



ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Среднее профессиональное образование

Учебно-методический комплект по дисциплине «Оборудование машиностроительного производства» включает в себя следующие учебные материалы:

- Оборудование машиностроительного производства
- Оборудование машиностроительного производства. Лабораторно-практические работы

## ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ISBN 978-5-7695-6005-7



9 785769 560057

Издательский центр «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

О. С. Моряков

# ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебник



СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**О.С.МОРЯКОВ**

# **ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**УЧЕБНИК**

*Рекомендовано  
Федеральным государственным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
в качестве учебника для использования  
в учебном процессе образовательных учреждений,  
реализующих программы среднего  
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 157  
от 28 апреля 2009 г. ФГУ «ФИРО»*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2009

УДК 621(075.8)  
ББК 34.4я723  
М809

Рецензенты:

зав. лабораторией Центра компьютерного обучения Московского  
автомобилестроительного колледжа при Академии народного хозяйства  
Российской Федерации *А. А. Соломашкин*;  
директор Московского автомобилестроительного колледжа при Академии  
народного хозяйства Российской Федерации *Л. Д. Давыдов*

**Моряков О. С.**

М809 Оборудование машиностроительного производства : учеб-  
ник для студ. учреждений сред. проф. образования / О. С. Мо-  
ряков. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 256 с.  
ISBN 978-5-7695-6005-7

Учебник предназначен для изучения предмета «Оборудование машино-  
строительного производства» и является частью учебно-методического  
комплекта по специальности «Технология машиностроения».

Приведено описание оборудования заготовительных цехов, оборудова-  
ния для транспортирования в утилизацию отходов производства, для меха-  
низации и автоматизации складских работ, для сварки (дуговой, плазменной,  
газовой, контактной, диффузионной и др.). Даны сведения об установках  
для электрохимических способов обработки и оборудовании автоматиче-  
ских линий и робототехнологических комплексов. Подробно рассмотрено  
оборудование для подъемно-транспортных работ — грузоподъемные и  
подъемно-транспортные машины. Описаны монтаж, пуск и сдача оборудо-  
вания в эксплуатацию.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621(075.8)  
ББК 34.4я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Моряков О. С., 2009  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009  
ISBN 978-5-7695-6005-7 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

**УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!**

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Обору-  
дование машиностроительного производства» и является частью  
учебно-методического комплекта по специальности «Технология  
машиностроения».

Учебно-методический комплект по специальности — это основ-  
ная и дополнительная литература, позволяющая освоить специаль-  
ность, получить профильные базовые знания. Комплект состоит из  
модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каж-  
дый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учеб-  
ные издания — лабораторный практикум, курсовое проектирование,  
плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспе-  
чивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную програм-  
му. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе  
единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входя-  
щие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную  
ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-  
методического обеспечения образовательных программ обучения  
по смежным специальностям.

При разработке учебно-методического комплекта учитывались  
требования Государственного образовательного стандарта средне-  
го профессионального образования.

Машиностроение — базовая отрасль промышленности, производящая различное оборудование, предметы потребления, продукцию оборонного назначения и др.

Объем и качество изготовления продукции машиностроения постоянно повышаются, совершенствуется номенклатура изделий, поэтому для реализации и освоения новых мощностей необходимы квалифицированные кадры, подготовка которых ведется по нескольким направлениям.

Одним из таких направлений является разработка, изготовление и внедрение многономенклатурных автоматизированных модулей и участков (линий) на их основе, оснащенных станками с числовым программным управлением (ЧПУ), промышленными роботами (ПР), робототехнологическими комплексами (РТК), гибкими универсальными транспортными системами, автоматизированными складами и системами управления.

В настоящее время конструкторы занимаются разработкой и внедрением РТК второго поколения — так называемых адаптивных роботов, которые обладают органами осязания, зрения и слуха, снабжены более совершенным процессором и могут приспосабливаться к изменениям окружающей среды. Большой интерес представляет создание РТК и ПР, умеющих воспринимать и передавать информацию в речевой форме.

Другое направление связано с решением проблем транспортирования и сборки, совмещенной с изготовлением отдельных изделий, а также с включением контрольных и упаковочных операций в функции сборочных линий.

Внедрение РТК — не только технико-экономическая, но и важная социальная задача, так как при ее реализации сокращается численность персонала, повышается производительность труда и качество продукции, изменяется характер труда на производстве.

## ОБОРУДОВАНИЕ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ ДЛЯ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Заготовительное оборудование* предназначено для производства заготовок. *Заготовка* — это полуфабрикат, предназначенный для дальнейшей обработки, в результате которой получают готовое изделие.

Заготовка должна иметь минимальный припуск, заданную геометрическую форму, шероховатость и др. Главное требование — при минимальных затратах изготовить изделие высокого качества, для чего должен быть разработан наиболее рациональный технологический процесс его производства. На машиностроительных заводах широко применяются штампованные заготовки, поковки и отливки, получаемые соответственно штамповкой, ковкой и литьем.

Но наряду с этим значительный объем заготовок получают резанием разными способами на соответствующем оборудовании. Способ изготовления заготовок определяется объемом производства, принятым технологическим процессом, наличием оборудования и другими факторами.

В зависимости от материала, его длины, профиля, сечения, требуемой точности и количества необходимых заготовок применяется различное оборудование для разделения материалов (прежде всего токарное). На отрезных, токарно-отрезных, токарно-револьверных, токарных автоматах резание материала производится резцами, которыми режут материал также на строгальных станках. На фрезерных, отрезных, абразивно-отрезных и станках резания трением инструментами служат дисковые фрезы, абразивные, асбестометаллические крутки, сегментные круглые и беззубые пилы. На ножовочных и ленточно-отрезных станках материал разделяют соответственно ножовочными полотнами и ленточными пилами. На



таком оборудовании, как ножницы (параллельные, гильотинные, дисковые, роликовые, вибрационные, ручные рычажные и др.) заготовки режут ножами разных типов и конструкций. На прессах и штампах рубят (разделяют, режут) материал ножами.

Кратко рассмотрим некоторые способы резания материалов, используемые в производстве.

На токарно-отрезных станках с двумя суппортами резание металла производят двумя резцами: первый способ (рис. 1.1, а) — оба отрезных резца 1 и 3 имеют одинаковую ширину, но у одного из них сняты фаски на углах (резец 3); второй способ (рис. 1.1, б) — один из резцов 3 имеет ширину на 1 мм меньше другого.

Такое резание металла обеспечивает равномерную нагрузку на оба резца и свободный выход стружки.

Круглые пилы, иначе называемые дисковыми фрезами, подразделяют на прорезные (шлицевые) и отрезные фрезы. По ГОСТ 2679—93 «Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия» прорезные фрезы диаметром 40...75 мм и толщиной 0,2...5 мм с мелким и крупным зубом изготавливают из быстрорежущей стали твердостью 61...64 HRC. Фрезы могут быть с центрирующим утолщением и без него. Эти фрезы используют для резания металлов и неметаллов, а также для прорезания неглубоких шлицов в головках винтов и глубоких узких пазов.

Отрезные фрезы служат для распиливания материалов различных профилей и сечений, а при установке на фрезерных станках — для прорезания глубоких и узких пазов. Фрезы бывают диаметром 60...200 мм и толщиной 1...5 мм, с центрирующим утолщением и без него. У фрез толщиной свыше 2 мм с одной стороны каждого второго зуба делают угловую фаску. Такая заточка снижает трение

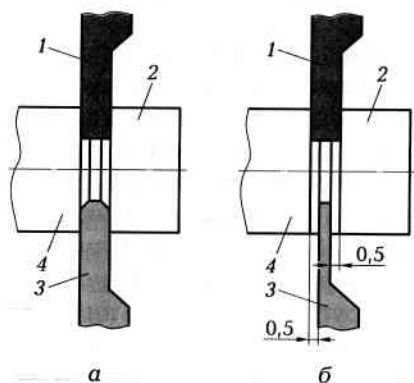


Рис. 1.1. Резание материала двумя резцами:

а — одинаковой ширины; б — разной ширины; 1 — задние резцы; 2 — заготовки; 3 — передние резцы; 4 — разрезаемый материал

срезаемой стружки о стенки прорезаемого паза и лучше направлять по нему фрезу. Отрезные фрезы изготавливают из тех же сталей, что и прорезные.

Отрезные и шлифовальные металлоасбестовые круги используют для резания и зачистки различных материалов. Централизованно изготовленные, обозначенные соответствующим цветом и надписями круги предназначаются для обработки различных марок сталей, в том числе и закаленных, жести (стали толщиной до 2 мм), цветных металлов и их сплавов, высококачественных сталей, литья и камня. В стационарных условиях на специальных станках, как правило, без охлаждения, такими кругами режут металл. Кроме того, в производстве применяют ручной электроинструмент — шлифовальные угловые машины, в которых металлоасбестовые круги имеют посадочный размер (диаметр) 22 мм, наружный диаметр от 115 мм и более, толщину 3...6 мм. Такие круги высокооборотны, их частота вращения более 10 000 об/мин.

Абразивные круги применяют для резания сталей различных марок как в закаленном, так и в незакаленном (сыром) состоянии, с охлаждением и без охлаждения. Обычно используют абразивные круги диаметром 80...400 мм и толщиной 0,5...5 мм на вулканитовой или бакелитовой связке. Режущим инструментом служит, как правило, круг из электрокорунда (условное обозначение 25А) зернистостью 36—46, твердостью СТ2—СТ1 с окружной скоростью до 45 м/с.

При резании абразивный круг имеет три движения: вращательное, подачи (сверху вниз на деталь) и колебательное (вперед-назад поперек заготовки).

Сегментные круглые пилы применяют для резания материалов, которые различаются как по свойствам, так и по размеру и профилю. Пилы выпускают диаметром 30...2 000 мм и толщиной 5...15 мм. Достоинство этих пил — возможность замены сегментов с зубьями, крепящихся заклепками на пильном диске, после износа до предельного размера. Количество зубьев на каждом сегменте может быть различным и определяется их размером (крупные, средние и мелкие), число сегментов зависит от диаметра пилы, а форма профиля зубьев определяется свойствами разрезаемых материалов и режимом резания. Такие пилы устанавливают на специальных отрезных станках. Кроме того, к таким станкам может прилагаться устройство для периодической заточки зубьев сегментных пил абразивным кругом.

Пилами трения (беззубыми пилами) режут металл различных размеров и профилей (уголок, прутки, двутавр, квадрат и др.), а также листы и трубы. Принцип работы пил трения основан на расплав-

лении и удалении жидкого металла из зоны резания. Разогрев металла до жидкого состояния происходит за счет теплоты, образующейся при трении быстровращающейся пилы о разрезаемый материал. Пила трения представляет собой диск диаметром до 1 м и более. Диаметр и толщина диска зависят от размеров нарезаемых заготовок. Диски изготавливают из низкоуглеродистой стали с содержанием марганца 0,8... 1,2 %. Пилы могут быть с гладкими поверхностями резания (образующими) или иметь зубья в виде накатки или насечки.

Собственно процесс резания пилами трения может осуществляться с охлаждением при окружной скорости диска 70... 100 м/с или без охлаждения при скорости диска 40... 50 м/с. Поскольку окружная скорость дисков довольно высока, их необходимо предварительно балансировать. При разрезании прутков и особенно труб их следует вращать. Кроме механизированных устройств промышленность выпускает устройства с ручным приводом для резания труб небольшого диаметра.

Кроме рассмотренных способов разделения материалов для вырезания заготовок можно пользоваться газовой, дуговой, плазменной и другими видами резки.

Ко всем видам резания материалов предъявляются определенные требования, которыми оговариваются точность заготовок, качество резания, отклонения формы и др. Так, допуск на длину заготовки, отрезаемой в штампе, диаметром (или стороной квадрата) до 10 мм и длиной до 300 мм составляет  $\pm 0,6$  мм, а диаметром 30... 40 мм и длиной до 600... 1000 мм —  $\pm 1$  мм. В зависимости от масштабов производства, освоения технологического процесса и других факторов работа заготовительного цеха может быть механизирована и автоматизирована, а также налажена переработка отходов материала для вторичного использования.

## 1.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕХАНИЧЕСКИМИ НОЖОВКАМИ

К этой группе оборудования относятся отрезные ножовочные и ленточно-пильные станки, с которыми ознакомимся подробно.

Отрезной ножовочный станок предназначен для резания следующих видов проката:

круглого — диаметром до 250 мм;

квадратного — со стороной до 250 мм;

двутаврового — до № 24;

швеллерного — до № 24.

Отрезной ножовочный станок (рис. 1.2) смонтирован на литой станине коробчатой формы, в которой имеются два резервуара: один для масла гидропривода, второй для охлаждающей жидкости. Кроме того, в станине сделано отверстие для съемного корыта, в которое собирается стружка. Ножовочное полотно 3 приводится в возвратно-поступательное движение от электродвигателя 11, через

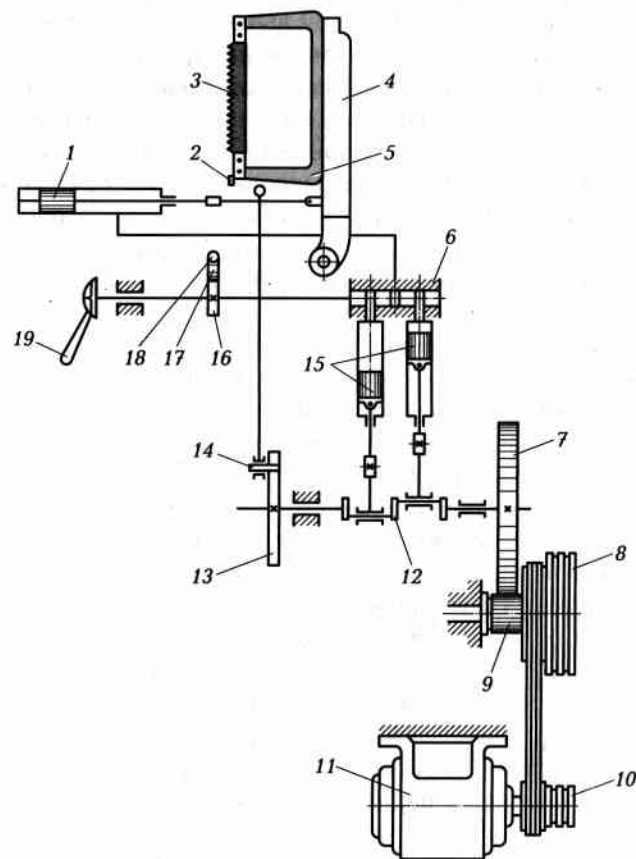


Рис. 1.2. Кинематическая схема отрезного ножовочного станка:

1 — рабочий гидроцилиндр; 2 — планка; 3 — ножовочное полотно; 4 — ползун; 5 — пильная рама; 6 — распределительный кран; 7, 9, 16 — шестерни; 8, 10 — шкивы; 11 — электродвигатель; 12 — эксцентриковый вал; 13 — кривошипный диск; 14 — палец; 15 — поршневой гидронасос; 17 — промежуточная шестерня; 18 — рейка; 19 — рукоятка

клиноременную передачу (шкивы 10 и 8), косозубую передачу (шестерни 9 и 7), эксцентриковый вал 12, кривошипный диск 13, палец 14 и ползун 4, шарнирно связанный с пильной рамой 5.

Подъем и опускание ползуна 4 совместно с пильной рамой 5 и ножовочным полотном 3 выполняется с помощью гидропривода, состоящего из поршневого гидронасоса 15, распределительного крана 6 и рабочего гидроцилиндра 1, который шарнирными тягами соединен с ползуном 4.

Рукояткой 19 управляют гидроприводом, устанавливая пять фиксированных режимов работы станка. Например, если установить ножовочное полотно на постоянной высоте, в начале рабочего хода оно будет иметь минимальное давление на отрезаемый материал, затем давление плавно возрастет, а перед окончанием резания — снизится. При обратном (нерабочем) ходе пильной рамы ножовочное полотно приподнимается и с разрезаемым материалом не соприкасается. В зависимости от свойств разрезаемого материала величину подачи (скорость опускания ползуна) можно плавно регулировать путем дросселирования масла, изменяя положение рукоятки 19.

Пильная рама вместе с ножовочным полотном перемещается в пределах 150 мм вдоль ползуна по направляющим типа «ласточкин хвост», а само полотно можно натягивать на пильной раме специально для этого предназначенным устройством.

После достижения пильной рамой крайнего нижнего положения (после прорезания материала) конструкцией станка предусмотрен ее подъем, который происходит следующим образом. Специальная планка 2, закрепленная на пильной раме, ударяет по рейке 18 и передвигает ее. Рейка через промежуточную шестерню 17 передает движение шестерне 16, жестко соединенной с распределительным краном, устанавливая его в положение подъема пильной рамы, которая будет подниматься до тех пор, пока рычажок на ползуне не нажмет соответствующую кнопку на кнопочной станции, отключив одновременно электродвигатель привода и насос охлаждения.

Для зажима разрезаемого материала станок снабжен тисками двух типов: с плоскими параллельными губками для квадратного, прямоугольного и круглого материала большого диаметра; с губками, имеющими вырезы треугольной формы. Такими губками зажимают один или несколько прутков или материал других профилей. Материал, подлежащий резанию, кроме губок зажимают с помощью упора и винта. Причем упор делают из хрупкого чугуна, который разрушается при перегрузке, таким образом предохраняя станок от поломки.

В настоящее время создан целый ряд ленточно-пильных станков для резки материалов ленточной пилой с различными возможностями, но имеющих довольно схожие конструкции. В качестве примера ознакомимся с таким станком (рис. 1.3), у которого четыре скорости резания (23; 33; 45 и 65 м/мин) бесконечной пилой-полотном размерами 2300 × 20 × 0,6 мм. Максимальный размер разрезаемого материала прямоугольного сечения 180 × 300 мм; максимальный диаметр разрезаемого материала круглого сечения 180 мм.

Станок смонтирован на чугунной станине 15 коробчатой формы, служащей резервуаром для смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Для перемещения станка предусмотрены колеса 16. Сверху на станине расположены тиски с неподвижной (в продольном на-

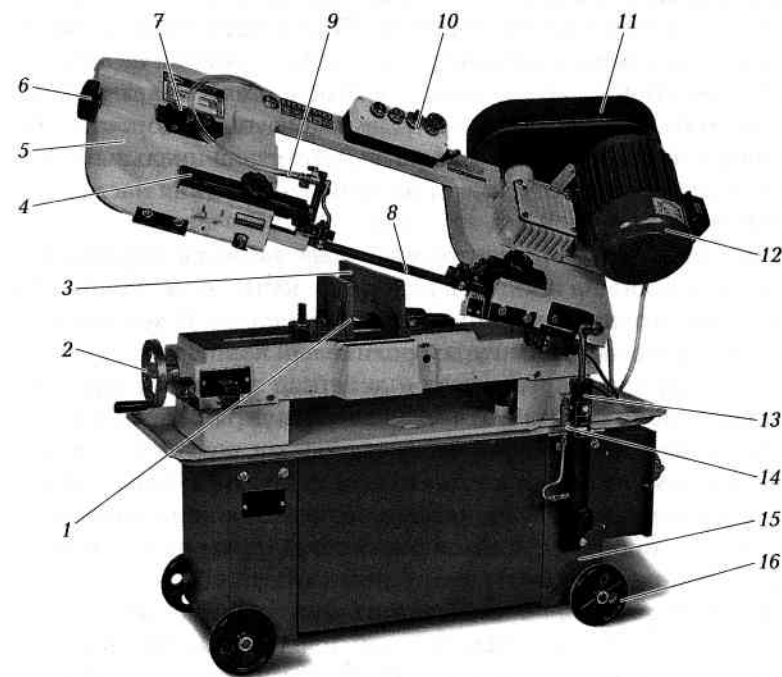


Рис. 1.3. Ленточно-пильный станок:

1, 3 — подвижная и неподвижная губки тисков; 2 — маховик; 4 — держатели ленточной пилы; 5 — пильная рама; 6 — головка натяжного устройства; 7 — натяжное устройство; 8 — ленточная пила; 9 — шланг; 10 — кнопка включения; 11 — клиноременная передача; 12 — электродвигатель; 13 — гидроцилиндр; 14 — рукоятка управления гидроцилиндром; 15 — станина; 16 — колеса

правлении) 3 и подвижной 1 губками, которые при зажиме заготовки передвигаются с помощью винта при вращении маховика 2. Пильная рама 5 поднимается вручную, описывая небольшую дугу относительно оси на правом конце станка, и поддерживается гидроцилиндром 13 при соответствующем положении специальной рукоятки 14 гидроцилиндра.

Рама с ленточной пилой по отношению к основанию губок тисков расположена под углом 45°. Участок ленточной пилы 8 с двух сторон закреплен в специальном устройстве — держателе 4, которым поворачивают ленточную пилу перпендикулярно оси заготовки, используя упругую деформацию полотна пилы.

Над открытым участком пилы расположен шланг 9 с наконечником для подачи СОЖ, которая накачивается помпой, находящейся в резервуаре станка. Для разрезания под углом губки тисков имеют кольцевые пазы, позволяющие фиксированно устанавливать требуемый угол путем поворота губок. При завершении разрезания, когда пильная рама с ленточной пилой 8 опускается ниже плоскости тисков, станок автоматически выключается, так как регулируемый упор нажимает на конечный выключатель. Скорость опускания пильной рамы 5 при резке регулируется специальным устройством, изменяющим сечение отверстия перетекания масла в гидроцилиндре 13.

Скорость движения ленточной пилы задается перестановкой клинового ремня на шкивах в редукторе клиноремненной передачи 11. Для разрезания длинномерных материалов к ленточно-пильному станку может прилагаться роликовый конвейер.

Ленточная пила приводится в действие электромотором через клиноремненную передачу с четырехступенчатыми шкивами, далее движение передается червячному редуктору, ведущему шкиву, полотну и ведомому шкиву, который имеет натяжное устройство. Перестановкой ремней в клиноремненной передаче изменяют скорость резания, а скорость опускания рамы регулируют изменением проходного сечения жиклера в гидроцилиндре.

Основой ленточных пил служит биметаллическая ленточная пружинная сталь, на зубья которой наплавлена быстрорежущая сталь, содержащая углерод, вольфрам, молибден, ванадий, кобальт и имеющая твердость 68...69 HRC. Такие пилы хорошо режут, износостойки и долговечны, их изготавливают для разрезания различных профилей и сплошных материалов. Есть пилы для разделения цветных металлов, титана и титановых сплавов, инструментальных, конструкционных, кислотоустойчивых, коррозионно- и жаропрочных сталей и других материалов. Особенность этих пил

состоит в том, что они имеют зубья определенного размера, шага и профиля, причем для улучшения условий резания некоторые пилы делают с переменным и периодически повторяющимся шагом. Существует определенная зависимость между шириной и толщиной ленточной пилы, профилем и шагом ее зубьев, с одной стороны, и свойствами разрезаемых материалов и их размерами — с другой.

### 1.3. НОЖНИЦЫ И ШТАМПЫ

**Ножницы.** Для продольного резания материала в виде широкой ленты применяют *дисковые ножницы*, в которых режущим инструментом являются дисковые ножи, расположенные на параллельных валах и приводимые во вращение от электродвигателя с помощью клиноремненной и зубчатой передачи.

За счет вращения навстречу друг другу ножи сами втягивают разрезаемую ленту, которая разматывается с одной катушки и после разрезания наматывается в виде узких полос на несколько других катушек, количество которых соответствует числу получаемых лент.

Такие ножницы обычно используют для нарезания мерных полос, из которых в цехах холодной штамповки изготавливают детали вырубкой или вытяжкой.

Ширина нарезаемых полос может быть изменена путем перестановки (замены) промежуточных прокладок между дисковыми ножами для получения требуемого размера.

Дисковые ножи представляют собой стальные закаленные кольца, которые по мере затупления затачивают двухсторонним шлифованием. При этом необходимо помнить о том, что для получения кромок полос без заусенцев, необходимо сохранять оптимальный зазор между верхними и нижними ножами.

*Роликовые ножницы* бывают двух видов: с параллельными (вертикально или горизонтально расположенными) и наклонными осями.

Ножницы с параллельными осями предназначены для разрезания листового материала на полосы и вырезки круглых заготовок с выходом инструмента на край листа. Все параметры роликовых ножниц в основном зависят от толщины разрезаемого металла, которая может достигать 30 мм. Так, при толщине материала 5 мм диаметр дисковых ножей (дисков) должен быть 125...130 мм, их толщина 25...30 мм, а зазор между ножами 0,5...0,6 мм. Тонкие листы

можно резать набором дисковых ножей, получая одновременно несколько мерных полос соответственно количеству пар роликов.

Роликовыми ножницами с наклонными осями вырезают круглые (дисковые), кольцевые и криволинейные заготовки из листов толщиной до 20 мм. Параметры таких ножниц несколько отличаются от параметров ножниц с параллельными осями. Так, при толщине материала 5 мм диаметр ножниц должен быть 100 мм, их толщина 20 мм, а зазор между ними 1... 1,5 мм. Такие ножницы используют на специальных станках.

Кривошипные листовые ножницы (рис. 1.4) с наклонным в вертикальной плоскости ножом (гильотиной) смонтированы на сборно-сварной станине 17, состоящей из двух стоек, соединенных между собой траверсой и стяжкой, на которую спереди опирается стол 16. К внутренней стороне стола крепится неподвижный нож, а к но-

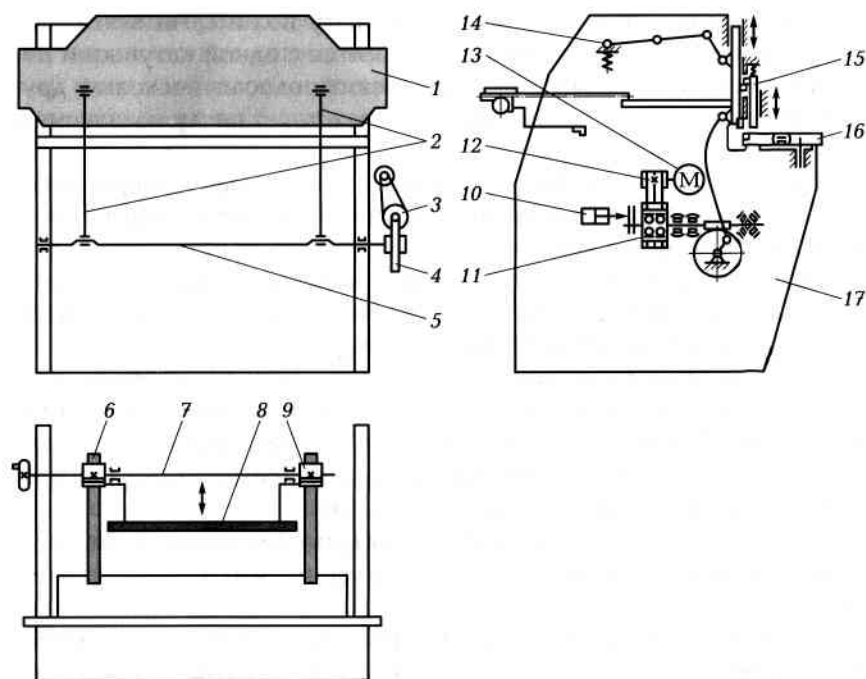


Рис. 1.4. Кинематическая схема кривошипных листовых ножниц:

1 — ножовая балка; 2 — шатуны; 3 — червячный вал; 4 — червячное колесо; 5 — эксцентриковый вал; 6 — рейка; 7 — общий вал; 8 — задний упор; 9 — шестерня; 10 — муфта-тормоз; 11 — маховик; 12 — клиноременная передача; 13 — электродвигатель; 14 — уравновешиватель; 15 — прижимная балка; 16 — стол; 17 — станина

жевой балке 1 — подвижный. Для получения чистого среза разрезаемого материала необходимо правильно отрегулировать зазор между ножами, который зависит от толщины материала и его механических характеристик. Для этого стол ножниц сделан подвижным. Нужный зазор устанавливают через специальные окна в столе путем поворота эксцентриков. В столе имеются Т-образные пазы для крепления переднего, бокового, углового упоров и удлинителей.

Привод ножниц производится от электродвигателя 13, смонтированного на подвижной плите, через клиноременную передачу 12 на маховик 11, установленный на червячном валу 3, с которого вращение передается на червячное колесо 4 и далее на эксцентриковый вал 5. Соединение маховика с эксцентриковым валом происходит при срабатывании муфты-тормоза 10, когда на него будет подан сжатый воздух при нажатии педали включения (пуска).

При вращении эксцентрикового вала шатунами 2 ножовая балка 1 с подвижным ножом одновременно с прижимной балкой 15 совершают рабочий ход и останавливаются в первоначальном положении.

На внутренних сторонах обеих стоек станины размещены уравновешиватели 14 (на рис. 1.4 показан только один), назначением которых является удержание ножовой балки в верхнем положении при поломке тормоза, выбор зазоров в одну сторону в подвижной системе ножниц и прижатие ножовой балки к направляющим станины, чтобы сохранить постоянным установленный зазор между ножами.

В рассматриваемой конструкции ножниц применен задний упор 8 с ручным приводом. При вращении маховика 11 общий вал 7 поворачивается, приводит в действие шестерни 9, которые перемещают упор 8 по рейкам 6 с делениями, устанавливая его на заданную длину разрезаемого листа материала. Для механизации резания листового материала на кривошипных ножницах могут быть дополнительно установлены роликовый транспортер (рольганг) для подачи листов в рабочую зону ножниц и ленточный транспортер с приводом для удаления разрезанных листовых заготовок.

В конструкции кривошипных листовых ножниц применена комбинированная система привода и управления — механическая, которая была рассмотрена ранее (см. рис. 1.4), и пневматическая (рис. 1.5), с которой ознакомимся подробнее.

Из централизованной сети через запорный вентиль 13 сжатый воздух под давлением не менее 0,5 МПа поступает в пневматический блок 14, откуда через фильтр-влагодетель 10 и регулятор



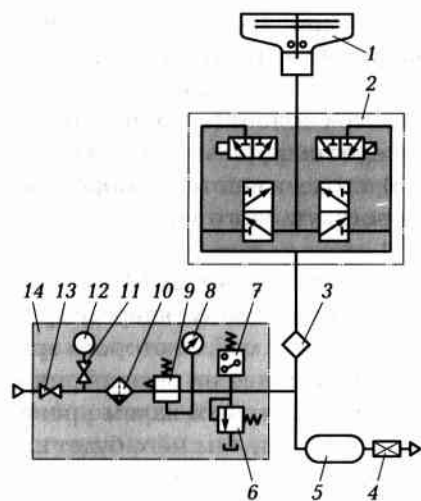


Рис. 1.5. Пневматическая схема кривошипных листовых ножниц:

1 — муфта-тормоз; 2 — сдвоенный клапан; 3 — маслораспылитель; 4 — клапан; 5 — ресивер; 6 — предохранительный клапан; 7 — реле давления; 8, 12 — манометры; 9 — регулятор давления; 10 — фильтр-влагодотделитель; 11 — вентиль; 13 — запорный вентиль; 14 — пневматический блок

давления 9 — в ресивер 5. Из ресивера сжатый воздух проходит через маслораспылитель 3 и трехходовой сдвоенный клапан 2 к муфте-тормозу 1. Реле давления 7 отключает муфту-тормоз, если давление сжатого воздуха будет ниже 0,35 МПа. Предохранительный клапан 6 соединен с ресивером и настроен на давление 0,5 МПа, при превышении которого сжатый воздух стравливается в атмосферу. Образовавшийся конденсат удаляется из ресивера через клапан 4. Манометры 8 и 12 служат для контроля давления сжатого воздуха, который подается из централизованной сети через вентиль 11 и проходит регулятор давления, настроенный на давление 0,45 МПа.

Таким образом, ножевая плита при работающем механическом приводе срабатывает только в том случае, когда муфта-тормоз соединит маховик с эксцентриковым валом, а это может произойти при нажатии на педаль. Рассмотренная конструкция кривошипных листовых ножниц предназначена для резания листового материала с пределом прочности не более 500 МПа и наибольшими размерами поперечного сечения  $6,3 \times 2000$  мм. Другие характеристики ножниц: мощность электродвигателя 8,5 кВт, расход сжатого воздуха на одно включение 0,25 л, масса ножниц 4 520 кг.

Комбинированные ножницы предназначены для резания листового, сортового и фасонного (профильного) проката, а также для вырубки прямоугольных и треугольных пазов в листовом и фасонном прокате. Кроме того, на них можно производить отрезание углового профиля под углом.

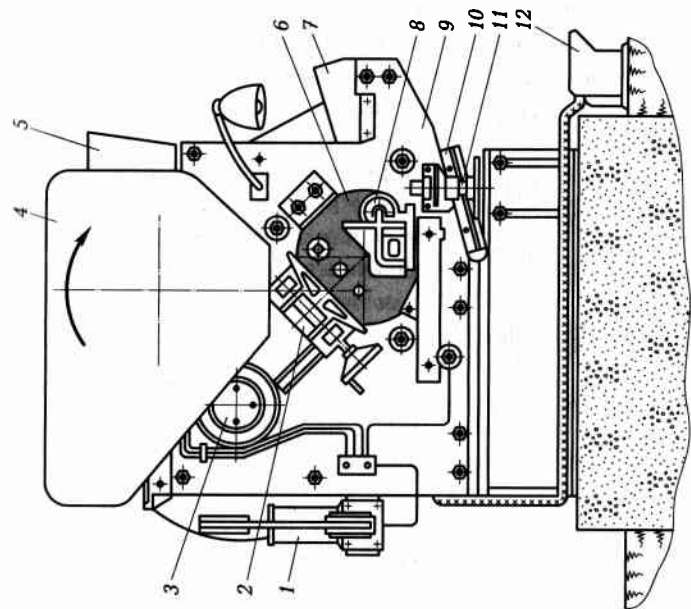
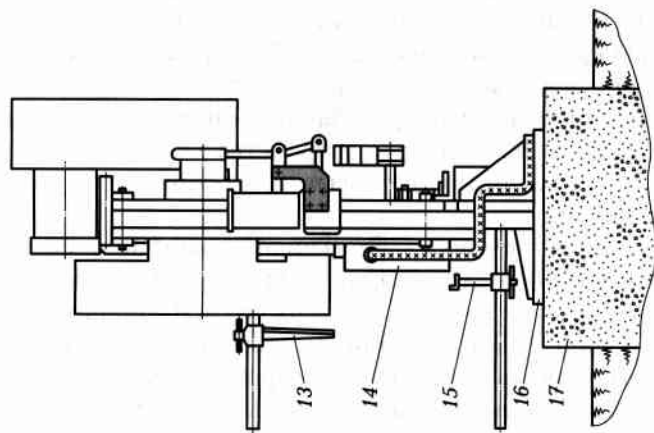


Рис. 1.6. Комбинированные ножницы:

1 — устройство для подачи смазки; 2 — прижим профильной секции; 3 — привод ножниц; 4 — ограждение; 5 — пульт управления; 6 — инструмент для отрезания профильного металла; 7 — устройство для пробивки прямоугольных пазов; 8 — упор для резания под углом; 9 — станина; 10 — ползун; 11 — прижим листовой секции; 12 — педаль; 13 — упор сортовой секции; 14 — электрошкэф; 15 — упор листовой секции; 16 — основание; 17 — фундамент

Основными узлами комбинированных ножниц (рис. 1.6) являются станина 9, ползун 10 и привод 3. Стальная сборная станина представляет собой два листа, соединенных между собой шпильками, прижимами и шпонкой. К одному из листов внизу приварено основание 16, которым станина крепится к фундаменту 17. В верхней части станины расположен привод 3, маховик которого закрыт ограждением 4.

Здесь же смонтирован пульт управления 5 ножницами, а внизу — электрошкаф 14. С помощью устройства для смазывания 1 производится централизованное смазывание основных трущихся поверхностей ножниц.

Работать (подавать материал для резания) на комбинированных ножницах удобнее с одной стороны, так как на другой расположены регулируемые упоры: упор для резания под углом 8, упор профильной секции 13 и упор листовой секции 15. Включение ножниц в работу производится ножной педалью 12. Профильный металл (уголок, круглый, квадратный и шестигранный прокат) отрезается инструментом 6, вырубка прямоугольных пазов выполняется устройством 7. Профильный (фасонный) материал при резании прижимается специальным прижимом 2, а листовой — прижимом 11.

Рассмотрим кинематическую схему комбинированных ножниц (рис. 1.7). Ножницы приводятся в действие электродвигателем 4 через клиноременную передачу, состоящую из шкива 3, клиновых ремней 2 и маховика 1, который одновременно служит ведомым шкивом, а также через промежуточный вал 16, косозубую передачу — шестерню 15, зубчатое колесо 13 и эксцентриковый вал 14. Указанный вал вращается в бронзовых втулках, а для компенсации осевых уси-

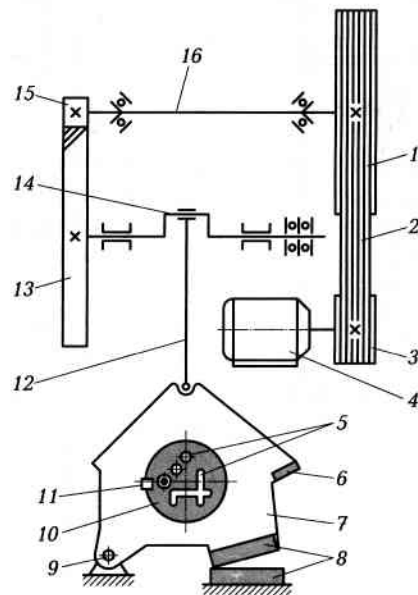


Рис. 1.7. Кинематическая схема комбинированных ножниц:

1 — маховик; 2 — клиновые ремни; 3 — шкив; 4 — электродвигатель; 5 — отверстия для резания профильного металла; 6 — ножи для вырубке пазов; 7 — ползун; 8 — ножи листовой секции; 9 — ось качания ползуна; 10 — ножевая плита; 11 — шпонка; 12 — шатун; 13 — зубчатое колесо; 14 — эксцентриковый вал; 15 — шестерня; 16 — вал

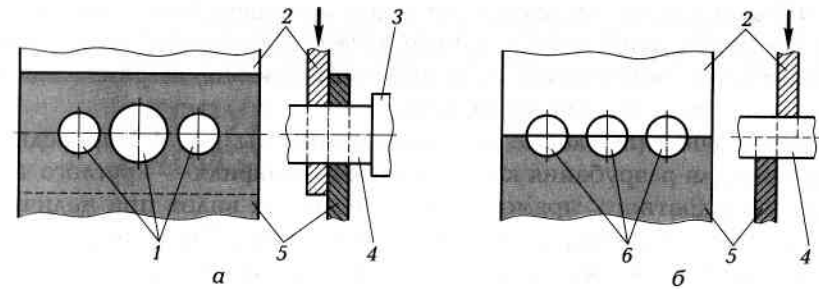


Рис. 1.8. Схемы матричного (а) и ножевого (б) штампов:

1 — матричные отверстия; 2 — подвижный нож; 3 — упор; 4 — материал; 5 — неподвижный нож; 6 — рабочие полуотверстия

лий, возникающих в косозубом зацеплении, служит двухрядный упорный подшипник. Ползун 7 начнет движение вниз относительно оси 9 только тогда, когда шатун 12 войдет с ним в зацепление, которое управляется электромагнитом через систему тяг. Когда ползун 7 находится в верхнем нерабочем положении, сердечник электромагнита должен быть полностью втянут в катушку. При рабочем ходе работают подвижные ножи 6, 8 и ножевая плита 10 с отверстиями 5 под профильный прокат. Подвижная часть ножевой плиты закреплена на ползуне 7 и перемещается одновременно с ним. При работе на комбинированных ножницах пользуются только одной парой ножей, регулируемых упорами и прижимами, предохраняющими руки работающего.

Комбинированные ножницы позволяют резать стальной лист толщиной до 13 мм, полосу с размерами сечения 16 × 150 мм, круглый прокат диаметром до 42 мм, квадратный прокат со стороной до 38 мм, уголок с размерами до 100 × 100 × 12 мм, а также швеллеры, двутавры и другой профильный металл, но с использованием специального инструмента, поставляемого по отдельному заказу заводом-изготовителем. Ножницы оснащены трехфазным электродвигателем мощностью 3,2 кВт. Эти ножницы удобны для эксплуатации в заготовительных цехах и цехах изготовления металлоконструкций. В зависимости от размеров проката ножницы можно эксплуатировать как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Вибрационными ножницами обычно режут листовой металл, их приводной нож имеет 1 200—2 500 ходов в минуту, передвижение по вертикали составляет 2...3 мм, передний угол ножей — 6...7°, угол створа — 24...30°. Зазор между ножами зависит от толщины разрезаемого материала.

**Штампы.** Рубку металла с помощью штампов обычно выполняют на приводных прессах. Конструкция штампов для этих целей может быть различной, но широко применяются две разновидности: матричные и ножевые штампы.

*Матричные (глазковые, втулочные) штампы* (рис. 1.8, а) предназначены для разрубания калиброванного профиля — круглого 4, а также квадратного, прямоугольного и других видов при наличии соответствующих форм матричных отверстий 1. Когда подвижный нож 2 находится в верхнем положении (как показано на рис. 1.8, а), материал 4, подлежащий рубке, пропускают через матричные отверстия 1 неподвижного 5 и подвижного 2 ножей до упора 3. При опускании подвижный нож 2 отделяет часть материала, а затем возвращается в исходное положение. Процесс рубки можно повторять.

*Ножевые штампы* (рис. 1.8, б) имеют в каждом из ножей 2 и 5 полуотверстия 6, аналогичные профилю разрубаемого материала 4. При опускании подвижного ножа 2 происходит отделение части материала 4 в виде заготовки. Для предотвращения образования трещин и получения ровного среза рубку рекомендуется выполнять с прижимом на буфере, а на подвижном 2 и неподвижном 5 ножах сделать передний угол, равный  $1^\circ$ . Для чистого среза необходимо иметь оптимальный зазор между подвижным 2 и неподвижным 5 ножами, зависящий от свойств разрубаемого материала и его размера. Зазор обычно принимают в пределах 1,5...5,5 % от диаметра (толщины) материала. Ножи штампов изготавливают из инструментальных сталей (5ХНМ, Х12ФН, У8А и др.), которые после термообработки должны иметь твердость 59...64 HRC.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные способы разделения материалов?
2. Каково устройство станка для резания заготовок с горизонтальным расположением пилы?
3. Каково устройство ножниц с параллельными ножами?
4. Как влияет величина зазора между параллельными ножами на качество резания?
5. Как устроены комбинированные ножницы?
6. Какие виды штампов применяются для рубки металла?
7. Чем определяется форма (профиль) разрубаемого материала на штампах?
8. Какова конструкция глазковых штампов?

## ГЛАВА 2

# ОБОРУДОВАНИЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## 2.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

**Общие сведения. Дуговая (электродуговая) сварка** — это сварка плавлением, при которой источником нагрева является устойчивый электрический разряд между двумя электродами в газовой среде — сварочная дуга. Для возникновения электрического разряда необходимо ионизировать газовый промежуток между электродами, потому что при обычных условиях газы, в том числе и воздух, не проводят электрический ток. Для этого один полюс источника питания присоединяют к свариваемым деталям, а второй — к электроду, затем касаются им свариваемых деталей и отводят на расстояние 2...3 мм. В результате короткого замыкания конец электрода разогревается и излучает электроны, которые ионизируют газовый промежуток, обеспечивая зажигание и устойчивое горение электрической дуги. Бомбардировка анода отрицательными ионами способствует выделению на нем большего количества теплоты, чем воздействие положительных ионов на катод, поэтому температура анода выше, чем катода. Это условие справедливо, когда сварку выполняют на постоянном токе, используя при этом прямую полярность (катодом является электрод).

