, ведут на основе задания на проектирование, составленного на основании разработки схемы развития и размещения отраслей народного хозяйства и схем развития и размещения производительных сил по экономическим районам.

3. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА

Если выбор типа прокатного стана в какой-то мере обусловлен заданием на проектирование, в котором указаны основные параметры его или определяются сортамент и объем производства, то схему производства проката разрабатывают в процессе проектирования.

В общем случае технологическая схема включает следующие операции: нагрев; прокатку; охлаждение; термическую обработку; отделку; упаковку и отгрузку.

Однако число технологических операций может возрасти, если возникает необходимость придания металлу тех или иных свойств, а также при обработке специальных сталей. Так, в зависимости от марки обрабатываемой стали технологический процесс производства холоднокатаной листовой стали осуществляют по разным схемам. Число операций может быть различным, но в составе схем обработки имеются следующие переделы: предварительная термическая обработка, очистка поверхности горячекатаных полос от окисной пленки, собственно холодная прокатка, промежуточная и окончательная термическая обработка, отделка готового проката.

Так, холоднокатаную листовую сталь, предназначенную для глубокой вытяжки, получают, применяя травление, холодную прокатку, отжиг, дрессировку, порезку, промасливание и упаковку. При производстве холоднокатаной трансформаторной стали число технологических операций значительно возрастает. Для обеспечения высоких электромагнитных свойств эту сталь перед травлением подвергают нормализации и после первой холодной прокатки обезуглероживающему отжигу (известно, что с уменьшением содержания углерода в трансформаторной стали свойства последней улучшаются). Таким образом, технологическая схема в этом случае включает нормализацию, травление, первую холодную прокатку, обезуглероживающий отжиг в промежуточной толщине, вторую холодную прокатку, обезуглероживающий отжиг при конечной толщине, нанесение термостойкого покрытия, высокотемпературный отжиг, нанесение электроизоляционного покрытия, упаковку и отгрузку.

При производстве холоднокатаной нержавеющей стали горячекатаные полосы перед травлением подвергают закалке в непрерывном закалочном агрегате; эту операцию применяют и при проведении промежуточной термической обработки.

Могут быть предусмотрены и другие схемы технологического процесса производства проката, определяемые требованиями к его качеству (подстуживание раската в процессе горячей прокатки, термообработку с прокатного нагрева, специальные виды травления и зачистки, нанесение различных покрытий и т. д.).

После того как в деталях отработана схема технологического процесса производства проката, переходят к выбору основного технологического агрегата — прокатного стана.

К компоновке цеха предъявляют следующие основные требования:

1. Размещение всего комплекса оборудования и сооружений на минимальных производственных площадях при соблюдении действующих норм и правил техники безопасности, охраны труда и санитарии.

Это значит, что при разработке планировки цеха проектировщик наряду со стремлением рационально использовать каждый квадратный метр площади цеха должен обеспечить нормативные размеры проходов по цеху, удобный и безопасный доступ к оборудованию для его обслуживания и ремонта, установку необходимого ограждения, организации защиты персонала от всех видов производственных вредностей и др.

2. Реализация производственной программы на минимальном количестве единиц технологического оборудования. Для этого в процессе проектирования должна быть принята оптимальная технологическая схема производства продукции, выбрано наиболее прогрессивное оборудование и определена наиболее рациональная взаимосвязь в работе между отдельными видами оборудования. Для снижения массы устанавливаемого технологического оборудования и занимаемой им площади, а также сокращения штата обслуживающего персонала необходимо стремиться к сокращению параллельных потоков металла посредством их объединения и размещения оборудования в здании с наименьшим количеством пролетов.

3. Обеспечение оптимальных грузопотоков материалов в цехе, исключаящих или сводящих к минимуму возвратные или перекрещивающиеся передачи.

4. Обеспечение требований генплана и транспортных потоков на территории предприятия.

5. Возможность расширения и совершенствования производства.

6. Максимальная механизация и автоматизация производства.

7. Создание надлежащих условий аэрации производственного здания.

8. Обеспечение подвода энергии к местам основного потребления.

9. Локализация вредностей в местах их образования и исключение выброса в окружающую среду использованных энергоносителей и материалов с содержанием вредностей выше допускаемых нормами концентраций.

10. Обеспечение минимальных сроков строительства и возможность поэтапного ввода мощностей.

11. Соблюдение действующих строительных норм и правил, а также использование унифицированных строительных конструкций и обеспечение промышленных методов их монтажа.

Все перечисленные факторы взаимовлияющие, и каждый из них связан с решением комплекса технологических, энергетических, транспортных и других задач. Это предопределяет необходимость участия в разработке компоновки цеха специалистов разного профиля (технологов, механиков, автоматчиков, энергетиков, сантехников, строителей, экономистов и др.). Только их совместная работа может обеспечить выбор оптимальных объемно-планировочных решений.

Последовательность установки и взаимосвязь работы технологического оборудования.

Технологическое оборудование в прокатных и трубных цехах обычно размещают в следующих сочетаниях:

- в единой технологической линии, обеспечивающей превращение исходного материала в готовую продукцию без промежуточного складирования обрабатываемого изделия (поточная обработка);
- в локальных технологических линиях, связанных промежуточными складами. При этом на каждой такой линии выполняется определенный вид обработки (полупоточная обработка);
- в виде отдельно стоящих агрегатов, связанных промежуточными складами, со штучной или пакетной передачей полупродукта в процессе его изготовления (внепоточная обработка).

Когда все виды или типоразмеры продукции, выпускаемой цехом, подвергают однотипным технологическим операциям на одном и том же технологическом оборудовании, целесообразно предусматривать поточную обработку. Такой вид обработки часто применяют при производстве проката труб однотипного назначения в вальцетокарных цехах. Поточная обработка обеспечивает максимально высокую производительность при специализации цеха.

Принцип поточной обработки позволяет обеспечить наибольшую механизацию и автоматизацию производственного процесса при минимальном числе электромостовых кранов, участвующих в технологическом процессе. Вместе с тем применение поточной обработки в прокатных и трубных цехах связано с рядом недостатков и ограничений:

1. Установка всего комплекса оборудования в едином технологическом потоке требует, чтобы пропускная способность всех участков цеха, а следовательно, и число единиц оборудования на этих участках обеспечивали максимальную производительность основного агрегата. При изготовлении же в цехе специальных видов или типоразмеров продукции, на которых основной агрегат работает с минимальной или приближающейся к ней производительностью, остальные участки цеха (например, отделения термообработки, отделки, испытания и др.) используются не в полной мере. Степень недоиспользования этих участков тем выше, чем больше разность между максимальной и минимальной производительностями основного агрегата и чем больше колебание производительности на каждом участке в зависимости от вида или типоразмера продукции.

2. При поточной установке технологического оборудования устанавливается жесткая зависимость между пропускной способностью и режимом работы всех участков технологической линии. Это приводит иногда к необходимости снижения производительности или даже прекращению производства продукции на основном агрегате, что связано с условиями работы остальных участков технологической линии. Например, очень часто на прокатном или трубном стане можно производить без изменения часовой производительности в тоннаже или метраже продук-

цию разных длин. В то же время производство изделий разных длин обуславливает необходимость как длительной остановки отделения отделки для возможности приема изделий, так и снижения часовой производительности стана в тоннаже при уменьшении длины выпускаемых изделий, что связано с ограниченной пропускной способностью отделения отделки. Кроме того, при поточном способе производства непредвиденный выход из строя отдельного оборудования приводит к снижению производительности или даже к прекращению работы всей технологической линии.

Перечисленные недостатки поточного способа производства определяют недостаточно эффективное использование отдельных видов оборудования при широком сортаменте выпускаемых изделий и необходимость жесткой регламентации работы всех участков технологической линии, особенно в части оптимальной фабрикации заказов и организации профилактического обслуживания и ремонта оборудования.

Полупоточную обработку применяют в тех случаях, когда продукция определенных видов или типоразмеров, выпускаемая в цехе, подвергается различным технологическим операциям, осуществляемым на разном технологическом оборудовании. При этом комплекс операций по изготовлению полупродукта, не допускающих разрыва технологического процесса, осуществляют на единой технологической линии, а превращение полупродукта в готовую продукцию, соответствующую требованиям стандартов или технических условий, осуществляют на локальных (специализированных) поточных линиях. Для нормального функционирования цеха, работающего по такой схеме, в нем создают промежуточные склады, обеспечивающие возможность хранения необходимого запаса полупродукта. Для передачи полупродукта на промежуточные склады и подачи его со склада к локальным поточным линиям используют электромостовые краны или другие внутрицеховые транспортные средства.

Выбор рациональной схемы компоновки оборудования – одна из задач оптимизации технологического процесса и состава оборудования для заданного сортамента и объема производства.

Схема грузового потока материалов

Направление перемещения заготовки при ее превращении в готовую продукцию обычно выбирают так, чтобы в процессе обработки полупродукт двигался к месту завершения технологического процесса без возвращения назад или пересечения потока. При циклических процессах, к которым, например, относится производство холоднодеформированных труб, происходят кольцевые передачи полупродукта. После завершения требуемого числа циклов обработки черновое изделие в процессе окончательной отделки перемещается в направлении склада готовой продукции.

Схема грузового потока материалов в цехе включает весь процесс перемещения изделия при обработке, начиная от разгрузки заготовки на

складе исходного металла и заканчивая отгрузкой готовой продукции на складе.

Схема грузового потока включает направление перемещения вспомогательных материалов (смазки, инструмента, огнеупоров, краски и др.) к производственным участкам и отходов производства (окалины, обрезки, стружки, брака и др.) – к местам их удаления. Для организации рациональных грузопотоков всех материалов применяют наземные, надземные и подземные транспортные устройства.

При выборе схемы рациональных грузопотоков необходимо обеспечить: кратчайший путь перемещения полупродукта между технологическими операциями; наиболее эффективное использование производственной площади и объема здания; безопасность обслуживающего персонала; максимальное совмещение транспортных и технологических операций (обработка или контроль изделия в процессе его перемещения).

Грузовые потоки материалов должны быть увязаны с возможностями перемещения производственного персонала и обеспечивать свободный доступ к местам управления технологическим процессом, а также возможность обслуживания и ремонта оборудования.

В прокатных и трубных цехах обычно используют три схемы перемещения основного материала:

1. Продольное, когда заготовка в процессе ее обработки движется вдоль пролета здания цеха от склада заготовки к складу готовой продукции.

2. Поперечное, когда заготовка в процессе ее перемещения от склада заготовки к складу готовой продукции движется поперек пролетов цеха.

3. Смешанное, когда заготовка в процессе ее обработки перемещается как вдоль, так и поперек здания.

Выбор той или иной схемы грузопотока определяется конкретными условиями каждого рассматриваемого цеха. В общем случае можно отметить, что использование поперечной схемы грузопотока создает предпосылки для: более рационального использования производственных площадей, в том числе и зон здания, не обслуживаемых электромостовыми кранами; межоперационной бескрановой передачи металла из пролета в пролет в процессе его обработки; концентрации однотипного оборудования в одном производственном пролете; улучшения условий расположения и обслуживания складов исходной заготовки и готовой продукции. При работе по схемам с продольным направлением грузопотока представляется возможным: выделить в отдельные пролеты участки производства продукции, которые нецелесообразно смешивать с другими участками производства; более рационально расположить специализированные участки цеха (участки термической и химической обработки), на которых производится продукция разных видов; создать более короткие

пути для перемещения основной части выпускаемой продукции со склада исходного металла до склада готовой продукции.