Преимущественное применение получила сварка на переменном токе. Сварку следует вести короткой дугой для уменьшения насыщения расплавленного металла азотом и кислородом воздуха, большего проплавления свариваемого металла, меньшего разбрызгивания и меньшего напряжения горения, зависящего от свойств свариваемых материалов, состава газов, их давления, силы и рода тока и длины дуги.

Дуговая сварка бывает ручной и автоматической, она может выполняться на воздухе или в атмосфере защитного газа (аргона, гелия и др.). Источниками питания дуги могут быть стационарные

или передвижные генераторы постоянного тока, сварочные трансформаторы переменного тока, работающие на промышленной частоте, источники электроэнергии, создающие повышенные частоты для улучшения зажигания и горения дуги, и другие устройства. Источники питания сварочной дуги должны создавать напряжение, достаточное для ее зажигания: примерно 50 В при работе на постоянном токе и 60...65 В на переменном. Кроме того, они должны иметь устройства для регулирования силы тока.

В свариваемом металле около сварного шва возникают структурные изменения — образуются оксиды, нитриды, выгорают легирующие добавки и т. п. При сварке слаболегированных конструкционных сталей около зоны шва может произойти закалка металла, что снижает пластичность соединения и может способствовать образованию трещин. Кроме того, при сварке специальных сталей возможно выгорание легирующих добавок, образование тугоплавких оксидов, затрудняющих сварку, появление трещин при охлаждении. Сварка чугуна довольно сложна, так как вследствие охлаждения образуются трещины, при быстром охлаждении после сварки может произойти отбеливание чугуна, поэтому для его сварки должна быть разработана специальная технология, учитывающая его особенности, в которой предусматривается режим нагрева и охлаждения, специфический режим самой сварки, использование специальных электродов.

Помимо сварки электрической дугой можно осуществлять резку, выплавляя жидкий металл из зоны реза. При помощи металлического электрода дугой переменного тока можно разрезать металл толщиной до 20 мм. При этом края разрезаемого металла получаются неровными, образуются натеки, ширина реза оказывается большой, расходуется много электродов. Резать таким способом можно сталь, чугун и цветные металлы. Пользоваться дуговой резкой следует в исключительных случаях. Более прогрессивна воздушно-дуговая резка, при которой расплавленный металл из зоны реза выдувается струей сжатого воздуха.

Для выполнения дуговой сварки сварщику необходимо рабочее место (в случае работы в стационарных условиях), на котором установлен источник питания (сварочный аппарат), щиток (маска), электрододержатель, электроды, электрические провода, муфты для их соединения и другое оборудование.

Дуговая сварка представляет собой процесс повышенной опасности. Сварщик может быть поражен электрическим током, ослепительно яркие видимые лучи и невидимые ультрафиолетовые лучи могут воздействовать на глаза, кожу, выделяющиеся при сварке

газы и всевозможные оксиды вредно действуют на здоровье человека и прежде всего на дыхательные пути. Кроме того, есть опасность получить ожоги разогретым и расплавленным металлом. Поэтому металлические корпуса и кожухи сварочных устройств должны быть надежно защищены, чтобы не допустить поражения работающих электрическим током. Рабочее место сварщика должно быть оборудовано специальной вытяжной вентиляцией, а он сам одет в специальную брезентовую одежду (костюм, рукавицы, головной убор) и обувь. Для защиты лица и глаз применяется щиток со шлемом и специальными темными стеклами.

Особую опасность представляет работа сварщика внутри ограниченных объемов — в резервуарах, котлах, трубопроводах большого диаметра. В таких случаях сварщик должен быть снабжен средствами индивидуальной защиты, его должен сопровождать помощник, находящийся снаружи и наблюдающий за работой сварщика.

**Оборудование рабочего места сварщика.** На рис. 2.1 показано примерное оборудование рабочего места сварщика в стационарных условиях. Рабочее место состоит из металлического верстака 1, оборудованного защитным козырьком 9 и вытяжной вентиляцией 8, а также удобным для работы стулом со свободно поворачивающимся и имеющим регулировку по высоте сиденьем. С боков рабо-

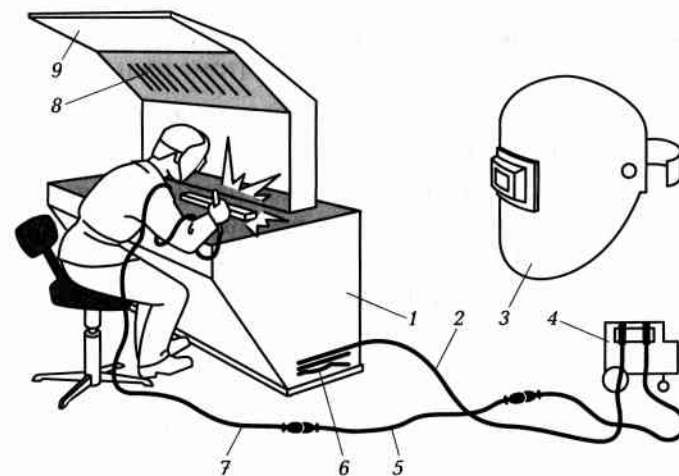


Рис. 2.1. Рабочее место сварщика:

1 — металлический верстак; 2, 5, 7 — сварочные провода; 3 — щиток; 4 — сварочный трансформатор; 6 — зажим; 8 — вытяжная вентиляция; 9 — защитный козырек

чее место обычно загораживают брезентовыми шторами. Лицо сварщика должно быть защищено щитком 3. Сварочный трансформатор 4 с помощью сварочных проводов 2, 5 и 7, клемм (зажимов 6) соответствующего сечения и муфт соединяется с верстаком, трансформатором, электрододержателем и проводами. Причем провод 7, как правило, выбирают гибким и коротким (1...1,5 м) для меньшей утомляемости сварщика и удобства сварки.

Для сварки, как правило, применяют *металлические электроды*, изготовленные из материалов, близких по составу свариваемым деталям, а их диаметр выбирают в зависимости от толщины соединяемых изделий. Электроды снаружи покрывают обмазкой, которая служит для защиты сварного шва от вредного влияния кислорода и азота воздуха, обеспечения медленного остывания расплавленного металла под образующимся шлаком, легирования наплавленного металла и сварного шва специальными добавками. Количество теплоты, которое выделяется сварочной дугой, зависит от силы тока, поэтому самое важное — установить режим сварки (силу тока), подобрать диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей.

*Электрододержатель* — основной инструмент электросварщика, от которого во многом зависят производительность и безопасность.

Электрододержатель должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть легким (масса не более 0,5 кг) и удобным в обращении;
- иметь надежную изоляцию (электрическую и тепловую);
- не нагреваться;
- обеспечивать наиболее полное расплавление электрода, быстрое и надежное закрепление электрода в удобном для сварки положении и легкое удаление его остатка.

Кроме того, зажимное устройство электрододержателя должно сравнительно легко, без больших усилий и надежно закреплять электрод.

Известно много разных конструкций электрододержателей. Некоторые из них показаны на рис. 2.2. Это вилочные (рис. 2.2, а), пружинные (рис. 2.2, б), зажимные (рис. 2.2, в) электрододержатели для ручной дуговой сварки.

*Щитки* и *маски* предохраняют глаза и кожу лица сварщиков от вредного воздействия излучения сварочной дуги и брызг расплавленного металла, их изготавливают из легкого изоляционного не-

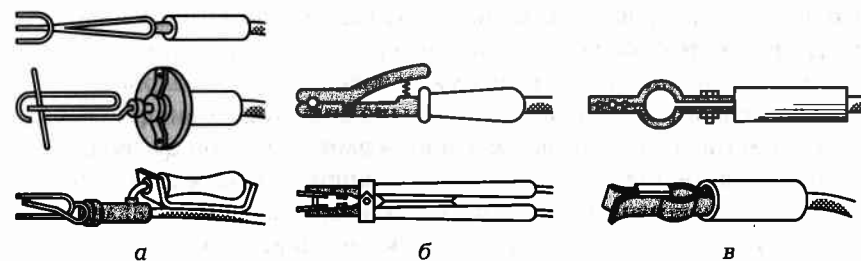


Рис. 2.2. Электрододержатели для ручной дуговой сварки:

а — вилочные; б — пружинные; в — зажимные

горючего материала с окном для наблюдения за сваркой, закрытым стеклами-светофильтрами. Светофильтры снаружи закрывают прозрачным стеклом для защиты от брызг металла, а марку самого светофильтра выбирают в зависимости от величины сварочного тока.

В настоящее время для удобства работы сварщика стали применять щитки и маски, оборудованные смотровым окном, закрытым прозрачными стеклами с жидкими кристаллами между ними. Если сварка не производится, окно закрыто прозрачными стеклами, и сварщик легко ориентирует конец электрода по месту предстоящей сварки. В первое мгновение зажигания дуги смотровое окно автоматически закрывается светофильтром необходимой плотности за счет переориентации жидких кристаллов. После окончания сварки смотровое окно автоматически становится прозрачным.

*Сечения электрических проводов* выбирают в зависимости от допустимой силы сварочного тока. При этом следует использовать провода трех видов:

- питающий кабель — для подсоединения сварочного аппарата к сети;
- гибкий провод в резиновой изоляции, идущий от сварочного аппарата к рабочему месту;
- гибкий медный провод, идущий от рабочего места к электрододержателю.

Для соединения сварочных проводов должны применяться специальные муфты.

*Дуговая резка* может выполняться в атмосфере защитного газа (аргона, диоксида углерода, гелия и т. д.) с применением металлического плавящегося, угольного или неплавящегося вольфрамового



электродов. Назначением защитного газа в данном случае является предохранение обрабатываемых материалов от окисления.

При *дуговой резке металлическим плавящимся электродом* силу тока устанавливают на 30...40 % больше силы тока, чем при сварке, поэтому металл расплавляется мощной электрической дугой. Обычно дугу зажигают у начала реза на верхней кромке и перемещают вниз вдоль разрезаемого материала. При этом капли расплавленного металла выталкиваются обмазкой электрода вниз. Наличие обмазки предохраняет электрод от короткого замыкания. Таким способом режут низкоуглеродистые и коррозионно-стойкие стали. Недостатки способа — низкая производительность и плохое качество реза.

*Дуговую резку угольным (графитовым) электродом* используют при обработке чугуна, цветных металлов и сталей, когда не требуются точные размеры и высокое качество реза. Металл режут обычно сверху вниз, установив оплавляемую поверхность под некоторым углом для облегчения вытекания металла. Причем резку производят как на переменном, так и на постоянном токе.

*Неплавящийся вольфрамовый электрод* для дуговой резки в атмосфере аргона применяют сравнительно редко — для обработки легированных сталей или цветных металлов, так как этот процесс дорог. Кроме того, на электроде сила тока повышается (на 20...30 % больше, чем при сварке) и электрод проплавляет насквозь обрабатываемый металл.

Наиболее широко в промышленности используют дуговую резку с кислородом (кислородно-дуговая резка), воздухом (воздушно-дуговая резка). Здесь газ служит прежде всего для удаления напором своей струи расплавленного металла и его окисления.

Оборудование поста для *кислородно-дуговой резки* включает в себя источник питания (сварочный трансформатор), рубильник, электрододержатель, электрод, разрезаемый материал, соединительные кабели, а также резак, подключенный шлангом через газовый редуктор к кислородному баллону. В качестве электрода может быть использована трубка из низкоуглеродистой или коррозионно-стойкой стали диаметром 5...7 мм. Когда разрезаемый металл нагревается теплотой дуги, струя кислорода, подаваемая из отверстия электрода-трубки, поступает на нагретую поверхность, окисляет металл и удаляет его по всей поверхности. Наружную поверхность электрода следует покрывать специальной обмазкой, предохраняя его от короткого замыкания. Подобную резку можно выполнять и угольным электродом.

При *воздушно-дуговой резке* металл расплавляется теплотой дуги, горящей между изделием (разрезаемым металлом) и уголь-

ным электродом, а удаляется струей сжатого воздуха. Воздушно-дуговую резку металлов выполняют постоянным током обратной полярности, что сужает нагреваемый участок металла до размеров канавки, а наклонное положение угольного электрода с резаком под углом в диапазоне 30...45° упрощает удаление расплавленного металла. Для указанной резки возможно использование переменного тока. Источниками питания служат сварочные преобразователи промышленного изготовления или сварочные трансформаторы. Давление сжатого воздуха не должно превышать 0,6 МПа, так как более сильная струя понижает устойчивость горения дуги.

Воздушно-дуговую резку используют преимущественно для поверхностной строжки и разделительной резки. Поверхностной строжкой разделяют дефектные места в обрабатываемом металле и сварных швах, а также используют для подрубки корня шва и снятия фасок с одной или двух сторон. Разделительной резкой и строжкой пользуются в основном при обработке коррозионно-стойкой стали и цветных металлов, так как эти виды обработки более просты, дешевы и производительны по сравнению с другими видами огневой обработки.

Дуговую сварку можно выполнять и в атмосфере диоксида углерода (углекислого газа). Использование этого газа значительно снижает стоимость сварочных работ и в то же время надежно защищает расплавленный металл от окисления кислородом атмосферы. Известно, что температура дуги неодинакова в ее разных зонах. При высокой температуре диоксид углерода частично разлагается на оксид углерода и кислород. В результате образуется смесь трех газов, защищающая металл от воздействия воздуха и в то же время частично окисляющая металл каплей электродной проволоки при их попадании в сварочную ванну. Питание дуги осуществляется от сварочного аппарата (выпрямителя, генератора). С пульта управления электрический ток по кабелю поступает к электрододержателю и подающему механизму, управляемому от кнопки на щитке, а диоксид углерода из баллона, пройдя подогреватель, осушитель и редуктор с двумя манометрами, по шлангу подается к свариваемому изделию. Один манометр показывает давление диоксида углерода в системе, а другой манометр — в рабочей магистрали. Через щиток периодически наблюдают за качеством сварки.

**Источники питания.** Для получения сварочной дуги при ручной дуговой сварке используют источники питания переменного и постоянного тока. Источники питания сварочной дуги для ручной дуговой сварки бывают переменного и постоянного тока. Все сварочные аппараты — источники питания сварочной дуги (сварочные

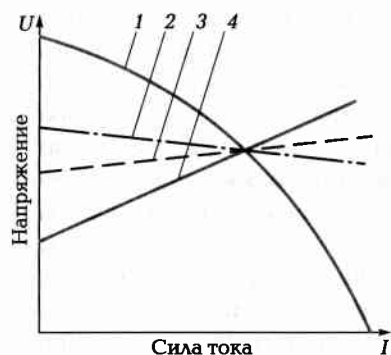


Рис. 2.3. Некоторые виды вольт-амперных характеристик источников сварочной дуги:

1 — крутопадающая; 2 — пологопадающая; 3 — жесткая; 4 — возрастающая

трансформаторы, выпрямители и генераторы) имеют внешнюю вольт-амперную характеристику, представляющую собой зависи-

мость напряжения на выходных зажимах источника питания от силы тока нагрузки (рис. 2.3). Внешняя вольт-амперная характеристика источника питания может быть крутопадающей 1, пологопадающей 2, жесткой 3 и возрастающей 4. Кроме внешней вольт-амперной характеристики источники питания сварочной дуги характеризуются напряжением холостого хода, относительной продолжительностью работы и относительной продолжительностью включения в прерывистом режиме.

Источниками питания переменного тока являются *сварочные трансформаторы*, преобразующие напряжение переменного электрического тока.

Плавное регулирование силы сварочного тока в сварочных трансформаторах производят с помощью дросселей путем изменения воздушного зазора, ступенчатое регулирование — с помощью ступенчато передвигающегося контакта. В настоящее время такие конструкции сварочных трансформаторов считаются устаревшими. Регулирование сварочного тока с помощью дросселей еще используют в сварочных аппаратах однокорпусного исполнения.

В современных источниках питания режим сварки в основном регулируется перемещением вторичной обмотки трансформатора относительно неподвижной первичной, при этом изменяется индуктивное сопротивление и трансформатор приобретает крутопадающую характеристику. За счет регулирования индуктивного сопротивления сварочные трансформаторы получают крутопадающую вольт-амперную характеристику, пригодную для устойчивого горения сварочной дуги. При этом специальная конструкция магнитной цепи и расположение обмоток искусственно увеличивают магнитное рассеивание, усиливая индуктивность обмоток и их индуктивное сопротивление.

Однофазный сварочный трансформатор (рис. 2.4) имеет неподвижную 4 и подвижную 5 обмотки, расположенные на одном магнитопроводе 3. Через верхнюю часть сердечника трансформатора пропущен ходовой винт, который ввинчивается в гайку и вывинчивается из нее рукояткой регулятора силы тока 6, перемещая подвижную обмотку относительно неподвижной. Сварочное напряжение на свариваемую деталь 2 и электрод 1 подается с неподвижной обмотки, а сетевое — с подвижной.

Сварочные трансформаторы могут быть стержневого типа, их обмотки имеют по две попарно расположенные катушки на общих стержнях магнитопровода. Причем катушки первичной обмотки — неподвижные, они получают сетевое питание и закреплены у нижнего ярма. Катушки вторичной обмотки подвижные, с них питание поступает на деталь и электрод.

В сварочных трансформаторах перемещение вторичной обмотки с помощью винтовой пары при регулировании силы сварочного тока относят к механическому способу регулирования. Электрическое регулирование силы сварочного тока в сварочных трансформаторах путем изменения воздушного зазора во встроенных дросселях имеет ограниченное применение, а ступенчатое изменение напряжения передвигающихся контактом витков на вторичной обмотке используется, например, в машинах для контактной сварки.

Для стабильного горения дуги выпускаются *автономные стабилизаторы* напряжения переменного тока частотой 100 Гц, которые можно подключать к любому серийно изготавливаемому сварочному трансформатору для ручной сварки. Такой стабилизатор облегчает сварку электродами для переменного тока и позволяет вести сварку на переменном токе электродами для постоянного тока, по-

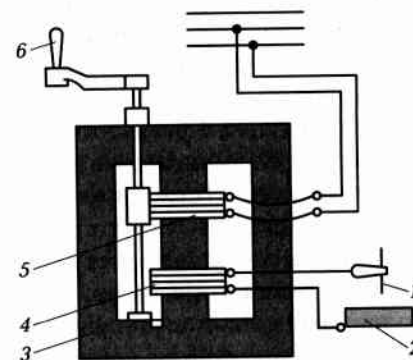


Рис. 2.4. Однофазный сварочный трансформатор:

1 — электрод; 2 — свариваемая деталь; 3 — магнитопровод; 4, 5 — неподвижная и подвижная обмотки; 6 — рукоятка регулятора

лучая при этом одинаковые механические свойства сварного соединения.

Другие устройства обеспечивают как первоначальное возбуждение сварочной или дежурной дуги постоянного тока, так и стабилизацию горения дуги переменного тока. Такое стало возможным при выработке устройством высоковольтных импульсов, подаваемых в дуговой промежуток со сварочным током силой до 1 кА и в цепь дежурной дуги с максимальной силой тока до 315 А. К этому устройству имеется блок стабилизации, предназначенный для автоматического включения в начале сварки, а также при перерывах (смена электрода, перемещение сварщика или изделия). Блок коммутации позволяет автоматически отключать напряжение холостого хода сварочного источника питания.

Таким устройством может быть, например, *осциллятор*, который преобразует ток промышленной частоты и низкого напряжения в ток высокой частоты (150...500 кГц) и высокого напряжения (2...6 кВ), наложение которого на сварочную цепь облегчает возбуждение и стабилизирует дугу при сварке. Осцилляторы также применяют при сварке дугой малой мощности и при колебаниях напряжения в силовой цепи. Осцилляторы позволяют зажигать дугу даже без соприкосновения электрода с изделием, они питают сварочную дугу токами высокой частоты и высокого напряжения параллельно со сварочным трансформатором. Используемые осцилляторы имеют мощность 45...100 кВт, частоту подводимого к дуге тока 150...260 кГц и напряжение 2...3 кВ.

К источникам питания сварочной дуги постоянным током относятся сварочные преобразователи, выпрямители и агрегаты.

*Сварочный генератор* — это электромашинный генератор постоянного или переменного тока повышенной частоты для дуговой сварки.

Сварочные преобразователи, или сварочные генераторы, подразделяют по роду привода — на генераторы с электрическим приводом от электродвигателя и генераторы с двигателем внутреннего сгорания; по конструктивному исполнению — на однокорпусные и двухкорпусные. Кроме того, сварочные генераторы бывают стационарными и мобильными (передвижными), однопостовыми и многопостовыми, а также имеют различные внешние вольт-амперные характеристики — крутопадающие, жесткие, пологопадающие и регулируемые (у универсальных генераторов).

Наибольшее применение имеют генераторы с крутопадающими внешними (вольт-амперными) характеристиками, у которых при коротком замыкании напряжение снижается до нуля, что ограни-

чивает повышение силы тока короткого замыкания, а при возбуждении дуги, когда ток очень мал, на дуге создается повышенное напряжение.

Источники питания с крутопадающей внешней характеристикой позволяют удлинять дугу до некоторых предельных размеров, не опасаясь ее быстрого обрыва или уменьшения без чрезмерного увеличения силы тока.

Специальная конструкция системы возбуждения большинства сварочных генераторов допускает режим короткого замыкания сварочных электродов. Такие генераторы рассчитаны на напряжение в несколько десятков вольт и силу тока в несколько сотен ампер. Сварочные генераторы с крутопадающей внешней вольт-амперной характеристикой обеспечивают постоянное значение силы тока при изменении длины дуги и используются при дуговой сварке под флюсом, в защитных газах. Кроме того, они могут иметь жесткую и возрастающую внешнюю вольт-амперную характеристику.

*Сварочный агрегат с двигателем внутреннего сгорания* представляет собой устройство, состоящее из сварочного генератора и двигателя внутреннего сгорания, соединенных между собой с помощью муфты и смонтированных на одной стальной сварной раме (станции). Исполнение сварочных агрегатов может быть различным — на полозьях или на колесах с прицепным приспособлением.

Сварочные агрегаты в основном используют для сварки в местах отсутствия электричества. Такие агрегаты обычно комплектуют генераторами с самовозбуждением и размагничивающей обмоткой. Есть агрегаты с дистанционным регулированием сварочного тока на расстоянии до 20 м от источника питания. Двигатели внутреннего сгорания могут быть любыми (карбюраторными или дизельными). Для облегчения пуска в зимних условиях их комплектуют пусковыми подогревателями. Обычно подобные агрегаты имеют номинальное напряжение 20...50 В, номинальную силу тока 300...500 А и предел регулирования силы сварочного тока в интервале 75...600 А.

У однопостовых сварочных генераторов при коротком замыкании резко возрастает электрическая нагрузка, а при холостом ходе — падает, поэтому для поддержания постоянной частоты вращения двигателя внутреннего сгорания генераторы оснащают автоматическими регуляторами поддержания постоянной частоты вращения, которые быстро ее восстанавливают при переводе сварки от короткого замыкания к холостому ходу.

В настоящее время сварочные трансформаторы и генераторы вытесняются более экономичными, надежными, бесшумными *выпрямителями*, которые также имеют меньшие потери энергии на холостом ходу, высокий КПД, широкие пределы регулирования тока и напряжения, меньшую массу, равномерную загрузку трехфазной сети.

Выпрямление тока в этих устройствах осуществляется электрическими вентилями. В зависимости от типа вентилей различают выпрямители электронные, вакуумные, газоразрядные, полупроводниковые и др. для мощных промышленных установок (трехфазные).

Сварочные выпрямители — это устройства, которые с помощью селеновых или кремниевых полупроводниковых диодов преобразуют переменный ток в постоянный для питания сварочной дуги. По сравнению со сварочными генераторами сварочные выпрямители дешевле, легче, проще в обслуживании, бесшумнее, имеют более высокий КПД (до 75%), широкий предел регулирования и большую перегрузочную способность.

В зависимости от вольт-амперных характеристик сварочные выпрямители подразделяют на три типа:

- выпрямители с крутопадающими вольт-амперными характеристиками;
- выпрямители с жесткими (или пологопадающими) вольт-амперными характеристиками;
- универсальные выпрямители, обеспечивающие получение нужных характеристик.

Рассмотрим выпрямитель с крутопадающими вольт-амперными характеристиками. Выпрямитель передвижной, смонтирован на раме, снаружи и сверху закрыт съемными кожухами, он состоит из понижающего трансформатора с неподвижной первичной и подвижной вторичной обмотками (катушками), которые при вращении рукоятки специального механизма способны изменять расстояние друг относительно друга, перемещаясь по магнитопроводу. Кроме того, в конструкцию выпрямителя входят блок полупроводниковых вентилей, вентилятор с электромотором, предназначенным для охлаждения трансформатора, пускорегулирующая аппаратура. Трехфазный трансформатор выполнен с увеличенным магнитным рассеянием, что обеспечивает создание семейства крутопадающих внешних вольт-амперных характеристик.

Силу сварочного тока регулируют путем измерения расстояния между первичной и вторичной обмотками трансформатора. При

сравнительно малом ходе подвижных обмоток диапазон регулирования силы сварочного тока расширяется, если одновременно переключить первичную и вторичную обмотки с треугольника на звезду.

Электрическая схема выпрямителя с жесткими внешними характеристиками обеспечивает его автоматическое выключение в случае перегрева, а также подавление радиопомех с помощью фильтров. Такие выпрямители применяют для сварки плавящимся электродом в защитных газах, сварки под слоем флюса и других целей.

Универсальный сварочный выпрямитель состоит из понижающего трансформатора с устройством для регулирования тока или напряжения; выпрямительного блока, включающего, например, кремниевые вентили; вентилятора для охлаждения выпрямительного блока. Выпрямители бывают одно- и многопостовые. Однопостовые выпрямители имеют жесткую и пологопадающую или крутопадающую вольт-амперную характеристику. Универсальные выпрямители обладают крутопадающей и жесткой вольт-амперными характеристиками. Сварочный ток, как правило, регулируется изменением расстояния между обмотками трансформатора. Выпускают передвижные и стационарные выпрямители.

**Оборудование для подводной сварки и резки.** При *подводной сварке и резке* используют аппараты кислородно-дуговой или плазменной сварки, создающие мощные тепловые поля, компенсирующие охлаждающее действие водной среды. Собственно обработка (сварка, резка) идет в газовом пузыре 1 (рис. 2.5), который образуется и непрерывно возобновляется вследствие испарения и разложения окружающей воды и компонентов обмазки 5 электрода 4 под действием теплоты дугового разряда. Кроме того, при сварке сверху над свариваемым

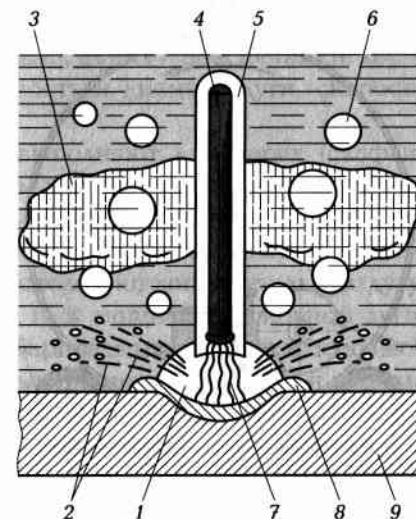


Рис. 2.5. Подводная сварка и резка:

1 — газовый пузырь; 2 — брызги металла; 3 — мутное облако; 4 — электрод; 5 — обмазка; 6 — пузырьки газа; 7 — сварочная дуга; 8 — ванна расплавленного металла; 9 — изделие

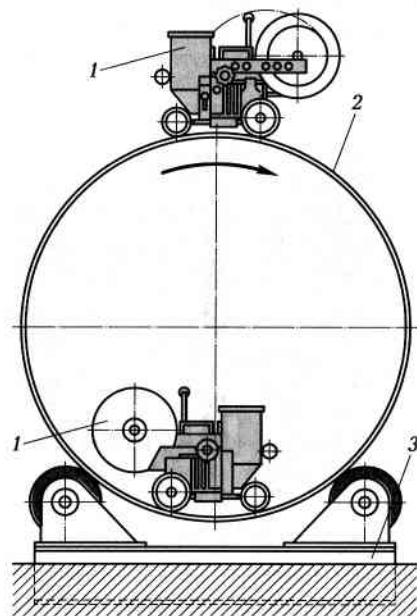
изделием 9 образуется мутное облако 3, состоящее из конденсата паров железа и материалов электродной обмазки, пузырьков газа б, а в стороны разлетаются брызги металла 2. Процесс идет в ванне расплавленного металла 8, защищенной газовым пузырем 1, который состоит из водорода, продуктов разложения электродной обмазки, паров железа, воды, оксида углерода, азота и др.

#### Оборудование для дуговой сварки крупногабаритных изделий.

Для изготовления различных крупногабаритных изделий с использованием дуговой сварки или в массовом производстве используют специальные установки или приспособления, повышающие качество и производительность труда. Как пример рассмотрим установку, предназначенную для сварки кольцевых секций цилиндрических изделий большого диаметра.

При сварке первого шва кольцевого соединения с внутренней стороны цилиндра пользуются флюсо-ременной подушкой, которая служит для удержания элементов конструкции от смещения. Кроме того, она образует прослойку флюса между ремнем и свариваемыми деталями, которая обновляется в процессе сварки. Для получения первого шва с наружной стороны элементов цилиндрического изделия сварка выполняется на весу. В этом случае должны быть точно подогнаны кромки.

На рис. 2.6 показана установка для сварки цилиндрической



трубы 2. Сварка выполняется на стенде 3 одновременно двумя сварочными тракторами 1. Стенд представляет собой конструкцию, предназначенную для вращения свариваемого изделия синхронно с движением сварочных тракторов 1. Два ролика, расположенные по одну сторону стенда, имеют привод от электродвигателя через редуктор, а два других — вращаются за счет

Рис. 2.6. Установка для сварки цилиндрической трубы:

1 — сварочные тракторы; 2 — цилиндрическая труба; 3 — стенд

трения о вращающуюся трубу в процессе сварки. Сварочный трактор — это портативная универсальная машина, состоящая из транспортирующего механизма (тележки) и сварочной головки. Трактор может перемещаться по рельсам и непосредственно по свариваемому изделию.

## 2.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АРГОДУГОВОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ

**Аргонодуговая сварка** является разновидностью дуговой сварки и выполняется в защитной атмосфере газа (аргона) плавящимся или неплавящимся электродом. При сварке плавящимся электродом (рис. 2.7, а) электродная проволока одновременно служит электродом и присадочным материалом. Сварка неплавящимся электродом может производиться как без присадки (рис. 2.7, б), так и с присадкой (рис. 2.7, в). Аргонодуговую сварку применяют для соединения высоколегированных сталей и цветных металлов.

Как правило, аргонодуговую сварку неплавящимся электродом выполняют на постоянном токе прямой полярности («минус» на электроде), так как при обратной полярности конец вольфрамового электрода быстро перегревается и оплачивается.

При аргонодуговой сварке выделяется значительное количество теплоты, нагревающей детали до 300 °С и более. Для снижения температуры нагрева и повышения качества сварки необходимо учитывать зависимость глубины проплавления от мощности источника электроэнергии и скорости аргонодуговой сварки, ее режима (непрерывный или импульсный), а также обеспечивать хороший теплоотвод, требуемые плотность и диаметр дуги, скорость охлаждения.

Аргонодуговую сварку иногда выполняют в камерах (скафандрах), заполненных инертным газом или этот газ подают непосредственно к месту сварки. Кроме того, возможна подача аргона в сопло горелки. Для поддержания непрерывного горения дуги при переходе с одного изделия на другое иногда используют дополнительную дугу, мощность которой составляет 10...15% мощности основной дуги. Блуждание дуги по поверхности свариваемых деталей исключают путем применения электродов малых диаметров (0,4 мм) и использования очень короткой дуги (до 0,6 мм) с отклонением до ±0,1 мм, что способствует получению стабильной глубины проплавления.

Аргонодуговая сварка открывает широкие возможности регулирования длительности нагрева и охлаждения в зоне соединения, а



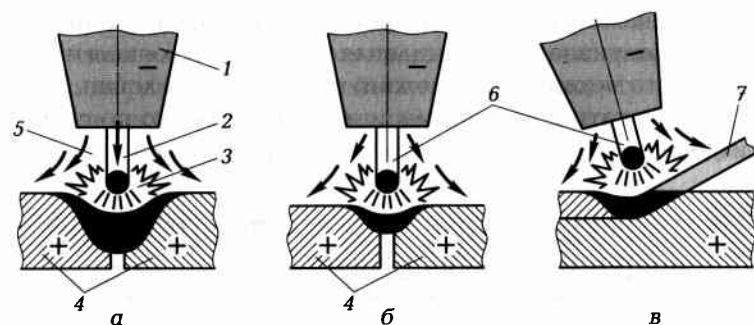


Рис. 2.7. Аргодуговая сварка:

*а* — плавящимся электродом; *б, в* — неплавящимися электродами без присадки и с присадкой; 1 — наконечник мундштука горелки; 2 — электродная проволока; 3 — дуга; 4 — свариваемые детали; 5 — защитный газ; 6 — неплавящийся электрод; 7 — присадочный материал

также позволяет сравнительно просто управлять процессами диффузии и дегазации жидкого металла. Наряду с этим аргодуговая сварка имеет некоторые недостатки, основными из которых являются:

- нестабильность горения дуги, которая в диапазоне малых токов зависит от формы вольт-амперной характеристики источника питания;
- высокие требования к изготовлению свариваемых деталей (ограничение видов свариваемых пар материалов, минимальные отклонения их по толщине, плоскостности, ширине и смещению);
- нежелательность сварки деталей с покрытиями (никелем, золотом);
- повышенные требования к качеству изготовления технологической оснастки;
- необходимость применения эффективного теплоотвода, чтобы исключить нагрев деталей выше допустимой температуры.

При обычной аргодуговой сварке неплавящимся электродом на постоянном токе прямой полярности получают конусный столб дуги, температура которой достигает 6 000... 7 000 °С. Если каким-либо способом (например, уменьшением диаметра сопла горелки) принудительно сжать конус дуги, ее температура значительно повысится (до 30 000 °С). Это явление объясняется тем, что под дей-

ствием теплоты защитный газ (аргон) нагревается и ионизируется, образуя плазму, состоящую из положительно и отрицательно заряженных частиц, общий (суммарный) заряд которых равен нулю.

Плазменная сварка является разновидностью аргодуговой и отличается от нее большей стабильностью и более высокой температурой столба дуги, получаемой при ее сжатии потоком аргона, пропускаемого через сопло ограниченного диаметра. Поэтому плазменную сварку иногда называют сваркой высокотемпературной дугой, сжатой газовым потоком.

Плазма представляет собой смесь электрически нейтральных молекул газа и заряженных частиц (электронов и положительных ионов), что делает ее чувствительной к воздействию электромагнитных полей, с помощью которых плазмой можно управлять. Плазма обладает электропроводностью, поэтому электрическое поле создает в ней электрические токи. Чем выше степень ионизации, тем больше электропроводность плазмы. Электромагнитные поля ускоряют частицы плазмы, которые при соударении с нейтральными частицами газа передают им свое ускорение и энергию, придавая направленное движение струе (потоку или факелу) горячего газа. В результате такой передачи энергии температура плазмы повышается и может достичь 20 000... 30 000 °С. Для придания факелу плазмы формы цилиндра, конуса, диска, петли используют различные насадки, устанавливаемые на горелки.

Путем изменения силы и напряжения сварочного тока, угла наклона струи, скорости истечения и расхода газов, а также состава газа и геометрической формы струи можно регулировать параметры плазменной сварки. Дуговые плазменные горелки могут быть прямого («плюс» на свариваемых деталях) и косвенного («плюс» на выходе газа из горелки) действия.

Энергию плазмы измеряют внесистемными единицами — электрон-вольтами (эВ), 1 эВ равен энергии, которую приобретает заряженная частица, несущая элементарный заряд (заряд электрона) при перемещении в электрическом поле между двумя точками с разностью потенциалов 1 В. Численно 1 эВ равен  $1,60219 \cdot 10^{-19}$  Дж. Плазму подразделяют на низкотемпературную, или холодную, и высокотемпературную, или горячую. Температура ионной компоненты горячей плазмы составляет приблизительно  $10^6 \dots 10^7$  К, а холодной  $10^3 \dots 10^4$  К. В технике используют преимущественно низкотемпературную плазму.

В производстве для сварки металлов (деталей) малой толщины применяют слаботочную низкотемпературную, или холодную, ми-

кроплазму. Плазму, имеющую энергию в несколько электрон-вольт, называют холодной. При сближении плазменной горелки — вольфрамового электрода (катода) — со свариваемыми деталями вначале с помощью высокочастотного осциллятора (преобразователя частоты и напряжения промышленного тока) создают вспомогательную дугу, которая образует между горелкой и деталями электропроводный столб, возбуждающий основную дугу. В рабочем режиме вспомогательную дугу не отключают.

Плазмообразующим газом обычно служит аргон, а в качестве защитного газа применяют аргон, гелиево-аргоновые или аргоно-водородные смеси, т.е. газы, обладающие высоким потенциалом ионизации.

Плазменную резку используют для разделения специальных сталей, цветных металлов и других материалов, не поддающихся огневой обработке обычными способами. Причем плазменную обработку подразделяют на резку плазменной дугой и плазменной струей. Когда металл режут плазменной дугой, то под действием высокой температуры сжатой дуги газ, проходя через дуговой разряд, образующийся между вольфрамовым электродом, насадкой горелки и разрезаемым металлом, значительно ионизируется, образуя сильную струю плазмы, которая удаляет расплавленный материал.

При разделении плазменной струей разрезаемый металл не включается в электрическую цепь дуги, которая горит между концом вольфрамового электрода («минус») и внутренней стенкой охлаждаемого проточной водой наконечника резака («плюс»). Дуга при этом выдувается газовой смесью из внутренней полости мундштука с образованием струи плазмы, проплавливающей раз-

резаемый металл. Защитным газом для вольфрамового электрода могут служить аргон, азот, смеси аргона с азотом, водород с воздухом, сжатый воздух.

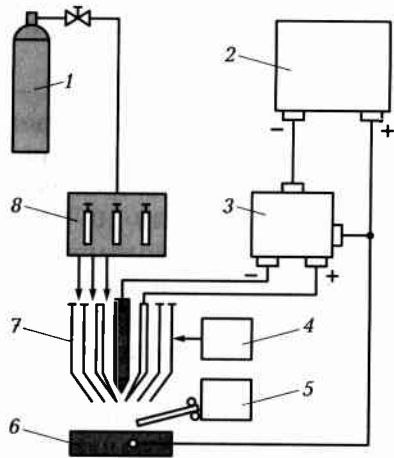


Рис. 2.8. Пост плазменной сварки:  
1 — баллон с газом; 2 — источник питания сварочного тока; 3 — аппаратура управления; 4 — система охлаждения горелки; 5 — механизм подачи присадочной проволоки; 6 — деталь; 7 — горелка; 8 — система подачи защитного, фокусирующего и плазмообразующего газов

Плазменной дугой рекомендуется резать металлы, труднообрабатываемые другими способами, а плазменной струей — тонкий металл.

Для работы сварщика аргонодуговой сварки должно быть оборудовано рабочее место — сварочный пост. Обычно сварочный пост — это огороженное место, в котором находятся металлический верстак с тисками, стул с сиденьем, регулируемым по высоте, ванна с водой, вытяжной воздуховод и инструмент.

Пост плазменной сварки (рис. 2.8) состоит из источника постоянного сварочного тока 2 с падающей или крутопадающей вольт-амперной характеристикой, блока управления 3, горелки 7 с системой охлаждения 4 и механизмом подачи присадочной проволоки 5 к обрабатываемой детали 6, а также газовой системы 8, получающей газ из баллона 1.

### 2.3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГАЗОВОЙ СВАРКЕ И РЕЗКЕ

**Газовая сварка** — это процесс соединения двух деталей с использованием присадочного металла, разогрев и расплавление которых происходит под действием теплоты кислородно-газового пламени. Как правило, присадочный материал должен быть близок по своему составу свариваемым металлам. В качестве горючих газов обычно используют ацетилен, водород, метан и другие газы, а также пары керосина и бензина. Со всеми горючими газами применяется кислород — газ, который сам не горит, но поддерживает горение.

Ацетилен — газ, состоящий из углерода и водорода, его получают в результате реакции карбида кальция с водой. Этот горючий газ чаще других применяют для газовой сварки и резки металлов, так как он выделяет наибольшее количество теплоты и при сгорании в кислороде создает температуру 3 100...3 200 °С. Намного реже используются пары бензина и керосина, которые вредны для здоровья, образуют взрывоопасные смеси при соединении с воздухом, а кроме того, бензино-кислородное и керосино-кислородное пламя создает сравнительно низкую температуру нагрева — 2 400...2 500 и 2 200...2 300 °С соответственно.

**Газовую (кислородную), или автогенную, резку** широко применяют в промышленности. По сравнению с другими способами она обладает следующими преимуществами: высокая производительность и экономичность; сравнительно хорошее качество разрезанной поверхности; возможность резки металлов большой толщины

и вырезки сложных по форме и значительных по размерам деталей; малые отходы металла при резке.

Металл режут с помощью резака, который отличается от горелки тем, что в нем кроме устройства для смешивания горючего газа с кислородом, служащего для разогрева, дополнительно по отдельному трубопроводу подают кислород. Процесс газовой резки происходит следующим образом: металл в месте реза нагревают пламенем горючей смеси до температуры воспламенения в кислороде, а затем подают кислород, разрушающий металл. Образующиеся при сгорании металла шлаки и оксиды выдуваются из разрезаемого места кислородной струей с большой скоростью.

Не все металлы режутся одинаково хорошо. Газовой резке следует подвергать металлы, которые не обладают высокой теплопроводностью, образуют легкоплавкие и жидкотекучие оксиды, а количество теплоты, выделяющейся при сгорании металла в кислороде, будет достаточным для прогрева нижележащих слоев до температуры воспламенения металла.

Указанным требованиям удовлетворяют углеродистые стали с содержанием углерода до 0,7 %, хромистые, хромоникелевые, молибденовые стали с содержанием легирующих присадок до 1...2 %, никелевые стали, имеющие 20...25 % никеля и до 0,5 % углерода. Для резки высоколегированных хромоникелевых и хромистых сталей применяют так называемую кислородно-флюсовую резку, при которой в пламя резака вводят металлические опилки и тем самым повышают температуру в зоне реза, что способствует растворению тугоплавких оксидов.

Перспективным направлением газовой резки и сварки является использование водорода, который получают путем электролиза воды. Применение водорода в качестве горючего газа требует высокой квалификации, аккуратности и ответственности сварщика, так как при определенном соотношении воздуха и водорода образуется взрывоопасная гремучая смесь. С помощью водорода можно резать металл толщиной до 1 000 мм.

Известные металлы и их сплавы (медь, алюминий) обычной газовой резкой не разделяют, так как они обладают высокой теплопроводностью и при сравнительно низкой температуре плавления (алюминий — 657 °С, а медь — 1 083 °С) их оксиды имеют более высокую температуру плавления (2 050 и 1 336 °С соответственно), которую может создать не всякая газовая горелка с запасом на перегрев.

Кроме того, для резки используются бензорезы и керосинорезы — аппараты, работающие на жидком горючем (бензине, керо-

сине), пары которого смешиваются с кислородом и поступают в пламя резака, подогревающего металл. Резка производится струей кислорода, направленной на нагретый металл. Например, керосинорез содержит кислородный баллон, бак для горючего, керосиновый резак, соединенные между собой шлангами для кислорода и горючего. На кислородном баллоне установлен газовый редуктор с двумя манометрами, служащий для регулирования давления кислорода, подаваемого в резак. Бак для горючего оборудован ручным насосом, находящимся внутри бака и заканчивающимся ручкой, расположенной снаружи, с помощью которой создают требуемое давление горючего, контролируемое по манометру на баке.

Для разделения коррозионно-стойких сталей, чугуна и цветных металлов применяют *кислородно-флюсовую резку*, которая от других способов отличается тем, что в зону реза подается порошкообразный флюс (железный порошок), который, сгорая в струе кислорода, значительно повышает температуру в зоне реза.

Достоинством такой резки является и то, что продукты окисления флюса, вступая в химическую реакцию с элементами расплава, образуют жидкотекучие шлаки с пониженной температурой плавления, которые легко удаляются из зоны огневой обработки.

Установка кислородно-флюсовой резки состоит из укрепленного на тележке бачка флюсопитателя с циклонным устройством и кислородным редуктором, соединенных трубопроводом, и резака со шлангами. При работе установки флюс захватывается струей кислорода из циклонного устройства и выносится, смешиваясь с режущим кислородом, по центральному шлангу с двух сторон резака, поступая в зону реза. Такая установка позволяет резать коррозионно-стойкую сталь толщиной до 250 мм.

Для газовой сварки (резки) необходима определенная аппаратура — газовые баллоны, редукторы, горелки, резаки, шланги и др.

Хранят и транспортируют сжатые и сжиженные газы в стальных баллонах, установленных, как правило, в контейнеры. Так, кислород при давлении 15 МПа хранят в баллонах, окрашенных в светло-синий цвет. Баллон состоит из цилиндрического корпуса, имеющего внизу выпуклое днище с напрессованным квадратным башмаком, а сверху сферическая часть баллона заканчивается горловиной. На горловину насаживается и затем расчеканивается кольцо, служащее для навертывания на баллон предохранительного колпака. Наиболее часто применяются баллоны вместимостью 40 л, содержащие до 6 м<sup>3</sup> кислорода при давлении 15 МПа и имею-

щие массу около 80 кг. Для закрывания баллона в горловину ввертывают вентиль, дающий возможность присоединить к баллону редуктор.

Ацетилен транспортируют и хранят под давлением 1,6 МПа, в таких же баллонах, окрашенных в белый цвет. Для безопасного хранения ацетилена, который становится взрывоопасным уже при давлении 0,17 МПа, баллоны со сжатым ацетиленом заполняют пористой массой и заливают ацетоном. В 1 л ацетона при нормальных условиях (давлении и температуре) растворяется 23 л ацетилена. Баллоны вместимостью 40 л содержат примерно 5 м<sup>3</sup> газообразного ацетилена. При открывании вентиля давление внутри баллона понижается и газообразный ацетилен выделяется из ацетона.

Баллоны с газом централизованно транспортируют в специальных контейнерах на специально оборудованных автомашинах.

Для перевозки баллонов с газами к месту сварки используют специальные тележки, предназначенные для перемещения как одного, так и двух баллонов. Характерной особенностью таких тележек является их способность к фиксированной остановке. У некоторых тележек кроме двух колес имеются еще два упора, придающие им устойчивость.

При перевозке на всех тележках верхнюю часть баллонов фиксируют от падения гибкой связывающей цепью, тросом, хомутом, на нижней площадке баллоны не закрепляют.

*Газовая инжекторная горелка* (рис. 2.9, а) предназначена для сварки и наплавки металлов путем разогрева сварочным пламенем, образующимся при горении смеси горючего газа или паров горючей жидкости с кислородом. Горелка состоит из сменного мундштука 1, накрунутого на изогнутую трубку 2, смесительной камеры 3, инжектора 4, двух вентилях 5, рукоятки 6 и штуцеров 7 для шлангов подачи горючего газа (ацетилена) и кислорода. В данной горелке инжекторного типа горючий газ подается в смесительную камеру за счет его подсоса (инжекции) струей кислорода, который с большой скоростью перетекает из отверстия насадки инжектора. Вращая вентили 5, сварщик устанавливает газовый состав смеси ацетилен-кислород на выходе из мундштука и, следовательно, размер газового пламени (факела). Основной недостаток инжекторных горелок — это непостоянство состава горючей смеси, которая изменяется по мере вырабатывания газов из баллонов, а достоинство — способность горелки работать при изменяющемся давлении газов. Безы инжекторные горелки работают только на стабилизированном давлении газов.

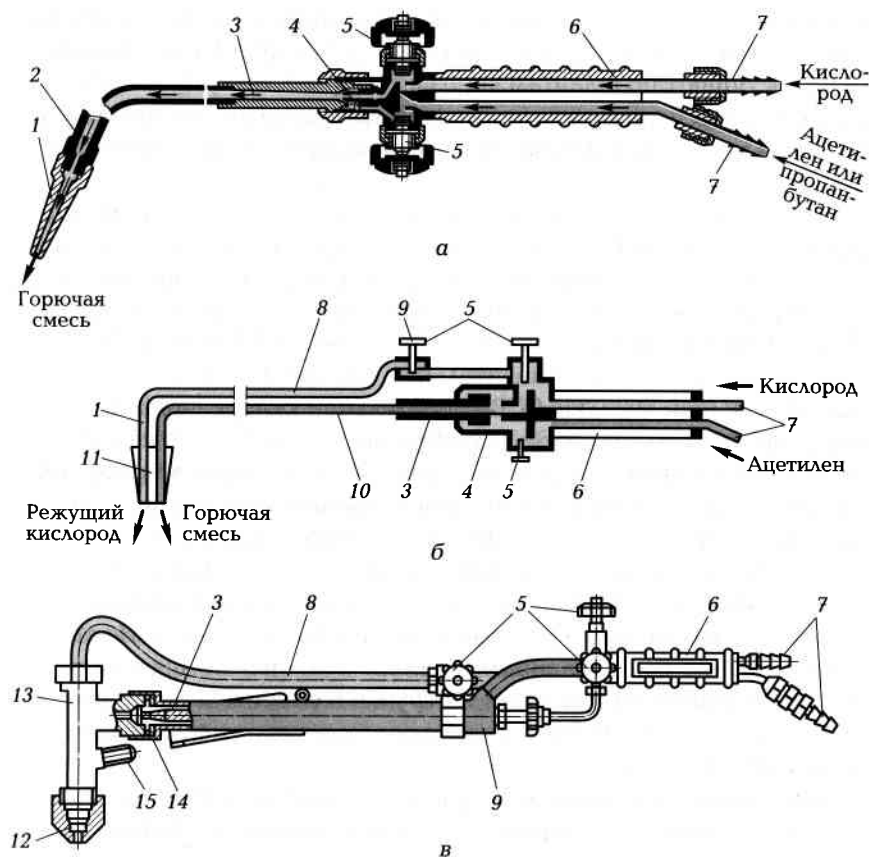


Рис. 2.9. Газовые горелка и резаки:

а — горелка; б, в — кислородный и керосиновый резаки; 1 — мундштук; 2 — изогнутая трубка; 3 — смесительная камера; 4 — инжектор; 5 — вентили; 6 — рукоятка; 7 — штуцеры; 8 — кислородная трубка; 9 — тройник; 10 — трубка горючей смеси; 11, 13 — головки; 12 — двойной мундштук; 14 — обратный клапан; 15 — подогревающая насадка

От кислородной горелки *кислородный резак* (рис. 2.9, б) принципиально отличается тем, что кроме устройства для смешения газов, создающего разогревающее пламя (горючий газ — кислород), имеет отдельный канал (трубку) для подвода режущего кислорода, окисляющего расплавленный металл и удаляющего его из зоны реза. Резак имеет головку 11 с внутренним и наружным мундштуками, к которым по трубкам 8 и 10 поступают режущий кислород и смесь газов (горючий газ — кислород) соответственно.

Как и инжекторная горелка, резак имеет инжектор 4 и смесительную камеру 3, расход газов в которых регулируется вентилями 5. Газы поступают по шлангам через штуцеры 7. В корпусе инжектора 4 кислород подается по отдельной трубке во внутренний мундштук 1, а регулирование расхода кислорода производится тройником 9.

*Керосиновый резак, или керосинорез* (рис. 2.9, в), по конструкции несколько отличается от кислородного: он также имеет двойной мундштук 12 (внутренний и наружный), который наворачивают на головку 13, но в отличие от кислородного резака керосин предварительно подогревают и он испаряется в асбестовой оплетке испарителя, расположенной в смесительной камере 4, с использованием подогревающей насадки 15. В смесительной камере пары керосина соединяются с кислородом и поступают в головку 13, из которой часть смеси используется в подогревающей насадке, а «режущий» кислород через центральный канал головки выходит наружу. Из баллона кислород поступает по шлангу через штуцер 7, имеющий клапан 14 (предохраняющее устройство от обратного выброса пламени) и вентиль 5, в тройник 9, а далее по двум направлениям — в смесительную камеру и по отдельной трубке 8 в головку. Из специального бачка под давлением керосин подается по шлангу через штуцер 7 в тройник 9, а затем по трубке в смесительную камеру 3, где его пары смешиваются с кислородом и через наружный мундштук выходят наружу.

*Редукторы* предназначены для понижения давления газа на выходе из баллона и поддержания его на заданном уровне во время работы.

Редукторы изготавливают специально для каждого газа — кислородные, ацетиленовые, водородные и т.д. Выпускают одно- и двухступенчатые редукторы.

В двухступенчатых редукторах первая ступень понижает давление с 15 МПа до 5 МПа, вторая — с 5 МПа до рабочего давления. В одноступенчатых редукторах давление понижается с 150 МПа до рабочего.

Через редуктор газ из баллона поступает в камеру высокого давления. Часть газа, преодолевая сопротивление главной пружины, мембраны и запорной пружины, через клапан, настроенный на рабочее давление, поступает в камеру низкого давления, из которой через отверстие по гибкому кислородному шлангу подается в горелку или резак сварщика. Давление в редукторе устанавливают вращения маховика регулировочного винта, наблюдая за показаниями манометров.

## 2.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

**Контактная сварка** — это сварка с применением давления, при которой нагрев производится теплотой, выделяющейся при прохождении электрического тока.

Преимущества контактной сварки перед другими способами:

- высокая производительность (время сварки одной точки или стыка составляет 0,02... 1 с);
- малый расход вспомогательных материалов (воды, воздуха);
- высокое качество и надежность сварных соединений при небольшом числе управляемых параметров режима, что снижает требования к квалификации сварщика;
- экологическая чистота процесса, который легко поддается механизации и автоматизации.

По виду сварного соединения контактная сварка может быть точечной (наиболее распространена), рельефной, стыковой, шовной (роликовой).

*Точечная сварка* применяется при соединении деталей в отдельных местах в виде небольших площадок (точек). Режим точечной сварки может быть мягким и жестким.

Мягкий режим характеризуется плавным нагревом заготовок сравнительно небольшим током. Время протекания тока обычно 0,5... 3 с. Мягкий режим применяют для сварки сталей, склонных к закалке.

Точечную сварку в жестком режиме осуществляют при малой продолжительности протекания тока (0,1... 1,5 с) относительно большой силы. К свариваемым деталям прикладывается высокое давление. Жесткий режим применяют при сварке алюминиевых и медных сплавов, обладающих высокой теплопроводностью, а также высоколегированных сталей с целью сохранения коррозионной стойкости.

Для осуществления процесса точечной сварки применяют специальные контактные машины, которые в процессе работы выполняют две основные функции — сжатие и нагрев соединяемых деталей.

Контактная машина, предназначенная для точечной сварки (рис. 2.10), имеет сварочный трансформатор с минимальным сопротивлением короткого замыкания. Вторичная обмотка такого трансформатора имеет обычно не более двух витков, а изменение



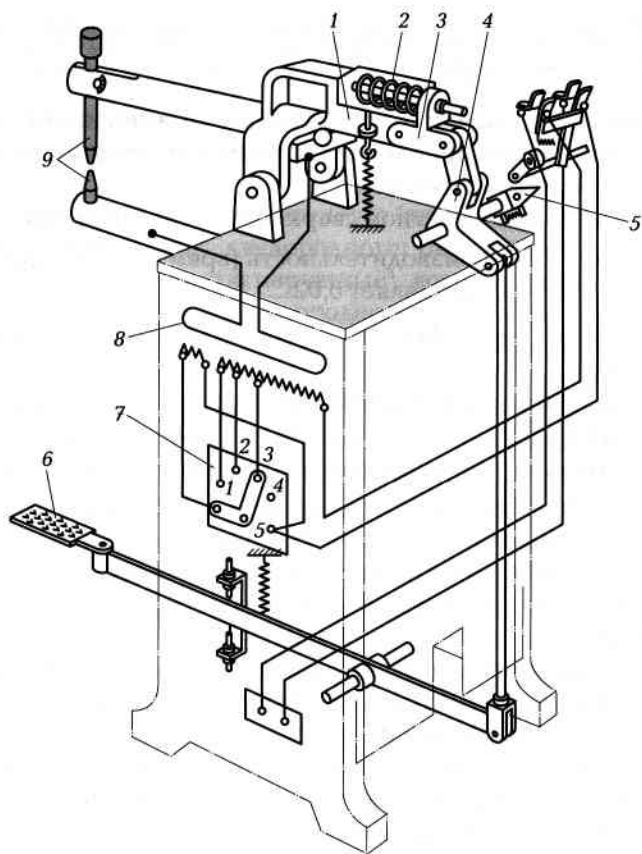


Рис. 2.10. Контактная машина для точечной сварки:

1 — коромысло; 2 — пружина; 3 — серьга; 4 — коленчатый рычаг; 5 — защелка; 6 — педаль; 7 — переключающее устройство; 8 — виток вторичной обмотки трансформатора; 9 — электрод

напряжения на ней достигается переключением части витков первичной обмотки.

Контактная машина работает следующим образом. Нажимая коленчатым рычагом 4 педаль 6, поворачивают коромысло 1 до упора электрода 9 в свариваемые детали. При дальнейшем нажатии на педаль 6 серьга 3, вращаясь вокруг шарнира, сжимает пружину 2, а защелка 5 включает ток. В конце сварки при нажатии педали 6 до отказа защелка соскакивает с рычага выключателя, расположенного на крышке станины, и разрывает электрическую цепь.

Контактная машина для точечной сварки имеет один виток 8 на вторичной обмотке и переключающее устройство на первичной обмотке трансформатора, служащее для изменения режима сварки.

*Рельефная сварка* — способ, аналогичный точечной сварке, при котором детали обычно соединяются одновременно в нескольких точках. Положение этих точек определяется выступами-рельефами, образованными (штамповкой, обработкой резанием) на одной или обеих деталях. При рельефной сварке контакт между деталями зависит от формы их поверхностей в месте соединения, а не формы рабочей части электродов, как при точечной сварке.

*Шовная (роликовая) сварка* — способ, при котором детали соединяются швом, состоящим из отдельных сварных точек (литых зон), перекрывающих или не перекрывающих одна другую.

Шовная сварка, выполняемая при непрерывном движении деталей и непрерывном протекании сварочного тока, называется непрерывной. Такую сварку редко применяют из-за сильного перегрева поверхности деталей, контактирующей с дисковыми электродами (роликами). Наибольшее распространение имеет прерывистая шовная сварка, при которой детали перемещаются непрерывно, а ток включается и выключается на определенные промежутки времени и при каждом включении (импульсе) тока образуется единичная литая зона. Перекрытие литых зон, необходимое для герметичности шва, достигается при определенном соотношении скорости вращения дисковых электродов и частоты импульсов тока.

При *стыковой сварке* соединяемые детали нагреваются теплотой, выделяющейся при прохождении через них сварочного тока. Известны два метода контактной сварки деталей: сопротивлением и оплавлением.

При стыковой сварке сопротивлением необходим хороший контакт свариваемых деталей. При прохождении сварочного тока через контактируемые поверхности выделяется количество теплоты, пропорциональное квадрату плотности тока, времени его прохождения и удельному сопротивлению металла. Заготовки сначала сжимают усилием, обеспечивающим образование физического контакта свариваемых поверхностей, а затем пропускают сварочный ток. После разогрева места сварки происходит осадка и образуется соединение.

Для определения количества теплоты, необходимой для сварки сопротивлением, нужно учитывать неизбежные тепловые потери на нагрев контактного участка электрод — деталь, которое должно быть минимальным, т. е. намного меньше контактного сопротивления между свариваемыми деталями, особенно если они изготовле-

ны из материалов, имеющих низкое удельное электрическое сопротивление. Контактное сопротивление зависит от состояния поверхностей свариваемых деталей и удельного давления, создаваемого сварочными электродами. Для получения надежного соединения контактное сопротивление между свариваемыми деталями специально увеличивают, особенно при низком удельном сопротивлении материалов и необходимости использования маломощных сварочных машин.

Надежное сварное соединение получают лишь при условии одновременного расплавления обеих свариваемых поверхностей деталей. В этот период под действием усилия сжатия расплавленные металлы образуют общее ядро, которое удерживается более холодным металлом, находящимся в околосшовной зоне. На жидкий металл действует динамическая сила тока, собственное расширение, расширение паров и другие силы, способствующие выплеску металла из ядра. При большом выплеске в ядре остается мало расплавленного металла, поэтому получается некачественное сварное соединение, имеющее плохой внешний вид.

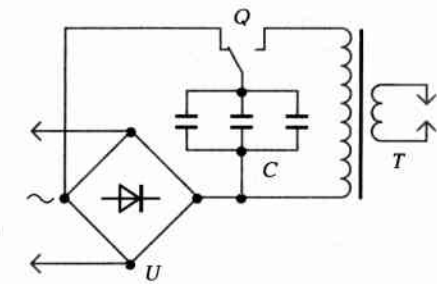
При стыковой сварке оплавлением свариваемые детали лишь соприкасаются, что увеличивает сопротивление контакта и сварочный ток. Ввиду того что площадь образовавшихся контактов очень небольшая, плотность тока, протекающего через эти контакты, настолько велика, что происходит мгновенное оплавление металла с образованием жидких перемычек, которые под действием паров металла разрушаются. Непрерывное образование и разрушение контактов-перемычек между торцами приводит к образованию на торцах слоя жидкого металла. После оплавления торцов по всей поверхности осуществляют осадку. При включении механизма осадки жидкий металл выдавливается из стыка, торцы приходят в соприкосновение и образуется сварное соединение.

Контактная сварка широко применяется в автотракторной промышленности, самолетостроении, инструментальном деле и других производствах, в которых используют мощные (до 500 кВт) сварочные машины. С внедрением конденсаторных машин диапазон контактной сварки расширился — она нашла применение в приборостроении, электронике и микроэлектронике.

В качестве аккумулирующей системы в конденсаторных машинах используют батареи электрических конденсаторов. Электрическая энергия, накапливаемая при заряде конденсаторов от источника постоянного напряжения (выпрямителя), расходуется при их разрядке, превращаясь в процессе сварки в тепловую энергию.

Рис. 2.11. Электрическая схема источника питания конденсаторной машины для конденсаторной контактной сварки:

$Q$  — переключатель;  $T$  — трансформатор;  $C$  — батарея конденсаторов;  $U$  — выпрямитель



Достоинства конденсаторной контактной сварки являются:

- постоянный расход электроэнергии, что обеспечивает высокую воспроизводимость результата — кратковременное и концентрированное тепловыделение в месте соединения обеспечивает минимальную зону нагрева свариваемых металлов непосредственно вокруг шва;
- возможность качественного соединения разнородных металлов и сплавов, плохо свариваемых или совсем не свариваемых другими способами.

Кроме того, конденсаторные машины способствуют выравниваю фазовой нагрузки и повышению коэффициента мощности питающей электросети.

Основными элементами источника питания конденсаторной машины для контактной сварки (рис. 2.11) являются выпрямитель  $U$ , преобразующий переменный ток в постоянный, батарея конденсаторов  $C$  для накопления (аккумулирования) электроэнергии и переключатель  $Q$  для последовательного соединения батареи конденсаторов с источником питания (выпрямителем) и сварочным трансформатором  $T$ , предназначенным для получения в сварочной цепи токов большой силы при низком напряжении.

Накопленную в батарее конденсаторов энергию  $W$ , мкВт·с, определяют по формуле

$$W = CU^2/2,$$

где  $C$  — рабочая емкость батареи конденсаторов, мФ;  $U$  — напряжение заряда конденсаторов, В.

Из этой формулы видно, что накопленную в конденсаторах энергию можно регулировать, изменяя их емкость, напряжение заряда или одновременно оба параметра.

Основными параметрами контактной сварки, выполняемой на конденсаторных машинах, являются емкость батареи конденсато-

ров, напряжение ее заряда, усилие сжатия свариваемых деталей и коэффициент трансформации.

Рассмотрим конденсаторную машину, состоящую из корпуса, на котором установлены скафандр и кронштейн с пневмоцилиндром давления, сварочного приспособления, а также станции питания и управления с балластными резисторами.

В корпусе расположены сварочный трансформатор, дроссель, элементы электрооборудования пневматической и газовой систем.

В конденсаторной машине применено пружинно-пневматическое устройство (пневмоцилиндр давления). Пружина служит для создания предварительного давления на сварочные электроды, а сжатый воздух — для перемещения штока и создания рабочего усилия. Регулируют давление, вращая специальную гайку, в результате чего изменяется предварительное сжатие пружины. Давление на электроды определяют по графику усилия сжатия пружины, которое отсчитывают по шкале, нанесенной на указатель. Такое устройство обеспечивает стабильность усилия сжатия электродов при значительных колебаниях сжатого воздуха в системе.

Сварочное приспособление представляет собой ползун, который при работе пневмоцилиндра давления передвигается по призматическим направляющим и шариковым опорам. При ходе вниз этот пневмоцилиндр создает заданное давление на сварочных электродах, а при ходе вверх поднимается ползун. К нижней части ползуна крепится медный токоподвод, а к нему — верхний электрод. Токоподвод медной гибкой шиной соединяется с концом витка вторичной обмотки сварочного трансформатора. Ход ползуна (верхнего электрода) регулируют путем вращения винта, расположенного в верхней части ползуна.

На горизонтальной плите корпуса сварочного приспособления установлен нижний медный токоподвод, который изолирован от сварочной машины текстолитовой втулкой. В верхнем торцу токоподвода накидной гайкой прижимается нижний электрод.

Газовая система конденсаторной машины предназначена для создания микроклимата в скафандре и состоит из осушителя, вентилей, ротаметра и трубопроводов.

Пневматическая система служит для сжатия свариваемых деталей с помощью пневмоцилиндра давления, которым управляют электропневматические клапаны. Скорость перемещения штока пневмоцилиндра регулируют дросселирующие клапаны.

Станция питания и управления конденсаторной машиной состоит из нескольких выдвижных и съемных блоков, размещенных в отдельном металлическом шкафу, закрытом дверцей. На верхней

лицевой панели шкафа расположены измерительные приборы, автоматический выключатель, сигнальные лампы и кнопки управления, внутри шкафа — батареи конденсаторов, а на крышке — зарядные балластные резисторы с переключателем ступеней сопротивления.

Качество сварного соединения при контактной сварке зависит от режима сварки, правильно подобранного для конкретных условий (материала, конструкции и состояния поверхностей деталей, их покрытия, сварочных электродов и др.). Под режимом сварки понимают усилие сжатия свариваемых поверхностей, емкость батареи конденсаторов и коэффициент трансформации, определяющий длительность сварочного импульса. У мощных конденсаторных машин емкость батареи конденсаторов может составлять 300 мФ, запасенная энергия соответственно равна 25 кДж, а максимальное усилие сжатия электродов — 24 кН.

## 2.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ МАТЕРИАЛОВ

*Диффузионная сварка* (один из видов сварки давлением) — способ получения монолитного соединения материалов, находящихся в твердом состоянии, в результате максимального сближения контактных ювенильных (физически чистых) поверхностей на расстояние действия межатомных сил, локальной пластической деформации при повышенной температуре и взаимной диффузии атомов в поверхностных слоях. Диффузионную сварку проводят в вакууме или защитном газе. Этой сваркой соединяют металл с металлом, металл с неметаллом, а также неметалл с неметаллом, т. е. такие материалы, которые другими способами соединить не удастся.

Диффузионная сварка обладает следующими достоинствами:

- не требуется дорогостоящих припоев, электродов, флюсов и механической обработки выполненных соединений;
- не образуется окалины, шлака, графа;
- свариваемые детали не коробятся и свойства металлов в зоне соединения не изменяются, так как сварка происходит при невысоких температурах и давлениях;
- отпадает необходимость в термообработке;
- исключаются потери ценного металла;

- не увеличивается масса изделий, а также повышается их качество и увеличивается срок службы.

Диффузионную сварку целесообразно применять при изготовлении деталей из трудносвариваемых между собой материалов или при соединении деталей из дорогих и дефицитных материалов с деталями из малоценных материалов, а также при ремонте деталей, соединяя изношенную часть с новой. Диффузионная сварка характеризуется тремя основными параметрами, которые необходимо тщательно контролировать: температурой, давлением и зависящим от них временем выдержки.

Температура при сварке однородных материалов должна составлять 0,5...0,7 температуры их плавления, а разнородных — 0,5...0,7 температуры плавления материала с более низкой температурой плавления. Нагрев при диффузионной сварке ускоряет взаимную диффузию атомов через соединяемые поверхности, способствует снятию микронеровностей и образованию более плотного контакта.

Давление, в результате приложения которого обеспечивается плотный контакт соединяемых поверхностей, должно быть таким, чтобы в результате деформации все пустоты были заполнены металлом. При приложении давления разрушаются также оксидные пленки и обнажаются ювенильные поверхности.

Время диффузионной сварки должно быть минимальным, но достаточным для создания плотного контакта и протекания взаимной диффузии атомов соединяемых материалов.

На диффузионную сварку существенно влияют некоторые дополнительные факторы. Так, для диффузионной сварки необходимы бескислородная атмосфера (вакуум не ниже  $10^{-2}$  мм рт. ст., или 1,33 Па, инертный газ с точкой росы не выше  $-60$  °С или водород), чисто обработанные и хорошо пригнанные друг к другу соединяемые поверхности.

Диффузионную сварку выполняют на специальных установках, представляющих собой вакуумную камеру с охлаждаемой водой рубашкой, высокочастотным индуктором для нагрева свариваемых деталей и гидросистемой, предназначенной для подачи на них давления.

Диффузионной сваркой соединяют керамику с металлом, молибден с медью или сталью и другие материалы, что улучшает их качество и позволяет экономить серебряный припой. Предварительно металлические и керамические детали специально обрабатывают. Металлические детали обезжиривают, травят в кислотах и отжигают в атмосфере сухого водорода.

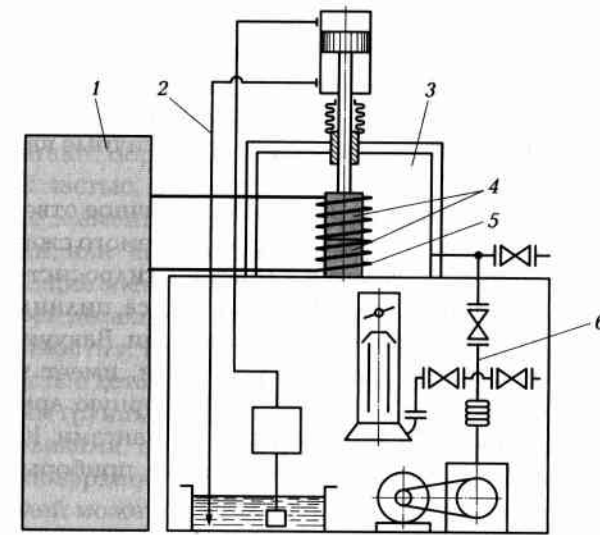


Рис. 2.12. Установка для диффузионной сварки:  
1 — высокочастотный генератор; 2 — гидросистема; 3 — вакуумная камера; 4 — детали; 5 — индуктор; 6 — вакуумная система

Керамические детали шлифуют, промывают в горячем мыльном растворе, обезжиривают, а затем прокаливают при  $1\ 400 \dots 1\ 500$  °С в атмосфере водорода для устранения поверхностных дефектов (микротрещин, выколов), образовавшихся после шлифовки, и насыщения поверхностного слоя керамики стеклофазой. Керамику с возожженной металлизацией только обезжиривают. Диффузионная сварка позволяет соединять с металлом как металлизированную, так и неметаллизированную керамику.

Следует отметить, что при диффузионной сварке происходит некоторая деформация металлических деталей, зависящая от удельного давления. При диффузионной сварке металлизированную керамику можно не покрывать никелем, так как соединения деталей вне зависимости от покрытия имеют одинаковую прочность. Сварка керамики с металлами в водороде и в вакууме дает приблизительно одинаковые результаты.

Установки диффузионной сварки (рис. 2.12) изготавливают примерно по одной схеме, они различаются только конструкцией и параметрами отдельных устройств — вакуумной системы, размерами камер, нагревом и др. Установка диффузионной сварки имеет основание, представляющее собой стальной сварной каркас из профи-

ля, на столешнице которого смонтирована поднимаемая и опускаемая вакуумная камера 3, герметично уплотненная резиновой прокладкой с основанием. Внутри камеры укладываются свариваемые между собой детали 4, нагреваемые водоохлаждаемым индуктором 5, который получает питание через герметичные вводы от высокочастотного генератора 1.

Сверху в вакуумную камеру 3 через герметичное отверстие введен шток, необходимый для создания регулируемого сжатия свариваемых деталей. Шток приводится в действие гидросистемой 2, которая состоит из масляного бака, фильтра, насоса, цилиндра со штоком, соединенных между собой трубопроводами. Вакуумная система 6, размещенная внутри каркаса установки, имеет вакуумные механический и диффузионный насосы, запорную арматуру, соединенные вакуумными трубопроводами и шлангами. Кроме того, в вакуумную систему входят измерительные приборы разрежения.

Оптимальную температуру обычно подбирают опытным путем, но она должна составлять 50...70 % от температуры самого легкоплавкого материала свариваемой композиции. Повышение температуры ускоряет взаимную диффузию атомов контактируемых поверхностей, которые, кроме того, подвергаются поверхностной деформации (смятию).

Давление сжатия должно быть достаточным для того, чтобы обеспечить поверхностную деформацию свариваемых материалов и, следовательно, их плотный контакт без пустот и пор, а также разрушение оксидных поверхностных слоев с обнажением ювенильных (чистых) соприкасаемых поверхностей, что способствует протеканию взаимной диффузии и рекристаллизации.

Время сварки должно быть оптимальным для создания плотного контакта и развития процессов диффузии. Отклонение от оптимального времени сварки может привести к образованию пустот или хрупких интерметаллических соединений разнородных металлов.

Применение диффузионной сварки (в вакууме) при ремонте и восстановлении деталей имеет ряд преимуществ по сравнению с изготовлением новых. Это, прежде всего, экономия металла и трудовых затрат. С технической точки зрения диффузионная сварка позволяет восстанавливать сложные детали, в том числе из чугуна, цветных металлов и сплавов. Условно все детали, ремонтируемые диффузионной сваркой, подразделяют на три группы: неотчетственные (Н), ответственные трущиеся (ОТ) и ответственные нетрущиеся (ОН).

При ремонте деталей группы Н удаляют изношенную часть, изготавливают новую, сваривают диффузионной сваркой и окончательно обрабатывают согласно требованиям чертежа. Если изношенная деталь была закалена, то перед удалением изношенную часть отжигают, обрезают и обрабатывают резанием для центровки с новой частью, в которой изготавливают ответственные центрирующие элементы. Это могут быть выточки и проточки, штифты, шпонки или специальные центрирующие приспособления. Центрирующие элементы определяются конкретно для каждой ремонтируемой детали в зависимости от ее формы, размеров, требований к точности и т. д. К группе Н, как правило, относятся сравнительно простые детали типа втулок, цилиндров и др.

К деталям группы ОТ относятся зубчатые колеса, зубчатые колеса с хвостовиками, валы, оси, штоки и др. В основном это детали с рабочими поверхностями повышенной точности. Восстановление таких деталей может быть выполнено в двух вариантах. По первому варианту заготовка, заменяющая изношенную часть, изготавливается с припусками для механической обработки после сварки. По второму варианту заготовка для замены изготавливается окончательно, представляет собой полностью готовую часть детали, не требующую механической обработки после сварки.

При сварке используют оставшиеся неизношенными посадочные места детали и приспособления для правильности направления давления сжатия. Термическую обработку выполняют по отработанной технологии, но ее рекомендуется производить в среде, исключающей окисление обработанных поверхностей, например, в соляном расплаве или с использованием специальных обмазок.

Контроль качества сварки производят путем испытаний на кручение с нагрузкой, равной рабочей с трехкратным запасом. Контроль восстановленных деталей может быть выборочным, так как стабильность диффузионной сварки обеспечивает высокую надежность.

К группе ОН относят детали, у которых изношенными оказываются нетрущиеся поверхности — шейки подшипников, седла клапанов и др. Восстановление таких деталей, как правило, производится установкой компенсаторов (специально изготовленных вставок) в изношенные места после их расточки (применительно к цилиндрическим деталям — втулок). В ремонтируемых деталях компенсаторы закрепляют диффузионной сваркой.

При одностороннем или сосредоточенном износе можно провести ремонт одним из двух способов. Если нужно отремонтировать, например, блок шестерен, в котором изношен торец малой шестер-



ни, то по первому способу можно отрезать малую шестерню, оставив на блоке посадочное место, а вместо отрезанной приварить шестерню от другого блока, повернув ее на 180°, т. е. внутрь частично изношенными торцами зубьев. При ремонте вторым способом срезают полностью изношенную малую шестерню, изготавливают новую и через компенсатор (вставку) сваривают диффузионной сваркой всю конструкцию.

Диффузионной сваркой можно восстановить такие дорогие детали, как рычаги, коленчатые валы, станины, корпуса редукторов и другие изделия, изготовленные из чугуна и сломанные при эксплуатации или при транспортировании. Наиболее просто восстановить прямой свежий излом по известной технологии диффузионной сварки.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие внешние вольт-амперные характеристики источников питания вы знаете?
2. Как по виду внешней характеристики можно подобрать необходимый источник питания?
3. Каковы основные типы источников питания сварочной дуги?
4. Каково устройство сварочного выпрямителя?
5. Каково устройство сварочного трансформатора переменного тока?
6. Как регулируют силу тока в сварочном трансформаторе?
7. Как устроены газовая горелка и газовый резак?
8. Как устроен и работает газовый редуктор?
9. Каково устройство рабочего места сварщика аргонодуговой сварки?
10. Каковы преимущества современного сварочного щитка по сравнению с прежней конструкцией?
11. Каковы достоинства контактной конденсаторной сварки?
12. Каков принцип диффузионной сварки?

## Глава 3

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ФИЗИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ

### 3.1. СУЩНОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

В промышленности широко используются различные виды обработки материалов, основанные на физических, электрофизических, термомеханических и других способах. К ним относятся:

- лазерная обработка;
- электронно-лучевая обработка;
- электроискровая обработка;
- ультразвуковая обработка.

Применение *лазерной обработки* обусловлено локальностью воздействия и высокой плотностью потока энергии лазерного излучения в зоне воздействия, возможностью ведения технологического процесса в любой прозрачной среде (вакууме, газе, жидкости, твердом теле), а также бесконтактной подачей энергии к зоне обработки, расположенной в замкнутом объеме. Лазерная технология широко используется для сварки, резки, сверления, обработки поверхности в производстве изделий электронной техники и других отраслях.

*Электронно-лучевая обработка* основана на использовании потока электронов с катода, ускоренных электродом анода и сфокусированных в пучок в вакууме. Нагрев происходит вследствие превращения кинетической энергии ускоренных в электростатическом поле электронов в тепловую энергию при их ударе о поверхность нагреваемого тела. Источником электронов служит электронная пушка с разгоняющим напряжением 10...40 кВ. Для устранения рассеяния электронов молекулами воздуха процесс проводят в вакууме 0,01 мкПа ... 0,1 мкПа. Энергию электронного пучка применяют для сварки и получения особо чистой стали и тугоплавких материалов.

**Электроискровая обработка** основана на использовании искрового разряда. В результате воздействия очень коротких искровых разрядов на поверхность заготовки (находящейся в диэлектрической жидкости) выделяется большое количество теплоты, идущей на плавление, частичное испарение и взрывоподобный выброс частиц металла с поверхности заготовки. Такую обработку применяют для изготовления отверстий и пазов, сложных поверхностей штампов, пресс-форм, твердосплавных деталей и др. При этом форма обработанной поверхности зеркально отображает форму инструмента.

**Ультразвуковая обработка** основана на воздействии ультразвука, который генерируют электроакустические излучатели на различные вещества. С помощью ультразвука можно выполнять размерную обработку деталей на специальных станках, лудить, паять, резать металл, керамику, стекло, сваривать металлы и полимеры, а также очищать детали (отмывать), снимать заусенцы, интенсифицировать многие процессы и выполнять другие работы. Ультразвуковой обработке подвергают материалы в твердом состоянии.

### 3.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

**Общие сведения.** Вначале рассмотрим принцип действия *лазера* (рис. 3.1). При нахождении системы (твердого тела или газа) в состоянии теплового равновесия (рис. 3.1, а) ее частицы (атомы, мо-

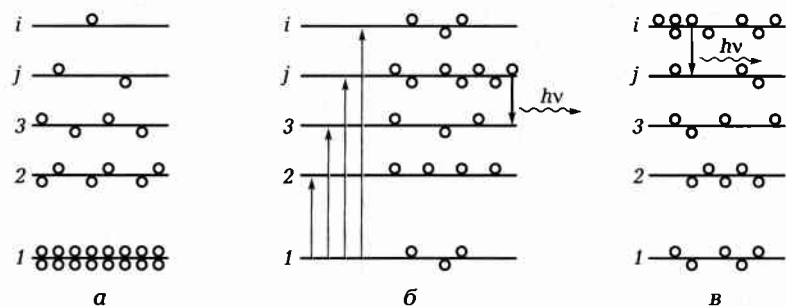
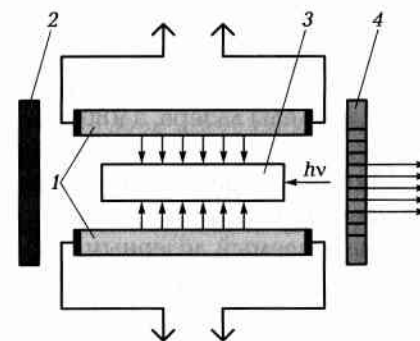


Рис. 3.1. Расположение частиц твердого тела или газа на различных энергетических уровнях:

а — в состоянии теплового равновесия; б — в инверсном состоянии; в — в состоянии перехода с верхнего уровня на нижний; 1, 2, 3 — нижние энергетические уровни;  $i, j$  — верхние энергетические уровни;  $h\nu$  — энергия излучения

Рис. 3.2. Схема лазера с оптическим возбуждением:

1 — газоразрядные лампы импульсного действия; 2, 4 — зеркала со 100 и 99%-ными коэффициентами отражения; 3 — излучатель;  $h\nu$  — энергия излучения



лекулы, ионы) располагаются в основном на нижних энергетических уровнях 1, 2 и 3. Если каким-либо способом (например, бомбардировкой электронами) эту систему привести в состояние возбуждения — накачки, часть частиц с нижних энергетических уровней перейдет на верхние  $j$  и  $i$  (рис. 3.1, б), т. е. населенность низких энергетических уровней уменьшится, а верхних увеличится.

Распределение частиц, при котором населенность верхнего уровня больше населенности нижнего, в квантовой механике называют *инверсным*, или населенностью, образовавшейся в результате перемещения частиц, изменения их обычного порядка. В таком состоянии система неустойчива, поэтому возможны переходы частиц с верхнего уровня на соседний нижний, сопровождающиеся выделением энергии излучения  $h\nu$  (рис. 3.1, в), количественно выражаемой квантами света (фотонами). Возбужденная система не поглощает, а усиливает излучение, и вынужденное испускание света (имея в виду, что свет — это электромагнитные волны) при этом превышает поглощение энергии при переходах частиц с уровня  $j$  на уровень  $i$ .

Для практического использования необходимо значительно увеличить количество выделяемых системой квантов света — усилить энергию светового потока. В качестве усилителя используется лазер (рис. 3.2), имеющий оптическое возбуждение (накачку). Возбуждение может быть также электрическим и химическим. Лазер состоит из излучателя 3, двух газоразрядных импульсных ламп 1 и двух зеркал 2 и 4.

Предположим, что зеркало 2 имеет коэффициент отражения 100%, зеркало 4 — 99% и усиление энергии светового потока за один проход излучателя равно 10. Тогда после прохождения сквозь излучатель одного светового кванта к зеркалу 2 подойдет 10 квантов, а отразившись от него и пройдя его снова, к зеркалу 4 вернется

уже 100 квантов. От зеркала 4 отразится 99 квантов, а один выйдет в виде оптического (светового) пучка. После завершения еще одного цикла в световом потоке будет 9 900 квантов, из которых 99 выйдут за пределы лазера, а 9 801 продолжит следующий цикл, который увеличит их количество еще в 100 раз.

Многokратное усиление энергии светового потока эквивалентно увеличению длины активного элемента. Поток лучистой энергии, называемый *лазерным лучом*, или *пучком*, возникает при условии, что усиление энергии светового потока за двойное прохождение внутри излучателя больше или, по крайней мере, равно потерям этой энергии при выходе ее за пределы лазера.

Известно, что свет представляет собой электромагнитные волны. Поэтому воздействие светового луча на обрабатываемый материал можно рассматривать как воздействие электромагнитного поля волны на атомы или молекулы вещества. Вследствие этого часть энергии электромагнитной волны превращается в теплоту, а часть — отражается. Если световой поток обладает высокой плотностью (т. е. распределен на очень малой площади), выделяющаяся под действием светового луча теплота будет достаточной для расплавления и испарения вещества в зоне контакта.

Такая обработка осуществляется на лазерной установке, которая кроме лазера снабжена рядом блоков и систем, предназначенных для расширения ее технологических возможностей. Например, оптическая система служит для фокусирования и точного направления лазерного луча на обрабатываемое изделие, которое расположено на рабочем столике и может автоматически перемещаться в режиме, заданном программным устройством с датчиком параметров технологического процесса. Для контроля параметров излучения лазера служит датчик с устройством преобразования сигнала.

Лазерную обработку, если необходимо, можно выполнять в атмосфере инертного газа, в вакууме или подавать в зону обработки вспомогательную энергию (механическую, электрическую и др.). Для этого в установке предусмотрены система подачи технологической среды и источник вспомогательной энергии.