Вопросы размещения сооружений и коммуникаций. *При размещении сооружений и коммуникаций в прокатных и трубных цехах учитывают следующие принципы:*

1. Максимально возможное освобождение периметра здания от пристроенных вспомогательных помещений и расположение их либо на участках здания, не обслуживаемых электромостовыми кранами, либо в специальных блоках, сооружаемых в отрыве от производственного здания, либо в специальных вспомогательных пролетах, сооружаемых между производственными пролетами цеха. Наилучшие результаты дает сочетание этих методов применительно к условиям каждого конкретного цеха.

2. Размещение участков производства, сопровождаемого значительными тепловыделениями, в пролетах, примыкающих к наружным стенам здания или к холодным пролетам, через которые можно обеспечить подачу холодного воздуха в места с избыточными тепловыделениями.

3. Расположение складов металла и участков сбора отходов производства в местах, удобных для их удаления за пределы цеха.

4. Расположение участков, производственный процесс на которых сопровождается выделением значительного количества вредностей или является пожаро- или взрывоопасным, в изолированных помещениях, запроектированных в соответствии с действующими строительными, санитарными и противопожарными нормами. При этом улавливание выделяющихся вредностей, их обезвреживание и выброс за пределы цеха стремятся организовать вблизи мест их образования.

5. Размещение источников питания энергией (электроподстанций, мазгалов, насосных и др.) вблизи мест потребления, но с учетом внешних источников энергии. При этом для размещения указанных сооружений широко используют вспомогательные пролеты и участки здания, не обслуживаемые электромостовыми кранами. Более мелкие электротехнические и другие установки размещают между колоннами здания на уровне пола цеха или на рабочих площадках.

6. Прокладка внутрицеховых коммуникаций (для подачи электроэнергии, воды, смазки, воздуха, пара, эмульсии и т.п.) в соответствии с действующими нормами и правилами либо в специализированных подземных тоннелях, доступных для обслуживания, либо по конструкциям здания.

Прокладка коммуникаций не должна ухудшать условия доступа к оборудованию и препятствовать работе электромостовых кранов.

7. Организация прямых и безопасных проходов по цеху. Для этого размечают специальные проходы по цеху, устанавливают в необходимых местах переходные мостики, а также сооружают надземные продольные

и поперечные пешеходные галереи. Цех соединяют с блоком бытовых помещений надземными или подземными пешеходными галереями, обеспечивая выход потока людей в цех в безопасных местах.

Этажность строительства. До последнего времени все отечественные и зарубежные прокатные и трубные цехи в основном строили одноэтажными. Исключение составляли цехи, требующие двухэтажного расположения оборудования, например цехи прессования труб с установкой вертикальных трубопрофильных прессов. Стремление улучшить использование объема производственного здания, необходимость приближения источников питания энергией к местам потребления, внедрение индустриальных методов строительства и монтажа, а также стремление избежать больших заглублений фундаментов и подземных сооружений при строительстве в районах с высоким уровнем грунтовых вод — все это привело к тому, что в последнее время начали сооружать цехи с двухъярусным расположением оборудования. При этом на первом (техническом этаже) с отметкой уровня пола ± 0 размещают вспомогательные службы, энергетическое хозяйство, коммуникации, а на втором (производственном) этаже устанавливают все технологическое оборудование.

При строительстве прокатных и трубных цехов наиболее трудоемки и длительны работы по сооружению фундаментов под оборудование, подземных насосных станций и коммуникаций, отстойников, подвалов электропомещений, тоннелей и других помещений, т.е. работы так называемого «нулевого» цикла. Сооружение двухъярусного цеха позволяет свести к минимуму работы «нулевого» цикла и тем самым сократить сроки строительства. Однако сооружение технического этажа и рабочей площадки требует дополнительных капитальных затрат. Поэтому выбору того или иного варианта ярусности строящегося цеха должна предшествовать тщательная технико-экономическая проработка этого вопроса с учетом всех факторов.

В тех случаях, когда строительство технического этажа представляется нецелесообразным, а по условиям компоновки на ограниченных производственных площадях необходимо разместить значительное число технологического, энергетического, вентиляционного и другого оборудования, сооружают локальные полуэтажи или технические подвалы.

Блокировка прокатных и трубных цехов. Блокировка цехов существенно влияет на капитальные затраты, необходимые для сооружения цеха или группы цехов: при блокировке улучшается степень использования заводской территории, сокращаются затраты на подготовку территории, инженерные коммуникации, а также в некоторых случаях уменьшается объем внутризаводских перевозок.

Блокировку цехов подразделяют на механическую и органическую. При механической блокировке два или три цеха размещают в примыкающих одно к другому зданиях, причем каждый из них имеет собственные

склады, транспортные связи и внутрицеховые сооружения. Такой вид блокировки позволяет улучшить использование заводской территории, но не оказывает сколько-нибудь серьезного влияния на технико-экономические показатели каждого конкретного цеха. Более того, при таком способе блокировки ухудшаются условия перспективного развития каждого цеха, входящего в состав блока, а также затрудняется аэрация производственного здания.

При органической блокировке все цехи, входящие в состав блока, имеют общие склады заготовки, исходного сырья и полупродукта, транспортные связи, энергетические сооружения и коммуникации. В таких случаях цехи блокируют так, чтобы каждый цех имел определенные перспективы развития и необходимые условия аэрации производственного здания

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

Проектирование прокатных цехов ведется в соответствии с Правилами безопасности в прокатном производстве, а также в соответствии с действующими санитарными нормами и правилами. Требования указанных Правил распространяются и на заводы-изготовители прокатного оборудования. При проектировании прокатные цехи располагают на территории предприятия таким образом, чтобы они составляли последовательное продолжение металлургического цикла. Ось прокатного цеха должна быть перпендикулярна направлению господствующих в данной местности ветров. Конструктивно здания прокатных цехов не отличаются от типовых. Стены выполняются из кирпичной кладки или сборного железобетона. Световые проемы по длине здания могут быть выполнены в 2–3 ряда. Окна и проемы в верхней части здания располагают на высоте не менее 1,2 м от уровня подкрановых путей. Световые проемы в торцовой части здания не обязательны, если световые проемы вдоль здания и аэрационные фонари создают нормальную световую естественную освещенность на любом участке цеха. В связи с большими теплоизлучениями повышенные требования предъявляют к кровле здания, которая должна выполняться из прочных негорючих материалов. Применение конструкции кровли без аэрационных фонарей нежелательно. Полезная площадь производственных зданий прокатных цехов по своим размерам должна быть такой, чтобы обеспечить достаточное освещение дневным светом, хорошее естественное проветривание (аэрацию) и удовлетворять требованиям безопасного размещения оборудования с необходимыми проходами между ними. Она должна обеспечить также возможность свободной транспортировки прокатываемого металла и готовой продукции. Травильные, отделения, а также оцинковочные и лудильные должны

быть расположены в изолированном помещении. Нагревательные устройства также в большинстве цехов изолируются от остальных производственных помещений, и сообщение между ними осуществляется лишь с помощью проемов в стенах. Размеры проемов не должны допускать попадания горячего воздуха из пролетов нагревательных устройств в другие производственные помещения.

В местах транспортировки металла пол прокатных цехов настилают гладкими металлическими плитами, зазор между которыми должен отсутствовать. Для передвижения людей укладывают рифленые плиты, либо наносят на гладкие плиты точечную наварку. На складах слитков, заготовок и готового проката полы выполняют из каменной брусчатки, железобетона или металлических плит. Полы вспомогательных помещений прокатных цехов выполняют из асфальта, керамических плиток или деревянных торцовых шашек. Въездные и выездные ворота в торцах здания оборудуют воздушными или тепловыми завесами и механическим приводом для открывания и закрывания. При этом целесообразно сооружение блокирующего устройства, включающего вентилятор воздушной завесы при включении механизма открывания ворот. Для безопасного и удобного прохода людей к рабочим местам по периметру здания устраивают специальные двери. Современные многопролетные прокатные цехи оборудуют подземными пешеходными туннелями, имеющими выходы к основным производственным участкам и агрегатам. Вдоль всего цеха с обеих наружных сторон здания прокладывают пешеходные тротуары. Все свободные участки территории должны озеленяться.

В нагревательные колодцы и печи прокатных цехов металл поступает в виде слитков и заготовок в горячем или холодном состоянии. Горячий металл поступает либо непосредственно из сталеплавильных цехов, либо из обжимных цехов и сразу загружается в нагревательные устройства.

Для хранения запасов холодных слитков и заготовок устраивают специальные склады, которые помещаются в закрытых зданиях, к конструкциям которых предъявляют такие же требования, как и к зданиям прокатных цехов. В отдельных случаях на действующих заводах слитки и заготовки хранят на специально отведенных площадках без навеса. При открытом хранении уровень складской территории должен быть выше окружающей территории, а для обогрева работающих в зимнее время года должны быть построены специальные отапливаемые помещения. Зимой открытые склады тщательно очищают от снега и льда, а дорожки, по которым ходят рабочие, посыпают песком. Летом все участки на складе для устранения пыли поливают водой. Кроме того, следует иметь в виду, что зимой надо также очищать от снега и льда штабеля слитков и заготовок, так как при захвате краном обледенелых слитков возможно соскакивание металла вовремя движения крана. Перевозка обледенелых

слитков на вагонетках также нежелательна, так как посадка в печь обледенелых или покрытых снегом слитков и заготовок может вызвать опасный для окружающих взрыв в печи. На открытых складах не исключена опасность засорения глаз пылью или ранения кусочками окалины, отскакивающими от разгружаемых или переносимых слитков и заготовок, поэтому рабочие для защиты глаз должны постоянно пользоваться очками. Электромостовые краны и другие транспортные устройства и механизмы на открытых складах должны иметь утепленные на зимний период кабины управления.

Вся электропроводка и аппаратура на открытых складах должна соответствовать работе в открытом месте (наружные проводки). Конструкции кранов, несущие нагрузку, а также мосты кранов, работающие на открытом складе, необходимо подвергать частым осмотрам и ежегодно окрашивать. Осмотры конструкций проводятся ежегодно органами Госгортехнадзора. Для предупреждения сноса мостовых кранов сильным ветром во время перерывов в работе необходимо устраивать специальные закрепители.

Склады слитков и заготовок располагают в непосредственной близости к нагревательным устройствам. На складах слитки и заготовки сортируют, зачищают, а также вырубает внешние дефекты на них. Штабеля отсортированных и подготовленных к прокатке слитков и заготовок устанавливают вблизи нагревательных печей, для того чтобы операции по подаче их к печам осуществлялись по кратчайшему пути. Площади и емкости складов рассчитывают таким образом, чтобы на их территории мог быть переработан и правильно уложен двадцатидневный запас слитков и заготовок.