В зависимости от типа активного элемента или среды излучателя лазеры подразделяют на твердотельные и газовые. Кроме того, лазеры могут быть эксимерные и на красителях. Основными частями лазеров являются излучатели, состоящие из активного элемента, осветителя и резонатора, а также источники питания и оптические системы. Характеристики активных элементов излучателей (длина волны, плотность излучения, мощность, КПД и др.) определяются

физическими свойствами материалов, из которых они изготовлены. Лазеры классифицируют в соответствии с материалом активного элемента.

**Твердотельные лазеры.** *Рубиновые лазеры* могут работать в непрерывном или импульсном режиме. При работе в непрерывном режиме рубиновый лазер имеет низкий КПД и поэтому неэкономичен. При работе в импульсном режиме без модуляции добротности выходное излучение рубинового лазера, также обладающего низким КПД, состоит из повторяющихся пиков большой мощности длительностью около 1 мкс.

*Лазеры на стекле с неодимом* являются источниками оптического излучения с длиной волны 1,06 мкм. Активный элемент этих лазеров может иметь различные формы и размеры (стержни длиной до 2 м, пластины сечением до 10 см<sup>2</sup>). Поскольку стекло с неодимом обладает низкой теплопроводностью, из-за перегрева частота повторения импульсов излучения лазера ограничивается 2 Гц при их длительности 1 ... 10 нс и энергии 10<sup>3</sup> Дж.

*Лазеры на алюмоиттриевом гранате (АИГ)* работают как в импульсном, так и в непрерывном режиме. Выходная мощность, частота повторения и энергия импульсов этих лазеров обусловлены физическими свойствами АИГ. Так, при работе в непрерывном режиме выходная мощность составляет 1 кВт, а в импульсном режиме выходная энергия равна 500 Дж; частота повторения импульсов при длине волны излучения 10,6 мкм составляет 200 Гц.

Твердотельные лазеры на стекле с неодимом и АИГ наиболее широко применяют при изготовлении изделий. Достоинствами этих лазеров по сравнению, например, с рубиновыми, являются более высокий КПД и меньший порог возбуждения, что существенно увеличивает срок службы импульсных ламп и одновременно уменьшает габариты источников питания. Кроме того, основные характеристики излучения этих лазеров незначительно зависят от изменения температуры, что способствует их высокой стабильности и значительно упрощает систему охлаждения активного элемента.

*Активные элементы из стекла с неодимом* генерируют излучение высокой оптической однородности и совершенной структуры. При этом лазерный луч имеет минимальную расходимость. Лазеры с таким активным элементом предпочтительнее использовать для получения отверстий микрометрических размеров.

Низкая теплопроводность стекла с неодимом затрудняет отвод теплоты от активного элемента при оптическом возбуждении и ограничивает среднюю мощность и частоту следования импульсов (обычно несколько герц). Поэтому лазеры на стекле с неодимом из-

за низкой частоты следования импульсов непригодны для шовной сварки.

Активные элементы излучателей из АИГ обладают значительно бóльшей теплопроводностью, меньшим температурным коэффициентом линейного расширения и более высокой механической прочностью, чем из стекла с неодимом. Низкий порог возбуждения лазеров на АИГ обеспечивает их работу в непрерывном режиме. Большая частота следования импульсов и значительная мощность излучения позволяют использовать эти лазеры для шовной сварки, обработки пленок и других точных работ, их недостаток — высокая стоимость АИГ.

Осветитель излучателя твердотельных лазеров служит для оптической накачки активного элемента и характеризуется степенью однородности светового потока, а также сроком службы лампы и отражателя. Осветительные системы (осветители) с одной прямой лампой, расположенной симметрично активному элементу, и цилиндрическим отражателем (рис. 3.3, а—г) получили преимущественное распространение, так как обладают наибольшей эффективностью использования излучения лампы. Однако они не лишены недостатков. Так, из-за несимметричности конструкции системы возбуждения световое поле также несимметрично, поэтому луч лазера имеет неравномерную структуру, что снижает точность обработки.

Равномерную структуру лазерного излучения получают, используя коаксиальную лампу, в центре которой расположен активный элемент (рис. 3.3, г), но это снижает ее эффективность по сравнению с системой, показанной на рис. 3.3, г. Кроме того, для повышения эффективности использования излучения лампы накачки ее и активный элемент располагают на одной оси. При этом отражатель выполняется в виде эллипсоида вращения или имеет коническую поверхность (рис. 3.3, е, ж).

Осветительная система также может представлять собой камеру в виде стеклянных или кварцевых блоков, в которых находится дна лампы с симметрично расположенным активным элементом (рис. 3.3, з, и).

Существенное влияние на эффективность осветителя оказывает качество отражателя, характеризуемое коэффициентом отражения. При жидкостном охлаждении осветителя излучателя применяют серебряные отражатели, имеющие коэффициент отражения 0,90...0,94. Наиболее долго служат и хорошо отражают излучение отражатели в виде стеклянных или кварцевых трубок (блоков), внешняя поверхность которых покрыта серебром или оксидом маг-

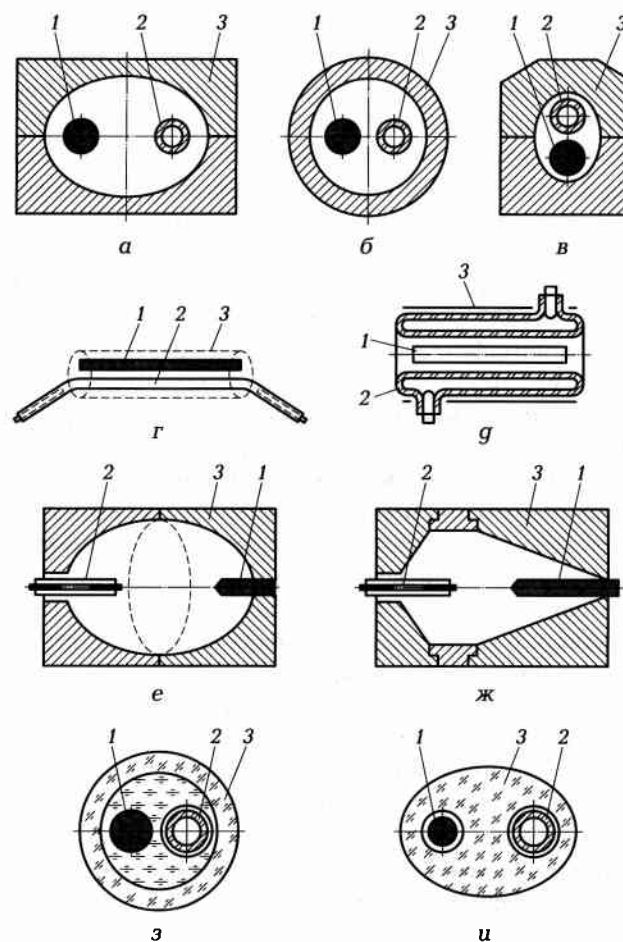


Рис. 3.3. Осветители излучателей твердотельных лазеров:

а—г — с одной лампой, расположенной симметрично активному элементу; д — с одной коаксиальной лампой и центральным расположением активного элемента; е, ж — с одной лампой, расположенной соосно с активным элементом; з, и — с одной лампой и симметрично расположенным активным элементом, помещенными в стеклянный и кварцевый блоки соответственно; 1 — активный элемент; 2 — импульсная лампа; 3 — осветительная камера

ния. При этом отражающая поверхность не контактирует с охлаждающей жидкостью.

Источниками оптической накачки лазеров обычно служат импульсные ксеноновые лампы. По мере их старения напряжение на-

качки увеличивают, тем самым поддерживая энергию излучения лазера постоянной. Заменяют лампы при достижении предельного напряжения накачки для данной установки. Это позволяет использовать весь ресурс работы ламп.

*Резонаторы* представляют собой систему плоских или сферических зеркал и служат для создания спектрального состава и направленности излучения. Малую расходимость и высокую плотность луча лазера обеспечивают плоские зеркала, параллельность которых должна длительно сохраняться в пределах не менее  $10''$ . Длина резонатора равна 300...500 мм. При этом угол расходимости луча в зависимости от энергии накачки лазеров на рубине или АИГ лежит в пределах  $5...30'$ , а из стекла с неодимом —  $1...10'$ .

Временная характеристика излучения зависит от формы зеркал и при использовании плоских зеркал представляет собой хаотические пики. У сферических зеркал в зависимости от их кривизны, взаимного расположения и энергии накачки она имеет вид затухающих или незатухающих регулярных пиков или не имеет пиков совсем. Выбор зеркал с соответствующим коэффициентом отражения зависит от материала и типа активного элемента, его длины и условий накачки. В лазерных установках коэффициент отражения первого зеркала резонатора обычно равен 50...80%, а второго должен быть максимальным, т. е. 98...99,5%. Коэффициент поглощения обоих зеркал не должен превышать 0,3%.

В лазерной установке излучатель монтируют на жестком основании. Для точной юстировки параллельности и соосности зеркал резонатора и активного элемента служат специальные устройства, обеспечивающие надежную фиксацию. Зеркала устанавливаются на эксцентрической оси. Это позволяет, постепенно поворачивая зеркало, использовать всю его рабочую площадь, что увеличивает срок службы зеркала в несколько раз.

Работа твердотельных лазеров существенно зависит от теплового режима. Повышение температуры активного элемента отрицательно влияет на спектрально-люминесцентные свойства лазерного излучения, потому что увеличивается ширина линии генерации, падает коэффициент усиления, уменьшается квантовый выход люминесценции. Это увеличивает порог генерации и уменьшает выходную энергию лазера. Так как характеристики излучения рубиновых лазеров в большой степени зависят от температуры, то температура их активного элемента должна быть не более  $15...20^\circ\text{C}$ . В лазерах на АИГ и стекле с неодимом, работающих при мощности накачки порядка нескольких киловатт, нагрев активного элемента в меньшей степени влияет на спектрально-люминесцентные свойства излучения.

**Газовые лазеры.** В газовых лазерах активной средой служит газ, смесь нескольких газов или газа с парами металлов. По сравнению с твердотельными газовые лазеры имеют более высокую оптическую однородность активной среды. При этом расходимость луча составляет не более  $5'$ , следовательно, его можно сфокусировать в пятно малого диаметра.

Инверсия населенности в газовой активной среде создается не оптической накачкой, а проходящим через нее электрическим током.

В непрерывном режиме работы (резка и сварка) активная среда газового лазера возбуждается преимущественно стационарным тлеющим разрядом, стабильность которого зависит от протекающего через плазму электрического тока, не изменяющегося во времени.

В импульсном режиме работы такого лазера активная среда возбуждается импульсным разрядом высоковольтного источника. В этом случае инверсия населенности зависит от свойств плазмы, а максимальная частота повторения импульсов ограничивается инерционностью происходящих в ней процессов и составляет единицы килогерц.

*Аргонные и криптоновые ионные лазеры непрерывного действия* являются самыми мощными источниками оптического излучения в видимой и ближней к ультрафиолетовой областях спектра. Эти лазеры имеют мощность 10...20 и 1...2 Вт на длинах волн соответственно 500 и 350 нм при значительных затратах электрической энергии, КПД лазеров на ионах инертных газов редко превышает 10%.

В настоящее время используют преимущественно лазеры на диоксиде углерода или азоте. Лазеры на диоксиде углерода, работающие в непрерывном режиме, обладают значительной мощностью, высоким КПД (10...30%) и генерируют инфракрасное излучение с длиной волны 10,6 мкм, хорошо поглощаемое неметаллами. Выходная энергия лазеров на азоте, работающих в импульсном режиме, составляет  $5 \cdot 10^{-3}$  Дж, а частота повторения импульсов — 50...100 Гц. Эти лазеры имеют длину волны излучения 0,34 мкм и используются для обработки металлических пленок в режиме испарения.

Высокие мощности излучения газовых лазеров можно получить лишь при значительной длине их активного элемента, так как концентрация активных частиц в газовой среде на несколько порядков ниже ( $10^{13}...10^{16}$  см $^{-3}$ ), чем в активной среде твердотельных лазеров ( $10^{17}...10^{20}$  см $^{-3}$ ).

*Активный элемент излучателя газовых лазеров* (рис. 3.4, а) представляет собой стеклянную или кварцевую трубку 1, через которую

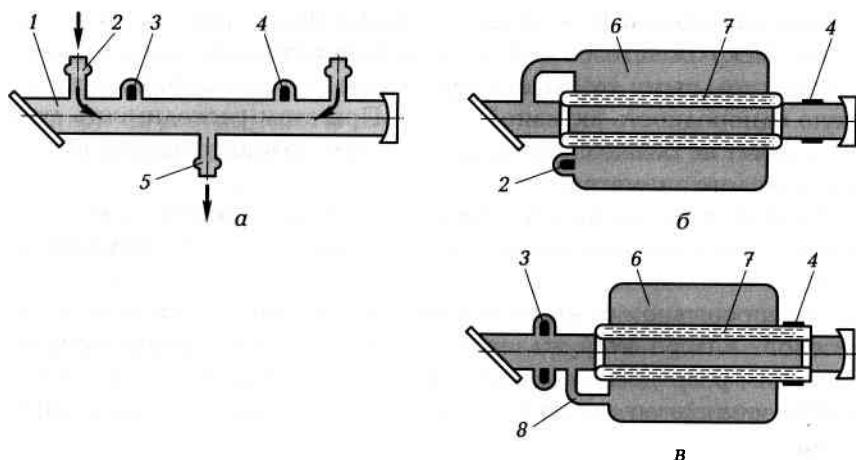


Рис. 3.4. Активные элементы излучателей газовых лазеров: а — с медленной продольной прокачкой; б — отпаянный с резервным баллоном; в — отпаянный с резервным баллоном и генератором кислорода; 1 — трубка активного элемента; 2 — патрубок подачи газовой смеси; 3, 4 — металлические катод и анод; 5 — патрубок откачки; 6 — резервный баллон; 7 — водяная рубашка; 8 — генератор восстановления активной среды

прокачивается активная среда (газовая смесь), или запаивают трубку, заполненную газовой смесью, с металлическими электродами 3 и 4. Для работы в непрерывном режиме лазера на диоксиде углерода, имеющего активный элемент с продольной медленной прокачкой активной среды, необходим постоянный проток диоксида углерода, что обусловлено его диссоциацией на кислород и монооксид углерода. При этом требуется большой расход газовой смеси и громоздкое вакуумное оборудование. Поэтому наиболее удобны отпаянные активные элементы (рис. 3.4, б), долговечность которых исчисляется несколькими тысячами часов. Лазеры с такими активными элементами используют для подгонки резисторов, а также резки и скрайбирования (несквозной резки).

На рис. 3.4, в показан активный элемент излучателя газового лазера с генератором 8 восстановления активной среды. Адсорбция стенками газоразрядной трубки кислорода, образующегося в результате диссоциации диоксида углерода, и окисление металлических электродов изменяют мощность и стабильность излучения. Периодическое включение генератора 8 восстанавливает равновесие химических процессов и увеличивает срок службы излучателя до 1 500... 2 000 ч.

Зеркала газовых лазеров могут располагаться внутри или вне активного элемента. При внутреннем расположении зеркала находятся в откачиваемом объеме и их юстировку выполняют через вакуумные вводы. Расположение зеркал вне активного элемента упрощает конструкцию лазера, так как не требуются вакуумные вводы юстировочного устройства.

**Основные элементы лазерных установок.** Источники питания как твердотельных, так и газовых лазеров работают на специфическую нагрузку в виде газоразрядного промежутка. При работе лазера в непрерывном режиме выходные характеристики источника питания должны быть согласованы с вольт-амперной характеристикой газоразрядного промежутка. Объясняется это тем, что разряд в газовой среде будет устойчивым в том случае, когда питание осуществляется от источника с крутопадающей внешней вольт-амперной характеристикой, наклон которой больше, чем у статической характеристики газового разряда.

Для реализации этого условия в лазерных установках в основном используют емкостные накопители энергии с зарядом постоянным током, что обеспечивает высокий КПД зарядной цепи, равномерное потребление мощности, возможность плавного изменения выходного напряжения и высокую стабильность энергии накачки.

В схеме источника питания газового лазера, работающего в импульсном режиме, имеется импульсный тиратрон, который, разряжаясь на первичную обмотку импульсного трансформатора, создает на его выходе высоковольтный импульс напряжением в несколько десятков киловольт, ионизирующий активную среду в газоразрядной трубке. Тиратрон запускается блокинг-генератором, работающим в режиме самовозбуждения с частотой 10; 25; 50 или 100 Гц.

*Импульсные лампы накачки* после вспышки восстанавливают свою работоспособность при определенных скоростях нарастания напряжения на их электродах. Повышение частоты вспышек может нарушить работу лампы. Для восстановления работоспособности ламп необходим некоторый деионизационный промежуток (2... 15 мс) между окончанием разряда и очередной подачей напряжения на электроды. Для этого следует отключить лампу от емкостного накопителя или задержать на время деионизации его заряд с помощью тиристорного электронного коммутатора. При подаче управляющего сигнала тиристоры замыкают накоротко вывод индуктивно-емкостного преобразователя и первичную обмотку трансформатора, прекращая заряд накопителя. После снятия напряжения с управляющих электродов тиристоры закрываются и



начинается зарядка постоянным током емкостного накопителя, подключенного к выходу выпрямителя.

Тиристорный электронный коммутатор обладает большой скоростью отключения зарядной цепи от накопителя, так как одновременно с подачей сигнала на управляющие электроды тиристоры выход индуктивно-емкостного преобразователя мгновенно (5...30 мкс) замыкается накоротко тем из тиристоров, анод которого в этот момент имеет положительный потенциал. Одновременно электронный коммутатор выполняет функции защитного устройства при переходе индуктивно-емкостного преобразователя в режим холостого хода.

*Оптические системы* лазеров всех типов служат для визуальной наводки и передачи излучения к месту обработки, регулирования его характеристик, а также контроля за ходом работы. При работе лазера его луч перемещается относительно объекта обработки или объект обработки перемещается относительно луча.

Движение луча относительно объекта обработки обеспечивается системой подвижных зеркал, которые вместе с объективами перемещаются по взаимно-перпендикулярным осям, что создает необходимую траекторию обработки.

Для движения луча по небольшому полю изменяют угол наклона зеркал, вращая их вокруг взаимно-перпендикулярных осей. Кроме того, лазерный луч может двигаться по круговой траектории, для чего необходимо вращать вокруг его оси оптическую систему, состоящую из зеркала и объектива. Лазерный луч можно также отклонять от оптической оси объектива с помощью вращающегося клина.

Движение объекта обработки относительно лазерного луча обеспечивается перемещением координатного стола лазерной установки.

Для повышения точности обработки применяют диафрагмы, резко уменьшающие зоны воздействия излучения. Изменяя конфигурацию отверстия диафрагмы, можно вырезать соответствующие отверстия в обрабатываемых изделиях. Размеры и форма получаемых с помощью лазера отверстий существенно зависят от теплопроводности и температуры плавления обрабатываемых материалов. Чем ниже подводимая энергия лазерного излучения и короче время его воздействия, тем меньше искажается форма создаваемых отверстий. Сменные светофильтры, имеющие различные коэффициенты поглощения, а также затворы и модуляторы позволяют регулировать параметры излучения.

Плотность мощности лазерных излучений не должна превышать оптимальных значений, так как в ином случае оптические детали ла-

зеров могут быть повреждены. Оптические стекла имеют малый коэффициент поглощения излучения с длиной волны 1,06 мкм, поэтому плотность мощности излучения должна быть не более  $10^3$  Вт/см<sup>2</sup>. Для лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм оптические стекла непрозрачны. В оптических системах лазеров используют монокристаллы солей галогеноводородных кислот (хлорид натрия, бромид калия и др.), а также германий или арсенид галлия.

Высокой стойкостью к лазерному излучению обладают зеркальные фокусирующие системы с многослойным металлическим покрытием и принудительным воздушным охлаждением.

Для наблюдения за работой лазеров используют оптические системы с увеличением от 5 до 200 раз (например, микроскопы с независимыми системами для фокусировки и наблюдения). На обрабатываемую поверхность излучение наводят, ориентируясь на отражение в ней источника света.

Работать на лазерной установке следует в очках со светофильтрами, которые поглощают излучение, генерируемое данным лазером. Иногда используют затворы, но они не позволяют наблюдать за ходом процесса обработки. Наиболее перспективны с точки зрения безопасности телевизионные системы, с помощью которых можно наблюдать на экране работу лазерной установки.

При работе лазерной установки образуются пары, ионизированные частицы и капли обрабатываемого материала, осаждающиеся на нижней линзе объектива, что приводит к ее нагреванию, механическим повреждениям и в конечном итоге выходу из строя.

Для предохранения оптики лазеров от повреждений используют такие специальные средства защиты, как сменные защитные стекла, прозрачные вращающиеся диски, непрерывно перематываемая прозрачная лента, устройства, отклоняющие заряженные частицы. Все средства защиты имеют определенные достоинства и недостатки. Например, защитные стекла дешевы, но служат недолго, так как быстро загрязняются, что ослабляет энергию излучения, поступающую на обрабатываемое изделие. Защитные устройства, отклоняющие заряженные частицы с помощью магнитного и электрического полей, «очищают» лазерное излучение, способствуют более полному использованию световой энергии, но относительно дороги.

**Лазерные установки.** В настоящее время лазерные установки используют для резки стекла, керамики, металлов, сверления микроотверстий диаметром от 0,5 до 10 мкм в коррозионно-стойких сталях, алмазе, вольфраме и других труднообрабатываемых материалах, сварки различных материалов, интенсификации некоторых процессов и иных целей.

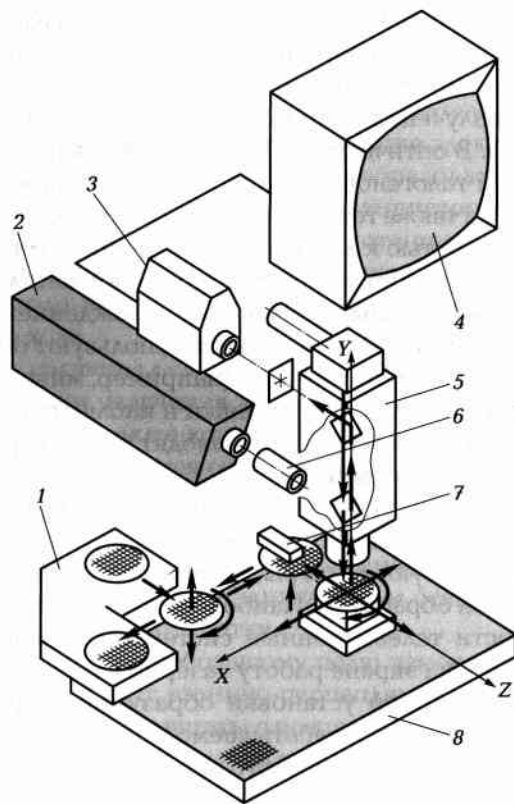


Рис. 3.5. Полуавтомат лазерной резки:

1 — загрузочное устройство; 2 — лазер; 3 — телевизионный датчик; 4 — видеоконтрольное устройство; 5 — блок зеркал; 6 — телескоп; 7 — датчик высоты; 8 — координатный стол (позиционер)

Рассмотрим одну из лазерных установок — *полуавтомат лазерной резки* (рис. 3.5), управляемый ЭВМ и предназначенный для надрезания хрупких материалов диаметром до 150 мм твердотельным лазером 2 на АИГ с непрерывным возбуждением плазменно-дуговой криптоновой лампой. Средняя мощность лазера 16 Вт, длина волны излучения 1,06 мкм, частота повторения импульсов в режиме модулированной добротности 5...50 кГц. Большие значения пиковой мощности в сочетании с незначительной длительностью импульсов (примерно 250 нс) позволяют скрайбировать пластины с высокой скоростью.

Полуавтомат оснащен высокоскоростным (от 10 до 399 мм/с) четырехкоординатным столом (позиционером) 8, который приводит-

ся в действие линейным шаговым электродвигателем, управляемым микропроцессорным устройством. Наличие бесконтактного датчика высоты позволяет выполнять перефокусировку лазерного луча на программируемую глубину скрайбирования подложек.

Наладочный и рабочий процессы резки и скрайбирования можно наблюдать с помощью телевизионного датчика 3 на экране, что исключает опасность облучения оператора. Автоматическое загрузочное устройство 1 с ориентатором служит для переноса деталей из загрузочной кассеты на предметный стол, их погрузки и выгрузки после скрайбирования в приемную кассету. При этом исключается прикосновение рук оператора к деталям.

Работа полуавтомата осуществляется по программе. После переноса деталей пневмотранспортом на предметный стол подложка ориентируется относительно базового среза по координатным осям X и Y, фиксируется вакуумным присосом и выставляется на нужную высоту датчиком высоты 7 с точностью 2,5 мкм по отношению к фокальной плоскости оптической системы лазера. Затем подложка перемещается в рабочую зону под объектив лазера и попадает в поле видимости видеоконтрольного устройства 4.

При перемещении детали по координатной оси X оператор с помощью одного из двух бесконтактных манипуляторов точно поворачивает ее на необходимый угол, совмещая дорожку разделения с горизонтальной визирной линией видеоконтрольного устройства. После скрайбирования в одном направлении в соответствии с заданной программой оператор, пользуясь вторым манипулятором, совмещает дорожку разделения с вертикальной визирной линией, после чего полуавтомат выполняет резку.

Когда резка в перпендикулярном направлении закончена, подложка опускается в нижнее положение, высвобождается из вакуумного присоса и перемещается пневмотранспортом в приемную кассету. После этого очередная подложка автоматически переносится из подающей кассеты на предметный стол и рабочий цикл повторяется.

Для составления программы переналадки полуавтомата информацию о диаметре обрабатываемых деталей, размере кристаллов, шаге резки, выбранной скорости, схеме обхода подложек (по «квадрату» или «кругу»), количестве повторений циклов скрайбирования, перефокусировках лазерного луча и времени задержки для ориентации подложек по базовому срезу заносят в оперативное запоминающее устройство ЭВМ.

Полуавтомат обеспечивает большую (150 мкм) глубину реза при его незначительной ширине (40 мкм), имеет широкий диапазон

скоростей резания, автоматическую загрузку-разгрузку деталей и их электронную ориентацию, а также автоматическую фокусировку лазерного луча и надежную защиту от излучений благодаря использованию видеоконтрольного устройства.

### 3.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ

**Электронно-лучевой** называют обработку, в которой используется тепловая энергия, выделяющаяся при столкновении быстро движущихся электронов (электронных лучей, пучков) с веществом. Электронный пучок представляет собой направленный поток электронов, переносящий энергию от излучателя (электронной пушки) к обрабатываемому изделию. При этом ускоренные электроны приобретают кинетическую энергию, пропорциональную квадрату их скорости. Плотность энергии ускоренных электронов превосходит энергию других источников, достигая значения порядка  $10^8 \dots 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>, что позволяет выполнять почти любые термические и термохимические процессы обработки.

Попавшие на обрабатываемую поверхность материала электроны внедряются в вещество, испытывая торможение на своем пути. В результате прохождения пучка электронов через кристаллическую решетку материала, т.е. в пространстве, пронизанном электрическими полями атомов и молекул, возникает возмущение этих полей.

Электроны передают часть своей энергии атомам и молекулам вещества, которые смещаются со своих мест и увеличивают амплитуду колебаний, вызывая изменение параметров кристаллической решетки. Внешним признаком этого является повышение температуры обрабатываемого материала в зоне действия электронного пучка. Электронно-лучевую обработку используют для сварки, размерной обработки металлов, их испарения, очищающей плавки и других целей. Перечисленные процессы выполняют в специальных установках, изготовленных по сходным схемам.

**Электронно-лучевая установка** состоит из двух основных устройств — рабочей камеры и источника питания. Рабочая камера включает в себя электронную пушку, механизм для перемещения обрабатываемых изделий, а также систему получения и измерения вакуума. Электронная пушка является функциональным блоком электронно-лучевой установки и предназначена для генерации, ускорения и фокусировки, а иногда и отклонения электронного пучка.

В зависимости от конкретных задач электронно-лучевые пушки могут иметь различные конструкции. Это пушки общего назначения, длиннофокусные пушки для получения пучка минимального диаметра, пушки с кольцевым потоком электронов и поворотом его под большим углом, магнетронные пушки, в которых для формирования пучка используются магнитные поля в промежутке анод—катод, и др.

Рассмотрим электронно-лучевые установки (пушки), предназначенные для размерной обработки, сварки и плавки металлов с целью их очистки.

Электронно-лучевая установка (рис. 3.6), предназначенная для размерной обработки различных материалов, состоит из электронной пушки, излучателя 2 и двухлинзовой магнитной фокусирующей системы 1. Электроны, испускаемые прямонакальным вольфрамовым катодом, ускоряются в пространстве между анодом 5 и катодом 3. Система, состоящая из катода 3, управляющего электрода 4 и анода 5, формирует электронный пучок, энергия которого составляет 100 кэВ. Ускоренные и сфокусированные электроны, выйдя из отверстия анода 5, далее движутся с постоянной скоростью. Эмитируемый катодом 3 электронный пучок имеет диаметр около 100 мкм, затем он электростатически фокусируется сначала до диаметра 30 мкм, а потом короткофокусной (2...3 мм) магнитной линзой — в пятно диаметром около 0,5 мкм. Так как пучок обладает объемным пространственным зарядом, происходит его дефокусировка. Поэтому после электростатической фокусировки пучок фокусируют электромагнитной линзой 6, устанавливаемой так, чтобы

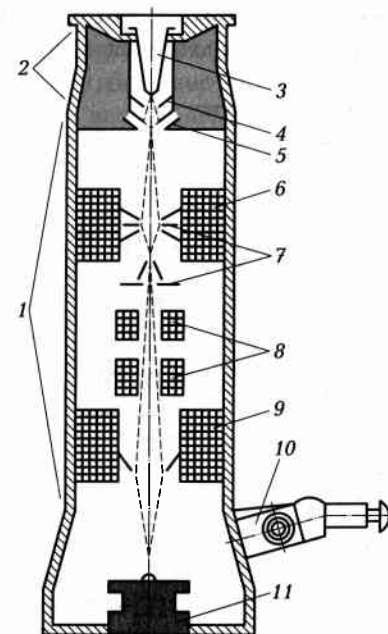


Рис. 3.6. Электронно-лучевая установка:

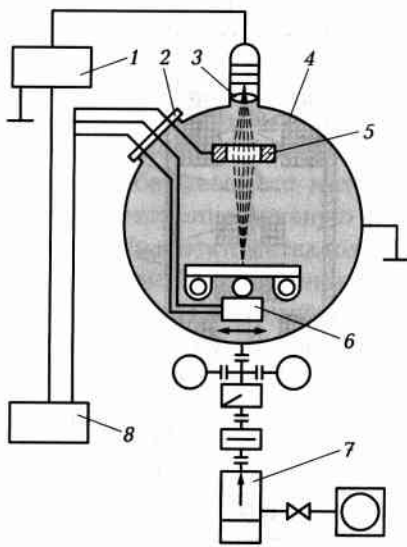
1 — двухлинзовая магнитная фокусирующая система; 2 — электронный излучатель; 3 — катод; 4 — управляющий электрод; 5 — анод; 6 — электромагнитная линза; 7 — диафрагмы; 8 — корректирующие катушки; 9 — длиннофокусная электромагнитная линза; 10 — микроскоп; 11 — координатный стол

ее центр был ниже точки схождения до минимального диаметра. После прохождения электромагнитной линзы пучок снова начинает расходиться. Эту точку называют кроссовером.

Для повторной фокусировки пучка установлена длиннофокусная электромагнитная линза 9 с фокусным рассеянием 30...180 мм, которая переносит уменьшенное изображение источника электронов на поверхность обрабатываемого изделия в том же масштабе.

Большое расстояние между линзой и плоскостью координатного рабочего стола 11 позволяет обрабатывать крупногабаритные детали в труднодоступных местах. При необходимости электронный луч можно развернуть, установив дополнительные приборы. Система, состоящая из вырезающих диафрагм 7 и корректирующих катушек 8, дает возможность пропускать только центральную часть электронного пучка и исправлять его поперечное сечение до правильного круга в случае искажения формы пучка из-за дефектов изготовления полюсных наконечников магнитных линз. Процесс размерной обработки можно наблюдать с помощью микроскопа 10 и при необходимости его корректировать.

Для сварки тонких материалов с глубиной проплавления 0,5...1 мм используют установку для сварки электронным лучом (рис. 3.7). Материалы сваривают в вакуумной камере 4 сфокусированным лучом электронной пушки 3, перемещаемой электромагнитной фокусирующей линзой и отклоняющей системой 5. Свариваемое изделие, находящееся внутри вакуумной камеры, также может перемещаться на координатном



столу 6. Питание всех потребителей электроэнергии электронной пушки происходит от высоковольтного выпрямителя 1, электродвигателя механизма перемещения свариваемого изделия,

Рис. 3.7. Установка для сварки электронным лучом:

1 — выпрямитель высокого напряжения; 2 — электрический вакуум-плотный ввод; 3 — электронная пушка; 4 — вакуумная камера; 5 — отклоняющая система; 6 — координатный стол; 7 — вакуумная система; 8 — пульт управления

выполненного с помощью электрического вакуум-плотного ввода 2, а управление работой установки, в том числе и вакуумной системой 7, осуществляется с пульта управления 8. Размерная обработка материалов производится электронным пучком при плотности тепловой энергии  $10^6 \dots 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>.

При производстве некоторых видов оборудования, например, вакуумных приборов, весьма важно использовать особо чистые металлы (особенно тугоплавкие), для получения которых применяют плавку электронным пучком в установках вакуумной плавки.

Такая установка состоит из вакуумной камеры, двух электронных пушек, механизма подачи металла для плавки, кристаллизатора и вакуумной системы с входящими в нее двумя агрегатами на базе механических и диффузионных паромасляных насосов, что позволяет производить отдельную откачку рабочего объема камеры и электронных пушек.

Электронная пушка, расположенная в установке вертикально, служит для расплавления конца прутка металла, подаваемого специальным механизмом. Капли расплавленного металла падают в кристаллизатор, в котором они остаются в расплавленном состоянии, нагреваемые пучком электронной пушки. По мере увеличения количества расплавленного металла кристаллизатор опускается, а металл охлаждается водоохлаждаемыми стенками кристаллизатора, превращаясь в слиток. Преимущества электронно-лучевого нагрева очевидны. Это возможность регулируемого локального нагрева с плавным вводом тепловой энергии, безынерционность процесса и особо чистые условия плавки, выполняемые в вакууме  $1,33 \cdot 10^{-2} \dots 1,33 \cdot 10^{-3}$  Па.

### 3.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ

**Электроискровая обработка** основана на расплавлении и испарении металлов под действием импульсов электрического тока, проходящих между обрабатываемым изделием (анодом) и инструментом (катодом), которые помещены в жидкую диэлектрическую среду (например, керосин). При подаче питания на изделие и инструмент (электроды) в межэлектродном пространстве, представляющем собой газовый пузырь, возникает электрическое поле с наибольшей напряженностью в минимальном зазоре между их выступами (неровностями). Когда нарушается электрическая прочность среды, происходит электрический пробой, образуется канал

проводимости, по которому проходит энергия импульсного разряда. Образовавшийся кратковременный сосредоточенный источник теплоты расплавляет и испаряет металл с поверхностей электродов, который застывает в рабочей жидкости в виде мелких частиц сферической формы. По мере восстановления электрической прочности в пространстве между электродами возникает очередной разряд. Процесс идет до тех пор, пока на поверхности электродов не будут разрушены все участки металлов, на которых может возникнуть напряжение пробоя.

Количество металла, удаленное одиночным импульсом (эффект эрозии), и форма образованной при этом лунки зависят от энергии разряда, его длительности и свойств обрабатываемого материала. Установлено, что эффект эрозии уменьшается при обработке металла с повышенной температурой плавления. Такие механические характеристики как твердость и вязкость на эффект эрозии не влияют. Температура, возникающая в зоне канала импульсного разряда, составляет 5 000... 40 000 °С, что позволяет обрабатывать практически все не поддающиеся механической резке металлы и неметаллические материалы.

Электроискровая обработка широко используется в промышленности при изготовлении штампов, пресс-форм, твердосплавных деталей, прошивании криволинейных отверстий, упрочнении поверхностей металлорежущего инструмента и др.

В установках электроискровой обработки применяют различные типы генераторов импульсов, различающихся по принципу действия и устройству.

Преимущественное распространение имеют релаксационные генераторы, в которых возбуждение импульсов, разрядное напряжение, амплитуда силы тока и частота следования импульсов управляются путем изменения межэлектродного промежутка.

Наиболее простыми и надежными генераторами, применяемыми в оборудовании для прецизионной электроискровой обработки, являются генераторы типа RC. Конденсатор накапливает некоторое количество энергии от источника постоянного тока (генератора) через токоограничивающий резистор. Напряжение на конденсаторе повышается до величины пробивного, при котором электрическая прочность межэлектродного промежутка нарушается и происходит пробой. Накопленная конденсатором энергия выделяется в межэлектродном промежутке в виде короткого импульса большой мощности. После разряда конденсатор снова постепенно заряжается, за это время восстанавливается электрическая прочность среды межэлектродного промежутка.

Недостатком схемы генератора RC является невозможность повышения частоты повторения импульсов из-за опасности образования дуги, которая может появиться при малой скорости восстановления электрической прочности среды межэлектродного промежутка. Коэффициент полезного действия генератора импульсов RC составляет 50 %. Частоту процесса и точность обработки можно значительно повысить, если в схему генератора ввести тиратрон. При использовании тиратронов частота импульсов может быть повышена до 25... 30 кГц.

Оборудование (установки) для прецизионной электроискровой обработки подразделяют на два типа (рис. 3.8). Это установки для обработки наружных профилей, отверстий и полостей методом копирования электрода-инструмента 1 (рис. 3.8, а) и координатные установки для прорезания, перерезания и изготовления деталей различного профиля электродом-инструментом в виде тонкой проволоки 3 (рис. 3.8, б).

Рассмотрим электроискровую установку для обработки деталей методом копирования электрода-инструмента (рис. 3.9). Для создания благоприятных условий удаления продуктов обработки установку располагают под углом 45°. По направляющим станины сверху перемещается ползун 13, имеющий в цанговом зажиме

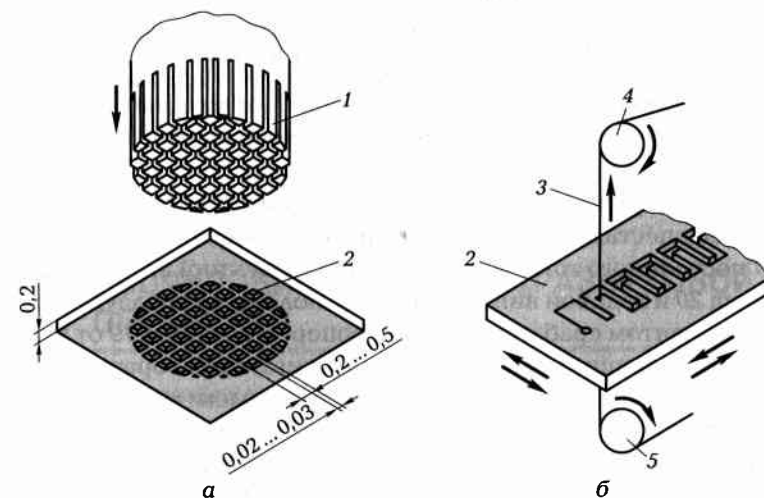


Рис. 3.8. Схемы копирования инструмента (а) и обработки непрофилированным электродом-инструментом (б):

1 — электрод-инструмент; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — проволока; 4, 5 — барабаны

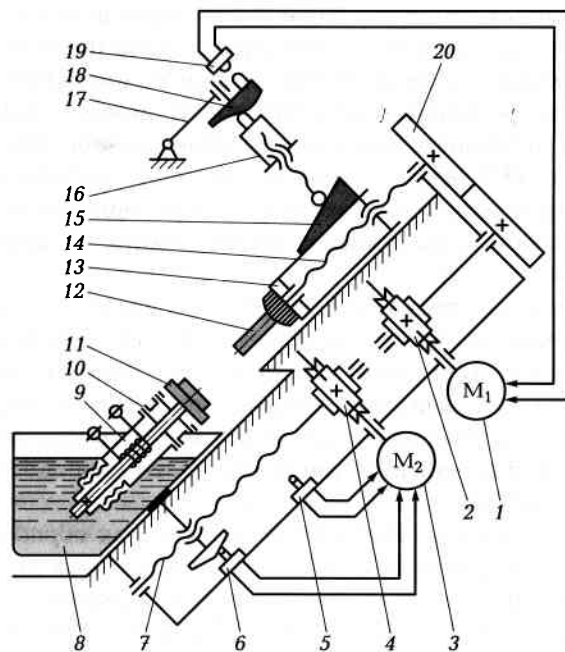


Рис. 3.9. Электроискровая установка для обработки деталей методом копирования электрода-инструмента:

1, 3 — электродвигатели; 2, 4 — червячные пары (червячные редукторы); 5, 6, 19 — микропереключатели; 7 — винтовая пара; 8 — ванна; 9 — вибратор; 10 — мембрана; 11 — столик; 12 — электрод-инструмент; 13 — ползун; 14 — ходовой винт; 15, 18 — кулачки; 16 — толкатель; 17 — рычаг; 20 — фрикционная передача

электрод-инструмент 12. Регулирование подачи ползуна с инструментом осуществляется по кинематической цепочке: электродвигатель 1 постоянного тока, червячная пара (редуктор) 2, фрикционная передача 20 и ходовой винт 14. Нижнее положение ползуна определяется моментом срабатывания микропереключателя 19 от кулачка 15, переключающих вращение электродвигателя в обратную сторону (реверс). Управление микропереключателем происходит при воздействии кулачка 15 через толкатель 16 и кулачок 18, закрепленный на рычаге 17. Толкатель 16 регулируется по длине, что позволяет устанавливать границы хода ползуна. Аналогичное устройство применяется для ограничения верхнего положения ползуна.

Ванна 8 получает движение от электродвигателя 3 через червячную 4 и винтовую 7 пары. Верхнее и нижнее положения ванны ограничиваются срабатыванием микропереключателей 5 и 6. Сто-

лик 11, на котором закрепляют обрабатываемую деталь, подвешен на мембране 10 и может колебаться при воздействии на него вибратора с частотой 50 Гц. Величина амплитуды колебаний вибратора регулируется изменением напряжения, подаваемого на катушку, или перемещением сердечника, ограничивающего ход диафрагмы.

Установка электроискровой обработки непрофилированным электродом (см. рис. 3.8, б), имеет проволоку, являющуюся электродом. Проволока наматывается на барабан 4, приводимый во вращение от электродвигателя через редуктор, а разматывается с барабана 5, находящегося на валу электродвигателя и создающего необходимое натяжение проволоки при вращении в обратную сторону. Проволока направляется скобой и роликами. Обрабатываемая деталь крепится к горизонтально расположенному столу (скобе), который может перемещаться горизонтально в двух взаимно-перпендикулярных направлениях суппортами, приводимыми в движение автоматическими регуляторами по заданной программе.

В электроискровой оптической установке обрабатываемая заготовка закрепляется на кронштейне, связанном с координатным столом проектора, который может перемещаться горизонтально в двух взаимно-перпендикулярных направлениях относительно электрода-инструмента. Источник света через оптическую систему проецирует на экран крест, образованный пересечением двух рисок, нанесенных на стекле стола. Оптическая система дает увеличение в 50 раз, поэтому на экране помещают чертеж контура обрабатываемой детали, тоже увеличенный в 50 раз. Перемещая стол таким образом, чтобы перекрестные линии всегда совпадали с контуром изображения чертежа, обрабатывают заготовку по чертежу, получая изделие (деталь) с отклонениями по размерам  $\pm 5$  мкм.

### 3.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

**Ультразвуковые волны** — это не слышимые человеческим ухом упругие волны, лежащие в диапазоне частот от 20 кГц до 1 ГГц. Высокая частота и малая длина ультразвуковых волн позволяют фокусировать, распространять направленными пучками, генерировать мощные волны, способные переносить значительную энергию. Ультразвуковые волны с различной скоростью распространяются в жидкостях, газах и твердых телах, поэтому они нашли широкое применение в современной технике — это ультразвуковая дефек-



тоскопия, ультразвуковая обработка металлов (сварка, пайка, очистка), а также интенсификация многих процессов, таких, как резка, химико-термическая обработка, упрочнение и шлифование металлических поверхностей и др.

В основе большинства ультразвуковых устройств используется явление кавитации, возникающей на низких частотах 18... 100 кГц, которое рассмотрим подробнее.

На более высоких частотах ультразвуковых колебаний от 2,5 до 10 мГц величина ускорения свободного падения повышается в сотни и тысячи раз и, следовательно, механизм воздействия ультразвуковых колебаний на вещество изменяется.

Условно ультразвуковые колебания можно представить в виде синусоиды, при их распространении в жидкой среде возникает чередование зон сжатия и растяжения с одинаковой амплитудой. Кавитация начинается в связи с тем, что жидкость хорошо воспринимает большие сжатия и очень плохо — растяжения. При растяжении создается разрежение и в жидкости образуется большое количество разрывов в виде мельчайших пузырьков, сосредоточенных в местах ослабления ее сплошности. Такими местами являются пузырьки газа, частицы посторонних примесей и др. Эти места называют кавитационными пузырьками, они имеют короткое время жизни и, захлопываясь, создают большие (сотни бар) локальные давления, которые и используют при обработке различных веществ.

Рассмотрим оборудование, предназначенное для ультразвуковой обработки.

*Ультразвуковой прошивочный станок* (рис. 3.10) предназначен для обработки твердых и хрупких материалов: стекла, кварца, керамики, твердых сплавов. На станке методом прошивания можно выполнять отверстия и полости различной конфигурации, он должен быть оснащен самостоятельным генератором ультразвуковых колебаний мощностью не менее 1,5 кВт. Станок состоит из станины 1, стола 2, ультразвуковой головки 6, электрической системы, систем подачи охлаждающей воды и абразивной суспензии.

Литая станина 1 имеет коробчатую форму и нижней частью крепится к чугунной плите, в ее верхней части выполнено посадочное место для установки ультразвуковой головки 6, а в средней части она имеет направляющие, по которым перемещается стол 2. Внутри станины размещается бак с абразивной суспензией и элементы управления ультразвуковой головкой. Доступ к внутренним полостям станины осуществляется через дверь и окна, закрытые съемными крышками.

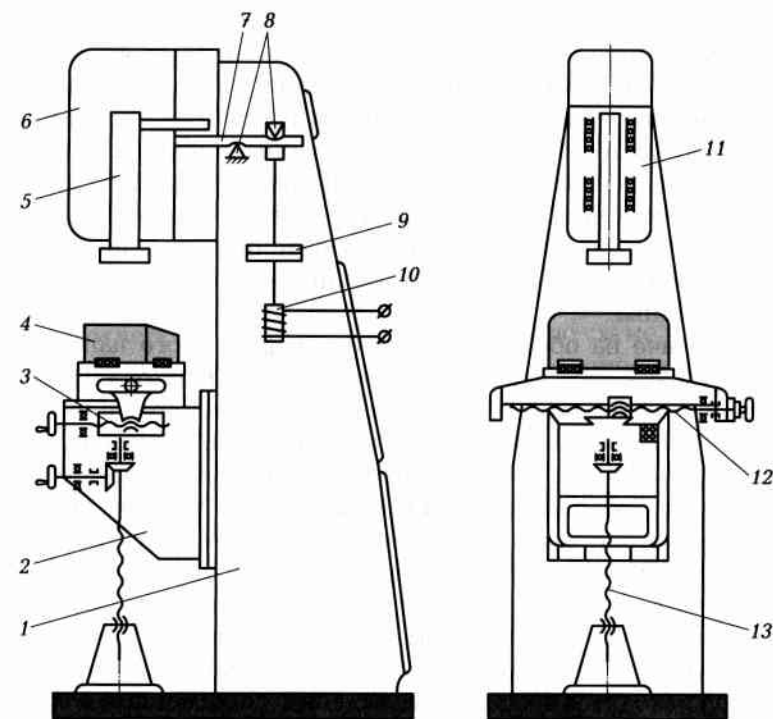


Рис. 3.10. Ультразвуковой прошивочный станок:

1 — станина; 2 — стол; 3, 12, 13 — ходовые винты; 4 — кожух; 5 — ползун; 6 — ультразвуковая головка; 7 — коромысло; 8 — опоры; 9 — противовес; 10 — соленоид; 11 — направляющие качения

Стол 2 консольного типа может перемещаться по направляющим с помощью ходовых винтов 3, 12 и 13 в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Рабочая плоскость стола имеет Т-образные пазы для крепления обрабатываемой детали, в которых выполнены сквозные отверстия для удаления абразивной суспензии в полость стола, откуда она проходит в станину и сбрасывается в бак. На столе устанавливают кожух 4 из органического стекла, защищающий работающего от брызг абразивной суспензии.

Внутри разъемного корпуса ультразвуковой головки, закрепленной в верхней части станины, размещен ползун 5, перемещающийся относительно корпуса по вертикальным направляющим качения 11. Качение осуществляется шариками диаметром 6 мм, набранными в сепараторы.

Ползун уравновешен противовесом 9 и связан с соленоидом 10, с помощью которого можно при необходимости изменять избыточный вес ползуна и, следовательно, давление инструмента на изделие в заданном режиме. Для повышения чувствительности этой системы коромысло 7 опирается на закаленные опоры 8. В нижней части ползуна имеется герметичная камера, в которой расположен магнитострикционный вибратор, или преобразователь, принцип работы которого основан на преобразовании переменного напряжения ультразвуковой частоты в механические колебания никелевого сердечника.

При подаче на обмотку сердечника переменного напряжения ультразвуковой частоты от ультразвукового генератора возникает электромагнитное поле, которое, воздействуя на сердечник, вызывает изменение его длины (магнитострикционный эффект). Изменение длины сердечника передается излучателю, а затем рабочему инструменту, который жестко на резьбе крепят к излучателю. При работе магнитострикционного вибратора рабочий инструмент совершает вертикальные колебания с частотой, задаваемой ультразвуковым генератором. Процесс резания материала происходит при воздействии колебаний рабочего инструмента на абразивные частицы суспензии и возникающего при этом явления кавитации. Вибратор находится в камере охлаждения, наполненной водой. Рабочий инструмент (концентратор) для вырезки, например круглых деталей, представляет собой инструмент с набором трубок и отверстий. При смене инструмента ползун зажимают специальным приспособлением.

Система подачи абразивной суспензии состоит из бака, трубопроводов и насоса. В рабочую зону суспензия подается насосом, перемешивается тем же подающим насосом и струей сбрасывается обратно в бак.

Система охлаждения состоит из трубопроводов, подводящих магистральную воду к камере магнитострикционного вибратора и генератору и отводящих ее в слив. Система охлаждения снабжена сильфонным реле давления воды, выключающим генератор при отсутствии воды или при ее недостаточном давлении.

Электрическая схема ультразвукового прошивочного станка довольно проста. От ультразвукового генератора к станку подведены девять проводов. Четыре провода идут непосредственно к магнитострикционному вибратору: по одной паре проводов подают переменный ток, а по другой — постоянный. Два провода идут на реле давления воды. По трем сетевым проводам подается переменное трехфазное напряжение 380 В. Электрическая схема станка защи-

щена от перегрузок тремя предохранителями, установленными в его станине.

Выключатель, расположенный на электропанели, служит для включения и выключения электродвигателя, приводящего во вращение насос подачи абразивной суспензии. Рабочая зона станка освещается лампой, которая включается тумблером. Питание на лампу подается от вторичной обмотки понижающего трансформатора.

Соленоид служит для установления статического давления инструмента на обрабатываемую деталь. Питается соленоид постоянным током через выпрямители, включенные по схеме моста. Изменяя автотрансформатором напряжение, подаваемое в обмотку соленоида, можно регулировать его втягивающее усилие.

Для управления релаксацией (постепенным ослаблением) давления ультразвуковой головки служит расположенная на электропанели кнопка, при нажатии на которую на соленоид подается максимальное напряжение.

Пуск станка необходимо выполнять в определенной последовательности.

Вначале открывают вентиль, пропускающий воду для охлаждения магнитострикционного вибратора, а затем включают ультразвуковой генератор. Ручным штурвалом поднимают ультразвуковую головку в верхнее положение. Устанавливают на столе обрабатываемую деталь, по мере надобности опуская стол. Затем подводят инструмент к детали, для чего штурвалом опускают головку и включают соленоид. Пусковым устройством «Насос» включают насос подачи абразива и после этого включают напряжение генератора. Окончив работу, станок останавливают в обратном порядке.

Рассмотренный ультразвуковой станок может прошивать отверстия диаметром до 70 мм на глубину до 30 мм в деталях с максимальными размерами 200 × 150 × 180 мм при частоте колебаний вибратора 20... 25 кГц.

*Ультразвуковые ванны (установки)* (рис. 3.11) применяются для промывки (очистки) различных деталей и изделий. Каждая установка включает в себя генераторы 6 и односекционную ванну 5 из коррозионно-стойкой стали. Излучатели 1 в ультразвуковых ваннах либо монтируют снизу на кожухе 2 (рис. 3.11, а), либо погружают сверху непосредственно в ванну (рис. 3.11, б). Излучатель состоит из нескольких преобразователей, питаемых извне каждый от своего генератора. Общая мощность излучателя с пьезокерамическими преобразователями составляет 1 кВт.

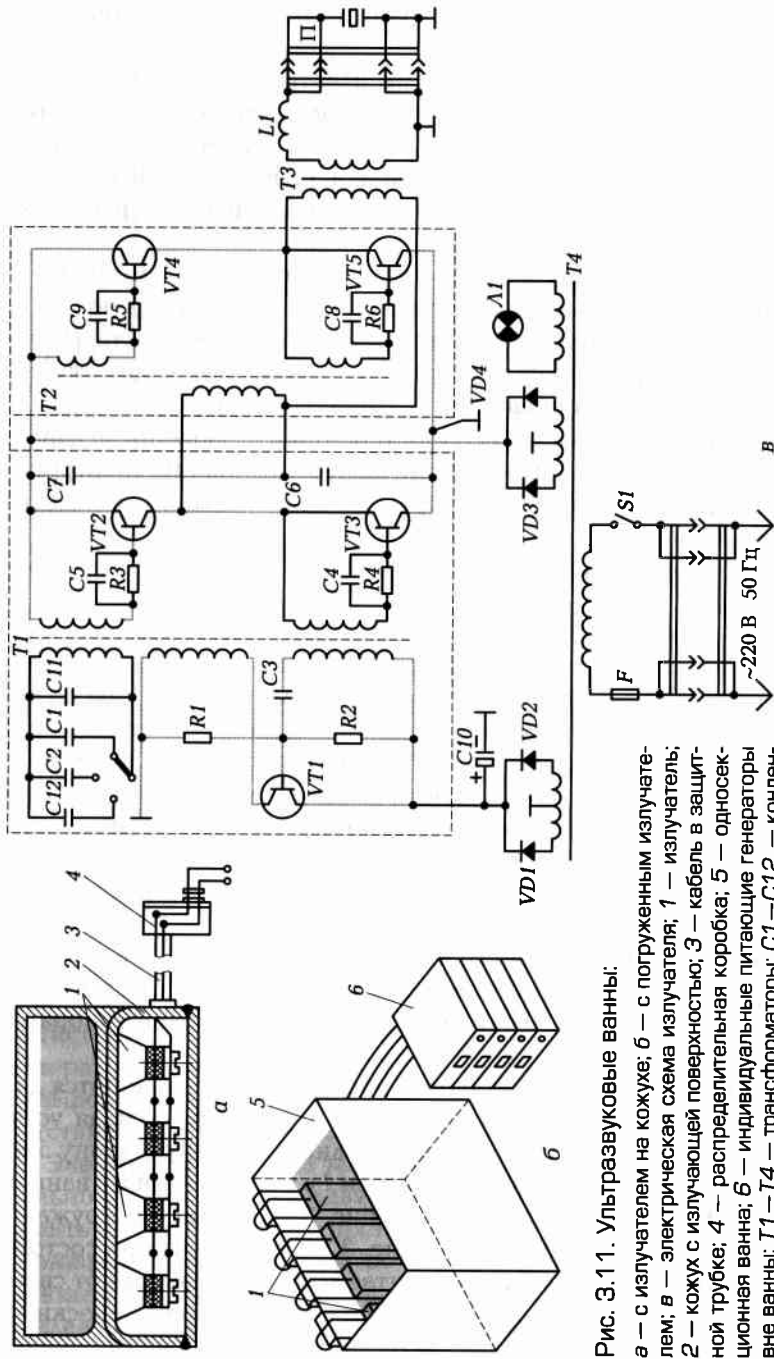


Рис. 3.11. Ультразвуковые ванны:

а — с излучателем на кожухе; б — с погруженным излучателем; в — электрическая схема излучателя; 1 — излучатель; 2 — кожух с излучающей поверхностью; 3 — кабель в защитной трубке; 4 — распределительная коробка; 5 — односекционная ванна; 6 — индивидуальные питающие генераторы вне ванны; Т1—Т4 — трансформаторы; С1—С12 — конденсаторы; VT1—VT5 — транзисторы; R1—R6 — резисторы; VD1—VD4 — диоды; П — пьезоэлектрический преобразователь; L1 — катушка индуктивности; Л1 — лампа; F — предохранитель; S1 — тумблер

Кроме рассмотренной установки ультразвуковые ванны могут иметь, например, два отсека: промывочный и ультразвуковой. Промывочный отсек предназначен для предварительной промывки очищаемых деталей без воздействия ультразвуковых колебаний. В отсеке ультразвуковой очистки детали промывают с помощью ультразвуковых колебаний. В качестве моющей жидкости применяют растворители, кислоты, щелочи, горячую и холодную воду. В дно отсека ультразвуковой ванны вмонтирован излучатель с несколькими преобразователями ультразвуковых колебаний. Снаружи ультразвуковая ванна закрыта металлическим кожухом, на лицевой стороне которого расположены ручки управления сливными кранами ванны. Оба отсека ванны могут быть закрыты одной крышкой, изготовленной из коррозионно-стойкой стали.

Для ультразвуковой ванны с погруженным излучателем генератор ультразвуковых колебаний б (см. рис. 3.11, б) выполнен в виде отдельного блока. На передней панели генератора расположены тумблер и сигнальная лампочка, а на задней находятся предохранитель, штепсельные разъемы, клемма для заземления. Штепсельные разъемы служат для соединения генератора с ванной и питающей сетью. Конструкция генератора обеспечивает свободный доступ ко всем элементам схемы. Электрическая схема излучателя представлена на рис. 3.11, в.

Питание ультразвуковой установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц с помощью силового трансформатора Т4, имеющего одну первичную и три вторичных обмотки, одна из которых служит для питания задающего генератора, вторая — для питания предварительного и окончательного усилителей, а третья питает сигнальную лампочку. Питание задающего генератора осуществляется от двухполупериодного выпрямителя, собранного на диодах VD1 и VD2, а питание предварительной и выходной ступеней усилителя — от двухполупериодного выпрямителя, работающего на диодах VD3 и VD4.

Задающий генератор работает на транзисторе VT1 по схеме с индуктивной обратной связью и колебательным контуром. Колебания ультразвуковой частоты (18 кГц) с задающего генератора подаются на вход предварительного усилителя мощности, собранного на транзисторах VT2 и VT3, работающих в режиме переключения. Такой режим работы транзисторов позволяет получить высокий КПД при достаточно большой мощности. Цепи предварительного усилителя мощности без транзисторов подключаются к отдельным обмоткам возбуждения трансформатора Т1, которые включены на-

встречу друг другу. Такое включение обеспечивает поочередную работу транзисторов.

Автоматическое смещение каждого транзистора обеспечивается резисторами  $R3—R4$  и конденсаторами  $C4—C5$ . Переменное напряжение возбуждения подается на базу каждого транзистора через конденсаторы, а постоянная составляющая базового тока — через резисторы, создавая на них падение напряжения, что обеспечивает надежное закрытие или открытие транзисторов. Усилитель мощности собран на транзисторах  $VT4$  и  $VT5$ , работающих в режиме переключения.

Электрические колебания с предварительного усилителя мощности подаются на каждый транзистор с отдельной обмотки трансформатора  $T2$ , в которых напряжения противофазны. С каскада усилителя мощности переменное напряжение подается на первичную обмотку выходного трансформатора  $T3$ . Повышенное выходным трансформатором напряжение подается на пьезоэлектрический преобразователь  $П$ . Так как транзисторы работают в режиме переключения, выходное напряжение, содержащее гармоники, имеет на трубке осциллографа прямоугольную форму. Для выделения первой гармоники напряжения на преобразователе  $П$  к выходной обмотке трансформатора  $T3$  последовательно с преобразователем включена катушка индуктивности  $L1$ . Величина индуктивности рассчитана таким образом, что с собственной емкостью пьезоэлектрического преобразователя она составляет колебательный контур, настроенный на первую гармонику напряжения. Это позволяет получить на нагрузке синусоидальное напряжение, не меняя энергетически выгодного режима работы транзисторов.

При работе с ультразвуковой установкой необходимо выполнять требования безопасности. Установка должна быть обязательно заземлена. При работе на установке должен быть полностью исключен непосредственный контакт рук рабочих с жидкостью, ультразвуковым инструментом и обрабатываемыми деталями.

В ультразвуковой ванне детали промывают, уложив их в специальную тару. При включении установки в сеть загорается сигнальная лампочка, а затем появляется звук кавитирующей жидкости. О появлении кавитации можно судить также по образованию на преобразователе ванны мельчайших подвижных пузырьков.

Перед включением установки в сеть в ванну заливают моющий раствор или воду до уровня 85...90 мм. Максимальная температура моющей среды не должна превышать 80 °С. Нельзя, чтобы преобразователи работали без моющей жидкости. При появлении кави-

тации детали погружают в ванну и промывают согласно требованиям технологической документации.

*Ультразвуковая сварка (сварка давлением)* — это процесс соединения двух материалов, находящихся в твердом состоянии, которые подвергаются незначительному нагреву с приложением определенного давления и воздействию колебаний ультразвуковой частоты. При ультразвуковой сварке температура нагрева в зоне контакта не превышает 50...60 % температуры плавления свариваемых материалов. Контактное давление, подбираемое опытным путем, зависит от механических свойств свариваемых материалов и размеров изготовленных из них деталей. Обычно деформация деталей, соединяемых ультразвуковой сваркой, не превышает 5...20 % их первоначальных размеров. Ультразвуковую сварку выполняют в интервале частот 18...250 кГц.

Ультразвуковые колебания, действуя на соединение контактных поверхностей, нагревают его, освобождают от загрязнений и оксидов, ускоряют пластическую деформацию, защищают поверхности в зоне контакта, в результате чего происходит сближение физически чистых поверхностей на расстояние действия межатомных сил, взаимная диффузия и прочное соединение двух материалов.

В установках ультразвуковой сварки используют различные системы передачи ультразвуковых колебаний к месту контакта свариваемых материалов. Так, для приварки проволочных выводов обычно применяют ультразвуковую продольно-поперечную колебательную систему с инструментом, совершающим колебания изгиба.

Ультразвуковые колебания от преобразователя передаются по концентратору (волноводу) и расположенному перпендикулярно ему сварочному инструменту, который в свою очередь передает их проволочному выводу и детали. Инструмент, совершая колебания изгиба, воздействует на вывод, притирая его к детали. При этом поверхности контакта очищаются, нагреваются, сближаются и происходит взаимная диффузия атомов, в результате чего образуется прочное соединение вывода с деталью.

Прочность соединений, полученных ультразвуковой сваркой, зависит от амплитуды и частоты ультразвуковых колебаний инструмента, контактного усилия, прикладываемого к свариваемым материалам, времени сварки и мощности колебательной системы. Амплитуду и частоту колебаний инструмента подбирают опытным путем для каждой пары материалов определенной толщины, так как от них зависит динамическая нагрузка, передаваемая свариваемым изделиям в зоне контакта. Так, для материалов небольшой толщины используют малые амплитуды (0,005...0,015 мм) и повышен-

ные частоты (до 100 кГц). Пластическая деформация материалов зависит от их физико-механических свойств, толщины и приложенного контактного усилия, а также от состояния контактных поверхностей.

Мощность колебательной системы определяется конструкцией установки, а время сварки зависит от выбранных амплитуды и частоты колебаний инструмента, контактного усилия, а также свойств свариваемых материалов, их толщины и обычно составляет от нескольких сотых до нескольких десятых долей секунды.

Свариваемые поверхности должны быть чистыми, не иметь жировых пленок и грубых дефектов. Следует помнить, что основным условием высококачественной ультразвуковой сварки является свободное контактирование соединяемых поверхностей.

Для интенсификации процесса ультразвуковой сварки применяют косвенный импульсный нагрев инструмента. Одновременное воздействие ультразвуковых колебаний и импульсного нагрева инструмента на соединяемые материалы повышает прочность сварного соединения при меньшей деформации изделия и позволяет соединять между собой трудносвариваемые материалы.

Принцип действия преобразователей ультразвуковых колебаний в механические основан на свойстве некоторых материалов под действием электрического тока изменять свои размеры. Преобразователи ультразвуковых колебаний, называемые иногда электромеханическими излучателями, подразделяют на три группы: электродинамические, магнитострикционные и пьезоэлектрические.

Ультразвуковые электродинамические излучатели по устройству и действию сходны с хорошо известными громкоговорителями (динамиками). В производстве особенно широкое распространение получили магнитострикционные преобразователи, представляющие собой замкнутый магнитопровод, набранный из отдельных пластин никеля, пермаллоя или пермендюра, на продольные стержни которого намотано по одной обмотке возбуждения и подмагничивания. Магнитострикционные преобразователи применяются для излучения ультразвуковых колебаний частотой от 5 до 150 кГц. Кроме того, эти преобразователи изготавливают из специальных магнитострикционных ферритов. Пьезоэлектрические преобразователи представляют собой систему, состоящую из кристаллов кварца, титаната бария или цирконата титана, пьезокерамики и одной или двух металлических пластин, прочно соединенных (склеенных или спаянных) между собой, к которым подводится электрическое питание большого напряжения (100 В и более); они приме-

няются для излучения ультразвуковых колебаний частотой 100 кГц и выше.

Концентратор (волновод) выполняют в виде стержня, поверхность которого обработана по экспоненте или имеет коническую, а иногда цилиндрическую форму, и служит для передачи колебаний с трансформацией амплитуды (кроме цилиндрического концентратора) и концентрацией (усилением). На толстом конце концентратора жестко (пайкой) крепится электромеханический излучатель, а на тонком — инструмент для ультразвуковой сварки. Форма концентратора существенно влияет на коэффициент концентрации ультразвуковых колебаний. Для изготовления концентраторов обычно используют хромистые стали (40Х, 30ХГСА и др.).

Для пайки широко применяют ультразвуковые паяльники, состоящие из наконечника, на котором имеется магнитострикционный излучатель с обмоткой, соединенной с ультразвуковым генератором, а также спираль для нагревания наконечника. Применение ультразвукового паяльника значительно интенсифицирует процесс пайки, так как кавитационные пузырьки разрушают оксидную пленку обрабатываемой детали, а припой хорошо соединяется (смачивает) с очищенной поверхностью.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каков принцип работы лазера?
2. Каково устройство электронно-лучевой пушки?
3. Как устроена электроискровая установка для обработки деталей методом копирования электрода-инструмента?
4. Каково устройство ультразвуковых ванн?

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К химическим и электрохимическим способам обработки материалов относятся очистка, травление, полирование, химическое и гальваническое нанесение покрытий и другие способы, в которых используется воздействие химических веществ и электрического тока на обрабатываемые материалы.

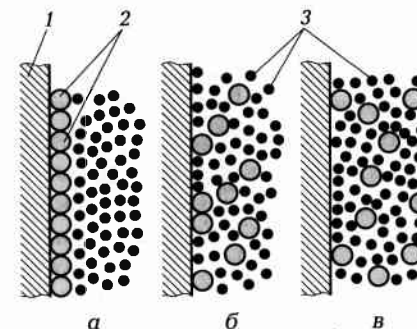
Все **химические способы** очистки деталей (материалов) можно подразделить на две основные группы:

- методы, основанные на применении нейтральных растворителей (например, бензина, трихлорэтилена, воды), которые не разрушают молекулы загрязнений, а благодаря сорбционной активности вытесняют их с поверхности обрабатываемого материала в раствор;
- методы, основанные на использовании химически активных жидкостей (кислот и щелочей) и электролитических процессов, которые разрушают молекулы загрязнений и одновременно воздействуют на материал детали.

В упрощенном понимании физический процесс *очистки* — удаления загрязнений — можно объяснить следующим образом (рис. 4.1). Перед обработкой очищаемая поверхность 1 покрыта молекулами загрязнений 2 (рис. 4.1, а), с которыми моющая жидкость (растворитель) 3 еще не вступила во взаимодействие. При наступлении взаимодействия происходит ослабление связей молекул загрязнений с очищаемой поверхностью и часть их переходит в ближайший слой моющей жидкости (рис. 4.1, б), а на освободившееся место сорбируются молекулы растворителя. Далее активизируется процесс диффузии (рис. 4.1, в), в результате

Рис. 4.1. Удаление поверхностных загрязнений:

а—в — положение молекул загрязнений и растворителя перед началом процесса, после окончания очистки; 1 — очищаемая поверхность; 2 — молекулы загрязнений; 3 — молекулы моющей жидкости (растворителя)



которого загрязнения почти полностью удаляются с очищаемой поверхности.

Эффективность удаления загрязнений можно повысить, если к моющей жидкости добавить поверхностно-активные вещества или использовать электролитический способ удаления загрязнений.

Наиболее распространенным способом удаления органических загрязнений является обезжиривание в различных жидкостях — трихлорэтилене, бензине, тетрахлорметане, фреоне, зестроне, а также электролитическая очистка и травление в кислотах и щелочах.

**Электрохимические (электрические) способы обработки** основаны на прохождении постоянного электрического тока между электродами, погруженными в электролит, что сопровождается физическими и химическими процессами, происходящими в электролите и на поверхности электродов. Одним из таких процессов является анодное растворение: переход металла с поверхности анода в раствор.

Анодное растворение используется для очистки поверхности металлов, электрополирования, доводки, шлифования, затачивания режущего инструмента и других целей. Процессы, происходящие на катоде, — восстановление и осаждение металла, — применяются в основном для нанесения гальванических покрытий (гальванопластика и гальваностегия).

Принцип *анодно-механической обдирки* показан на рис. 4.2, а. При прохождении постоянного тока через электролит 3 и погруженные в него электроды 1 (анод — заготовка) и 4 (катод — движущийся инструмент) происходит растворение поверхности анода 1 с образованием пленок 2, которые снимаются движущимся металлическим катодом 4 (инструментом). Необходимая обработка осу-



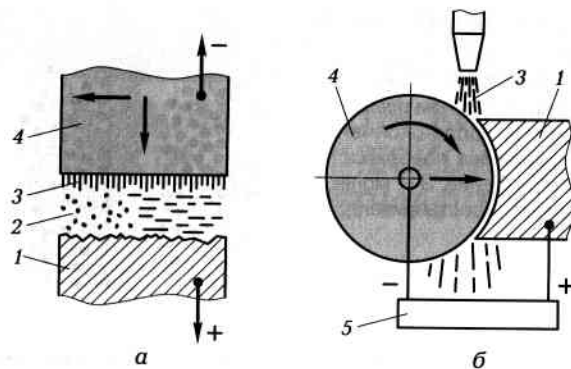


Рис. 4.2. Анодно-механическая обдирка:

а — принцип обработки; б — схема анодно-механической обдирки; 1 — заготовка; 2 — пленка; 3 — электролит; 4 — инструмент (катод); 5 — источник питания

ществляется направленным снятием пленок с заготовок. Установка для анодно-механической обдирки (рис. 4.2, б) состоит из вращающегося диска 4 (катод), надвигающегося на заготовку 1 (анод), между которыми подается электролит 3. Питание на электроды установки поступает от источника 5. При обдирке этим способом в качестве инструмента используют массивные чугунные или стальные диски, работающие периферией. Режим при обработке твердосплавного инструмента: напряжение на электродах 18... 22 В, плотность тока 15... 25 А/см<sup>2</sup>, скорость перемещения электродов 12... 20 м/с, среда (электролит) — водный раствор жидкого стекла и интенсивность съема металла 120... 200 мм<sup>3</sup>/ (мин · см<sup>2</sup>).

*Электроконтактный способ обработки* основан на использовании теплоты, выделяющейся при прохождении электрического тока по участкам цепи с повышенным переходным сопротивлением (через контакты между электродами и обрабатываемым металлом), и теплоты разряда при их размыкании.

Принцип работы установки с применением электроконтактного способа обработки объясняется следующим. Соприкосновение двух металлических электродов — инструмента и заготовки — под небольшим давлением способствует образованию повышенного переходного сопротивления. При прохождении тока от источника питания через контакт происходит образование зоны разогревания, размягчения и плавления металла. Для сохранения продолжительной работоспособности инструмента (диска) его вращают с большой скоростью или специально охлаждают.

Разработанное оборудование с применением электроконтактного способа обработки используют для резки, заточки, шлифования, фрезерования и другой обработки с удалением металла, для сглаживания неровностей без удаления металла и нанесения металлических покрытий (виброконтактная наплавка, электроконтактная наварка). В зависимости от назначения оборудования обработку указанным способом производят диском диаметром 150... 200 мм при окружной скорости вращения 30... 40 м/с при напряжении 8... 36 В и силе рабочего тока 1... 3 кА.

*Нагрев металлов и сплавов в электролитах* основан на использовании теплоты, выделяющейся в процессе электролиза при повышенных плотностях тока на катоде за счет совместного протекания электрических разрядов и экзотермических реакций.

При прохождении постоянного электрического тока соответствующего напряжения и плотности (рис. 4.3) через электролит 3 между электродами — деталью (катодом) 4 и ванной 2 — поверхность катода 4 нагревается с большой скоростью до высокой температуры. Нагрев создается искровыми разрядами, которые проходят между поверхностью катода 4 и электролитом 3 и создают пульсирующие тепловые потоки, а также экзотермическими реакциями, протекающими в газовой оболочке 5 около катода.

В установках нагрева металлов в электролитах используют преимущественно двухстадийный нагрев. Для устойчивости процесса плотность тока на катоде должна значительно превышать плотность тока на аноде. Этот способ позволяет нагревать любые токопроводящие материалы на заданную глубину с большой скоростью и без окисления, поэтому детали и заготовки можно нагревать полностью под горячую высадку, выполнять местный нагрев под закалку или отжиг, пайку и др.

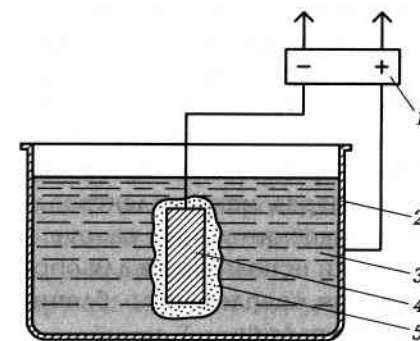


Рис. 4.3. Установка для нагрева металла в электролите:

1 — источник питания постоянного тока; 2 — ванна (анод); 3 — электролит; 4 — заготовка (катод); 5 — газовая оболочка

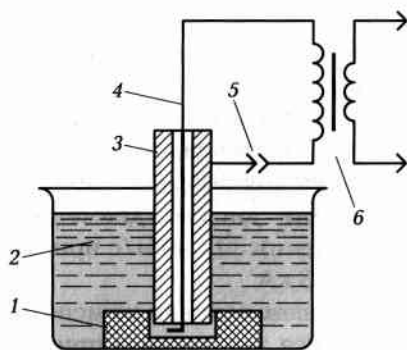


Рис. 4.4. Установка для прошивки неметаллов электрогидравлическим способом:

1 — заготовка; 2 — ванна с водой; 3, 4 — наружный и внутренний электроды; 5 — промежуточный разрядник; 6 — высоковольтный трансформатор

Нагрев металла в электролитах использовался в автоматических и полуавтоматических установках, в которых закалывают концы клапанов двигателей внутреннего сгорания, гусеницы, их пальцы, ободы катков, ролики, венцы, зубчатые колеса и другие детали тракторов.

Электрогидравлический способ обработки материалов основан на использовании высоких импульсных давлений, возникающих в жидкости при прохождении высоковольтного разряда малой длительности и с крутым фронтом. Прохождение в жидкой среде сформированного по специальной схеме импульсного высоковольтного разряда образует в зоне жидкости, окружающей канал, разряд сверхвысоких давлений также импульсного характера. Импульсы давления с помощью отражателя можно фокусировать на поверхность обрабатываемой заготовки. Мощность и длительность импульсов давления определяются параметрами электрической схемы.

Схема установки для прошивки неметаллов электрогидравлическим способом показана на рис. 4.4. Обрабатываемую заготовку 1 помещают в ванну с водой 2. Сверху к заготовке подведены два электрода: наружный 3 (в виде трубки) и внутренний 4, по форме соответствующий форме прошиваемого отверстия. Электроды получают питание от высоковольтного трансформатора 6 через промежуточный разрядник 5. Импульсный высоковольтный разряд между электродами создает в объеме жидкости гидравлические удары, разрушающие заготовку. Такой способ обработки используется для образования наклепа на металлах, разрезания, сверления, долбления неметаллических материалов любой твердости.

## 4.2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Химико-механическое удаление заусенцев на мелких деталях из меди и ее сплавов, способных легко перекатываться, выполняют на специальной установке в шестигранном перфорированном барабане (мокрая галтовка).

Установка представляет собой основание с консольно расположенным барабаном, пневматическими приводами его вращения и подъема (опускания), которые управляются двумя рукоятками. Установка смонтирована на монорельсе, по которому она может перемещаться для обработки деталей в других ваннах, например, в ваннах промывки холодной проточной водой, пассивирования в растворе хромовой кислоты с добавкой серной кислоты, снова промывки и т. д.

Для снятия заусенцев детали помещают в барабан, который погружают в ванну с концентрированной азотной кислотой. Частота вращения барабана — 15...25 об/мин, продолжительность обработки — 1,5...2 мин. При этом для свободного перекатывания обрабатываемых деталей заполнение барабана не должно превышать 60...70 % его объема.

Главной частью установки для обезжиривания деталей в горячем трихлорэтилене (рис. 4.5) является каскадный блок 6 трех ванн (I, II, III), изготовленных из нержавеющей стали, с подогревателями 9, пар к которым подается по трубопроводам через вентили 10. Промывку деталей начинают в ванне III, из которой всплывшие загрязнения последовательно сливаются в ванны II и I и далее попадают в отстойник 7. Излишек трихлорэтилена сливается в переливное устройство 8 и отстойник 7, из которого транспортируется в перегонный куб 19.

Уровень трихлорэтилена в блоке ванн поддерживается постоянным благодаря использованию специальной системы, состоящей из резервного бака 2, расширителя 1 и трубопровода 3. При понижении уровня растворителя в отстойнике открывается нижний конец трубопровода 3 и через него в резервный бак поступает воздух. При открытых вентилях 4 трихлорэтилен по трубопроводу 5 будет поступать в ванны III, II и I до тех пор, пока отверстие трубопровода 3 в отстойнике 7 не будет перекрыто трихлорэтиленом.

Расширитель 1 предохраняет резервный бак от попадания в него загрязненного трихлорэтилена из отстойника 7 под действием ат-

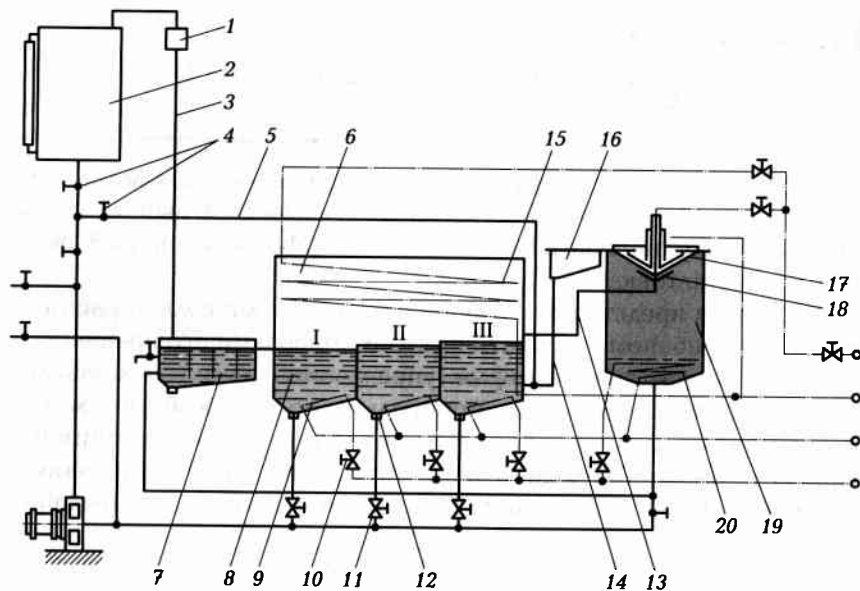


Рис. 4.5. Схема установки для обезжиривания деталей:

1 — расширитель; 2 — резервный бак; 3, 5, 13, 14 — трубопроводы; 4, 10, 11 — вентили; 6 — каскадный блок ванн; 7 — отстойник; 8 — переливное устройство; 9 — подогреватели; 12 — сливные емкости; 15 — змеевик; 16 — сборник; 17 — конус; 18 — воронка; 19 — перегонный куб; 20 — спиральный змеевик; I, II, III — ванны

мосферного давления, когда конец трубопровода 3 освобождается от растворителя.

Перегонный куб цилиндрической формы снизу подогревается паром с помощью змеевика 20, а сверху имеет конус 17, охлаждаемый проточной водой. Пары трихлорэтилена конденсируются на поверхности конуса 17, конденсат стекает в воронку 18 и далее по трубопроводу 13 поступает в ванну III. Перегонный куб оборудован автоматической системой терморегулирования, отключающей его работу при превышении заданной температуры нагрева.

Кроме перегонного куба пары трихлорэтилена собираются над блоком ванн 6 с использованием змеевика 15, охлаждаемого проточной водой. Под змеевиком расположен желоб, по которому конденсат трихлорэтилена стекает в ванну III. В эту же ванну поступает растворитель по трубопроводу 14 из сборника 16, служащего для отстоя тары с обработанными деталями, с которых стекает чистый трихлорэтилен. В днище каждой ванны сделаны сливные стаканы

12 с фильтрами, предохраняющими трубопроводы и вентили 11 от попадания в них случайно упавших деталей из тары при обработке их в растворителе.

На рис. 4.6 показана промышленная автоматическая линия для обезжиривания, промывки и сушки металлических деталей, изготовленных, как правило, штамповкой. Все основные устройства линии смонтированы на металлической раме. Детали, подлежащие обработке, через загрузочную воронку 1 подаются в бункер-дозатор 2, из которого порциями поступают через промежуточный лоток в агрегат обезжиривания 3, после обезжиривания — в агрегат промывки проточной водой 9, подогреваемой паром, далее — в печи предварительной 7 и окончательной 8 сушки, а затем по приемному лотку 5 — в приемник чистых деталей 6. Все механизмы автоматизированной линии имеют приводы 11, смонтированные под агрегатами. Обезжиривание осуществляется во вращающемся барабане агрегата обезжиривания 3. Детали в барабане перемешиваются, поднимаясь по спирали вверх, а затем падают на дно барабана. Наличие спирали увеличивает путь деталей и продолжительность их обработки в жидкости, в которую барабан опущен на определенную глубину. Печи подогреваются электрическими нагревателями, а температура нагрева поддерживается и регулируется автоматической системой. Пары

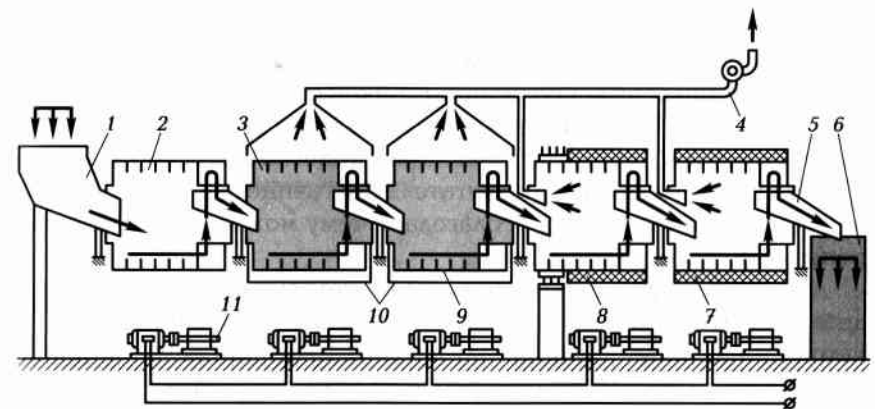


Рис. 4.6. Промышленная автоматическая линия для обезжиривания, промывки и сушки металлических деталей:

1 — воронка; 2 — бункер-дозатор; 3 — агрегат обезжиривания; 4 — система удаления паров растворителя (вытяжка); 5 — приемный лоток; 6 — приемник чистых деталей; 7, 8 — печи предварительной и окончательной сушки; 9 — агрегат промывки проточной водой; 10 — устройство подогрева жидкости паром; 11 — привод

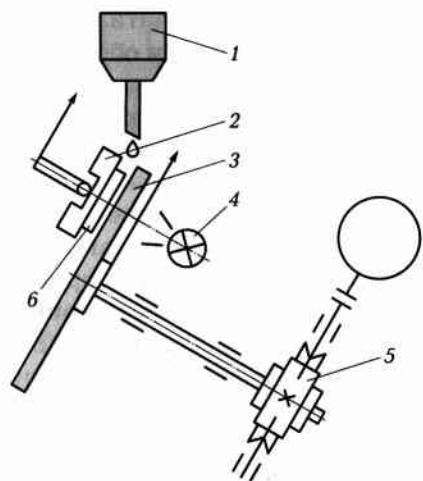


Рис. 4.7. Установка электрохимической полировки:

1 — бак; 2 — анодный диск; 3 — катодный диск; 4 — лампа; 5 — привод; 6 — деталь

растворителя через зонты и трубопроводы удаляются вытяжкой 4. Работа всей линии управляется автоматической системой по заданным программам.