Для обеспечения правильной и безопасной организации работ на складах необходима дифференциация площадей по характеру проводимых на них операций по обрубке, зачистке, осмотру и маркировке слитков и заготовок. Для складирования слитков и заготовок различных марок стали и размеров отводятся отдельные участки с ясно видимыми со стороны табличками, указывающими размер и марку стали слитков и заготовок. Пол складских помещений выполняют из материалов, исключающих возможность выделения пыли. Площадка складов должна быть ровной, без возвышений, неровностей и покатов. Участки склада, где производится обрубка и зачистка слитков и заготовок, оборудуют массивными металлическими стеллажами, обеспечивающими безопасные условия труда при выполнении работ с тяжелыми динамическими нагрузками.

Слитки и заготовки укладывают на складах штабелями. Не допускается неорганизованное хранение металла в кучах, а также в штабелях, собранных из слитков и заготовок неаккуратно, с выступающими концами, косом расположении металла и т. д. Укладка в штабеля должна про-

изводиться таким образом, чтобы оси слитков и заготовок каждого последующего ряда были перпендикулярны к предыдущему, причем слитки укладывают попеременно широкими и узкими концами. Как правило, металл укладывают на прочные стеллажи, горизонтальность которых периодически проверяется. При складировании круглой заготовки нижний ряд укладывается на стеллажи, имеющие вырез. Для предупреждения раскатывания или падения верхних рядов слитков и заготовок штабеля укрепляются упорами. Эти упоры делают массивными и прочными и укрепляют в специальных башмаках с глубоким запуском, гарантирующим прочность и строгую вертикальность упоров. Оси круглых заготовок по всей высоте штабеля должны быть направлены в одну сторону.

Для доступа на верх штабелей применяют специальные переносные лестницы. Доступ на верх штабелей без лестниц допускается лишь в тех случаях, если укладка металла произведена уступами. Для безопасного передвижения людей по территории склада между отдельными штабелями устраивают проходы шириной не менее 1 м для складов холодного металла и 1,5 м для складов горячего металла. Ширина главных проходов должна составлять не менее 1,5–2,0 м. При наличии на окладе железнодорожных путей расстояние от штабелей до наиболее выступающих частей подвижного состава должно быть не менее 1,0 м. Эти габаритные проходы ни в коем случае нельзя загромождать. За состоянием их необходимо систематически наблюдать. Разборку штабелей следует производить сверху и обязательно ряд за рядом. Ни в коем случае нельзя вынимать слитки из нижнего ряда, пока не разобран весь верхний ряд. Нельзя также в разбираемом ряду брать средние слитки, пока не будут сняты крайние. Непрочно лежащие в штабелях слитки и заготовки нельзя укреплять какими-то случайными подкладками, двигать руками или ломом: необходимо переложить эти слитки заново. Клеймение горячих слитков и заготовок на складах является тяжелой операцией, так как она сопровождается интенсивным тепловым облучением рабочих. Для улучшения условий труда эта операция должна быть на всех заводах механизирована. Для защиты клеймовщиков от воздействия теплоизлучения рабочие места при ручном клеймении ограждают экранами или водными завесами, а клеймовщиков снабжают пневматическими молотками с длинными штангами. Для защиты от воздействия теплоизлучения на складах заготовок необходимо устанавливать экраны в местах проходов около стеллажей с горячим металлом и штабелей горячих заготовок. Снизить температуру воздуха на рабочих местах можно правильной аэрацией здания, хотя это довольно затруднительно, так как здание склада обычно многопролетное. Удаление горячего воздуха из складских пролетов достигается мощными вытяжными фонарями, снабженными направляющими плоскостями и защищенными от ветра щитами. Приток воздуха на склад заготовок осуществляется через проемы, закрываемые

шторами, или через створки в окнах, расположенных по всему периметру здания.

Для подачи свежего наружного воздуха в средний складской пролет сооружаются приточные шахты и туннели под полом здания. Кроме того, эффективным средством создания нормальных метеорологических условий на рабочих местах является механическая вентиляция.

Склады металла оборудуют различными подъемно-транспортными устройствами (электромостовыми кранами, рольгангами, шлеперами, электрокарами, автопогрузчиками). При переноске холодного металла кранами используют обычно электромагниты с подхватами. Для транспортировки горячего металла применяют клещи с кернами из высокопрочной стали либо цепи с траверсами и крюками. Мощность электромагнитов рассчитывают на максимальную массу перемещаемого металла. Кроме того, электромагнитные краны оборудуют специальными подхватами, применение которых исключает падение транспортируемого металла при отключении тока, коротком замыкании и при других неисправностях магнита. В практике наблюдались несчастные случаи в результате падения металла, переносимого электромагнитом без подхватов. Применять одни подхваты без электромагнитов также небезопасно. Следует ограничивать применение клещей с ручной зацепкой слитков и заготовок, так как применение ручного труда на таких операциях всегда связано с опасностью травмирования. В тех цехах, где неизбежно применение клещей, необходимо использовать самозахватывающие клещи, не требующие ручного труда. Ремонт прицепных приспособлений производят централизованно в ремонтных цехах завода. Иногда в связи с нехваткой прицепных приспособлений их ремонт производят непосредственно в цехе сами рабочие-грузчики. Особую опасность представляет ремонт разорванных крановых цепей, так как кустарный ремонт не обеспечивает необходимую прочность и создает опасность обрыва при поднятии или транспортировке металла. Грузчики-такелажники, работающие на погрузке и выгрузке слитков краном, не должны находиться под поднятым или перемещающимся грузом. Машинисты кранов не должны транспортировать слитки над местами, где могут находиться рабочие. При переноске металла машинист крана обязан непрерывно подавать предупреждающие звуковые сигналы. В прокатных цехах старой конструкции металл со складов к печам транспортируется на тележках. Такой несовершенный способ опасен в связи с возможностью падения слитков и заготовок и опрокидывания тележек. Во избежание падения слитков или заготовок при толчках тележку оборудуют бортами высотой до 200 мм, а металл укладывают без перекосов. Анализ работы прокатных цехов показал, что основное число травм происходит при подготовке слитков и заготовок к прокатке.

Любой способ зачистки заготовок и слитков должен быть максимально механизирован, так как это довольно опасная и трудоемкая операция. На современных блюмингах для огневой зачистки блюмов или слябов применяют специальную машину с кислородно-ацетиленовыми горелками, которая устанавливается в технологическом потоке. Машина огневой зачистки полностью устраняет ручную зачистку заготовок. Применение сплошной зачистки горячего металла обжимных станов (потоке) создает необходимые условия для безопасных условий труда, достижения большой производительности и повышения качества прокатываемого металла.

Существуют и другие механизированные способы зачистки металла на специальных агрегатах. Например, обдирку слитков легированных сталей в горячем состоянии иногда осуществляют на фрезерных станках. В этом случае раздетые слитки при температуре 800°C направляют сначала в нагревательные колодцы и нагревают до 1200°C, затем краном подают к термофрезерным станкам и зачищают. Температура во время зачистки падает, поэтому после зачистки слитки направляют на подогрев или для прокатки.

Металлообрабатывающие станки, применяемые для зачистки металла, снабжаются устройствами для защиты от отлетающей стружки и устранения возможности травмирования рук фрезами и сверлами. Подачу металла к станкам, уборку его после обработки, а также уборку стружки от станков желательнее механизировать.

Проход вокруг станков составляет не менее 1 м и не должен быть загроможден обрабатываемым металлом, коробками для стружки, стружкой. Площадь у станков должна быть свободна от посторонних предметов.

Безопасное обслуживание клетей прокатных станов, их вспомогательного оборудования и приспособлений достигается при соблюдении определенных условий. Все части стана и их оборудование должны быть расположены так, чтобы был безопасный доступ для осмотра и ремонта их, а во время работы полностью исключалась бы возможность соприкосновения рабочего с вращающимися частями оборудования. Все вновь сооружаемые и существующие на некоторых заводах нереверсивные прокатные станы, кроме главной соединительной муфты, снабжены расцепной муфтой, дающей возможность при несчастных случаях с людьми, при авариях, а также при необходимости мелких исправлений быстро отключить стан от двигателя. При эксплуатации прокатных станов возможны следующие виды травм: захватывание частей одежды и конечностей рабочего валками или вращающимися шпинделями и соединительными муфтами, ожоги, а также удары отлетающими осколками прокатываемого металла и окалины.

5. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

5.1. Рабочие клетки и их приводы

Рабочая клетка прокатного стана (рис. 5.1) состоит из ряда элементов, характер которых большей частью является общим для разных прокатных станов.

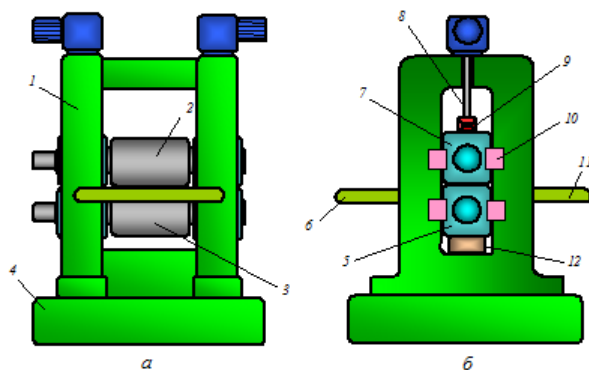


Рис. 5.1. Рабочая клетка: *а* – вид спереди; *б* – вид сбоку; 1 – станина; 2, 3 – верхний и нижний рабочие валки; 4 – плитовина; 5, 7 – нижняя и верхняя подушки; 6, 11 – входной и выходной столы с линейками; 8 – нажимное устройство; 9 – предохранительное устройство; 10 – устройство осевой установки и фиксации валков; 12 – устройство уравнивания валков

К основным деталям и механизмам рабочей клетки относятся: прокатные валки, между которыми происходит обжатие прокатываемого металла; подшипники, в которых вращаются шейки прокатных валков; установочные (или нажимные) механизмы валков, служащие для изменения расстояния между валками; проводки, направляющие прокатываемый металл при входе и выходе из валков; две вертикальные станины, имеющие форму рам, в окнах которых расположены подшипники прокатных валков; плитовины (опорные плиты в виде двух линеек), наглухо устанавливаемые на фундаменте, на которых крепятся станины рабочих клеток.

При прокатке листов шириной более 1000 мм для уменьшения поперечной разнотолщинности и улучшения планшетности проката станинные рабочие клетки оснащаются гидромеханическими устройствами принудительного изгиба рабочих и опорных валков. Эти устройства, созда-

ющие дополнительные напряжения в элементах рабочей клетки, включаются только после захвата валками переднего конца полосы и выключаются по завершении прокатки. Клетки с гидромеханическими устройствами для принудительного изгиба валков не относятся к классу ПНК.

5.2. Узлы валков

В зависимости от конструкции и расположения валков рабочие клетки прокатных станов подразделяют на шесть групп: дуо, трио, кварто, многовалковые, универсальные и специальной конструкции. Так, узел валков стана кварто включает рабочие и опорные валки, установленные в подшипниках, и подушки (рис. 5.2).

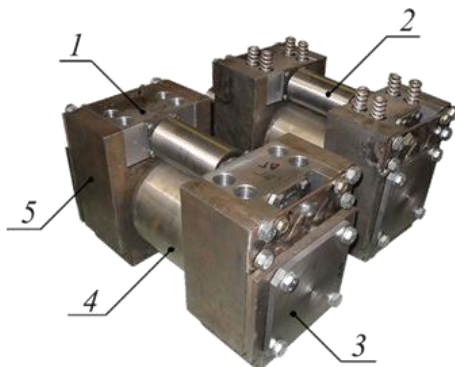


Рис. 5.2. Узел прокатных валков стана кварто:
1, 5 – подушки; 2 – рабочий валок; 3 – крышка подшипника;
4 – опорный валок

Проходя между рабочими валками, металл обжимается (уменьшается высота поперечного сечения проката) и вытягивается (увеличивается длина проката), приобретая при этом требуемую форму и размеры. В результате такой деформации улучшается структура металла. Рабочие валки воспринимают силу прокатки и передают ее на подшипниковые опоры, нажимные механизмы станины рабочей клетки. Опорные валки поддерживают рабочие и придают им необходимую жесткость.

Привод прокатного стана, придающий вращательное движение рабочим валкам, называется *главным*. В прокатных станах применяются электрические, гидравлические и (редко) ручные приводы. Большинство же прокатных станов имеют электрический привод валков. Различают индивидуальные и групповые главные электроприводы.

5.3. Станины

В станинных клетях всех типов элементом, замыкающим силовую цепь при прокатке, является станина. Внизу станина имеет лапы, в которых выполнены отверстия для болтов, служащих для крепления станины к плитовинам.

Различают станины закрытого и открытого типов, а также составные (рис. 5.3).

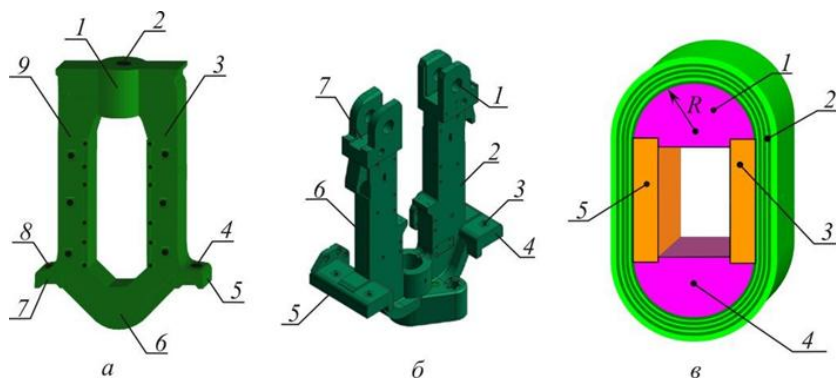


Рис. 5.3. Типы станин: *а* – закрытая (1 – верхняя поперечина; 2 – отверстие под нажимной винт; 3, 9 – стойки; 4, 8 – отверстия под фундаментные болты; 5, 7 – лапы; 6 – нижняя поперечина); *б* – открытая (1 – отверстие для крепления верхней поперечины; 2, 6 – стойки; 3 – отверстие под фундаментный болт; 4, 5 – лапы; 7 – паз для установки верхней поперечины); *в* – составная (1, 4 – ригели; 2 – пакет металлической ленты; 3, 5 – стойки)

Закрытая станина представляет собой сплошную раму, а *открытая* имеет съемную верхнюю поперечину, которая крепится клиньями, пальцами или с помощью цапф. При одинаковых размерах закрытые станины имеют более высокую жесткость, чем открытые. *Составные станины* выполняются по-разному, однако наиболее перспективны составные станины из стоек и поперечин в виде сегментов радиусом R , называемых *ригелями*, обмотанных по контуру с определенной силой высокопрочной металлической лентой.

В прокатных станах применяют подшипники скольжения открытого типа с текстолитовыми или металлическими вкладышами. Текстолит состоит из слоев хлопчатобумажной ткани, пропитанных фенолформальдегидной смолой и спрессованных в горячем состоянии в пресс-формах.

5.4. Муфты и шпиндели

Муфта – устройство, предназначенное для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей и передачи крутящего момента. Служит для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу. Муфта выбирается по передаваемому крутящему моменту, исходя из диаметров соединяемых валов.

Различают несколько типов муфт (рис. 5.4).

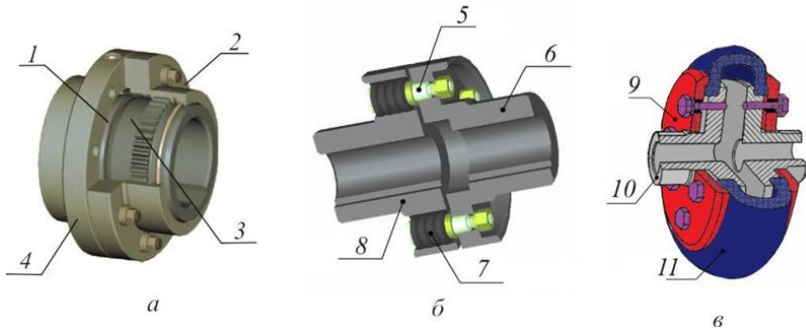


Рис. 5.4. Муфты: а – зубчатая; б – упругая втулочно-пальцевая; в – с резиновым баллоном; 1, 3 – зубчатые втулки; 2, 4 – зубчатые обоймы; 5 – палец; 6, 8 – полумуфты; 7 – резиновое кольцо; 9 – крышка; 10 – полумуфта; 11 – резиновый баллон

6. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

6.1. Машины перемещения и кантовки проката

Для транспортировки слитка от нагревательного колодца к прокатному стану применяют *слитковозы*. Нагретые до температуры прокатки слитки из нагревательных колодцев клещевым краном подают на слитковоз, а затем слитковозом – на приемный рольганг (рис. 6.1).

Колодцевый клещевой кран укладывает 25-тонный слиток на поперечные брусья сварной платформы 1 в горизонтальном положении вдоль тележки. Платформа имеет пружинные амортизаторы 3, 7 и установлена на плиту 2, опирающуюся на роликовые подшипники 4 и 5, которые, в свою очередь, опираются на две ходовые тележки 8. Четыре колеса 10 диаметром 950 мм соприкасаются с рельсами специального профиля. Ширина колеи 1600 мм. Каждая ходовая тележка приводится от расположенного под платформой электродвигателя 13 постоянного тока мощностью 46 кВт, с частотой вращения $n = 625$ об/мин через цилиндрический двухступенча-

тый редуктор 9. Питание электродвигателей осуществляется при помощи шарнирно-телескопического соединения 6 с токосъемником от троллейных проводов, идущих сбоку вдоль всего рельсового пути. Базовое расстояние между осями колес 2200 мм; на прямых участках пути слитковоз может двигаться со скоростью до 5,4 м/с.

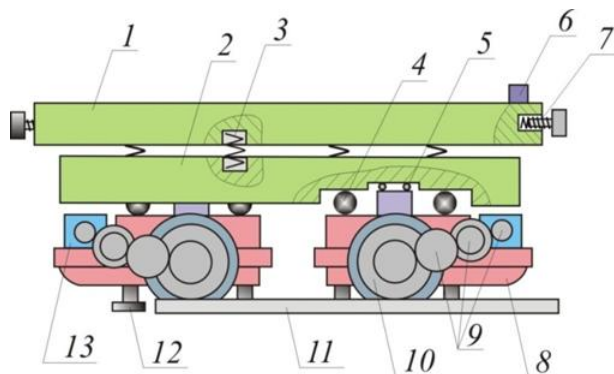


Рис. 6.1. Слитковоз: 1 – платформа; 2 – плита;
3, 7 – пружинные амортизаторы; 4, 5 – подшипники;
6 – подвод электроэнергии; 8 – ходовая тележка; 9 – зубчатая передача
редуктора; 10 – колесо; 11 – рельс; 12 – направляющие ролики;
13 – электродвигатель

Подъехав сбоку к приемному рольгангу блюминга, слитковоз останавливается, с его платформы толкатель сдвигает слиток на бочки роликов. Затем порожний слитковоз возвращается по закругленному и обратному прямому рельсовому пути к нагревательным колодцам для приема следующего слитка.

Слитки из отделения нагревательных колодцев подаются слитковозом на приемный рольганг блюминга, как правило, узким концом вперед. Однако в некоторых случаях подачу осуществляют широким концом вперед (слитки спокойной стали).

Поворотный стол применяется для поворота груза в горизонтальной плоскости с целью изменения направления его перемещения (рис. 6.2, а). Поворотный стол, установленный в линии приемного рольганга блюминга, поворачивает слиток в горизонтальной плоскости на 180° для последующей подачи в рабочую клеть узким концом вперед.

Подъемный стол применяется для перемещения груза между двумя разными уровнями цеха (рис. 6.2, б).

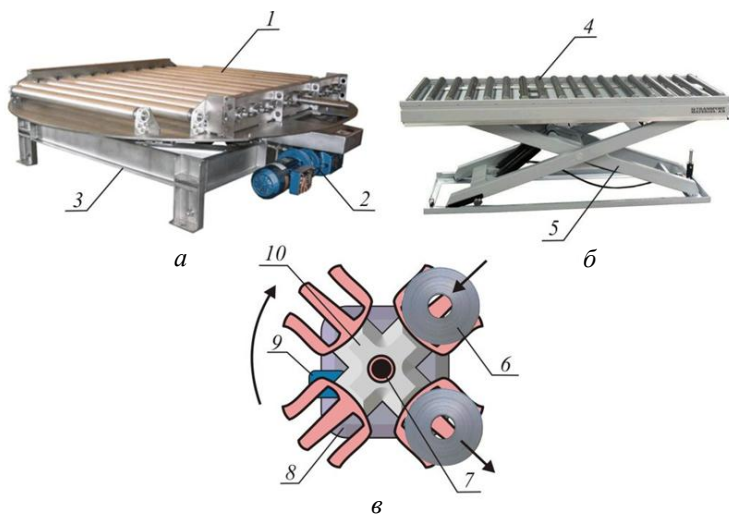


Рис. 6.2. Столы: *а* – поворотный; *б* – подъемный;
в – подъемно-поворотный; 1, 4 – секции рольганга; 2 – мотор-редуктор;
 3 – рама с четырьмя опорами; 5 – механизм подъема; 6 – рулон;
 7 – плунжер гидроцилиндра; 8 – корпус; 9 – электропривод;
 10 – крестовина

Подъемно-поворотный стол (рис. 6.2, *в*), установленный за моталками непрерывного широкополосного стана 1700 в линии разветвления отводящего конвейера для горячих рулонов, предназначен для подъема, поворота и передачи рулонов на другую ветвь конвейера, расположенную под углом 90° к подводящему конвейеру. Положение рулонов вертикальное. Подъем крестовины стола с рулонами осуществляется плунжером гидравлического цилиндра, а поворот – от электродвигателя через отдельный редуктор и зубчатые шестерни, расположенные в корпусе стола; ведомая шестерня насажена на ступицу, составляющую одно целое с гидравлическим цилиндром.