Основой конструкции *установки электрохимической полировки* (рис. 4.7) являются два дисковых электрода 2 и 3, отделенных друг от друга капроновой сеткой, пропитанной электролитом. Для изменения скорости истечения электролита угол наклона оси вращения катодного диска к горизонту можно регулировать от 0 до 15°. Капроновая сетка натягивается натяжным кольцом на катодный диск 3, изготовленный из коррозионно-стойкой стали и имеющий сквозные щели, через которые полируемые детали освещаются специальной лампой 4 для интенсификации процесса. Катодный диск получает вращение от электродвигателя постоянного тока через привод (червячный редуктор) 5, благодаря чему можно плавно регулировать его частоту вращения.

Анодный диск 2 с закрепленными в нем шаровым шарниром и деталями 6 всегда занимает положение, параллельное плоскости катодного диска. Между деталями (анодным диском) и вращающимся катодным диском самотеком из бака 1 подается электролит (разбавленные щелочи, кислоты).

Питание к деталям, закрепленным в анодном диске, подводится через специальную контактную систему.

Рассмотренная установка отличается простотой конструкции и надежностью в эксплуатации, ее недостатком является сравнительно низкая производительность.

### 4.3. РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Для нанесения гальванических покрытий в промышленности используют гальванические *робототехнологические комплексы* (РТК), оснащенные унифицированными элементами, высокопроизводительными скоростными автооператорами, устройствами установки катодных штанг и агрегатами регенерации металлов, оставшихся в промывочных ваннах.

На рис. 4.8 показаны РТК линий нанесения гальванических покрытий с роботами (автооператорами) тельферного (рис. 4.8, а) и портального (рис. 4.8, б) типов. Оба типа РТК состоят из комплекта гальванических ванн 7, стола подготовки подвесных приспособлений (подвесок, деталей) 1, системы управления роботом 6 с гибким кабелем 5 и монорельса 3, по которому перемещается робот 2 с грузозахватным устройством 8 и позиционными датчиками 4. Подлежащие обработке детали навешиваются на подвески или загружаются в барабаны на столе подготовки 1, затем робот 2 выполняет весь цикл в автоматическом режиме. Этот цикл состоит из следующих операций: захвата деталей, подготовленных к нанесению покрытия, подъема, передвижения на позицию обработки, опускания в ванну, выдержки, на позиции для стекания раствора и др. Цикл заканчивается возвращением обработанных деталей на исходную

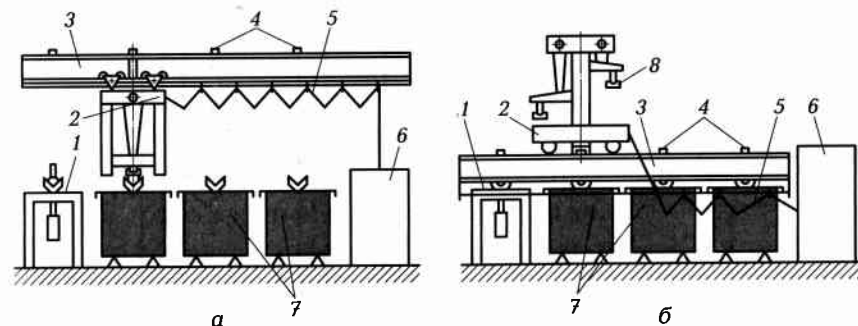


Рис. 4.8. Робототехнологический комплекс с роботами тельферного (а) и портального (б) типов для нанесения гальванических покрытий:

1 — стол подготовки подвесных приспособлений; 2 — робот; 3 — монорельс; 4 — позиционные датчики над ваннами; 5 — гибкий кабель; 6 — система управления роботом; 7 — гальванические ванны; 8 — грузозахватное устройство

позицию и снятием подвесок (барабана) с грузозахватного устройства 8. Управление роботом осуществляют с выносного командного аппарата, загрузка (опускание) — выгрузка (подъем) ванн производится на позициях установки датчиков 4 над ваннами.

Робототехнологические комплексы с роботом тельферного типа получили наибольшее применение в промышленности, они имеют монорельс, подвешенный к балкам перекрытия, который может быть замкнутым (овальным), что позволяет обслуживать два ряда ванн. Кроме того, такая конструкция обеспечивает свободный доступ к ваннам, компактна, имеет небольшую металлоемкость.

Промышленный робот для гальванических РТК (рис. 4.9) представляет собой конструкцию, состоящую из колонны 7 и стоек-опор 4, на которых смонтирован монорельс 2 с кареткой 3, передвигающейся на колесах с помощью приводных стальных канатов

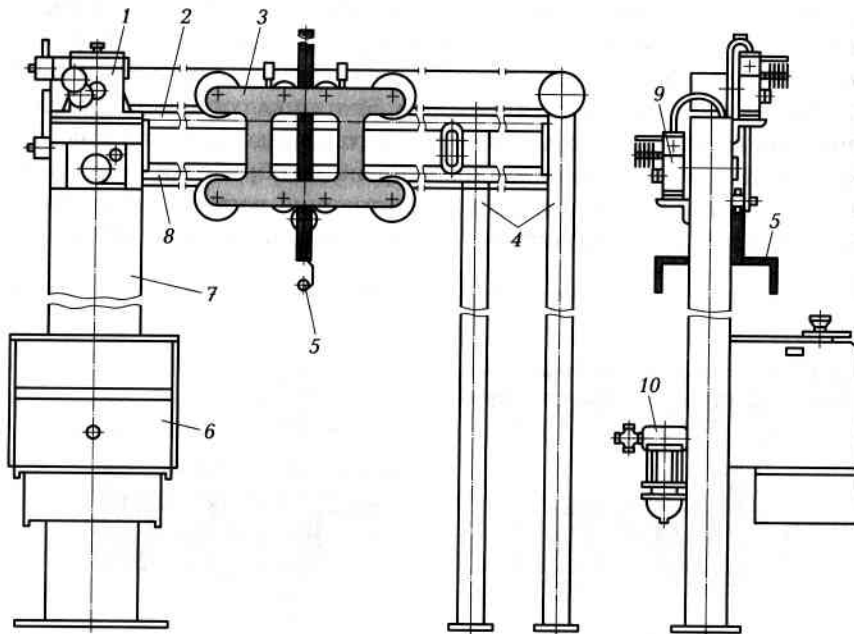


Рис. 4.9. Промышленный робот для гальванического робототехнологического комплекса:

1 — редуктор; 2 — монорельс; 3 — каретка; 4 — стойки-опоры; 5 — захват; 6 — пульт управления; 7 — колонна; 8 — канат; 9 — блок автоматического управления; 10 — фильтр тонкой очистки

(тросов) 8, приводимых в действие от редуктора 1. Управление роботом осуществляется с пульта управления 6 от блока автоматического управления 9. Цикл работы (адресование) программируется установкой штекеров на барабане.

Изменить программу можно автоматически в заданном режиме, вручную, установив режим произвольной последовательности и длительности, а также комбинированным способом. Манипулятор с захватом 5, имеющий химически стойкое исполнение, расположен на каретке и управляется дистанционно. Робот может выполнять до 400 загрузок штанг с деталями в смену, последовательно погружая и выдерживая их заданное время в ваннах соответственно обезжиривания, травления, декапирования, нанесения покрытия, промывки и т. д. При этом общая масса обрабатываемых деталей не должна превышать 100 кг, возможность перемещения по горизонтали — 14 м, по вертикали — 1 м с точностью позиционирования  $\pm 10$  мм.

В качестве привода робота использован ротационный пневматический двигатель, воздух для которого подается из фильтра тонкой очистки 10, а система управления и программирования собрана на струйных логических элементах и мембранно-механических модулях.

Для обработки некоторых деталей в химических и гальванических ваннах используют подвесные приспособления (подвески, барабаны). Несмотря на кажущуюся простоту, эти приспособления должны отвечать целому ряду требований. Материал и конструкция приспособлений:

- не должны разрушаться под воздействием химических веществ;
- должны обеспечивать равномерное по толщине покрытие, хороший контакт с деталями и штангами ванны, прочное закрепление обрабатываемых деталей;
- должны хорошо проводить электрический ток;
- быть простыми в изготовлении и др.

Длина подвесных приспособлений должна быть такой, чтобы самая нижняя деталь, укрепленная на них, не доходила до дна ванны на 150 ... 180 мм, а верхняя деталь была ниже зеркала электролита на 50 ... 80 мм.

Контактные крюки подвесных приспособлений должны иметь форму, обеспечивающую наибольшую поверхность соприкосновения со штангой ванны, т. е. прямоугольную. Для каждого вида обработки используют свои подвесные приспособления.

Все токонесущие открытые места подвесных приспособлений обрастают осаждаемым металлом, на что непроизводительно расходуется металл и электроэнергия. Поэтому подвесные приспособления защищают от осаждения металла различными способами, оставляя открытыми только участки, контактирующие со штангами ванн и обрабатываемыми деталями. В последнее время защиту (изоляцию) подвесных приспособлений выполняют осаждением полиэтилена или фторопласта с последующей термообработкой.

#### 4.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ И МАТЕРИАЛОВ

Как правило, при электрохимических способах обработки деталей для очистки и закрепления нанесенных покрытий детали нагревают до определенной температуры. Отметим три основных случая, когда необходимо нагревание деталей. Это вжигание химически или гальванически нанесенных покрытий в основной металл детали. Обычно в сталь, медь, кобальт и другие металлы вжигают никель. В результате увеличивается глубина диффузии, никель уплотняется и его адгезия значительно повышается. Для удаления посторонних оксидов материал в виде бухт, рулонов, полос, подлежащий дальнейшей переработке, отжигают (обычно в атмосфере водорода). Кроме того, применяют межоперационные отжиги деталей-полуфабрикатов, изготавливаемых штамповкой, снимая при этом наклеп, образовавшийся между операциями холодной, как правило объемной, штамповки. Указанную термическую обработку обычно производят в водородных печах, при отсутствии водорода — в вакууме.

Достоинством *трубчатой водородной печи* (рис. 4.10), предназначенной для отжига металлических деталей, а также тонкой проволоки на металлической катушке или ленты, свернутой в рулон, является непрерывность рабочего цикла, поэтому по сравнению с печами периодического действия, например, с колпаковой, она обладает большей производительностью. Обрабатываемые детали засыпают в никелевые лодочки и вводят в печь через входной люк 1. В зависимости от заданного режима отжига лодочки время от времени с помощью штанги перемещают через горячую зону печи в холодильник 8, а затем вынимают через выходной люк 9. При от-

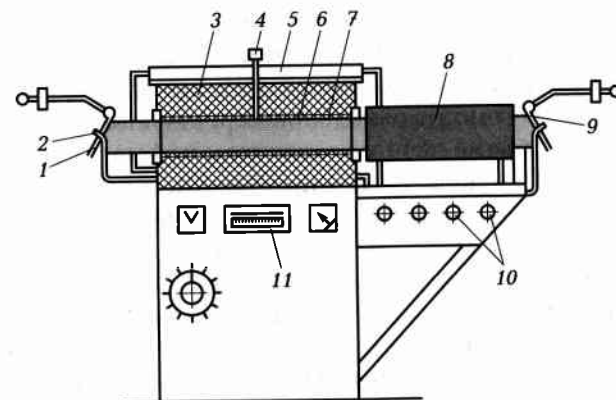


Рис. 4.10. Трубчатая водородная печь:

1 — входной люк; 2 — запальники; 3 — теплоизоляционный материал; 4 — термопара; 5 — крышка; 6 — нагреватель; 7 — канал; 8 — холодильник; 9 — выходной люк; 10 — вентили; 11 — терморегулятор

крывании крышек люков в рабочий канал (трубу) 7 печи попадает небольшое количество воздуха, который, соединяясь с водородом, сгорает с небольшим хлопком, не опасным для окружающих, так как его энергия воспринимается откидными крышками.

Конструкция печи несложна. На металлическом каркасе расположена корытообразная нагревательная камера, к которой с противоположных сторон приварены входной патрубок и холодильник. Рабочим каналом печи служит керамическая труба, обвитая спиралью из молибденовой проволоки. Снаружи труба вместе со спиралью покрыта обмазкой из огнеупорной глины. Нагреватель 6 — сменный. Нагревательную камеру футеруют теплоизоляционным материалом 3. Через верхнюю часть камеры — крышку 5 вводится термопара 4. Газы (азот или водород) заполняют свободный объем нагревательной камеры и предохраняют спираль от окисления.

Управление газовой и водяной системами печи осуществляют с помощью соответствующих вентилях 10. Отходящий водород сжигается в запальниках 2, температура печи поддерживается автоматически терморегулятором 11.

Термическое оборудование для отжига и вжигания работает непрерывно от ремонта до ремонта или до каких-либо аварийных ситуаций. Естественно, что для его обслуживания необходим персонал, который должен работать посменно по скользящему графику.

В мелкосерийном и опытном производстве желательно иметь малогабаритное малоинерционное термическое оборудование,



обеспечивающее отжиг за 8... 16 ч, т. е. за одну или две рабочие смены. К такому оборудованию можно отнести шахтные и колпаковые печи. Наиболее важным элементом этих печей является мощный нагреватель с системой молибденовых и тепловых экранов. При малом рабочем объеме печи и незначительной массе обрабатываемых деталей нагрев печи до максимальной температуры занимает 3... 6 ч, и примерно столько же — охлаждение, если печь снаружи охлаждается водой или водой и воздухом одновременно. По качеству термообработки керамики шахтные и колпаковые печи не уступают печам с непрерывным циклом работы.

Колпаковые печи периодического действия в производстве применяются для отжига, вжигания и пайки металлических и металлизированных керамических деталей. Обычно такие печи делают двухколпаковыми, размещая на общем металлическом основании, чтобы колпаки работали поочередно. Каждый колпак уплотняют резиновой прокладкой, прижимаемой двумя захватами. Колпаки поднимаются и опускаются с помощью специального привода от электродвигателя или вручную. В этом случае для облегчения подъема и опускания массы колпаков уравнивают противовесами. Приборы, показывающие температуру, силу тока, напряжение и другие параметры, располагают на стойке за колпаками, а блок питания — внутри основания.

Каждый колпак имеет корпус и водяную рубашку, через которую пропускают водопроводную воду. В верхней части колпака расположен люк смотрового окна с зеркалом, с помощью которого наблюдают за проводимым процессом. Внутри колпака установлен экран, который имеет отверстие напротив смотрового окна. Снизу через основание в колпак пропущены четыре изолированных токовода и термопара.

Двухсекционный нагреватель состоит из набора 36 дугообразных молибденовых элементов, для придания жесткости соединенных вверху молибденовой проволокой через керамические изоляторы, отделяющие одну секцию от другой. Рабочим пространством колпака является внутренняя часть нагревателя. Колпак крепится к подъемной стойке кронштейном.

Оба колпака, плита-основание и детали, за которые крепятся нагревательные элементы (два полукольца и нижнее кольцо), охлаждаются водой. Газовая система печи включает трубопроводы, вентили, ротаметры и затворы. Трубопроводы для подачи воды и газа проходят через стойку колпака.

Перед началом работы колпак продувают азотом для удаления воздуха, затем в него постепенно подают водород. Подачу азота

прекращают, когда выходящий из водяного затвора газ при поджигании будет гореть. Окончив отжиг или пайку, печь вновь продувают азотом, прекращая подачу водорода. При этом факел у затвора гаснет. Печь действует периодически: процесс проводят то в одном, то в другом колпаке.

Система электрооборудования состоит из силового трансформатора мощностью 20 кВт, автотрансформатора, электродвигателя привода, регулирующего устройства автотрансформатора, переключателя, контрольных приборов (амперметров, вольтметров и милливольтметра), аппаратуры сигнализации и управления. Силовой трансформатор предназначен для питания нагревателей. Переключение питания к тому или другому колпаку производят переключателем. Автотрансформатор служит для регулирования напряжения на первичной обмотке силового трансформатора. Температуру в рабочих камерах измеряют хромель-алюмелевыми термопарами и милливольтметром, переключаемым на одну из них.

Пульт управления печи представляет собой металлический шкаф, на передней панели которого расположены контрольные приборы и сигнальные лампы, а внутри — автотрансформатор и элементы электрических схем.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение химической и электрохимической обработки материалов и деталей?
2. Каков принцип нагрева металлов и сплавов в электролитах?
3. Опишите устройство установки для обезжиривания деталей в горячем растворителе.
4. Каково устройство каждой секции обработки деталей с использованием промышленной автоматической линии?
5. Перечислите достоинства РТК, применяемых для нанесения гальванических покрытий.
6. Каков принцип устройства водородной печи для отжига?

## ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

### 5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИНАХ

**Подъемно-транспортные машины (ПТМ)** — это машины и механизмы, предназначенные для перемещения грузов и людей на относительно небольшие расстояния и широко применяемые в машиностроении, других отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Для современных поточных технологических и автоматизированных линий, межцехового и внутрицехового транспорта, погрузочно-разгрузочных операций требуются разнообразные типы ПТМ и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производственных процессов.

Насыщенность производства средствами механизации трудоемких и тяжелых работ, уровень механизации технологического процесса определяют степень его совершенства и производительность.

Производство ПТМ строится на создании блочных и унифицированных конструкций (редукторов, муфт, тормозов и др.), что способствует получению высокого технического и экономического эффекта при изготовлении и эксплуатации этих машин.

Блочной называют конструкцию, состоящую из отдельных блоков (узлов), соединенных между собой легко разъемными элементами. Например, в кранах это крюковые подвески (обоймы), ходовые колеса с буксами, редукторы и т. д. Блочные конструкции создают определенные удобства при эксплуатации, так как позволяют легко и быстро сменить вышедший из строя узел на запасной.

Унификация упрощает производство, повышает производительность труда и качество деталей, узлов, механизмов и блоков.

Условно различают ПТМ периодического (циклического) и непрерывного действия, а также мобильные. К ПТМ периодического действия относят полиспасты, тали, домкраты, лебедки, лифты, грузоподъемные краны, а к ПТМ непрерывного действия — конвейеры различных типов, эскалаторы, патерностеры и др. Мобильные ПТМ — это электро- и автотележки, погрузчики, подъемники.

Кроме того, в промышленности широко используют различные устройства и механизмы с ручным приводом, предназначенные для подъема и перемещения. К ним относят тележки с гидроподъемником, подъемники и др.

В настоящее время создано много видов ПТМ. Не все их виды в равной степени используются в машиностроении, поэтому рассмотрим только те ПТМ, которые имеют наибольшее применение.

### 5.2. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Основными ПТМ периодического действия являются гордени, полиспасты, тали, лебедки и домкраты.

На рис. 5.1, а показано простейшее грузоподъемное устройство — *гордень*, состоящее из неподвижного блока в обойме (корпусе) 7, которая с помощью петли 8, скобы 2 и кольца 1 подвешена к неподвижной конструкции 9. Через блок перекинут канат, имеющий две ветви. Одна из них 3 называется коренной и заканчивается петлей с гаком (крюком) 5, к которому подвешен бочонок 4. Вторая ветвь 6

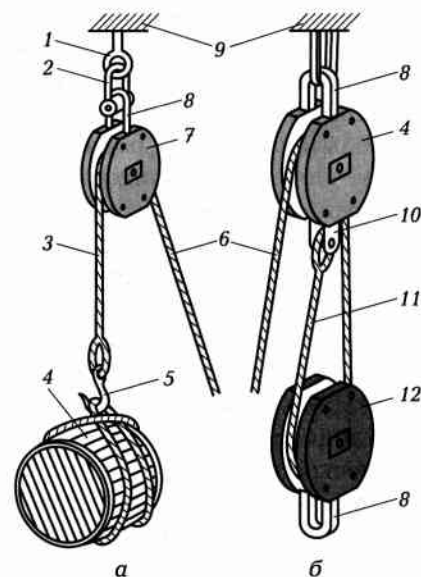


Рис. 5.1. Гордень (а) и полиспаст (б): 1 — кольцо; 2 — скоба; 3 — коренная ветвь; 4 — бочонок; 5 — крюк; 6 — ходовая ветвь; 7 — обойма; 8 — петля; 9 — неподвижная конструкция; 10 — проушина; 11 — канат; 12 — обойма подвижного блока

называется ходовой (лопарем) и служит для приложения усилия при подъеме груза. Это грузоподъемное устройство не дает выигрыша в силе, но благодаря ему можно поднимать груз вверх, находясь внизу.

**Полиспа́ст** (рис. 5.1, б) — это грузоподъемное устройство, состоящее из нескольких подвижных и неподвижных блоков с ручьями, которые соединены между собой гибкой связью (канатом, цепью). В данном примере показан простейший полиспа́ст, имеющий неподвижный блок в обойме 7 и подвижный блок в обойме 12. В обеих обоймах сделаны петли 8 для подвешивания полиспа́ста к неподвижной конструкции и навешивания крюка или, например, каната с грузом. Один из концов каната 11 закреплен на неподвижном блоке в проушине 10 и называется коренным. Второй конец 6 так же, как и в гордене, служит для приложения усилия при подъеме груза и называется ходовым, или тяговым. Данный полиспа́ст дает теоретический (без учета трения, усилия на изгиб каната и др.) выигрыш в силе в 2 раза, так как груз распределяется на две ветви каната, идущие от подвижного блока. При этом скорость подъема уменьшается также в 2 раза. Практически КПД такого полиспа́ста составляет 94 % и усилие, прикладываемое к тяговому концу, будет равно 53 % от массы поднимаемого груза. Количество подвижных и неподвижных блоков в полиспа́стах может быть значительным в зависимости от массы поднимаемого груза. Кроме использования полиспа́стов как самостоятельных грузоподъемных устройств, их устанавливают в качестве рабочего органа в грузоподъемных машинах (лебедках, подъемных кранах и др.). Известен полиспа́ст грузоподъемностью 630 т, тяговое усилие на котором создают лебедкой с машинным приводом.

**Таль (тельфер)** — подвесное грузоподъемное устройство, установленное на неподвижной конструкции или приводной тележке, которая перемещается по монорельсовому или двухрельсовому пути. Когда таль расположена на неподвижной конструкции, она может поднимать или опускать груз только по вертикали. Если таль имеет возможность передвигаться по горизонтали, то груз можно поднимать (опускать) по вертикали и перемещать его в горизонтальном направлении. Тали выпускают с ручным и электрическим (электротали) приводом. Управление электроталью осуществляют с дистанционного кнопочного пульта, находящегося на конце электрического кабеля.

Таль может использоваться в качестве механизма подъема в различного рода грузоподъемных устройствах (кранах). В этом случае ею управляют из кабины, передвигающейся вместе с тельфером.

Обычно грузоподъемность талей находится в диапазоне 3... 10 т, а высота подъема — 3... 16 м.

Ознакомимся с устройством некоторых типов талей.

**Таль с ручным приводом** показана на рис. 5.2. В корпусе 4 на валу смонтированы ведущий цепной шкив 7 и червячное колесо 6 с червяком 8, которые образуют червячный редуктор, приводимый в действие вращением приводного колеса 9 при приложении усилия к бесконечной приводной цепи 10. Один конец грузовой цепи закреплен в корпусе тали, а второй пропущен через ведомый (подвижный) шкив в крюковой скобе 1 и также закреплен на ведущем цепном шкиве 7. Верхний крюк (гак) 5 жестко связан с верхней частью корпуса 4 и служит для подвешивания тали к неподвижной конструкции, а нижний крюк в крюковой обойме — для захвата груза. Вращая приводное колесо 9 цепью 10, опускают подвижный блок (крюковую скобу с гаком) 1, подхватывают гаком груз, а затем поднимают цепью на нужную высоту. При этом грузовая цепь 2 перематывается на ведущем цепном шкиве 7, уменьшаясь в длине и увеличивая длину своего неработающего участка 3.

**Электроталь** предназначена для подъема груза массой до 0,5 т на высоту до 6 м и его горизонтального перемещения по монорельсу на электроприводной тележке. Электроталь имеет дистанционное управление снизу от кнопочной станции, висящей на электрическом кабеле. Питание электротали осуществляется от троллеи (контактного провода). В конструкцию электротали входит грузоподъемный механизм с запасанным стальным канатом (тросом), на котором висит крюковая обойма с крюком, а также электропривод тележки для горизонтального перемещения груза.

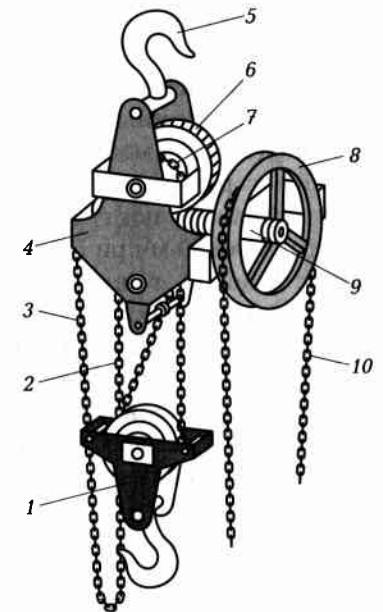


Рис. 5.2. Таль с ручным приводом:

1 — крюковая скоба с гаком; 2 — грузовая цепь; 3 — неработающая грузовая цепь; 4 — корпус; 5 — крюк для подвешивания тали; 6 — червячное колесо; 7 — ведущий цепной шкив; 8 — червяк; 9 — приводное колесо; 10 — приводная цепь

Грузоподъемный механизм электротали (рис. 5.3) условно можно разделить на четыре части: электропривод (электродвигатель с барабаном), редуктор, управление и питание. Специальный асинхронный электродвигатель 10 смонтирован внутри барабана 9, опирающегося на два шариковых радиальных подшипника. Вал электродвигателя имеет выход на две стороны. На правом конце вала электродвигателя расположен редуктор 6, состоящий из двух пар шестерен 7 и 8. Большая шестерня второй пары жестко соединена со ступицей барабана, через которую он приводится в действие. На поверхности барабана 9 имеется винтовая дорожка, служащая для равномерной укладки стального каната. На левом конце вала электродвигателя смонтированы токосборник 3, через который электродвигатель 10 получает питание, тормозной шкив 2 и тормозное устройство с колодками.

Тормозное устройство управляется электромагнитом 1, который при подаче сигнала разжимает тормозные колодки. Барабан 9 сверху закрыт корпусом 5 с приваренными к нему кронштейнами 4, предназначенными для крепления тележки. Смазывание производится путем разбрызгивания машинного масла зубьями большой шестерни первой пары при ее вращении.

Аналогично рассмотренной конструкции создан ряд электроталей, отличающихся видом привода (например, ручной привод для передвижения каретки и электропривод для передвижения каретки и подъема), высотой подъема (6; 12; 18 м и более), массой и грузоподъемностью.

В производстве тали используют как самостоятельные подвесные грузоподъемные устройства, так и в качестве рабочих органов грузоподъемных машин (например, кран-балок).

Тали с ручным приводом имеют грузоподъемность 0,1... 10 т, электротали делают грузоподъемностью 0,25... 10 т с высотой подъема груза до 30 м при скорости подъема 20... 30 м/мин. Грузоподъемность до 0,1 т имеют пневматические тали, применяемые во взрыво- и пожароопасных производствах. Зона их работы ограничивается длиной шлангов, по которым подается сжатый воздух.

Лебедка — устройство для перемещения грузов с помощью движущегося каната, наматываемого на барабан. Кроме канатов, гибкой грузовой связью может быть цепь, которая при перемещении груза перематывается с помощью звездочки или специального шкива (барабана) в зависимости от типа цепи.

Лебедки бывают стационарные и передвижные, с ручным и машинным приводом. Передаточными механизмами, связывающими привод и барабан, могут служить зубчатые, червячные, фрикцион-

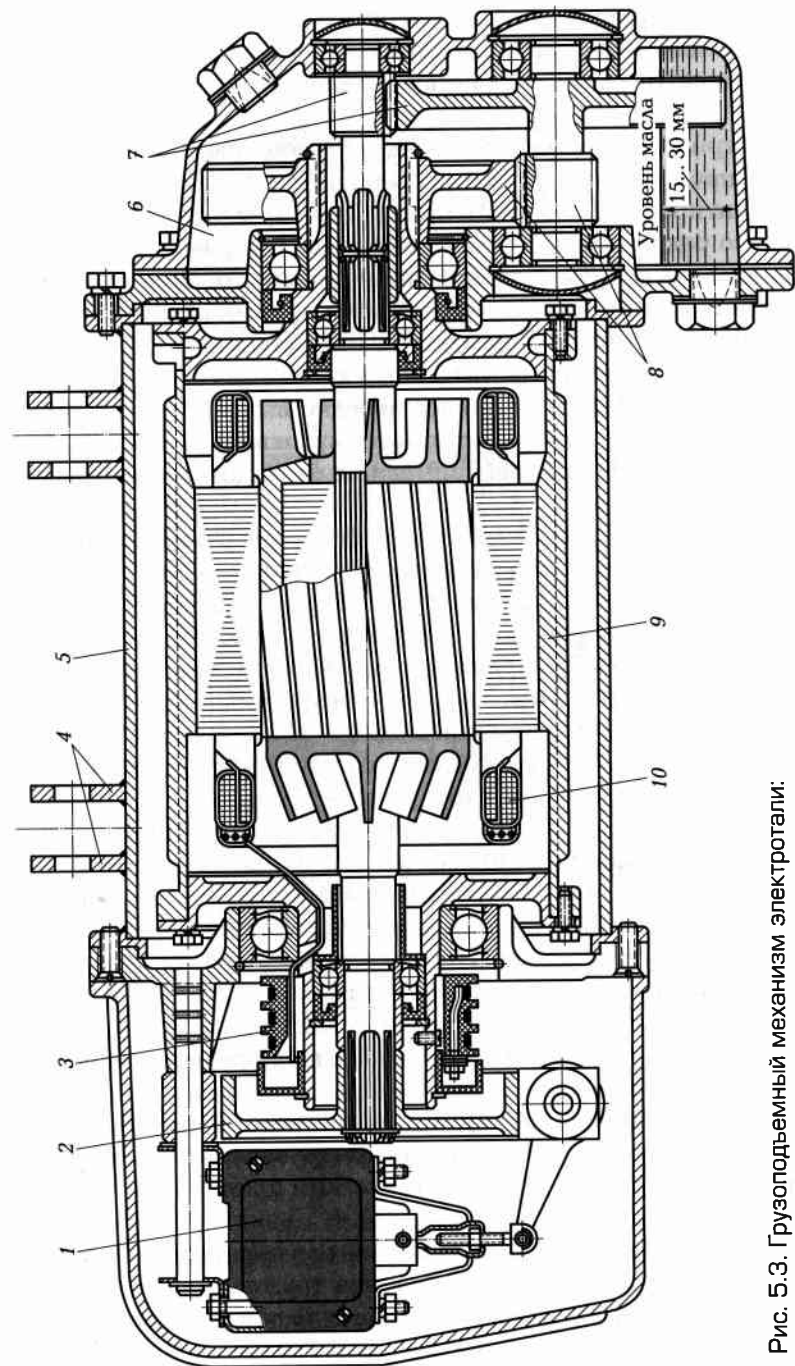


Рис. 5.3. Грузоподъемный механизм электротали:

1 — электромагнит; 2 — тормозной шкив; 3 — токосборник; 4 — кронштейны; 5 — корпус электротали; 6 — редуктор механизма подъема; 7, 8 — первая и вторая пары шестерен редуктора; 9 — барабан; 10 — электродвигатель

ные и другие передачи. Лебедки используются как самостоятельные грузоподъемные устройства, так и в качестве составной части других грузоподъемных устройств — кранов, подъемников, лифтов и т. д.

Рассмотрим электрическую лебедку грузоподъемностью 3...5 т (рис. 5.4), представляющую собой сварную стальную раму 1, на которой смонтирован барабан 2 с приводом от трехступенчатого шестеренного редуктора 6 и электродвигателя 5, управляемого поворотом маховика 4. В нерабочем состоянии шкив тормоза 7 удерживается двумя колодками, которые усилием пружин прижимаются к тормозу фрикционными накладками. Растормаживание происходит под действием электромагнита, когда канат 8 наматывается (смачивается) на барабан. Если привод лебедки выключен, то тормозные колодки всегда прижаты к тормозному шкиву.

Разновидностями лебедок, применяемых в судоходстве, являются шпиль и брашпиль.

**Шпиль** — это грузоподъемное устройство с вертикально расположенным барабаном. Привод шпиль обычно монтируется под полом (в данном случае под верхней палубой судна). Шпиль состоит из электродвигателя, соединенного муфтой с баллером (вертикальным валом), на котором закреплены барабаны, служащие для перематывания каната (канатный барабан) и цепи (цепной барабан). Управление работой шпиль производят с пульта с помощью контроллера по кабелю. Кроме того, имеется ленточный тормоз, приводимый в действие вручную путем вращения маховика.

**Брашпиль** — грузоподъемное устройство, но в отличие от шпиля имеет горизонтально расположенный вал, на концах которого находятся барабаны для перематывания канатов, приводимые в действие лебедками с электродвигателями. Управление брашпилем выполняется вручную с помощью пульта управления и тормозов. Оба устройства, как правило, используют на судах для подъема и спуска якорей и для натягивания швартовочных канатов (тросов) и цепей.

Разновидностью шпиля является *кабестан*, применяемый в качестве тягового устройства на суше.

Кроме рассмотренных лебедок большое распространение имеют рычажные лебедки с ручным приводом грузоподъемностью 0,75; 1,5; 3 т, лебедки с барабаном и механическим приводом грузоподъемностью 3; 5; 7,5; 12,5; 32 т.

**Домкрат** — стационарное, переносное или передвижное устройство, предназначенное для перемещения грузов по вертикали на высоту до 2 м. Домкраты могут быть механические (винтовые, реечные), гидравлические и пневматические. Грузоподъемность дом-

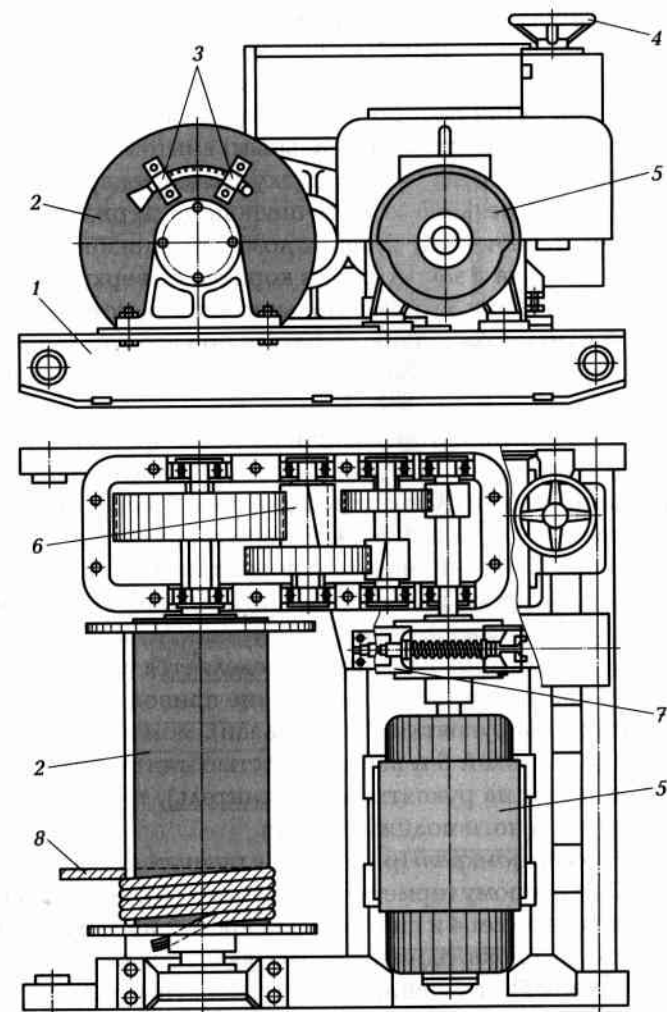


Рис. 5.4. Электрическая лебедка:

1 — рама; 2 — барабан; 3 — место закрепления конца каната; 4 — маховик управления лебедкой; 5 — электродвигатель; 6 — редуктор; 7 — тормоз; 8 — канат

кратов может составлять от нескольких килограммов до сотен тонн. Домкраты применяют при ремонтных, монтажных и строительных работах.

Ознакомимся с устройством и работой некоторых типов домкратов.



Винтовой домкрат с ручным приводом (рис. 5.5, а) предназначен для подъема грузов массой от 1 до 20 т. Домкрат имеет две винтовых пары: пара гайка 3 с винтом 2 служит для горизонтального перемещения и точной установки домкрата под поднимаемым грузом, а пара гайка 5 с подъемным (вертикальным) винтом 4 является силовой, воспринимающей полную нагрузку. Силовая пара изготовлена с самотормозящей резьбой, обеспечивающей удержание поднятого груза, вследствие чего КПД таких домкратов низок и составляет всего 30...40%. Гайка 5 закреплена в корпусе 8 вверху, а внизу корпус опирается на гайку 3 горизонтального винта, которая по салазкам опорной плиты может перемещаться при воздействии на рукоятку 1, снабженную трещоткой 9 (односторонним храповым механизмом).

Вверху подъемный винт 4 заканчивается опорной рифленой головкой 6, которая может поворачиваться относительно винта, а в некоторых домкратах и самоустанавливаться. Вращение подъемного винта 4 производится при воздействии на рукоятку 7 с двухсторонним храповым механизмом 10 и фиксатором 11, в зависимости от положения которого подъемный винт 4 будет выворачиваться (поднимать груз) или вворачиваться (опускать груз). Усилие человека, необходимое для подъема груза, определяется из условий равенства момента силы, создаваемого на длине приводной рукоятки (на рис. 5.5 удлинитель рукоятки 7 не показан), моменту сил трения в резьбе, между головкой 6 и верхней частью винта. Отсюда вывод: чем длиннее рычаг на рукоятке 7 (удлинитель), тем легче вращать винт, а следовательно, и поднимать груз.

Гидравлический домкрат (рис. 5.5, б) с ручным приводом состоит из корпуса 5, к которому герметично крепится гидравлический блок с плунжерным насосом 4 и системой отверстий и клапанов. Корпус гидравлического блока одновременно является резервуаром для жидкости (масла). При качании рукоятки 2 плунжер 3 перемещается взад-вперед, сжимает масло, поступающее через всасывающий клапан, и нагнетает его через нагнетательный клапан под поршень 6, герметично уплотненный с цилиндром.

Вверху поршень имеет упорную головку 1, которая упирается в поднимаемый груз. Когда требуется опустить упорную головку, то рукоятку 2 отклоняют за пределы рабочего хода и тем самым воздействуют на перепускной клапан, который открывается и стравливает масло в резервуар, снимая давление с домкрата. Изменением положения рукоятки 2 регулируют скорость опускания груза. Гидравлические домкраты имеют высокий КПД (75...80%), малые габаритные размеры и массу, их недостаток — малая высота подъема

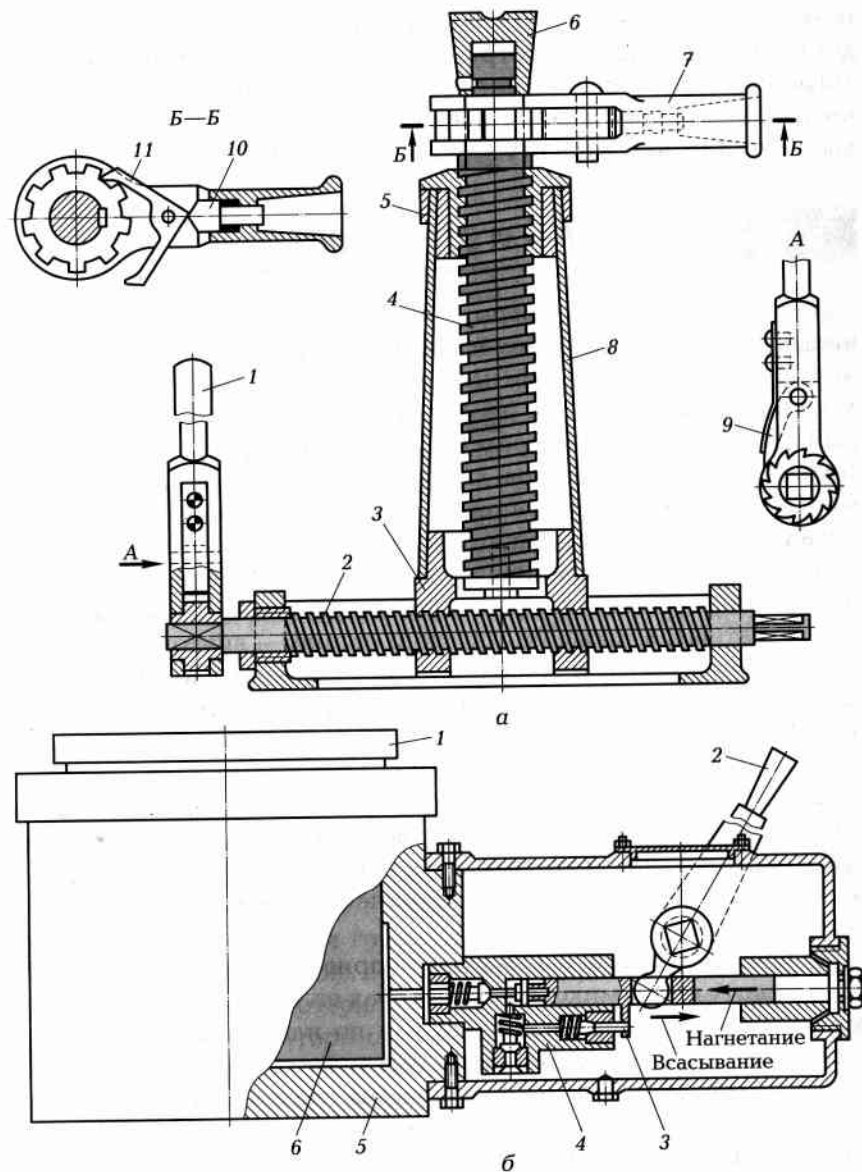


Рис. 5.5. Домкраты с ручным приводом:

а — винтовой: 1, 7 — рукоятки; 2 — горизонтальный винт; 3 — гайка горизонтального винта; 4 — подъемный (вертикальный) винт; 5 — гайка вертикального винта; 6 — рифленая головка; 8 — корпус; 9 — трещотка; 10 — двухсторонний храповый механизм; 11 — фиксатор; б — гидравлический: 1 — упорная головка; 2 — рукоятка; 3 — плунжер насоса; 4 — насос; 5 — корпус с цилиндром; 6 — поршень



(максимум до 2 м). Среди грузоподъемных машин гидравлическим домкратам нет равных, их грузоподъемность — от нескольких килограммов до 750 тонн. Отметим также, что реечные домкраты имеют грузоподъемность до 2 т и высоту подъема 350... 400 мм, винтовые — от 3 до 30 т и высоту подъема 130... 350 мм.

### 5.3. КОНВЕЙЕРЫ И ЭЛЕВАТОРЫ

*Конвейеры (транспортёры)* — машины непрерывного действия, предназначенные для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов. Кроме того, они нашли применение в различных отраслях промышленности при производстве погрузочно-разгрузочных работ как транспортные средства для обеспечения непрерывности технологических процессов, для выполнения различных операций в поточном производстве, а также для осуществления комплексной механизации и автоматизации производства.

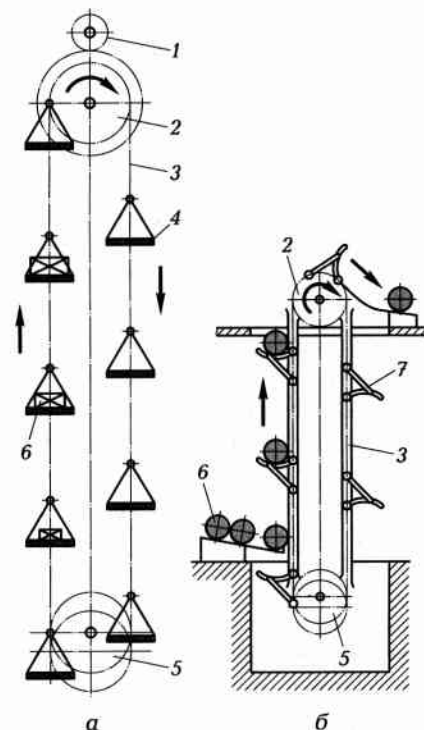
Конвейеры классифицируют по нескольким признакам. Например, по типу тяговых и грузонесущих органов — ленточные, цепные, канатные, а также без тягового органа — винтовые, роликовые, вибрационные и инерционные. Наиболее распространены ленточные конвейеры с грузонесущей резиновой или стальной лентой, движущиеся со скоростью 1... 8 м/с.

К транспортирующим машинам без тягового органа относятся роликовые конвейеры (рольганги — от нем. *rolle* (ролик) и *gang* (ход)), широко применяемые в машиностроении, они служат для транспортирования массовых штучных и тарных грузов по роликам, размещенным на опорной станине на небольшом расстоянии один от другого.

Роликовые конвейеры бывают неприводными и приводными. На неприводных роликовых конвейерах штучные грузы продвигают вручную, по горизонтальным или по наклонным конвейерам они скатываются под действием силы тяжести. На приводных роликовых конвейерах ролики вращаются под действием движения бесконечной цепи (ленты) или каждый ролик получает вращение от индивидуального электропривода. Неприводные роликовые конвейеры используют главным образом на машиностроительных предприятиях, приводные — в прокатных металлургических цехах, на складах и в цехах по изготовлению строительных материалов. На некоторых неприводных роликовых конвейерах с одной или двух сторон устанавливают дополнительные боковые вертикальные ролики. Ролики имеют различные конструкции и могут уста-

Рис. 5.6. Элеваторы:

а — люлечный; б — полочный; 1 — привод; 2 — приводная звездочка; 3 — тяговая цепь; 4 — люлька; 5 — натяжная станция; 6 — штучные предметы; 7 — полка



навливаться по разным схемам. Так, чтобы создать желобчатое сечение ленты конвейера, ролики рабочей ветви располагаются под некоторым углом друг к другу. При необходимости угол наклона можно изменить. Опоры холостой ветви ленты, проходящей под рамой конвейера, обычно делают с одиночными цилиндрическими роликами.

*Элеваторы* (от лат. *elevator* — поднимающий) — машины непрерывного действия, предназначенные для транспортирования различных грузов в вертикальном или наклонном направлении. Элеваторы (рис. 5.6) используют для перемещения сыпучих или мелкокусковых грузов, а также штучных предметов 6 цилиндрической и других форм, если элеватор оборудован соответствующими захватными устройствами. Обычно захват и подъем грузов осуществляется в люльках (рис. 5.6, а), на полках 7 (рис. 5.6, б), в ковшах и других устройствах, прикрепленных к транспортной ленте или пластинчатым цепям.

Конвейеры и элеваторы служат связующим транспортным звеном в гибких автоматических линиях и РТК. В машиностроении транспортирующие машины используются ограниченно.

### 5.4. ТЕЛЕЖКИ, ПОГРУЗЧИКИ И ПОДЪЕМНИКИ

Благодаря небольшим размерам, хорошей маневренности и малому расходу энергии *тележки* широко используют на заводах, складах, предприятиях для перевозки малогабаритных грузов. В качестве примера ознакомимся с некоторыми из них. По типу приво-

да тележки подразделяют на два вида: электрические (электротележки) и автомобильные (автотележки).

Электротележка (рис. 5.7) в своем основании имеет стальные сварные шасси 4, опирающиеся на подрессоренные передний управляемый 7 и задний ведущий 8 мосты с пневматическими шинами. Источником электроэнергии служит аккумуляторная батарея 5, расположенная под грузовой платформой 6, а привод колес создает тяговый четырехполюсный электродвигатель 9 с последовательным возбуждением постоянного тока мощностью 5 кВт (серийный электродвигатель), непосредственно прикрепленный к фланцу картера заднего моста 8. Электротележка управляется рулевым механизмом (рулем) 1. Вращение руля с помощью тяг и рычагов воздействует на рулевые сошки, поворачивающие передние колеса. Включение электротележки производится плавным нажатием педали, в результате чего от контроллера начинает работать электродвигатель, приводя задние колеса во вращение. Электротележка оборудована ножным рабочим гидравлическим тормозом, воздействующим на тормозные колодки всех колес, и ручным стояночным механическим тормозом, который приводится в действие

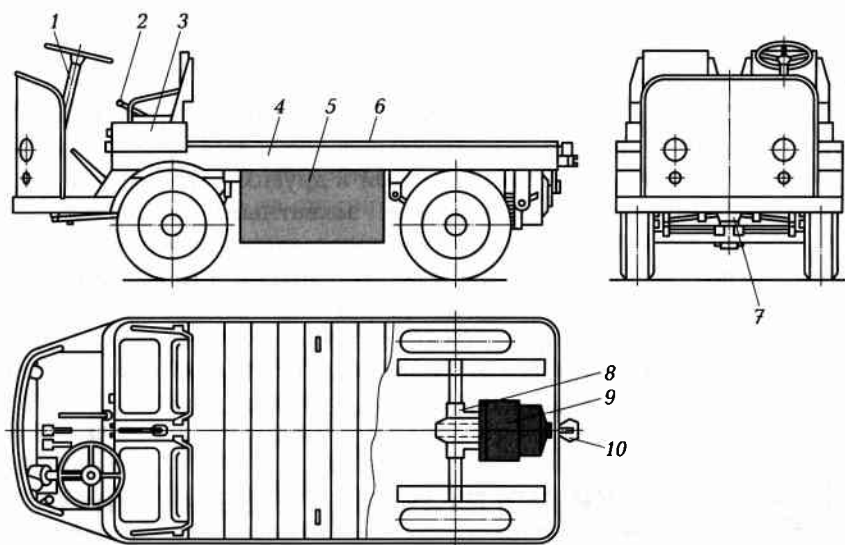


Рис. 5.7. Электротележка:

1 — рулевой механизм; 2 — контроллер; 3 — коробка; 4 — шасси; 5 — аккумуляторная батарея; 6 — грузовая платформа; 7, 8 — передний и задний мосты; 9 — электродвигатель; 10 — прицепное устройство

перемещением рычага и через систему тросов прижимает тормозные колодки к соответствующим барабанам задних колес.

Кроме того, электротележка оборудована прицепным устройством 10 и всеми сигнальными и осветительными устройствами автомобиля: стоп-сигналом, подфарниками, фарами, задним фонарем, указателями поворота, переключателем света и др.

Такие электротележки используют для транспортирования различных грузов массой до 2,94 т по ровной сухой и твердой дороге, в цехах, складах, на территории промышленных предприятий. Габаритные размеры грузовой платформы 6 составляют 2 170 × 1 300 × 760 мм, скорость движения находится в диапазоне 14... 18 км/ч, а ширина проходного коридора при повороте на 90° равна 2 670 мм.

На автоматизированных складах используют *напольные передвижные грузонесущие автоматические тележки*, как правило, на колесном ходу, перемещающиеся по специально изготовленной трассе. Программа перемещения тележек, количество и позиции остановок определяются оператором на командном пульте, а работой в автоматическом режиме управляет ЭВМ в центральном диспетчерском пункте, с которого также обеспечивается синхронность работы всей системы. Тележки комплектуют подъемниками, манипуляторами, переталкивателями и другим оборудованием, монтируемым на грузовой платформе тележки или устанавливаемым стационарно на позиции перекладки грузов.

Автоматические тележки оснащают силовым приводом, автономным источником питания и системой слежения с рулевым приводом. Корпус тележки имеет буферные устройства, предохраняющие ее при наезде на препятствия. Встроенное логическое устройство служит для программирования режима работы тележки. Система слежения с рулевым приводом обеспечивает автоматическое перемещение тележки вдоль индукционного провода, проложенного на небольшой глубине от поверхности пола и определяющего заданный маршрут передвижения. Тележка имеет антенный блок с двумя антеннами, расположенными спереди и сзади корпуса для приема электромагнитных сигналов частотой 8 кГц. Сигнал подается на одну из антенн в зависимости от направления движения тележки. Поворот рулевого колеса осуществляется электродвигателем с помощью двух электромагнитных муфт, включаемых автоматически при повороте направо или налево. Вместе электродвигатель, муфты и система управления образуют рулевой привод. Для повышения надежности системы слежения используется обратная отрицательная связь, которая, получив сигнал от датчика, корректирует угол поворота рулевого колеса, с помощью цилиндрических

и конических шестерен воздействуя на рулевой привод. Данная тележка имеет грузоподъемность до 150 кг, скорость передвижения в диапазоне 0,25... 0,6 м/с, точность позиционирования  $\pm 30$  мм и высоту подъема груза до 150 мм.

Известны несколько вариантов исполнения *грузовой трехколесной автотележки с открытым кузовом*, ее основными элементами являются рама, двигатель, силовая передача, устройство управления, электрооборудование и др. В передней части стальной сварной рамы приварена рулевая колонка, внутри которой может вращаться стержень рычажной вилки с двумя пружинно-гидравлическими амортизаторами. В средней части рамы на кронштейнах крепится двигатель внутреннего сгорания, а за ним кузов (фургон). Сверху над двигателем расположено сиденье водителя, а на ролике за рулевой колонкой — педаль ножного тормоза задних колес. В конце рамы размещены картер главной передачи (движитель), аккумуляторная батарея, запасное колесо. Подвеска задних колес выполнена на пружинных амортизаторах, к которым крепятся полуоси с дисками и тормозными устройствами, а к дискам — колеса.

Движением автотележки управляют с помощью руля, напоминающего руль мотоцикла, при повороте которого изменяет свое положение переднее колесо. На левой половине руля находится рычаг управления сцеплением, а на правой — рычаг управления тормозом переднего колеса и вращающаяся рукоятка, служащая для управления акселератором. Кроме того, на руле расположены переключатели, указатели поворотов, дальнего и ближнего света, кнопка звукового сигнала и др.

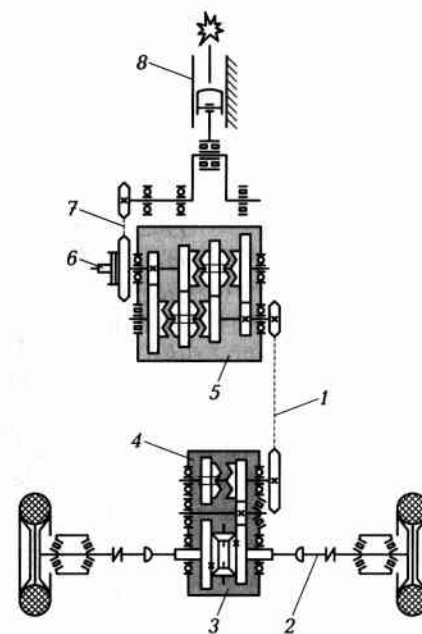
Схема силовой передачи автотележки представлена на рис. 5.8. При работе двигателя с помощью цепной передачи 7 вращение коленчатого вала передается на сцепление 6 и далее на шестерни коробки передач 5. С выходного вала коробки передач с помощью промежуточной цепной передачи 1 вращение передается по кинематической цепочке — главная передача 4, дифференциал 3, карданная передача 2, колеса.

На автотележках устанавливают бензиновый двухтактный одноцилиндровый двигатель воздушного охлаждения мощностью 9,2 кВт, скомпонованный в один блок с коробкой передач, сцеплением и династартером. Четырехступенчатая двухходовая коробка передач с постоянным зацеплением шестерен имеет два вала, четыре пары шестерен и механизм их переключения.

Многодисковое масляное сцепление размещено на ведущем валу КП, постоянно включено и разъединяет двигатель с силовой передачей при трогании автотележки с места, переключении ско-

Рис. 5.8. Силовая передача автотележки:

1, 7 — цепные передачи; 2 — карданная передача; 3 — дифференциал; 4 — главная передача; 5 — коробка передач; 6 — сцепление; 8 — двигатель внутреннего сгорания



ростей и торможении с работающим двигателем.

Династартер представляет собой электрическую машину постоянного тока, выполняющую две функции: шунтового генератора для питания электроэнергией потребителей (стоп-сигнала, звукового сигнала, фар освещения и др.) и электродвигателя (стартера) для пуска двигателя при питании его от аккумуляторной батареи.

Автотележка имеет грузоподъемность до 280 кг, развивает скорость до 60 км/ч, ее масса в зависимости от комплектации составляет 245... 265 кг, рабочий объем цилиндра двигателя — 199 см<sup>3</sup>. Кроме того, автотележка обладает высокой маневренностью.

**Погрузчики** относятся к универсальным ПТМ, предназначенным для механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. При работе погрузчик захватывает груз, транспортирует его, поднимает на требуемую высоту, укладывает и штабелирует. Погрузчики применяют в различных отраслях хозяйства, в промышленности — прежде всего в качестве внутризаводского транспорта. Существует много различных конструкций погрузчиков. По типу привода погрузчики подразделяют на электропогрузчики и автопогрузчики.

**Электропогрузчик** (рис. 5.9) представляет собой четырехколесную самоходную машину, все устройства которой смонтированы на раме 1, опирающейся на передний ведомый мост с колесами 5 и задний ведущий мост с колесами 2, который управляется рулевым колесом 14 при передвижении и маневрировании. Основным рабочим инструментом погрузчика служат вилы 6, подъем и опускание которых выполняется рамой механизма подъема 13, которым

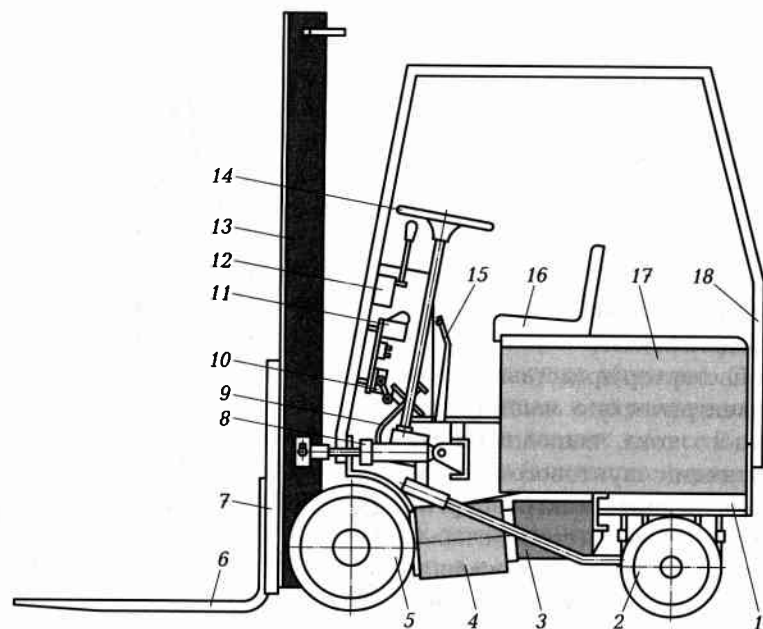


Рис. 5.9. Электропогрузчик:

1 — рама; 2, 5 — задний ведущий и передний ведомый мосты с колесами; 3, 4 — электродвигатели подъема и передвижения; 6 — вилы; 7 — предохранительная рамка; 8 — цилиндр наклона; 9, 15 — рабочие и стояночный тормоза; 10 — контроллер; 11 — контакторы; 12 — гидрораспределитель; 13 — рама механизма подъема; 14 — рулевое колесо; 16 — сиденье; 17 — аккумуляторная батарея; 18 — ограждение рабочего места

водитель может управлять со своего сиденья 16. Кроме того, у сиденья расположены все остальные рабочие органы — контроллер 10, контакторы 11, рулевое колесо 14, гидрораспределитель 12, ручки рабочего 9 и стояночного 15 тормозов и др. Вилы 6 могут изменять свое положение при наклоне рамы 13, который происходит при работе гидроцилиндра наклона 8. За вертикальной частью вил установлена предохранительная рамка 7, препятствующая смещению поднимаемого груза. Место водителя с трех сторон закрыто ограждением 18.

Источником энергии в электропогрузчике служит аккумуляторная батарея 17, которая характеризуется номинальной емкостью (250...600 А·ч), номинальным напряжением (40...80 В), силой зарядного тока (50...150 А) и временем заряда (6...8 ч). От этой батареи питаются все потребители электроэнергии электропогрузчика:

электродвигатели передвижения 4 и подъема 3, фара освещения, звуковой сигнал и др. Передвижение электропогрузчика осуществляется при работе электродвигателя 4, который своей ведущей шестерней связан с редуктором главной передачи ведущего моста, а далее через дифференциал и полуоси крутящий момент передается на колеса 5.

Подъем и опускание груза, а также наклон механизма подъема выполняются с помощью гидросистемы электропогрузчика (рис. 5.10). Гидронасос 1 приводится в действие электродвигателем. В зависимости от положения золотника гидрораспределителя 8 гидронасос подает масло по шлангам высокого давления в двух направлениях: к гидроцилиндру подъема или гидроцилиндрам наклона.

При подъеме груза масло из бака 12, оборудованного наливной горловиной 10 и фильтром 11, гидронасосом нагнетается по шлангам через запорный клапан 9 в гидрораспределитель 8, а из него — через предохранительный клапан 5 и дроссель в гидроцилиндр подъема 7.

При опускании груза масло из гидроцилиндра подъема 7 сливается в бак 12. Дроссель 6 обеспечивает плавное опускание вилок с грузом, а запорный клапан устраняет утечки масла из гидроцилиндров наклона или подъема через гидрораспределитель 8, направляя его в бак 12. Предохранительный клапан 5 настраивают на предельную массу поднимаемого груза (давление в гидросистеме), при превышении которой он срабатывает.

При наклоне вил гидросистема работает следующим образом. Масло гидронасосом по шлангам высокого давления через запорный клапан 9, гидрораспределитель и запорный клапан 4 поступает в нижнее под-

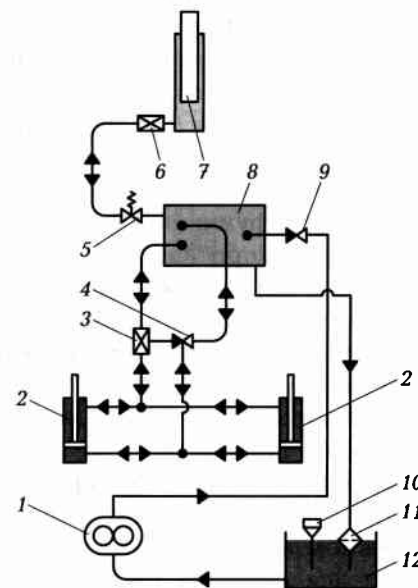


Рис. 5.10. Схема гидросистемы электропогрузчика:

1 — гидронасос; 2 — гидроцилиндр наклона; 3, 6 — дроссели; 4, 9 — запорные клапаны; 5 — предохранительный клапан; 7 — гидроцилиндр подъема; 8 — гидрораспределитель; 10 — наливная горловина; 11 — фильтр; 12 — бак

поршневое пространство гидроцилиндров наклона и совершает работу по наклону вил. Одновременно масло из верхних объемов гидроцилиндров наклона в основном через дроссель и гидрораспределитель поступает в бак 12.

Механизм подъема электропогрузчика (рис. 5.11) кронштейнами рамы 5 совместно с вкладышами 10 и крышкой 12 крепится к кожуху ведущего моста, который представляет собой две рамы: внутреннюю 3 и наружную 5. Внутренняя рама 3 на роликах 4, 6 может перемещаться внутри наружной рамы 5. Выдвигаясь вверх под действием гидроцилиндра 8 через траверсу 1 и серьги 2, внутренняя рама 3 с помощью роликов 7 и цепи 9, вторые концы которой закреплены на каретке 13, поднимает груз значительно выше наружной рамы 5. На каретке 13 устанавливают вилы и другие грузозахватные устройства.

Описанный электропогрузчик имеет грузоподъемность 15,7 кН, высоту подъема вил до 2,8 м, давление жидкости в гидросистеме 10 МПа, угол наклона механизма подъема  $3^\circ$  — вперед и  $8^\circ$  — назад, а его масса составляет приблизительно 3 т.

Электропогрузчики рекомендуется использовать для погрузки, разгрузки, штабелирования и перевозки различных грузов по твердой и ровной дороге.

Автопогрузчик с фронтальным расположением грузоподъемника (рис. 5.12) смонтирован на раме 4, которая опирается на передний 15 и задний 11 мосты. Спереди расположен грузоподъемник 3 с кареткой 2 и вилочным подхватом (вилами) 1. На переднем (ведомом) мосту 15 установлены по два колеса с каждой стороны, а на заднем (ведущем) 11 — по одному. На раме 4 смонтирован двигатель внутреннего сгорания 8 со сцеплением и коробкой передач. Но коробка передач автопогрузчика отличается от коробки передач, например, грузового автомобиля тем, что она не имеет устройства заднего хода. Эту функцию выполняет механизм обратного хода 13, соединенный с коробкой передач и задним мостом 11 карданными валами. Подобным валом приводится во вращение и редуктор привода гидронасосов 9. Такая конструкция движителя позволяет автопогрузчику использовать все передачи коробки передач при движении как вперед, так и назад.

Механизм обратного хода 13 представляет собой коробку передач, смонтированную в отдельном корпусе и имеющую два вала (ведущий и ведомый), на которых установлены по две шестерни. Две из них (одна на ведущем, другая на ведомом валах) находятся в постоянном зацеплении, а между двумя другими установлена промежуточная шестерня. На ведомом валу между шестернями находится

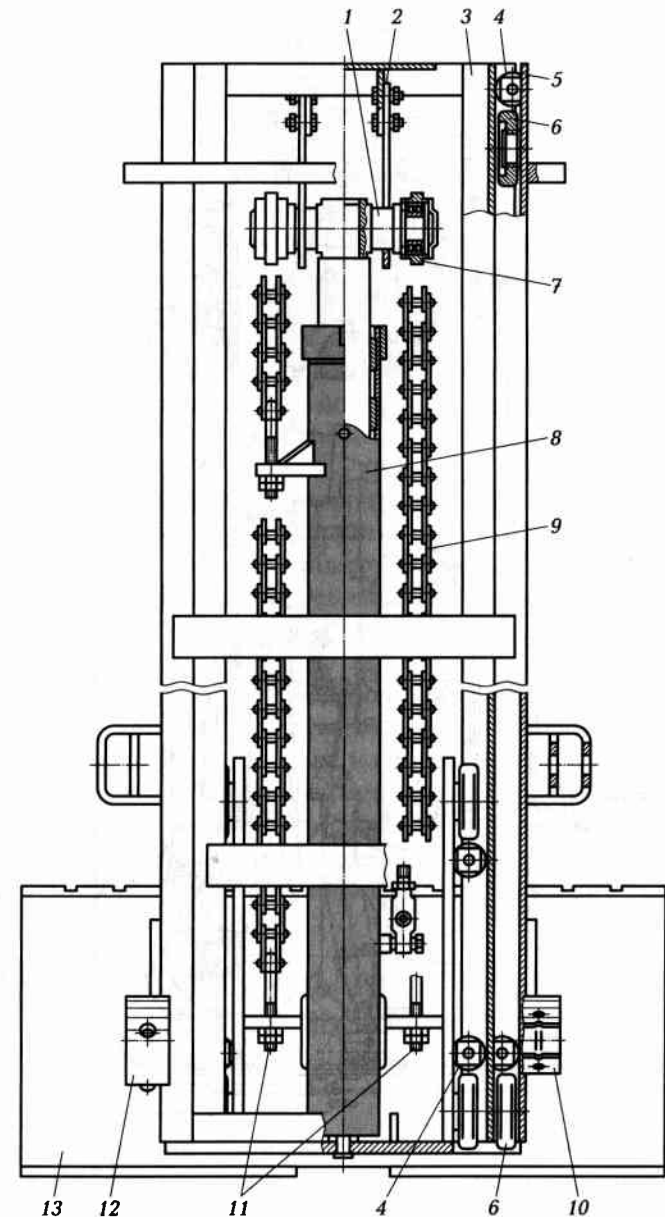


Рис. 5.11. Механизм подъема электропогрузчика:

1 — траверса; 2 — серьга; 3, 5 — внутренняя и наружная рамы; 4, 6, 7 — ролики; 8 — гидроцилиндр; 9 — цепь; 10 — вкладыш; 11 — болты крепления цепи к кронштейнам гидроцилиндра; 12 — крышка; 13 — каретка для установки вилок

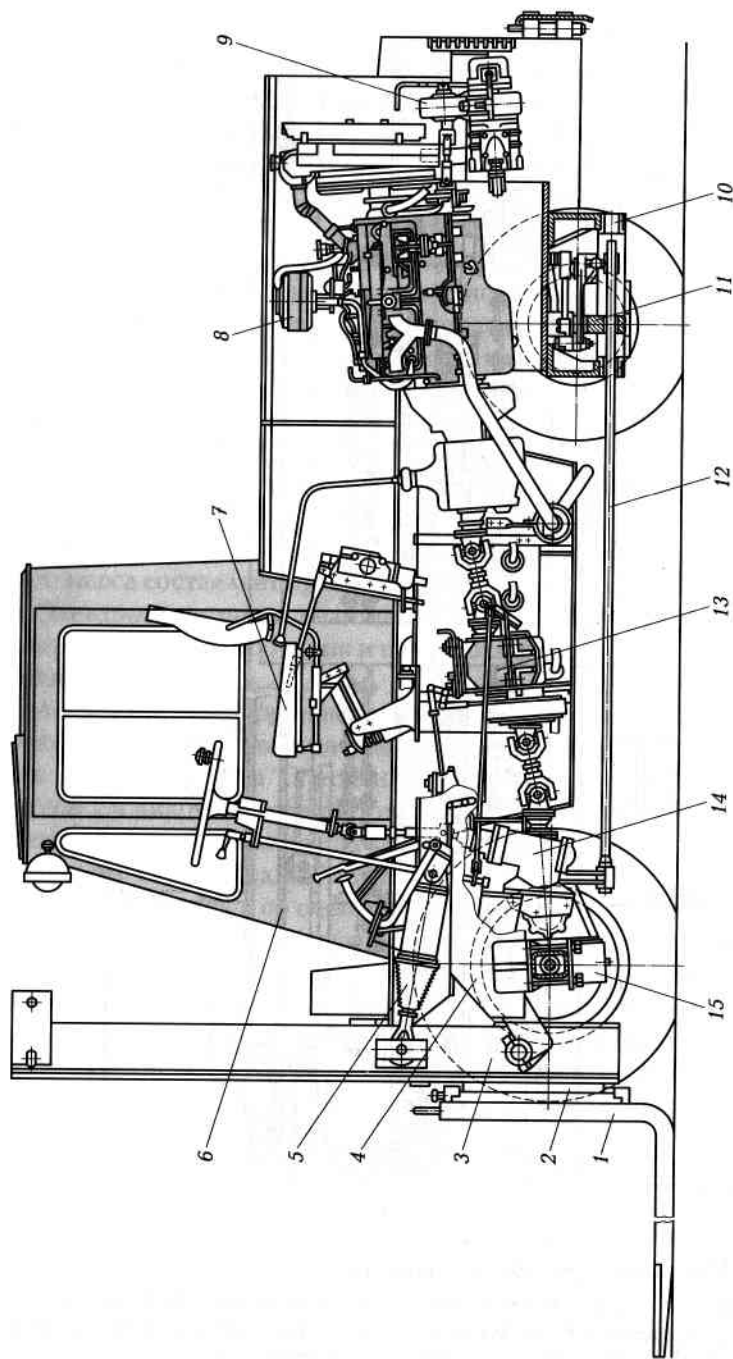


Рис. 5.12. Автопогрузчик с фронтальным расположением грузоподъемника:

1 — вилочный подхват; 2 — каретка; 3 — грузоподъемник; 4 — рама; 5 — гидродвигатель; 6 — кабина; 7 — сиденье; 8 — двигатель внутреннего сгорания; 9 — редуктор привода гидронасосов; 10 — ось; 11 — задний мост; 12 — продольная рулевая тяга; 13 — механизм обратного хода; 14 — рулевой механизм; 15 — передний мост

## 5.5. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Грузоподъемными кранами** называются машины циклического действия, предназначенные для захвата, подъема, перемещения, удержания и опускания грузов. К основным типам грузоподъемных кранов, широко используемым на промышленных предприятиях, относятся мостовые, консольные, козловые краны и кран-балки. Все они изготовлены примерно по одной схеме и состоят из базовой металлической конструкции, механизмов подъема груза и пе-

ся зубчатая муфта, которую устанавливают либо в нейтральном положении, либо рычагом из кабины водителя вводят в зацепление с правой или левой шестернями ведомого вала. В зависимости от положения муфты изменяется направление движения автопогрузчика. Переключение муфты на изменение направления движения автопогрузчика путем переключения муфты возможно только при выключенной муфте сцепления двигателя.

Конструкция движителя выполнена таким образом, что позволяет заднему ведущему мосту, жестко прикрепленному к раме, поперечно качаться на оси 10 относительно рамы. Продольная тяга 12 соединяет управляемые колеса с рулевым механизмом 14, включающим гидросилы. Сдвоенные колеса ведущего моста оснащены тормозами с гидравлическим управлением от педали. В трансмиссии передвижения смонтирован стояночный тормоз с ручным управлением.

Грузоподъемник автопогрузчика по конструкции аналогичен механизму подъема электропогрузчика.

В зависимости от исполнения грузоподъемника автопогрузчика высота подъема каретки 2 с грузозахватным приспособлением может изменяться и составлять для автопогрузчика грузоподъемностью 5 т 2,8; 4,5 и 7 м.

**Подъемники** — это грузоподъемные машины прерывистого или непрерывного действия (лифты, эскалаторы, фуникулеры и др.). К этой группе грузоподъемных машин относятся также автомобильные подъемники, предназначенные для подъема людей при выполнении работ на высоте. Поскольку подъемники в машиностроительном производстве применяются ограниченно, то в данном учебнике они не рассматриваются.



ремещения крана, а также тележки и электропривода с системой управления.

Мостовой кран представляет собой металлическое сооружение, состоящее из двух основных устройств — моста и тележки.

Мост предназначен для перемещения груза вместе с тележкой вдоль цеха по подкрановым путям, уложенным на выступах верхней части стен или колонн. Для этого он оборудован ходовыми колесами, приводимыми в действие механизмом, питание к которому поступает по гибким кабелям, висящим на канате в виде пель.

Под фермой моста расположена кабина крановщика и площадка, служащая для управления краном и его обслуживания.

По верхнему поясу моста поперек пролета цеха (или вдоль моста по двум направляющим — тавровым балкам) может передвигаться тележка с помощью механизма передвижения, снабженная механизмами подъема — главным и вспомогательным, с грузоподъемными (грузозахватными) устройствами, обладающими грузоподъемностью 20 и 5 т соответственно. В зависимости от выполняемых работ грузозахватные устройства (грузозахваты) могут быть различными: крюки, электромагниты, грейферы, специальные устройства.

Одновременная работа двух механизмов подъема необходима, например, при подъеме и транспортировании ковша с жидким металлом в металлургическом цехе. В этом случае главный механизм подъема держит ковш грузозахватом сверху, а вспомогательный — поднимает его снизу, наклоняя при разливе металла по изложницам.

Тележка 11 мостового крана (рис. 5.13) изготовлена сварной из стали, она опирается на четыре колеса, два из которых являются ведомыми 14 и два — ведущими 7, приводимыми в действие от электродвигателя 4.

Привод главного механизма подъема осуществляется от электродвигателя 9 через муфту, длинный вал-вставку и редуктор 19. Полумуфта, соединяющая вал-вставку с выходным валом редуктора, используется в качестве шкива тормоза 11 колодочного типа, приводимого в действие электрогидравлическим толкателем. Зубчатая муфта соединяет выходной вал редуктора 19 с барабаном 10, на который наматывается (сматывается) грузоподъемный стальной канат. Опоры верхних блоков 3 полиспаста и уравнильные блоки 2 расположены на полу тележки, что облегчает их обслуживание и увеличивает возможную высоту подъема груза. Ограничителем высоты подъема служит выключатель 12, отключающий питание при-

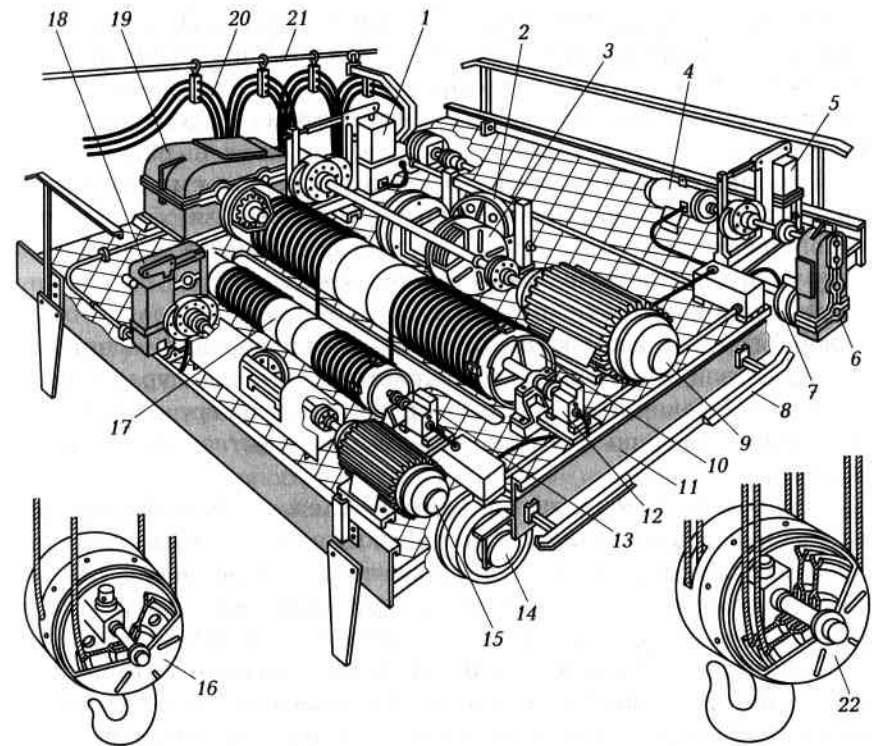


Рис. 5.13. Тележка мостового крана с главным и вспомогательным механизмами подъема:

1 — колодочный тормоз; 2 — уравнильные блоки; 3 — верхние блоки полиспаста; 4 — электродвигатель передвижения тележки; 5 — тормоз тележки; 6 — редуктор привода тележки; 7 — ведущие колеса; 8 — линейка конечного выключателя; 9 — электродвигатель главного механизма подъема; 10 — барабан; 11 — тележка; 12 — выключатель высоты; 13 — конечный выключатель; 14 — ведомые ходовые колеса; 15 — электродвигатель вспомогательного механизма подъема; 16 — крюковая обойма вспомогательного механизма подъема; 17 — барабан вспомогательного механизма подъема; 18 — редуктор вспомогательного механизма подъема; 19 — редуктор главного механизма подъема; 20 — электрические кабели; 21 — канат для подвески кабелей; 22 — крюковая обойма главного механизма подъема

вода при достижении крюковой подвеской крайнего верхнего положения.

Вспомогательный механизм подъема имеет кинематическую схему, аналогичную главному механизму, — электродвигатель 15, редуктор 18, барабан 17, конечный выключатель 13. Оба механизма подъема оснащены крюковыми обоймами 16 и 22 с крюками соот-

ветственно вспомогательного и главного подъема. Гибкий кабель 20, подвешенный на канате 21, служит для подачи питания на тележку моста. В зависимости от направления движения крюка гибкий кабель растягивается или собирается петлями на поддерживающем его канате.

Полиспасты, применяемые в механизмах подъема мостового крана, служат для увеличения усилия подъема. Для обеспечения строго вертикального подъема груза и постоянства нагрузок на опоры барабана использованы сдвоенные полиспасты, состоящие из двух одинаковых полиспастов. Для создания нормального положения грузовой крюковой обоймы в случае неравномерной вытяжки ветвей каната обоих полиспастов применяют уравнильный блок 2. Такой блок при подъеме и опускании груза не вращается, а служит лишь для уравнивания длины ветвей обоих полиспастов.

При совместном движении моста и тележки кран обслуживает всю площадь цеха, за исключением узких полосок вдоль стен, куда кран не может подать свои грузозахватные устройства.

Мостовые краны изготавливают грузоподъемностью до 320 т, а мостовые краны специального назначения — до 630 т.

*Консольный (стреловой) кран* обычно располагают у стены, вертикальная часть его рамы может перемещаться вдоль здания на надземной опоре, по горизонтальной части рамы (консоли) перемещается тележка с грузозахватным устройством. Грузоподъемность консольных кранов достигает 5 т, они предназначены для ремонтных, монтажных, перегрузочных, вспомогательных работ и обслуживания литейных цехов.

*Козловой кран* имеет мост, который перемещается по подкрановому пути на собственных опорах, расположенных на земле. Вдоль моста ходит тележка с грузозахватным устройством. Козловые краны для строительных и монтажных работ изготавливают грузоподъемностью до 400 т, а для перегрузочных работ, когда их используют на складах готовых изделий, металла, обработке различных грузов (контейнеров), сборки металлоконструкций — до 40 т.

Все названные краны имеют кабины управления для крановщиков.

*Кран-балка* представляет собой облегченный мостовой кран грузоподъемностью до 5 т. Вместо моста он, как правило, имеет одну балку, по которой перемещается электроталь, она же имеет грузозахватное устройство в виде крюка и управляется кнопочной станцией, подвешенной на электрическом кабеле и опущенной к полу.

## 5.6. ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА КРАНОВ

Для перемещения грузов краны оборудуют *грузозахватными устройствами*, их подразделяют на съемные грузозахватные приспособления, которые навешивают на крюк подвески крана, и сменные грузозахватные органы, которые соединяют с канатами механизма подъема.

К *съемным грузозахватным приспособлениям* относятся различные стропы и специализированные грузозахватные (клещевые, эксцентрикковые, фрикционные, траверсы и др.) приспособления.

Наибольшее распространение получили универсальные одноветвевые и многоветвевые *стропы*, изготовленные из стальных канатов или цепей. Универсальный петлевой строп в виде замкнутого контура служит для обвязки груза и присоединения к такелажным узлам груза. Одноветвевые стропы имеют на одном конце кольца для навешивания на крюки крана, а на другом — грузозахватный элемент (крюк, петлю, скобу) для соединения с грузом. Многоветвевые стропы предназначены для работы с грузами, имеющими несколько такелажных стропов — круглых, овальных или треугольных звеньев для навешивания на крюк крана.

Для изготовления канатных стропов используют стальные канаты с органическим сердечником определенной маркировочной группы. Цепные стропы делают из некалиброванных стальных цепей. В местах соприкосновения каната с другими деталями стропа ставят штампованные или литые коуши. Петлю стропа, сопряженную с коушем, а также соединение концов каната выполняют заплеткой его свободного конца или постановкой зажимов.

При расчете многоветвевых стропов общего назначения угол отклонения стропа от вертикального положения принимают равным  $45^\circ$ . При расчете стропов, предназначенных для определенного груза, можно принимать фактическое значение угла. С учетом принятых углов испытывают стропы, к которым при этом прикладывают нагрузку, в 1,25 раза превышающую их номинальную грузоподъемность.

*Зажимные клещевые и фрикционные грузозахватные устройства* выполняют в виде шарнирно соединенных рычагов. При этом у клещевых грузозахватных устройств концы рычагов охватывают груз или его часть, а у фрикционных груз удерживается при сжатии рычагов прижимными элементами.

*Эксцентрикковые грузозахватные устройства* состоят из скобы и одного или двух шарнирно закрепленных на ней эксцентриков,

их применяют для работ с листовым материалом или металлическими конструкциями, имеющими вертикальные выступающие части. Грузозахватное устройство устанавливают на груз, и эксцентрик вручную или путем натяжения канатов крана прижимают к нему с небольшим усилием. При подъеме груз зажимается между скобой и эксцентриком (или эксцентриками) с усилием, пропорциональным его массе.

У *вилочных (лапчатых) грузозахватных устройств* рабочие органы (вилы) располагаются под грузом. При заведении вил под поддон центр массы груза должен находиться на одной вертикали с точкой подвеса грузозахватного устройства и должна быть исключена возможность спадания груза с вил. Для этого точку подвеса на грузозахватном устройстве располагают так, чтобы в ненагруженном состоянии вилы имели наклон вперед, что создает удобство при заведении их под груз и выведении из-под него. В нагруженном состоянии вилы имеют наклон 1...3° назад, чем объясняется устойчивое положение груза на вилах.

*Траверы* используют при работе с длинномерными грузами. Травера — это балка, снабженная стропами или подвешенными с их помощью специализированными грузозахватными устройствами. На крюк крана траверы навешивают посредством скобы, закрепленной на балке или соединенной с ней канатами или цепями.

Кроме крюковых подвесок существуют сменные грузозахватные органы для специальных контейнерных кранов, грузоподъемные электромагниты и др. *Современные автоматические грузозахватные органы* (спредеры) для перемещения крупнотоннажных контейнеров позволяют прочно соединять выдвижные штыри грузозахвата с фитингами контейнера механизированным способом. При этом сигнальные индикаторы показывают крановщику в кабине правильность взаимного захвата (разъединения).

*Грузоподъемные электромагниты* круглой и прямоугольной формы используют для перегрузки магнитных грузов в виде стальных болванок, листа, чугунных чушек, скрапа, металлолома, стружки. Грузоподъемность электромагнита зависит от вида груза и его температуры. Если грузоподъемность электромагнита при работе со стальными чушками и листом принять за 100 %, то при перегрузке чугунных чушек и стального скрапа она будет 33 и 6 % соответственно, а при захвате стальной стружки — 2...1,3 %. При температуре груза свыше 200 °С грузоподъемность электромагнита резко падает, а при температуре 720 °С становится равной нулю.

*Грузовые крюки и петли* служат для подвешивания грузов или грузозахватных приспособлений к канатам или цепям механизмов

подъема, их изготавливают ковкой или штамповкой. Крюки могут быть выполнены из отдельных пластин, соединенных между собой заклепками. Литые крюки применяются ограниченно. Для предотвращения закручивания грузовых канатов во время строповки груза крюки должны легко вращаться в крюковой обойме (подвеске), для чего она имеет закрытые шариковые опоры (упорные подшипники). На каждом крюке после проверки соответствия требованиям стандарта в установленном месте наносится маркировка, в которой указывается товарный знак изготовителя, номер крюка по стандарту, номер плавки, заводской номер и год изготовления. Каждый крюк должен быть защищен противокоррозионной краской.