Рольганги являются основным средством перемещения металла в прокатном цехе. Они подразделяются на рабочие и транспортные. Первые расположены непосредственно у рабочих клеток и служат для подачи металла в валки и приема его из валков. Все остальные рольганги называются транспортными и связывают между собой вспомогательное оборудование стана.

Общая длина рольгангов весьма значительна, их масса достигает 20–30% массы механического оборудования всего прокатного стана.

Рольганги выполняют как с приводными, так и с холостыми роликами; привод роликов может быть индивидуальным или групповым.

Рольганги с холостыми роликами располагают с небольшим уклоном: полосо перемещается по ним под действием силы тяжести.

Каждый ролик приводится в движение мотор-редуктором. Рольганги с индивидуальным приводом роликов транспортируют прокатанный металл большой длины. Нагрузка на каждый ролик обычно невелика, поэтому ролики изготавливают из труб (рис. 6.3).

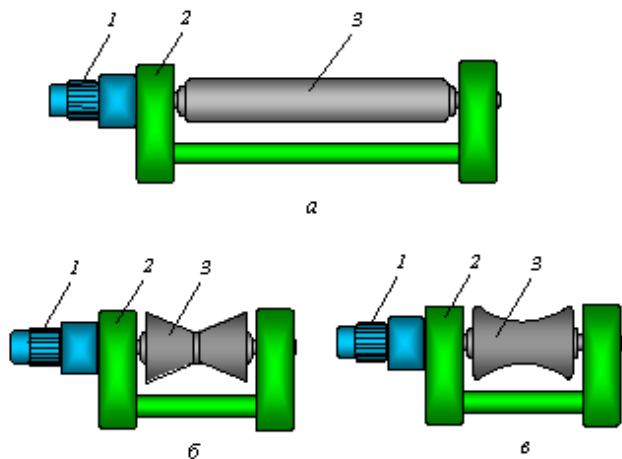


Рис. 6.3. Рольганги с индивидуальным приводом и роликами:
 а – цилиндрическим; б – биконическим; в – профильным;
 1 – мотор-редуктор; 2 – подшипниковая опора; 3 – ролик

Шлеппер – механизм прокатных станов для перемещения прокатаваемого металла в поперечном направлении. Они могут быть цепными, канатными, скребковыми и др. Транспортеры используются также для подачи рулонов к разматывателям станов холодной прокатки и транспортирования их от моталок. Шлепперы во многих случаях выполняют роль холодильников для охлаждения металла, в этом случае их называют *шлепперными холодильниками*. Длина холодильников бывает 20–150 м, а ширина и число их определяется величиной стана и временем охлаждения металла.

Канатный шлеппер (рис. 6.4, а) состоит из 6–8 канатов, расположенных между рядом приводных барабанов 1 и рядом натяжных блоков 6. На всех канатах в один ряд закреплены тележки 4 с упорными пальцами. При прямом ходе тележек упорные пальцы перемещают прокатанный металл 3 от рольганга 5 к рольгангу 2. При обратном ходе тележек пальцы утапливаются и проходят под металлом. Такая конструкция тележек позволяет в любом месте между рольгангами поднимать пальцы и пере-

мещать сколько угодно заготовок или прокатываемых полос по рельсовому настилу (стеллажу) между канатами. Сама тележка перемещается на катках по рельсовым дорожкам.

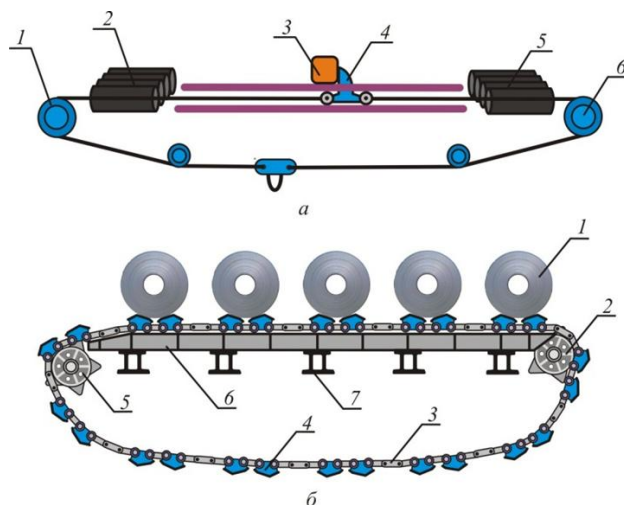


Рис. 6.4. Канатный шлеппер (а) и цепной транспортер (б)

Цепной транспортер (рис. 6.4, б) состоит из литых балок 7, на которых уложена сварная рама 6. По концам рамы установлены холостые 2 и приводные 5 звездочки, по которым перемещается пластинчатая цепь 3. Звеньями цепи являются также и башмаки 4, на которые укладываются рулоны 1.

Холодильник является связующим звеном между прокатным станом и агрегатами для отделки проката. Удельная масса холодильника в общей массе оборудования прокатного стана составляет 35–50%. Искривление полосы на холодильнике может потребовать установки дополнительных правильных машин. При прокатке полос из некоторых специальных сталей к холодильникам предъявляется также требование регулирования режима охлаждения полос. Для охлаждения сортовых профилей применяют холодильники реечного и роликового типов.

На *реечном холодильнике* охлаждение полос происходит на подвижных зубчатых рейках, совершающих качательно-поступательное движение (рис. 6.5).

Важным достоинством такого холодильника является правка полос в процессе охлаждения. Реечный холодильник состоит из системы неподвижных и подвижных реек. Подвижные шагающие рейки совершают возвратно-поступательное движение по круговой траектории при помощи эксцентриковых механизмов, приводимых в действие электродвигателем.

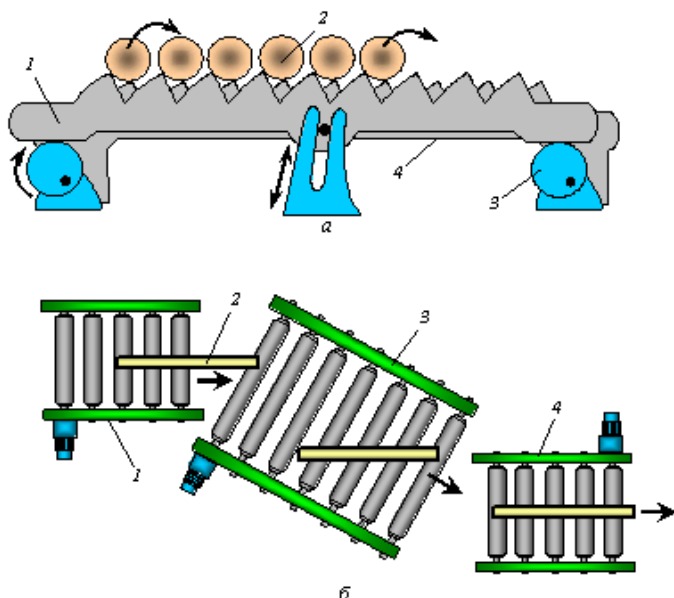


Рис. 6.5. Холодильники: а – реечный; б – роликовый

На многих среднесортных станах применяют *роликовые холодильники*. Такой холодильник состоит из длинных приводных роликов небольшого диаметра (100–120 мм), расположенных под углом 35–40° к оси подводящего рольганга. На концах роликов предусмотрены конические шестерни, находящиеся в зацеплении с коническими шестернями, установленными на общем трансмиссионном валу, приводимом от электродвигателя через редуктор. Полоса в процессе охлаждения одновременно движется поступательно и поперек холодильника (от подводящего рольганга к отводящему). Главным достоинством роликового холодильника является простота конструкции: отсутствуют сложные механизмы, связанные с качательным движением реек, упрощается фундамент. Существенным технологическим достоинством является непрерывное изменение поверхности соприкосновения полос с роликами холодильника, в результате чего предотвращается местное охлаждение полос. Продолжительность охлаждения полос можно регулировать скоростью вращения роликов.

Ширина роликового холодильника может быть доведена до 10 м. Ширина реечного холодильника составляет всего 6–8 м (между осями загрузочного и разгрузочного рольгангов), в связи с этим охлаждающая поверхность роликового холодильника на 30–50% больше, чем у реечного. Кроме того, роликовый холодильник допускает более плотную укладку металла, что примерно в 5–10 раз увеличивает эффективность использования площади холодильника.

К недостаткам следует отнести то, что в процессе охлаждения в отличие от реечного холодильника роликовые холодильники не обеспечивают правку полос.

Манипулятор предназначен для передвижения металла по роликам рольганга параллельно их бочке с целью последующего правильного направления металла в рабочие валки. Одновременно с этим линейки манипулятора выпрямляют прокатываемую полосу (блوم, сляб, заготовки), если она искривилась при прокатке (рис. 6.6).

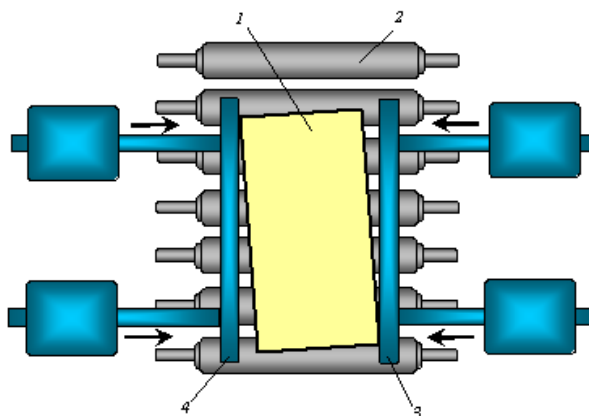


Рис. 6.6. Манипулятор: 1 – прокатываемая полоса; 2 – рольганг; 3, 4 – линейки манипулятора

Манипуляторы применяют только при прокатке слитков и относительно толстой заготовки и полосы, т.е. на блюмингах, слябингах, рельсобалочных, крупносортовых станах и толстолистовых станах.

Кантователь поворачивает (кантует) прокатываемую полосу относительно ее продольной оси на угол 45 или 90° при переходе полосы от одной клетки к другой.

Кантовка рулонов из вертикального положения в горизонтальное (или наоборот, если это требуется) осуществляется *кантователем* Г-образного типа (рис. 6.7).

Рулон полосы посредством электромагнита мостового крана укладывают в вертикальном положении на горизонтальный стол. В начале поворота рамы рулон будет опираться своими образующими на два ряда наклонных роликов на вертикальном секторе рамы, в конце поворота рамы на 90° рулон окажется скантованным и будет горизонтальным. При дальнейшем повороте рамы на 3–5° рулон сползет по наклонным холостым роликам и переместится на склиз или рольганг по направлению к разматывателю.

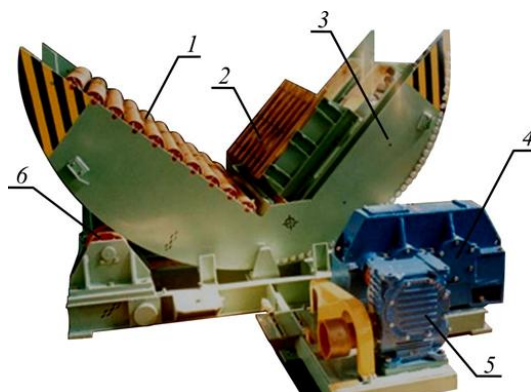


Рис. 6.7. Кантователь холодных рулонов (ОАО «Электротехнология»):
 1 – холостые ролики; 2 – стол; 3 – рама;
 4, 5 – цилиндрический и червячный редукторы; 6 – опорный ролик

6.2. Режущие машины

Для поперечной резки горячего металла квадратного, прямоугольного и круглого сечений после прокатки его на блюмингах, слябингах, заготовочных и сортовых станах применяют *ножницы с параллельными ножами* (рис.6.8). Эти ножницы применяют также и для поперечной резки холодного металла – в этом случае профиль ножа соответствует форме поперечного сечения разрезаемого металла. В процессе резания на этих ножницах плоскость, в которой движется нож (плоскость резания), является неизменной. Температура металла, поступающего на ножницы, обычно 800-1000°C. Для углеродистых сталей с пределом прочности в холодном состоянии при указанных температурах предел прочности равен 100-50 Н/мм²; для легированных сталей с пределом прочности в холодном состоянии до 1000 Н/мм² при указанных температурах.

Ножницы с верхним резом отличаются простой конструкцией. Принцип работы этих ножниц состоит в следующем: нижний нож установлен неподвижно в станине ножниц; верхний нож укреплен в суппорте (ползуне) и при помощи кривошипного или гидравлического привода движется вниз и разрезает металл. Следует отметить, что этим ножницам свойственны два существенных недостатка: после разрезки металла на нижней грани сляба (блюда, заготовки) образуется заусенец, который мешает при дальнейшем продвижении металла по рольгангу; резку металла можно осуществить лишь при наличии качающегося стола за ножницами, что усложняет конструкцию всей установки.

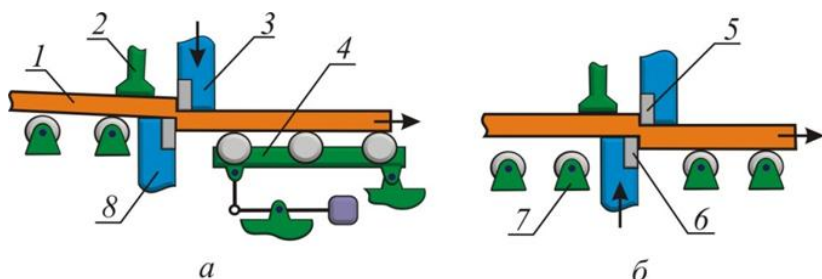


Рис. 6.8. Ножницы с параллельными ножами и резом:
 а – верхним; б – нижним; 1 – полоса; 2 – прижим; 3, 8 – суппорты;
 4 – подъемно-качающийся стол с грузовым уравниванием;
 5, 6 – ножи; 7 – рольганг

Ножницы с параллельными ножами конструктивно выполняют с электромеханическим и гидравлическим приводом.

Гильотинные ножницы (рис. 6.9) – это станок, предназначенный для резки металлических листовых заготовок. Резка листа представляет собой рассечение металла по линии смыкания подвижного верхнего ножа и неподвижного нижнего. Линия реза – прямая. В зависимости от типа привода верхнего лезвия гильотинные ножницы бывают ручными, электроприводными (электромеханическими) и гидравлическими

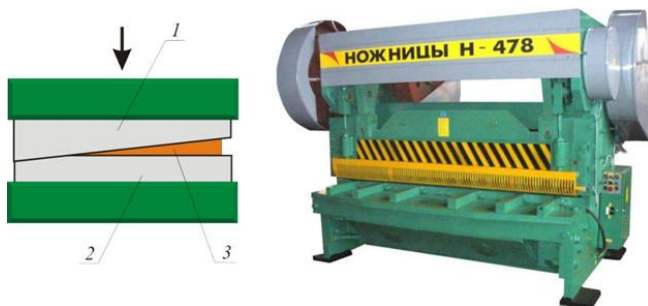


Рис. 6.9. Гильотинные ножницы:
 1, 2 – верхний и нижний ножи; 3 – полоса

Летучие ножницы предназначены для поперечной резки проката на ходу при его движении с большой скоростью.

Барабанные летучие ножницы (рис. 6.10) получили широкое применение для горячей резки мелких сортовых профилей и широких стальных полос толщиной до 30 мм, а также холодной резки стальных полос толщиной до 3 мм со скоростью более 15 м/с.

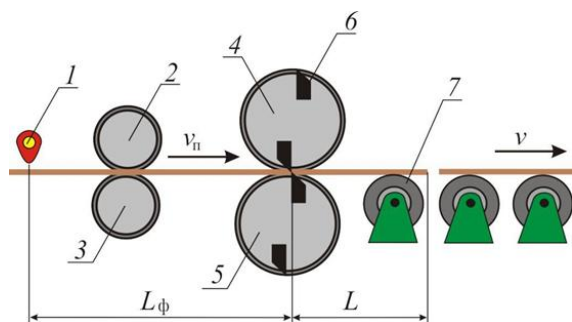


Рис. 6.10. Резание полосы на барабанных летучих ножницах:
 1 – фотореле; 2, 3 – подающие ролики; 4, 5 – барабаны; 6 – нож;
 7 – рольганг; L – длина отрезанного участка;
 L_{ϕ} – расстояние от фотореле до места реза

Планетарные летучие ножницы по сравнению с кривошипно-рычажными имеют более уравновешенную систему режущего механизма без возвратно-поступательно движущихся масс, что позволяет применять планетарные ножницы для резания металла, движущегося со скоростью до 20 м/с. Недостаток – сложная конструкция механизма резания. Кроме того, большой суммарный маховой момент вращающихся масс ножниц требует применения электродвигателя большей мощности.

Механизм резания планетарных ножниц состоит из двух ведущих барабанов, внутри каждого из которых имеется планетарная зубчатая передача, состоящая из солнечной (центральной), промежуточной (паразитной) и планетарной шестерен (рис. 6.11).

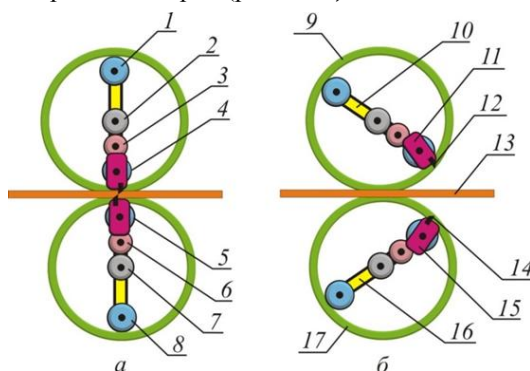


Рис. 6.11. Планетарные ножницы: а – положение реза;
 б – положение поворота; 1, 8 – балансиры; 2, 7 – солнечные
 (центральные) шестерни; 3, 6 – паразитные (промежуточные) шестерни;
 4, 5 – планетарные шестерни; 9, 17 – барабаны;
 10, 16 – рамки дифференциалов; 13 – полоса

Дисковые ножницы (рис. 6.12) применяют для разрезания широких листов на узкие ленты (ропуска) и для обрезки кромок у широких полос. Для обрезки кромок применяют 2-парные дисковые ножницы, а для розпуска широкой полосы – многопарные.

Для получения прямого реза без заусенцев дисковые ножи устанавливают с радиальным перекрытием режущих кромок $\Delta = 1\text{--}3$ мм (чем толще полоса, тем меньше перекрытие) и с небольшим боковым зазором (чем тоньше полоса, тем меньше зазор). Верхний нож смещают относительно нижнего по направлению движения проката для ровного выхода полосы. Угол заострения ножей 90° . Чтобы лист не изгибался при резке, предусмотрены опорные диски.

Кромкокрошительные ножницы предназначены для резки на короткие куски (длиной 1200 мм) неровных боковых кромок толщиной 4–25 мм и шириной 10–150 мм, отрезаемых дисковыми ножницами от широких толстых полос.

Эти ножницы по кинематике летучие, поскольку режут кромку на ходу. Корпус ножниц совершает качательное движение со скоростью, равной скорости движения кромки (0,3 м/с), отрезанные куски кромки по желобу поступают в короб, периодически удаляемый при помощи мостового крана. Для резки сортового проката применяют салазковые, маятниковые, рычажные, роторные и четырехзвенные пилы.

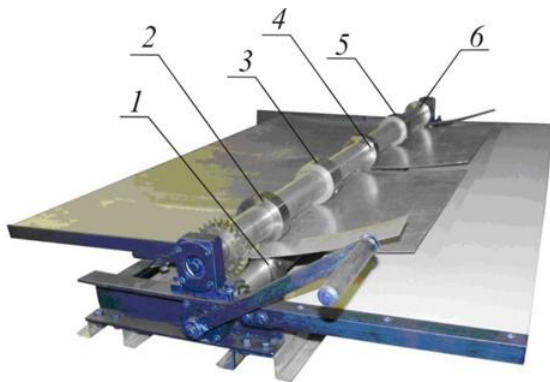


Рис. 6.12. Дисковые ножницы СПР-1250 с ручным приводом:
1, 2, 4, 6 – режущие дисковые ножи; 3, 5 – опорные диски

Резку труб на мерные длины часто осуществляют *летучей пилой* с непрерывно вращающимся в горизонтальной плоскости столом (рис. 6.13).

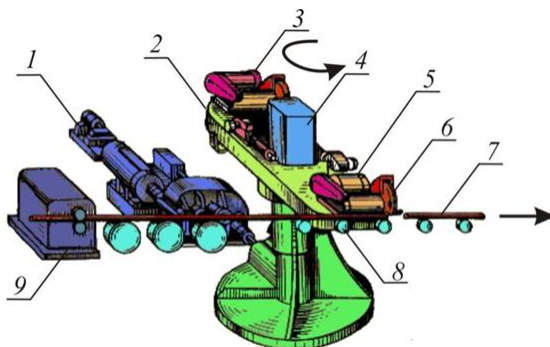


Рис. 6.13. Летучая пила для резки труб: 1 – главный привод вращения стола; 2 – стол; 3, 5 – каретки; 4 – режущий механизм; 6 – режущий диск; 7 – труба; 8 – механизм подъема трубы; 9 – устройство синхронизации скоростей пилы и выхода трубы

Две каретки при вращении стола перемещаются поступательно и параллельно друг другу. Конструкция пилы позволяет резать без остановки трубы, движущиеся со скоростью до 400 м/мин, на мерные длины 8–12 м.

6.3. Правильные машины

После прокатки металл необходимо выравнивать (править), чтобы придать ему ровную поверхность (для листов) или правильную геометрическую форму по длине (для сортовых профилей). Правку металла осуществляют на листо- и сортоправильных машинах. Кроме того, существуют косовалковые машины для правки круглого проката и труб.

Наибольшее распространение получили многороликовые листо- и сортоправильные машины. Полосу для правки пропускают между двумя рядами роликов, установленных в шахматном порядке. Нижний ряд роликов обычно неподвижный; ролики установлены в строго горизонтальной плоскости. Ролики верхнего ряда могут перемещаться по высоте при регулировке. Приводным обычно является один ряд роликов. При движении полоса изгибается роликами и выпрямляется. Точность правки зависит от числа роликов.

Основными параметрами *листоправильных* многороликовых машин являются: диаметр роликов D , шаг роликов t , количество роликов n , длина бочки роликов l и толщина листов h , подвергаемых правке на данной машине (рис. 6.14).

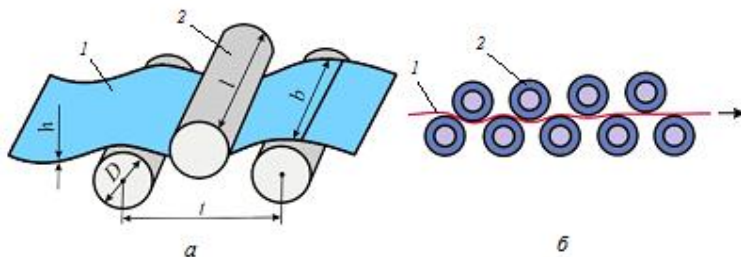


Рис. 6.14. Параметры правильной машины (а) и схема правки листа (б):
1 – лист; 2 – ролик

Диаметр и шаг роликов определяют качество правки и силу на ролики правильной машины. Слишком большие шаг и диаметр роликов не обеспечивают требуемой точности правки, а при уменьшении их увеличивается давление на ролики и усложняется конструкция машины. Шаг роликов принимают равным $t \approx 1,1D$.

Листоправильные машины бывают с параллельным и наклонным расположением валков. Первые применяются для правки листов толщиной более 12 мм, а также для предварительной правки листов меньшей толщины, вторые – для правки листов толщиной до 4 мм.

Сортправильные машины имеют профилированные ролики, состоящие из вала с насадными сменными бандажами, калиброванными по сечению выправляемой полосы. У закрытых машин каждый ролик устанавливается на две подшипниковые опоры, расположенные по его сторонам. Консольное расположение роликов у открытых машин удобно для смены калиброванных бандажей.

Концы сортовых профилей, недостаточно качественно выправленные на роликовых машинах, и различные балки в плоскости их наибольшей жесткости выпрямляются на правильных прессах.

6.4. Машины клеймения и маркировки проката

Для клеймения блюмов, слябов, заготовок крупного поперечного сечения, крупносортового проката и толстых листов применяют клеймовочные машины и механизмы (клеймители). При помощи сменных клейм, содержащих буквенные литеры и цифровые знаки на прокате, выдавливается надпись — аббревиатура завода-изготовителя, марка стали, номер плавки и др.

Ставить клеймо на блюмы и слябы можно либо на их боковой поверхности, либо на торцах. При хранении блюмов и слябов на складе в штабелях целесообразно клеймение в торец, для чего применяют маятниковые клеймители (рис. 6.15).

Четкие знаки клейм получают принудительным движением молотка.

Для клеймения рельсов и крупносортовых балок применяют клеймовочно-накатные машины с пневматическим прижимом клеймовочных дисков к движущемуся профилю.

На тонком листовом прокате выдавливание знаков не допускается, в этом случае листы маркируют — наносят краской соответствующие обозначения на поверхности, пользуясь трафаретами. Механизированные устройства для маркировки листов называют маркировочными машинами или маркировщиками.

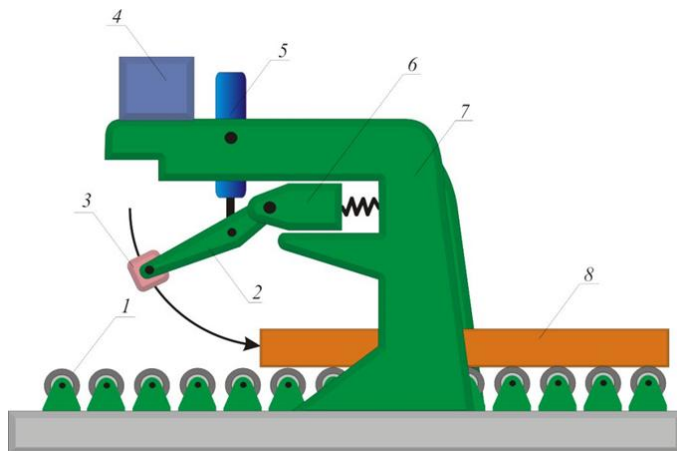


Рис. 6.15. Клеймитель: 1 – рольганг; 2 – рычаг; 3 – молоток; 4 – кассета с клеймами; 5 – гидроцилиндр; 6 – подпружиненный упор; 7 – станина; 8 – блюм (сляб)

Для нанесения разнообразной информации на металлические поверхности в последние годы успешно применяется иглоударная маркировка.

6.5. Машины для разматывания-наматывания рулонов и бунтов

Тонколистовой и мелкосортный металлопрокат удобно транспортировать в рулонах и бунтах.

Разматыватели с электромагнитными (для углеродистой стали) или скребковыми отгибателями переднего конца полосы упрощают разматывание рулонов.

Для сматывания в рулоны листового проката (полосы, ленты, штрипса) применяют барабанные и роliko-барабанные моталки, а для сматывания в бунты мелкосортного проката, катанки и проволоки — моталки со стационарным или вращающимся бунтом.

Барабанную моталку применяют для сматывания в рулон холодного листа (рис. 6.16).

Привод моталки при непрерывно изменяющемся диаметре рулона должен обеспечивать постоянной линейную скорость смотки-размотки ленты с учетом поддержания неизменным натяжения. Это означает, что угловая скорость барабана моталки должна непрерывно изменяться, что достигается благодаря применению индивидуального электропривода с автоматическим регулированием.

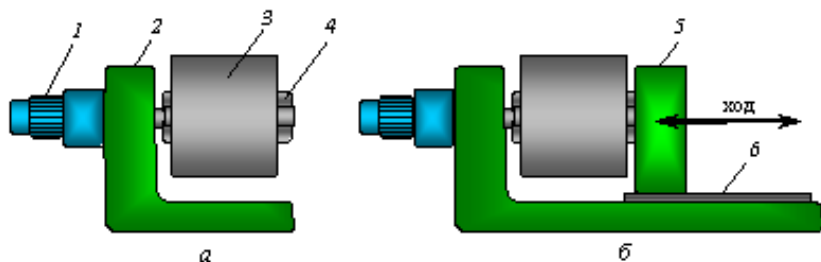


Рис. 6.16. Барабанные моталки: *а* – консольная; *б* – 2-опорная; 1 – мотор-редуктор; 2 – корпус; 3 – бунт; 4 – барабан; 5 – отводная опора; 6 – направляющие

Ролико-барабанную моталку применяют для сматывания в рулон горячей полосы (рис. 6.17).

Рулон должен быть плотным, иначе облегчается доступ воздуха к его виткам, в результате чего образуется окалина и ухудшается микроструктура металла вследствие неравномерного охлаждения. Кроме того, необходимо исключить телескопичность витков, поскольку кромки полосы повредятся при последующей транспортировке и хранении рулона на складе. Поэтому полоса сматывается при натяжении и правильном ее направлении, что исключает образование петель на рольганге перед тянущими роликами при захвате полосы моталкой и сматывании ее в рулон.

Ролико-барабанная моталка работает при высоких температурах порядка 500–700 °С и охлаждается водой.

После образования двух-трех первых витков формирующие ролики отводятся от рулона и дальнейшее сматывание тонкой горячей полосы (1–4 мм) осуществляется с натяжением барабаном моталки. При этом верхние тянущие ролики работают в генераторном (тормозном) режиме или же имеют зазор между роликами и полосой. В данном случае достаточно двух формирующих роликов с концентрическими проводками между ними.

В большинстве случаев сматывание толстой полосы (5–16 мм) осуществляется, когда в моталке устанавливают 2–3 пары прижимных роликов более жесткой конструкции.

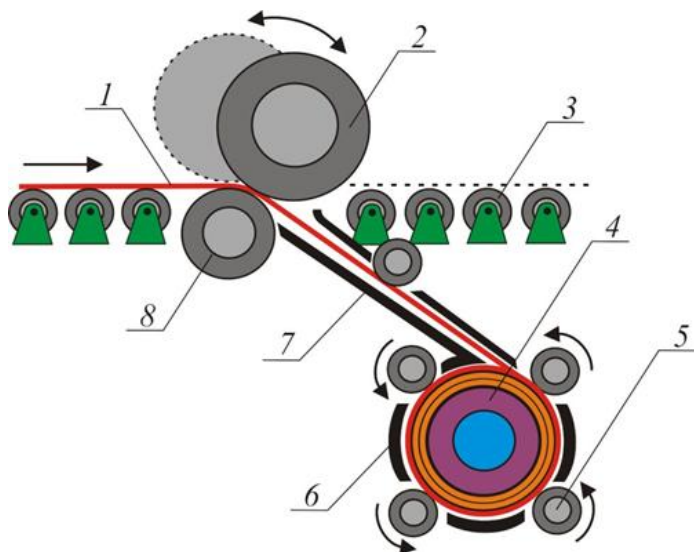


Рис. 6.17. Схема ролико-барабанной моталки:

1 – горячая полоса; 2, 8 – подающие ролики; 3 – ролик; 4 – барабан;
5 – формирующий ролик; 6, 7 – проводки

После захвата переднего конца полосы барабаном моталки прижимные ролики остаются прижатыми к полосе, а ее сматывание в рулон с натяжением осуществляется как прижимными роликами, так и барабаном моталки. В этом случае верхние ролики работают в режиме тянущих для полосы на рольганге и подающих для полосы, направляемой в моталку.

Проволочные моталки со стационарным бунтом и осевой подачей металла применяют только для круглых сечений из-за возникающего скручивания (рис. 6.18).

Проволока проходит по трубке, расположенной внутри полого вращающегося вала, который приводится в движение от электродвигателя через коническую зубчатую передачу, и укладывается витками вокруг вертикальных пальцев. По окончании сматывания проволоки пальцы опускаются при помощи рычажного механизма, а бунт сталкивается с плиты на транспортер. Преимуществом моталки этого типа является то, что бунт не вращается и сматывание проволоки может происходить при любой скорости ее подачи.

Прокатка мелкосортных профилей на современных прокатных станах осуществляется при меньшей скорости (15–30 м/с) по сравнению со скоростью прокатки проволоки на непрерывных проволочных станах (более 50 м/с). Поэтому для сматывания в бунты простых мелкосортных профилей (круга, квадрата) и катанки применяют моталки с вращающимся бунтом и тангенциальной подачей металла (рис. 6.18).

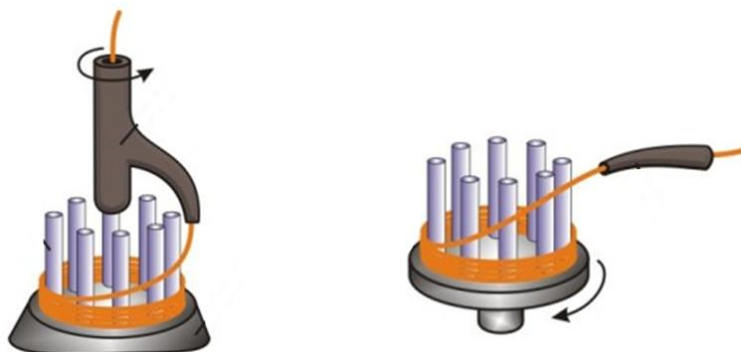


Рис. 6.18. Мелкосортные (проволочные) моталки с бунтом

Эти моталки обеспечивают сматывание без скручивания металла и потому применяются как для проволоки, так и для мелкого сорта с формой сечения, отличной от круга. Такие моталки часто располагают под полом цеха. Металл поступает по трубке и укладывается на вращающемся грибовидном шпинделе. Моталки приводятся в движение обычно от самостоятельных двигателей с электрической синхронизацией скорости с последней клетью стана. Перед отправкой потребителю бунты обвязывают в двух-четырех местах проволокой диаметром 3–6 мм, для чего за моталками устанавливают бунтовязальные машины.

Далее бунты транспортируются крюковым подвесным конвейером, после чего снимаются с крюков и пакетируются.

Для пакетирования бунтов применяют *штыревые пакетировщики* (рис. 6.19).

Рычажный съемник 3 с автоматическим включением принимает очередной бунт 2, снимает его с крюка 1 и нанизывает на наклонный штырь 4. После пакетирования 7–10 бунтов башня 5 повернется на угол 90° , штырь 4 перейдет в горизонтальное положение и займет место штыря 7, а штырь 6 перейдет из горизонтального в наклонное положение и займет место штыря 4. Пакет бунтов со штыря 8 снимают при помощи мостового крана, снабженного Г-образной подвеской, и транспортируют на склад.

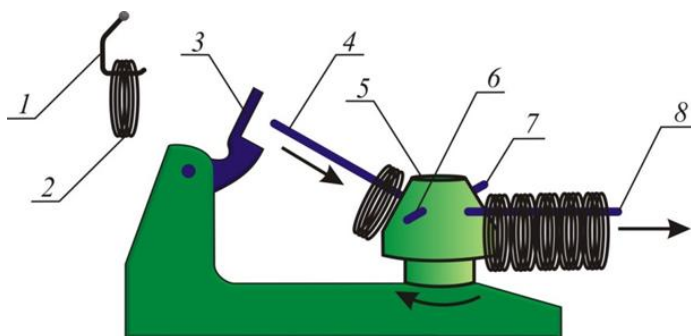


Рис. 6.19. Штыревой пакетиروщик:
1 – крюк; 2 – бунт; 3 – съемник; 4, 6, 7, 8 – штыри; 5 – башня

6.6. Агрегаты травления и зачистки проката

На поверхности слитков, блюмов, слябов и заготовок имеются окалина, трещины и другие дефекты, которые необходимо удалить перед дальнейшей прокаткой. Сплошная обдирка является самым надежным способом удаления поверхностных дефектов и осуществляется на машинах огневой зачистки, станках с абразивными кругами, а также на токарных, продольно-строгальных, фрезерных и термофрезерных станках. Эти машины (кроме токарных станков) применяют и для выборочной зачистки местных поверхностных дефектов, что значительно уменьшает отходы металла, но требует применения ручного труда.

Во многих случаях, особенно для блюмов (слябов) из качественной стали, применяют огневую зачистку только с двух сторон слябов, выборочную зачистку в потоке (не всех слябов, а только имеющих значительные дефекты), а также выборочную зачистку холодных блюмов (слябов) на складе.

На малых блюмингах, прокатывающих слитки из легированной стали и заготовочных станах вместо машины огневой зачистки иногда устанавливались многолезцовые дисковые фрезерные станки для снятия стружки с горячих слитков, блюмов и заготовки (термофрезерование).

Зачистка толстых листов из качественных и легированных сталей выполняется в специальном отделении цеха, в котором установлены механизированные линии с машинами для выборочной (с одним шлифовальным кругом) или сплошной (с двумя кругами) зачистки.

Кроме обдирки, окалину с поверхности горячекатаной полосы из углеродистой стали удаляют химическим способом в непрерывных травильных агрегатах путем растворения в кислотных растворах.

Наибольшей активностью обладает 26%-й раствор серной кислоты при температуре 95 °С. Также широко применяется травление в растворе

соляной кислоты, которая дешевле серной и почти в 2 раза быстрее растворяет окалину.

6.7. Агрегаты покрытия и термообработки проката

Наиболее простые по конструкции листовые агрегаты применяют для нанесения защитной полиэтиленовой пленки на листы. В составе оборудования агрегатов отсутствуют участки для подготовки поверхности, так как листы в пачках поступают к агрегату с достаточно чистой поверхностью. Такой агрегат состоит из раскладчика (обычно листы разбирают из пачки вручную), валковой машины для нанесения клея на верхнюю сторону листа, сушильной печи, устройства для нанесения полиэтиленовой пленки и укладчика. Листы перемещаются в агрегате по транспортерам. Основой для нанесения покрытий являются холоднокатанные оцинкованные стальные листы и листы алюминия. Размеры листов: толщина 0,16–3,4 мм; ширина – до 1540 и длина – до 3700 мм. В качестве защитного покрытия используют полихлорвиниловую пленку, виниловое покрытие, оганозоль и пластизоль, краску и др. Обычно защитное покрытие неносят на одну сторону листа, реже – на обе.

Непрерывный отжиг движущейся полосы (рис. 6.20) позволяет нагревать ее в интервале критических температур (720–940°C), что обеспечивает полное изменение как механических свойств, так и структуры металла. Отсутствуют также цвета побежалости на кромках – еще одно преимущество перед отжигом в рулонах.

Концы рулонов свариваются встык, после чего непрерывная полоса проходит ванны электролитической очистки, петлевую башню и поступает в камеру предварительного подогрева (до 400°C), где делает шесть вертикальных параллельных ходов длиной 84 м. Далее лента проходит нагревательную секцию, где нагревается до температуры отжига (720°C и выше) при скорости нагрева до 25°C в секунду, подвергаясь непосредственному воздействию излучения от настенных вертикальных элементов сопротивления.

Затем полоса проходит зону выдержки (для выравнивания температуры), зону быстрого охлаждения до 150°C, зону окончательного охлаждения до 50°C, петлевую башню и наматывается на моталку. Для получения светлого отжига в зоны нагрева подается защитный газ, состоящий из азота и 5 % водорода.

Ролики печи и их оси изготовлены из легированных жаропрочных сплавов. Для роликовых подшипников предусмотрено водяное охлаждение. По наружным сторонам печи размещены площадки и лестницы, с которых ведется обслуживание. Если же обрыв полосы произошел в печи, то можно поднять один из концов полосы через отверстие сверху камеры и соединить его с другим концом при помощи переносного свароч-

ного аппарата. Нормальный процесс отжига полосы регулируется изменением скорости ее движения, количеством подводимого тепла и скорости охлаждения.

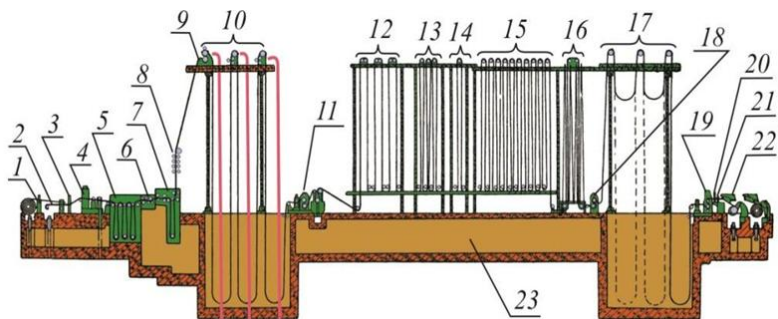


Рис. 6.20. Схема непрерывной линии отжига полосы: 1 – разматыватель; 2 – натяжные ролики; 3, 21 – ножницы; 4 – сварочная машина; 5 – ванна для электролитической очистки полосы; 6 – ролики для перегиба полосы при механической очистке ее поверхности; 7 – горячая промывка; 8 – приводные ролики; 9, 11, 18, 19 – натяжные ролики; 10 – шлеппер №1 (аккумулятор полосы); 12–16 – зоны нагрева, выдержки, медленного, быстрого и окончательного охлаждения; 17 – шлеппер № 2; 20 – вырезка образцов; 22 – моталка; 23 – помещение для электроаппаратуры

Длина установки достигает 100 м, высота 20 м; длина полосы в ней около 1000 м, скорость движения полосы до 10 м/с.

Для отжига применяется главным образом электрический нагрев, но есть печи и с газовым нагревом, осуществляемым при помощи горелок. При средней скорости движения полосы через печь в 5 м/с продолжительность отжига составляет всего 1,5 мин от начала нагрева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосов Н.М., Брынзина В.Н. Проектирование прокатных цехов: учеб. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1983. – 303 с.
2. Мальцев А.А. Материалы для внеаудиторной работы студентов-бакалавров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 306 с.
3. Колесников А.Г., Яковлев Р.А. Подшипниковые опоры прокатных валков: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 68 с.
4. Колесников А.Г., Яковлев Р.А. Конструкция и расчет калиброванных валков: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 67 с.
5. Система организации проектирования технологических комплексов: учеб. пособие / А.А. Старушко, В.И. Кадошников, М.В. Аксенова, А.К. Белан. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2012. – 148 с.
6. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с.
7. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник для вузов. В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
8. Соколова О.В., Восканьянц А.А., Комкова Т.Ю. Технология и оборудование производства труб на станах ХПТ: учеб. пособие / под ред. А.П. Молчанова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 40 с.
9. Анализ современных методов технического обслуживания металлургического оборудования / В.И. Кадошников, М.В. Аксенова, Е.В. Куликова, И.Д. Кадошникова и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – №3. – 2009. – С. 61-65.
10. Проектирование машин. Расчет и конструирование соединений машин: учеб. пособие / В.И. Кадошников, М.В. Аксенова, Е.В. Куликова, И.Д. Кадошникова и др. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 178 с.
11. Проектирование технологических линий и комплексов металлургических цехов: учеб. пособие / М.В. Аксенова, В.И. Кадошников, И.Д. Кадошникова и др. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. – 150 с.
12. Анализ надёжности восстанавливаемых деталей стана 2500 на примере прокатных валков / В.И. Кадошников, И.Д. Кадошникова и др. // Материалы 66-й научно-технической конференции. – Т. 1. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – С. 252-255.

Учебное издание

АНДРОСЕНКО Мария Владимировна
КАДОШНИКОВ Владимир Иванович
КАДОШНИКОВА Ирина Дмитриевна
КУЛИКОВА Екатерина Владимировна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие

Редактор Н.П. Боярова
Компьютерная верстка Т.В. Леонтьевой

Подписано в печать 16.01.2015. Рег. № 8-15. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 3,50. Тираж 50 экз. Заказ 9.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»