Крепление крюка в траверсе осуществляют специальной гайкой, которая стопорится планкой против самоотвинчивания. Грузовые крюки кранов и электроталей оборудуются предохранительными замками, предотвращающими самопроизвольное расщепление крюка и съемного грузозахватного приспособления.

## 5.7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ КРАНОВ

*Электрооборудование* предназначено для привода и управления устройствами крана и состоит из токоприемников, электродвигателей, пусковой и регулирующей аппаратуры, а также устройств защиты.

*Наружный токоподвод* к кранам выполняют в виде троллея или гибкого многожильного кабеля.

Троллейный токоподвод представляет собой стальной уголок или тугонатянутую стальную проволоку, закрепленную на изоляторах и размещенную на крановых балках или стене здания (питание крана), на стойках металлоконструкции крана (питание тележки). Для контроля за наличием напряжения в каждом троллее подключаются сигнальные лампы, которые включаются при наличии напряжения и выключаются при его отсутствии. С троллеями взаимодействуют скользящие по ним токоприемники, закрепленные на кране.

Кабельным токоподводом электроэнергию подают к тележкам и кранам, работающим на открытом воздухе с перемещением не более 100 м. Силовой кабель обычно имеет пять жил соответствующих расцветок: три силовые, одна нулевая и одна заземляющая. Кабельные токоподводы подвешивают или наматывают на барабаны крана. При передвижении крана кабельный токоподвод либо

собирается в виде петель или растягивается, если он подвешен на каретках и движется по направляющей, либо наматывается на барабан при движении в одну сторону или раскладывается по деревянному лотку при перемещении в другую.

Как правило, в кранах используют *асинхронные электродвигатели* трехфазного тока с повышенной прочностью, выпущенные специальными сериями. Такие электродвигатели предназначены для частых включений и отключений и способны работать с перегрузками.

Электродвигатели имеют герметично изолированные чугунные корпуса, обеспечивающие возможность их эксплуатации на открытом воздухе. В пазах статора, изготовленного из тонких листов электротехнической стали, размещены обмотки с выведенными на клеммы концами. Обмотки статоров — катушечные одно- или двухслойные, фазных роторов — катушечные однослойные. Применяемые для обмоток типы провода (кроме сечения) различаются классом нагревостойкости (155 и 180 °С соответственно). Концы обмоток подведены к трем контактными кольцам на валу ротора, с которыми постоянно находятся в контакте щетки токосъемного механизма. С противоположной стороны на этом же валу закреплена крыльчатка, обеспечивающая вентиляцию электродвигателя. Короткозамкнутый ротор обычно делают литым из алюминиевого сплава повышенного удельного сопротивления, с вентиляционными лопатками, отлитыми как одно целое с короткозамкнутыми кольцами.

Крановые электродвигатели с фазным ротором имеют мощность 1,4... 160 кВт и синхронную частоту вращения 600; 750 и 1 000 об/мин, а электродвигатели с короткозамкнутым ротором — мощность 1,4... 37 кВт и частоту вращения 1 000 и 750 об/мин. Используемые в крановом приводе электродвигатели работают в повторно-кратковременном режиме с продолжительностью включения 40; 25 и 60 %. Двигатели с короткозамкнутым ротором включают непосредственно в сеть, при этом сила тока при пуске увеличивается в 4—6 раз по сравнению с силой тока в установившемся режиме. Электродвигатели с фазным ротором включаются в сеть с использованием активных регулируемых резисторов в цепи ротора, поэтому величина пускового тока нарастает постепенно.

При включении электродвигателя в сеть в обмотке статора появляется вращающееся магнитное поле, которое наводит в замкнутой обмотке ротора электродвижущую силу (ЭДС). Взаимодействие магнитных полей создает синхронную частоту вращения, которая не зависит от нагрузки на валу двигателя и его частоты вращения, а определяется только частотой токов в сети и числом пар полюсов.

Действительная частота вращения ротора электродвигателя меньше синхронной. При отсутствии нагрузки частота вращения ротора мало отличается от синхронной и скольжение весьма мало. При увеличении нагрузки на валу двигателя скольжение увеличивается, а частота вращения уменьшается. При переходе скольжения через некоторое значение электродвигатель останавливается.

Зависимость частоты вращения электродвигателя от развиваемого им вращающего момента называют механической характеристикой, которая может быть мягкой и жесткой. Если частота вращения мало изменяется при значительном увеличении нагрузки, характеристика считается жесткой. Когда частота вращения электродвигателя при увеличении нагрузки уменьшается значительно, характеристика считается мягкой. Асинхронные электродвигатели во всем диапазоне развиваемых ими моментов имеют жесткие характеристики.

Для кранов характерна работа в двух режимах: двигательном и тормозном. При подъеме груза и передвижении тележки или крана электродвигатели работают в двигательном режиме. В тормозном режиме (электрическое торможение) электродвигатель замедляет движение груза, тележки или крана, регулируя скорость их движения. Если при опускании легких грузов или крюка без груза моменты, создаваемые их массой, не в состоянии преодолеть противодействие, возникающее внутри механизма, то при опускании тяжелых грузов моменты, создаваемые массой грузов, настолько велики, что способны вызвать ускорение вращающихся деталей механизма подъема. Поэтому в таких случаях электродвигатель работает первоначально в двигательном режиме, помогая крюку опускаться, а далее — в тормозном режиме (тормозной спуск), препятствуя самопроизвольному падению груза и ускоренному движению вращающихся деталей механизма.

Контроллеры, пускатели, командоаппараты, блоки резисторов, электромагниты и электрогидротолкатели тормозов относятся к пусковой и регулирующей аппаратуре кранов.

*Контроллеры* служат для пуска, остановки, реверсирования, торможения и регулирования частоты вращения электродвигателей. В кранах используют контроллеры двух типов — кулачковые и магнитные. Кулачковый контроллер представляет собой алюминиевый корпус, внутри которого находятся кулачковый барабан и коммутационные элементы с подвижными и неподвижными контактами. Поворачивая ручкой кулачковый барабан, создают различные фиксированные варианты соединений подвижных контактов с неподвижными.

Магнитные контроллеры служат для коммутации электрических цепей, работающих в тяжелом режиме, управляются командоконтроллерами и имеют автоматизированное переключение ступеней резисторов. Магнитные контроллеры могут управлять механизмами передвижения, подъема или одновременно двумя механизмами (и электродвигателями — соответственно). Основным устройством магнитного контроллера является контактор-выключатель, приводимый в действие электромагнитом малой по сравнению с контакторами силовой цепи мощности.

*Командоаппараты (командоконтроллеры)* — это устройства для приведения в действие магнитных контроллеров, их, как правило, устанавливают в цепях управления, а при небольшой силе тока — в силовых цепях. Командоконтроллером управляют с помощью рукоятки с фиксирующим устройством.

*Блоки резисторов* служат для регулирования частоты вращения электродвигателей путем изменения величины сопротивлений, подключенных в систему питания. Резисторы смонтированы в специальных ящиках, в которых они и выводные зажимы поставлены на индивидуальные изоляторы. Активным материалом резисторов является фехрелевая лента и проволока, а также проволока из константана.

*Контакты и магнитные пускатели* предназначены для дистанционного включения и реверсирования (переключения) электродвигателей. Например, контакты переменного тока допускают не менее 600 включений в час. Наличие электромагнитного гашения дуги позволяет производить включение, реверсирование и отключение заторможенных электродвигателей (в том числе и с короткозамкнутым ротором).

Используемые в электрооборудовании кранов *реле* (промежуточные, тепловые, реле тока и напряжения) применяют для защиты электрооборудования от перегрузок и падения напряжения. Например, промежуточные реле (время срабатывания 0,03...0,06 с) устанавливают тогда, когда коммутационная возможность контактов основных аппаратов недостаточна (отключение части двигателей ходовых тележек при разгоне). Тепловые реле защищают обмотки электродвигателей от перегрева при длительной работе, они имеют диапазон срабатывания теплового элемента при силе тока 0,5...150 А, пределы регулирования 0,75...1,3 А и время срабатывания в пределах 4...25 с.

*Концевые выключатели* предназначены для разъединения электрических цепей при достижении крюковой подвески предельной высоты, а краном и тележкой — конца перемещения.

В кранах тормоза приводятся в действие *электрогидравлическими толкателями*. Каждый такой толкатель представляет собой устройство цилиндрической формы, состоящее из электродвигателя, гидронасоса с резервуаром масла и поршня со штоком, помещенных в герметично уплотненный цилиндр. При включении тормоза начинает работать гидронасос, приводимый в действие электродвигателем. Гидронасос повышает давление масла, под действием которого поднимается поршень со штоком. Шток воздействует на рычаг тормоза и отводит колодки от шкива тормоза. При отключении электродвигателя поршень со штоком опускается, а шкив тормоза блокируется пружиной.

К устройствам электрической защиты электрооборудования кранов относят предохранители, автоматы, реле, конечные выключатели.

Обычно применяют *трубчатые* (при силе тока 15...200 А) и *пробочные* (при силе тока 4...60 А) *предохранители*, устанавливаемые во вводных устройствах и защитных панелях цепей управления. Плавкие вставки предохранителей обычно выбирают в соответствии с силой пропускаемого тока и продолжительностью включения электропривода. Вставки обычно перегорают при длительной работе под нагрузкой и превышении номинальной нагрузки (силы тока) более чем на 50 %.

*Автоматические выключатели (автоматы)* служат для автоматического размыкания электрической цепи при коротких замыканиях (сила тока короткого замыкания 3...14 А) или перегрузках при пусках асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. В зависимости от типа автомат может иметь расцепитель с гидрозамедлителем, тепловой электромагнитный или комбинированный расцепитель. Расцепители рассчитаны на номинальную силу тока 1,6...63 А. Автоматы с комбинированными расцепителями позволяют применять силовые цепи с проводами меньшего сечения, чем при использовании автоматических выключателей с электромагнитными расцепителями.

## 5.8. ГИБКИЕ ОРГАНЫ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Основными гибкими органами ПТМ являются канаты и цепи. *Канаты* бывают стальными, пеньковыми и капроновыми, а *цепи* — сварными, штампованными и пластинчатыми. Гибкие органы ПТМ



используют для изготовления стропов, запасовки в полиспасты и блоки, а также для оснащения грузоподъемных машин.

*Стальные канаты* применяют при подъеме и перемещении тяжелых грузов. Значительное количество стальных канатов расходуется на оснащение различных кранов, грузоподъемных механизмов и лебедок, применяемых при монтаже электрооборудования, конструкций и такелаже всевозможных грузов. В соответствии с ГОСТ 3079—80 «Канат стальной двойной свивки» промышленностью выпускаются стандартные стальные канаты диаметром от 3,7 до 65 мм, длиной 250; 500 и 1 000 м. Для подъема и перемещения электромонтажных конструкций и электрооборудования должны применяться стропы из стальных канатов крестовой или комбинированной свивки диаметром от 11 мм. Стальные канаты должны иметь сертификат завода — изготовителя канатов об их испытании в соответствии с ГОСТ 3241—90 «Канаты стальные. Технические требования».

Правильный выбор конструкции стальных канатов для определенных условий работ (в полиспастах, стропках, расчалках, вантах и др.) обеспечивает их продолжительную и безопасную работу. Конструктивно стальные канаты различаются по числу проволок в прядях, числу самих прядей, направлению свивки прядей в канате и проволок в прядях, а также по типу сердечника. Проволоки для канатов должны изготавливаться из стали с расчетным пределом прочности при растяжении не менее 1 200 МПа.

На монтажных и такелажных работах используют преимущественно канаты с пределом прочности при растяжении 1 400... 1 800 МПа. Для изготовления канатов применяют проволоку марки В (высший сорт), I и II сортов.

В зависимости от способа свивки проволок, прядей и сердечника различают два основных типа конструкции стальных канатов:

- с односторонней свивкой — проволоки в прядях и пряди в канате свиты в одном направлении;
- с крестовой свивкой — проволоки в прядях свиты в одном направлении, а пряди в канате — в другом.

Существуют также канаты комбинированной свивки, в которых часть прядей имеет левое, а часть — правое направление свивки проволок.

Канаты односторонней свивки более гибкие, чем канаты крестовой свивки, но подвержены раскручиванию и сплющиванию.

Канат, свитый из нескольких канатов, называется *кабелем* и применяется при больших растягивающих усилиях.

Стальные канаты изготавливают из проволоки с различными антикоррозионными покрытиями, увеличивающими срок службы канатов, с органическим пеньковым или стальным сердечником.

По виду свивки канаты бывают обыкновенные (О) и нераскручивающиеся (Н) с правым или левым направлением свивки. По виду свивки проволок в прядях выпускаются канаты с точечным (ТК) и линейным (ЛК) касанием проволок между слоями прядей, а также комбинированные (ТЛК).

Для такелажных работ и грузоподъемных механизмов применяют обычно стальные канаты типов ТК, ЛК и ТЛК, состоящие из шести прядей, изготовленные из канатной проволоки I сорта с числом проволок 19; 37; 61.

Канаты с числом проволок в пряди, равным 19, — жесткие, их применяют в основном для вант и оттяжек, т. е. когда они не подвергаются или мало подвергаются изгибу. Канаты с числом проволок в пряди, равным 37 и более, используют для запасовки полиспастов, изготовления стропов, а также для других чалочных приспособлений.

Пеньковые сердечники придают канату большую гибкость, ослабляют толчки в начале и конце подъема, обеспечивают большой срок службы. Применяются также сердечники из нейлона, капрона и перлона. От правильного определения диаметра каната и допустимой нагрузки зависят безопасность работы и срок службы каната.

Завод-изготовитель снабжает выпускаемые канаты сертификатом, в котором указывает конструкцию каната и результаты испытания. Кроме того, к канату прикрепляют бирку с обозначением всех заводских данных. Если паспорт и бирка отсутствуют, необходимо провести испытания образца каната в лаборатории и на основании их результатов оформить для каната новый паспорт и бирку.

Для расчета и выбора стального каната необходимо знать требуемое предельное разрывное усилие (предельную нагрузку) и коэффициент запаса прочности каната, который установлен Государственной инспекцией Ростехнадзора.

*Коэффициент запаса прочности* каната — это число, показывающее, во сколько раз следует уменьшить нагрузку на канат по сравнению с предельной (разрывным усилием), чтобы перемещение груза было совершенно безопасным. Например, тяговый канат, применяемый на кранах, должен иметь коэффициент запаса прочности 4, а канаты лебедок, предназначенные для подъема людей, — 9.

Эксплуатация каната запрещается, если число проволок, оборванных на длине шага его свивки, превышает разрешенное. Шагом свивки называют наименьшее расстояние от оси каната до



одной и той же пряди, измеренное с одной стороны каната. Например, для стального каната крестовой свивки с одним органическим сердечником и первоначальным коэффициентом запаса прочности 6—7 допустимое число обрывов проволок равно 14, а для такого же каната односторонней свивки — только 7. Когда канат имеет еще и поверхностный износ или коррозию проволок, его забраковывают согласно установленным нормам. Так, если диаметр проволок в результате поверхностного износа или коррозии уменьшился на 15 %, следует снизить допустимое количество обрывов на 75 %. При износе или коррозии, достигших 40 % первоначального диаметра проволок и более, канат должен быть забракован, даже если на нем отсутствует обрыв проволок на шаге свивки.

Для лучшей сохранности канатов и их безопасной работы большое значение имеет правильный выбор блоков. Размеры ручья блока должны быть такими, чтобы канат не сплющивался, не катался по ручью и не выскакивал из него. Стальные канаты, применяемые в качестве грузовых, стреловых, вантовых, несущих, страхующих и тяговых, сращивать категорически запрещается. Длина грузового каната должна позволять оставлять на барабане лебедки не менее полутора витков при нижнем (удаленном) положении грузового крюка.

Стальные канаты и стропы для предохранения от коррозии покрывают графитной смазкой (ГОСТ 3333—80\* «Смазка графитная. Технические условия»). Применение случайного смазочного материала приводит к быстрому изнашиванию внутренних проволок каната вследствие взаимного истирания и коррозии.

*Пеньковые и капроновые канаты* применяются в основном для вспомогательных целей при монтаже электрооборудования и металлоконструкций, при перемещении и подъеме мелких грузов вручную, а также для временного закрепления грузов. Допускается изготовление стропов и грузовых сеток из пеньковых и капроновых канатов.

Наибольшее распространение имеют трехрядные пеньковые и капроновые канаты. Каждая прядь таких канатов состоит из отдельных каболок, свитых из лубяных волокон или из волокон капронового шелка.

Расчет на растяжение пеньковых и капроновых канатов производится аналогично расчету стальных канатов.

В последнее время все большее применение в такелажных и монтажных работах находят канаты из синтетических волокон, капрона и перлона, которые не подвергаются гниению. Из канатов с синтетическими волокнами наиболее широкое применение в

монтажной практике получили веревки и канаты из капроновых нитей.

Основным материалом для изготовления капроновых канатов является капроновый шелк, свитый в каболок, а затем в пряди. Капроновые канаты изготавливают трехрядными. Методом правой свивки получают канаты двух групп — повышенной и нормальной прочности.

Возможность и условия применения капроновых канатов для изготовления стропов устанавливаются монтажной организацией, применяющей такие стропы. На расчет, изготовление, испытание и браковку этих стропов должны быть разработаны и утверждены технические условия (ТУ). Канаты из капрона или других искусственных волокон обладают повышенной прочностью (при разрыве) и хорошей влагостойкостью. Недостаток их в том, что они резко теряют свою прочность при повышении температуры окружающей среды или температуры трения.

Для изготовления стропов и оснащения грузоподъемных машин кроме стальных канатов применяют сварные, штампованные и пластинчатые цепи.

*Сварные цепи* изготавливают в соответствии с ГОСТ 2319—81 «Цепи круглозвенные сварные грузовые и тяговые нормальной прочности» и ГОСТ 228—79 «Цепи якорные с распорками. Общие технические условия» из мягкой легированной стали мелкозернистой структуры с пределом прочности при разрыве не менее 370 Н/мм<sup>2</sup>.

Сварные цепи подразделяют на калиброванные (СК) и некалиброванные (СН). В обозначении сварных цепей после букв СК или СН следуют две цифры: диаметр цепной стали и шаг цепи в миллиметрах.

Наибольшее применение на такелажных работах имеют некалиброванные цепи, отличающиеся большими отклонениями от номинальных размеров по длине, ширине и диаметру сечения звена. В грузоподъемных машинах и механизмах применяют только калиброванные цепи.

Коэффициент запаса прочности сварных и штампованных грузовых цепей и цепей стропов рассчитывается так же, как и для стальных канатов.

Для подъема грузов применяют короткозвенные цепи и цепи с распорками (якорные цепи). Пластинчатые или шарнирные цепи изготавливаются по ГОСТ 588—81\* «Цепи тяговые пластинчатые. Технические условия» и ГОСТ 589—85 «Цепи тяговые разборные. Технические условия» соответственно и используются для грузо-

подъемных машин и изготовления стропов, но при этом такие цепи должны иметь свидетельство завода-изготовителя об испытании в соответствии с ГОСТом, по которому они изготовлены.

Цепи, применяемые для оснащения грузоподъемных машин и изготовления стропов, должны иметь сертификат завода — изготовителя цепей.

При отсутствии сертификата (свидетельства об испытании в соответствии с ГОСТом) должны быть произведены испытания образца цепи для определения разрушающей нагрузки и соответствия размеров ГОСТу.

После сращивания цепь должна быть испытана под нагрузкой, в 1,25 раза превышающей ее номинальную грузоподъемность.

Значения коэффициентов запаса прочности цепей стандартизированы. Так, коэффициенты запаса прочности сварных и штампованных цепей будут следующими. Грузовая цепь, работающая на звездочке (калиброванная), имеет коэффициент запаса прочности при ручном приводе 3, а при машинном — 8. Грузовая цепь, работающая на гладком барабане, имеет коэффициенты запаса прочности соответственно 3 и 6.

## 5.9. ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН В ПРОИЗВОДСТВЕ

Вследствие развития производства и увеличивающегося роста грузооборота требуется постоянное совершенствование средств и методов перемещения и складирования грузов на базе широкого внедрения механизации и автоматизации всех технологических процессов и ликвидации тяжелого ручного труда. Особое внимание обращается на осуществление мероприятий по механизации наиболее трудоемких процессов в основных отраслях производства.

Погрузочно-разгрузочные, транспортные и складские работы на современных промышленных предприятиях являются одним из основных факторов, образующих себестоимость продукции, поэтому в механизации и автоматизации этих работ кроются огромные возможности по снижению себестоимости продукции и повышению производительности труда.

Известно, что на одну технологическую операцию, как правило, приходится 10—15 различных транспортных операций с основными и вспомогательными грузами, а на 1 т готовой продукции в раз-

личных производствах требуется израсходовать 10...15 т различного сырья (иногда до 100 т и более).

На крупных предприятиях металлургии и машиностроения экономическая транспортная составляющая достигает 40...60 % основного производства и даже на заводах точного машиностроения, легкой и пищевой промышленности не снижается менее 15 %.

Уровень механизации и автоматизации транспортных работ в машиностроении до настоящего времени все еще низок. В общей трудоемкости изготовления таких машин, как автомобили и тракторы, трудоемкость транспортных и складских операций составляет приблизительно 12...15 %.

Комплексная механизация транспортных и погрузочно-разгрузочных работ представляет собой рациональное сочетание применения различных транспортирующих машин и устройств, работающих совместно с технологическим оборудованием на всем протяжении грузопотока от первой до последней технологической операции на основных и вспомогательных участках производства и транспорта. Труд рабочего в этом случае сводится к управлению машинами и наблюдению за их работой.

Высшей ступенью комплексной механизации является комплексная автоматизация производства или отдельных его участков. При комплексной автоматизации работа всего комплекса транспортного и технологического оборудования происходит автоматически при помощи различного рода устройств автоматического управления. Участие человека в этом случае выражается в установлении программы работ всего комплекса, настройке машин и приборов, управлении и контроле за их работой.

Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ позволяет высвободить значительное количество рабочей силы, занятой на вспомогательных работах, и приносит существенный технико-экономический эффект.

Современная организация машиностроительного производства, особенно крупносерийного и массового, характеризуется наличием большого количества технологических переделов, в связи с чем внутризаводские перевозки значительно превышают внешние грузоперевозки. Коэффициент переработки грузов, представляющий собой отношение внутренних грузоперевозок к внешним, в машиностроении достигает значительных величин и составляет для различных отраслей машиностроения 2,83—8,7.

В связи с увеличением объемов производства неизмеримо возрастает роль ПТМ как основного средства механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. Структуры грузо-

оборота машиностроительных заводов значительно отличаются друг от друга, поэтому требуются различные схемы механизации внутризаводских перевозок и применение разнообразных ПТМ — от простейших средств малой механизации до автоматизированных транспортных систем, работающих по заданной программе. Механизация и автоматизация производства являются наиболее выгодными и эффективными способами повышения производительности труда и технического прогресса.

В производстве погрузочно-разгрузочные и транспортные операции являются связующими звеньями между отдельными технологическими операциями, обеспечивающими непрерывность процесса производства. Более того, ПТМ перерастают рамки подсобного оборудования и приобретают функции регулятора производственного процесса предприятия в целом. На современном машиностроительном заводе подъемно-транспортное оборудование влияет на размещение технологического оборудования, последовательность и соответствующую группировку процессов производства и определяет ритм работы предприятия на всех этапах производства — от складских и заготовительных операций до отгрузки продукции и отходов производства.

В настоящее время механизация внедрена на многих участках основного производства машиностроительных заводов с массовым и крупносерийным производством, на предприятиях черной и цветной металлургии, в угольной и химической промышленности, в пищевой, легкой и других отраслях промышленности. Крупносерийные и массовые производства в основном механизуют средствами непрерывного транспорта. Для индивидуального и мелкосерийного производства характерно применение средств прерывного (циклического) действия, главным образом универсального типа. Однако и в этих производствах на отдельных технологических процессах находят применение поточные и автоматические линии.

Механизация погрузочно-разгрузочных и складских работ, а также межцехового транспорта осуществляется комплексно, с внедрением частичной или полной автоматизации управления средствами механизации. Механизация межцехового транспорта развивается благодаря широкому внедрению подвесных конвейеров с автоматизированной загрузкой и разгрузкой; подвесных толкающих конвейеров с автоматизированным адресованием грузов; электрокаров с подъемной платформой и погрузчиков различных типов с механическими захватными органами. Для механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на складах, кроме

различных типов кранов и погрузчиков с автоматическими и полуавтоматическими захватными органами, создаются машины и механизмы для разгрузки платформ, полувагонов и закрытых железнодорожных вагонов.

Для лучшего использования объемов крытых складов со штучными грузами широко применяются штабелирующие мостовые краны и малогабаритные погрузчики в сочетании со специализированной и унифицированной тарой для многоярусного хранения грузов.

Механизация погрузочно-разгрузочных и транспортных операций на складах машиностроительных заводов в настоящее время осуществляется преимущественно при помощи мостовых, железнодорожных, автомобильных и козловых кранов, кран-балок, подвесных однорельсовых путей, электротележек и тележек с ручным приводом. Дальнейшая механизация складских работ на машиностроительных заводах должна производиться в направлении более широкого применения наряду с кранами различных типов авто- и электропогрузчиков со сменными грузозахватывающими органами, легких самоходных гидроэлектрических тележек, управляемых с пола, а также машин и механизмов для разгрузки сыпучих и кусковых грузов с железнодорожных платформ.

В крытых складах штучных грузов широко внедряются штабелирующие мостовые краны (подвесные штабелеры) и малогабаритные электропогрузчики в сочетании со специализированной и универсальной тарой, приспособленной для многоярусного хранения. Перспективны разборные стеллажи, позволяющие изменять компоновку склада. Одним из наиболее эффективных способов комплексной механизации погрузочно-разгрузочных, складских работ и межцехового транспорта являются контейнерные и пакетные перевозки грузов на поддонах при помощи универсальных или специальных ПТМ.

В среднем на современных машиностроительных заводах примерно 30 % внешнего грузооборота составляют шихтовые и формовочные материалы для литейных цехов, поэтому механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ с этими грузами имеет очень большое значение в правильной и рациональной организации заводских грузопотоков. Наиболее высокая степень механизации достигнута в литейных цехах с крупносерийным и массовым типом производства, в большинстве которых осуществлена комплексная механизация всех грузопотоков. В некоторых литейных цехах этого типа осуществлена автоматизированная

подача формовочных смесей в бункеры, транспортирование залитых форм и опок на участках выбивки, полуавтоматизирована загрузка вагранок шихтой и др. В литейных цехах многих заводов землеприготовительные установки представляют собой по существу автоматически действующие системы, в которых ручное обслуживание транспортных установок производится лишь в двух-трех узлах (при подаче в смешивающие бегуны компонентов, входящих в формовочные смеси, при направлении готовых смесей на формовочные участки и при распределении формовочных материалов и готовых смесей по бункерам).

Загрузка вагонеток шихтой производится автоматизированными наклонными скиповыми подъемниками. Для транспортирования сыпучих материалов все больше применяются пневматические установки, подвесные толкающие конвейеры, позволяющие распределять грузы по заданным адресам и передавать их с одного конвейера на другой без перегрузки, вибрационные конвейеры и питатели, используемые для транспортирования земли и отливок после выбивки, горячего литья, на выдаче из бункеров кокса, известняка и других материалов.

Механизация внутрицехового транспорта в кузнечных, кузнечно-прессовых и термических цехах с крупносерийным и массовым производством осуществляется преимущественно конвейерными установками, а в цехах с мелкосерийным и индивидуальным производством широко внедряются местные подъемно-транспортные механизмы, кантователи, механизмы для посадки в печи и выгрузки из печей заготовок и слитков. Грузоподъемные машины оснащаются автоматическими и полуавтоматическими захватами, более широко применяются конвейеры для межоперационной передачи заготовок и изделий. В кузнечно-прессовых цехах большое внимание уделяется внедрению манипуляторов и посадочных машин, а также механизации по установке и съему штампов.

В механических и механосборочных цехах с крупносерийным и массовым производством механизация внутрицехового транспорта производится главным образом благодаря широкому внедрению поточных и автоматических линий, допускающих их переналадку, различных конвейерных установок с заменой части существующих средств механизации более совершенными и надежными в эксплуатации. В этих цехах находят широкое применение подвесные толкающие, легкие конвейеры и конвейеры с двухшарнирной цепью, сборочные конвейеры, монорельсовые системы со стыкующимися кран-балками, многоопорные подвесные кран-балки и другие машины.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Как классифицируют ПТМ?
2. Опишите устройство простейшей ПТМ. Каков эффект ее применения?
3. Назовите назначение конвейеров и элеваторов и область их применения.
4. Каково устройство электротележек?
5. Опишите устройство и назовите область применения погрузчиков.
6. Как устроена лебедка и какова область ее применения?
7. Каково назначение тали?
8. Опишите устройство домкрата.
9. Какие типы домкратов наиболее широко применяют при монтаже оборудования?
10. Каково устройство мостового крана?

## РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

### 6.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Слово «робот» происходит от чешского слова «работа», что означает «подневольный труд». В обиход его ввел чешский писатель К. Гашек, который под этим термином подразумевал «искусного в работе человека».

В настоящее время **робот** — это автоматическая машина с антропоморфными действиями, предназначенная для замены человека при выполнении тяжелых и однообразных работ, работ в опасных для жизни условиях (при низкой или высокой температуре, в токсичной среде и т.д.) и в труднодоступных местах (под водой, в космосе). Современные роботы внешне уже не похожи на человека, они представляют собой механизмы и устройства, способные высокопроизводительно работать в автоматическом режиме.

Совокупность автоматически работающих машин, ПР, приспособлений, инструмента и других устройств, выполняющих в технологической последовательности заданную работу, кроме функций управления и контроля (это остается за человеком), называют модулем, или РТК.

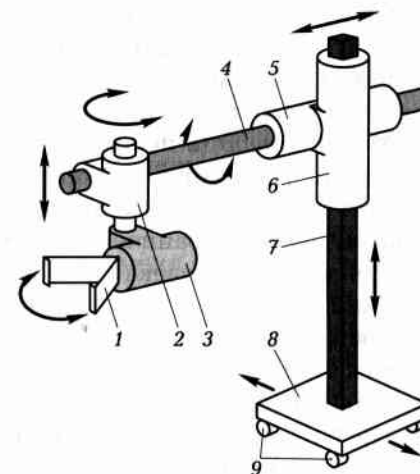
Независимо от назначения ПР имеют одинаковую структуру и состоят из нескольких основных устройств: привода и системы управления, в которую входят блоки памяти, логики и пульт управления.

Простейший ПР (рис. 6.1) имеет рабочие органы, выполняет необходимые перемещения и движения и состоит из основания 8 с колесами 9, колонны (стойки) 7, ригеля 4, захватного устройства 1 и кареток 2, 3, 5 и 6.

Конструкция механической части ПР зависит от его назначения, которое и определяет число степеней свободы, типа приводных

Рис. 6.1. Простейший промышленный робот:

1 — захватное устройство; 2, 3, 5, 6 — каретки; 4 — ригель; 7 — колонна; 8 — основание; 9 — колеса



устройств, системы управления, захватных устройств и т.п. Промышленные роботы должны обладать различной грузоподъемностью, точностью позиционирования движущихся органов, которые задаются разными системами координат — цилиндрической, полярной, прямоугольной и сферической.

Работа механической части простейшего ПР может осуществляться:

- в прямоугольной системе координат — перемещение, подъем каретки 5 по колонне 7, горизонтальное перемещение ригеля 4, вертикальное перемещение каретки 3;
- цилиндрической — качание ригеля 4, поворот каретки 3 и захватного устройства 1.

В настоящее время создано много роботов различного назначения. Запись управляющей информации для робота, программируемого методом обучения по первому циклу происходит в режиме обучения, когда оператор сам перемещает манипулятор по рабочей траектории, координаты узловых точек этой траектории автоматически передаются в запоминающее устройство (ЗУ). Кроме того, в режиме обучения можно записать другую управляющую информацию. После обучения этот робот способен автоматически выполнять многократно заданную работу (движения) в соответствии с управляющей информацией, хранящейся в ЗУ.

Робот с ЧПУ представляет собой манипулятор, программируемый ЭВМ. Робот способен воспринимать и обрабатывать поступающие в числовой форме команды о составе и последовательности операций, координаты узловых точек рабочей траектории, а также некоторую другую управляющую информацию, вводимую с помощью носителей (перфокарт, перфолент, клавиатуры).

Робот с элементами искусственного интеллекта способен самостоятельно формировать последовательность действий, необходимых для выполнения заданной работы, используя искусственные системы зрения, осязания, слуха и логического вывода.

**Манипулятор** (в переводе с лат. — рука) — это механическое устройство, выполненное, как правило, из металла и предназначенное для совершения заданных движений, аналогичных движениям руки человека в ограниченном пространстве. Манипуляторы созданы для замены человека при обработке и изготовлении различных изделий, они входят в состав многих машин, механизмов (например, ковочный манипулятор, манипулятор автоматических линий и др.) и являются частью ПР. Принципиальное отличие манипулятора от робота заключается в том, что робот может выполнять значительно больше различных функций, чем манипулятор.

Манипулятор представляет собой, как правило, многозвенный механизм с захватным устройством (рабочий орган) на конце рабочего устройства (руки). Шарнирно-рычажные и телескопические соединения звеньев обеспечивают рабочему органу манипулятора от трех до девяти степеней подвижности — линейные и угловые перемещения, вращение, схват и удержание. Различают копирующие манипуляторы, которые приводятся в действие движениями руки и пальцев оператора и затем точно повторяют их, и приводные. В машиностроении применяют манипуляторы, имеющие механический или электрический привод, работающий по сигналам с дистанционного пульта управления или от встроенного микропроцессора или микроЭВМ.

Манипуляторы также применяются при погрузочно-разгрузочных работах, в прокатном

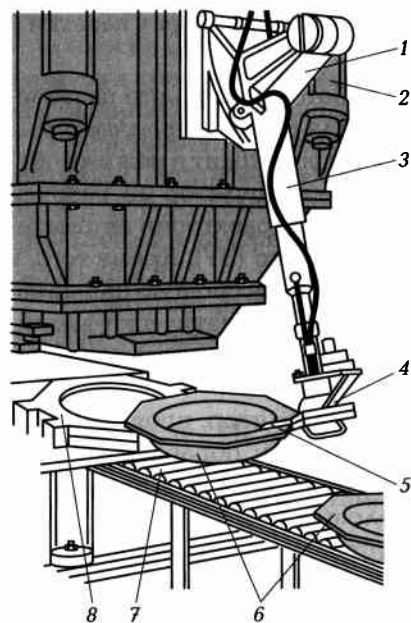


Рис. 6.2. Механическая рука:

1 — манипулятор; 2 — пресс; 3, 4 — пневмоцилиндры; 5 — клещи (захватное устройство); 6 — отштампованные заготовки; 7 — роликовый конвейер; 8 — штамп

производстве, при работе с вредными химическими и радиоактивными веществами.

Ознакомимся с устройством манипулятора 1 (рис. 6.2), иначе называемого механической рукой и предназначенного для удаления отштампованных заготовок 6 из рабочей зоны штампа. Манипулятор шарнирно крепится к станине прессы 2 и приводится в действие пневмоцилиндрами 3 и 4, управляемыми электропневматическим устройством от хода ползуна прессы.

При движении ползуна прессы вверх клещи (захватное устройство) 5 вводятся в рабочую зону системой рычагов с помощью пневмоцилиндра 3. При этом раскрытые клещи захватывают отштампованную заготовку 6 и закрываются с помощью пневмоцилиндра 4. Манипулятор выводится из рабочей зоны штампа. Затем клещи разжимаются и заготовка опускается на движущийся роликовый конвейер 7. Далее процесс удаления заготовок повторяется.

## 6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

**Робототехнологические комплексы**, управляемые ЭВМ, состоят из нескольких унифицированных устройств и легко перенастраиваются на выполнение различных производственных операций. Входящие в состав таких устройств ПР можно классифицировать по разным признакам, разделив их на группы, классы, типы.

К *первой группе* относятся ПР, которые выбирают для компоновки РТК, исходя из требуемой грузоподъемности, количества степеней подвижности, зон обслуживания, обслуживаемого технологического оборудования и экономики.

Ко *второй группе* относятся приспособления в виде специально спроектированных кронштейнов с элементами крепления ПР к технологическому оборудованию и перемещения их по трем координатным осям, а также этажерок и площадок для установки соответственно систем подготовки воздуха и управления роботом.

В *третью группу* входят загрузочные устройства: вибробункеры со сменными лотками и ориентаторами, координатные столы, шиберы, отсекатели, кассетные механические загрузчики с подачей заготовок, ориентированных вверх.

*Четвертую группу* составляют разгрузочные устройства, роторные механизмы, вибробункеры, специальные контейнеры или тара, а также накопители (использующие ориентацию детали для передачи ее на последующие операции) и разгрузочные площадки (при-



меняемые при работе нескольких ПР и передаче заготовок от одного робота к другому при синхронном выполнении нескольких технологических операций).

**Пятая группа** — это устройства (блоки) синхронизации работы систем управления технологическим оборудованием РТК и ЧПУ, обеспечивающие взаимодействие всех механизмов и устройств.

Исходя из общности структуры, все РТК можно подразделить на два основных класса.

К **первому классу** относятся РТК, в которых ПР используются вместе с основным технологическим оборудованием. Примером могут служить РТК штамповки деталей, глубокой вытяжки и формовки, штамповки выводных работ в производстве интегральных схем.

Ко **второму классу** относятся РТК с ПР, оснащенными переносными орудиями труда. Примером могут служить РТК сборки резисторов, конденсаторов и изделий микроэлектроники, окраски деталей, приборов.

В свою очередь каждый класс РТК подразделяют по количеству входящего технологического оборудования и ПР на четыре типа (рис. 6.3).

Робототехнологические комплексы I типа (рис. 6.3, а—в) наиболее просты по конструкции и могут использоваться не только в серийном, но и в мелкосерийном производстве. При этом один ПР обслуживает одну единицу технологического оборудования.

На рис. 6.3, а показана компоновка РТК, при которой ПР 2, установленный на отдельном фундаменте, извлекает из загрузочного устройства 3 деталь (заготовку), разворачивается на 90° в горизонтальной плоскости, выдвигает схват на 200 мм и устанавливает деталь в фиксирующее приспособление технологической машины 1. Управляющее устройство 4 обеспечивает последовательность работы всех элементов РТК.

Компоновка РТК, показанная на рис. 6.3, б, отличается тем, что детали (заготовки) из загрузочного устройства 3 перегружаются в накопитель 5, а затем ПР 2, установленным непосредственно на технологической машине 1, закрепляются для обработки в приспособлении.

При компоновке РТК, показанной на рис. 6.3, в, ПР 2 оснащен технологическим инструментом 6 (в данном случае краскопультом), а роль загрузочного устройства 3 выполняет подвесной цепной конвейер.

Рассмотренные виды компоновки РТК широко применяют при автоматизации операций механической обработки, холодной

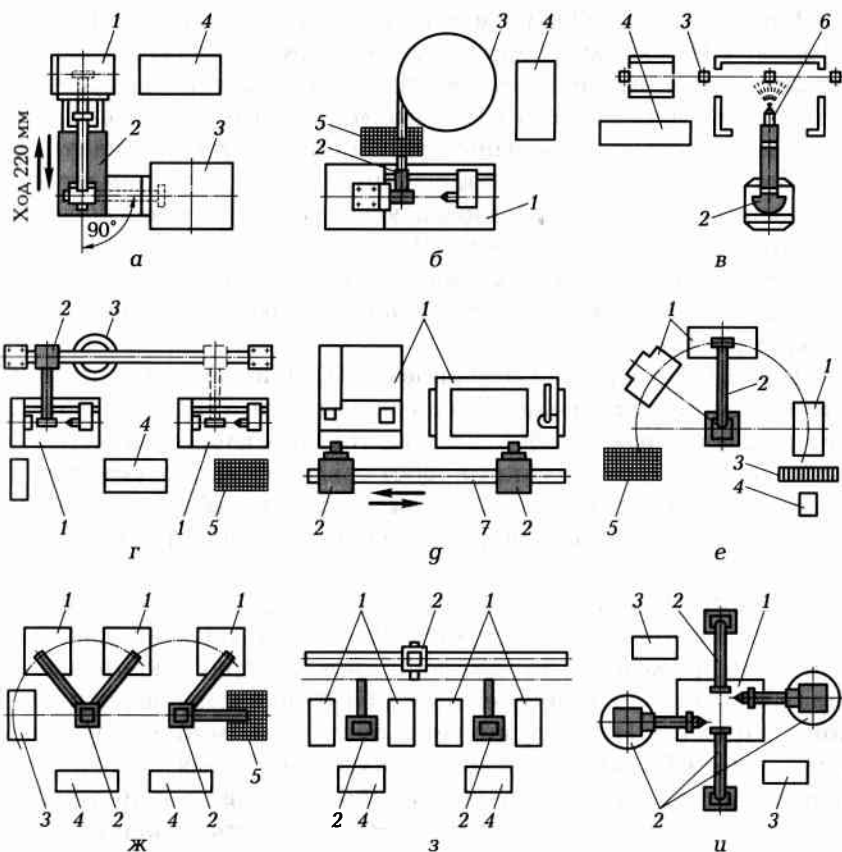


Рис. 6.3. Компоновка робототехнологических комплексов:

а—в — I типа; г—е — II типа; ж, з — III типа; и — IV типа; 1 — технологическая машина; 2 — промышленный робот; 3 — загрузочное устройство; 4 — устройство управления; 5 — накопитель; 6 — технологический инструмент; 7 — напольный монорельс

штамповки, сварки и окраски. Основным условием наибольшей эффективности этих РТК является операционное время цикла обработки деталей в автоматическом режиме, которое должно составлять доли секунды или несколько секунд (реже — несколько минут).

Робототехнологические комплексы II типа (рис. 6.3, г—е) близки по составу к автоматическим линиям, т. е. в них входят несколько единиц технологического оборудования, которое обслуживает один робот, выполняющий вспомогательные операции по транспортировке, установке и снятию деталей (заготовок).

При компоновке РТК, показанной на рис. 6.3, г, подвесной монорельсовый ПР 2 обслуживает несколько технологических машин 1, установленных в линию. Кроме того, в РТК входят загрузочное устройство 3 и накопитель 5. Промышленный робот 2 извлекает деталь (заготовку) из загрузочного устройства 3 и устанавливает для обработки на технологическую машину 1, после чего снимает ее и укладывает в накопитель 5. Управляющее устройство 4 обеспечивает автоматический цикл работы РТК.

При компоновке РТК, показанной на рис. 6.3, г, ПР 2 перемещается вдоль линии технологических машин 1 по напольному направляющему монорельсу 7.

На рис. 6.3, е показана компоновка РТК, при которой технологические машины 1 расположены по окружности, а ПР 2 — в центре. Угол поворота «руки» робота в горизонтальной плоскости составляет более 270°. Промышленный робот извлекает детали (заготовки) из загрузочного устройства 3 и устанавливает для обработки на технологические машины, а после обработки снимает их и переносит в накопитель 5.

Рассмотренные виды компоновки РТК перспективны при создании многопредметных групповых технологических линий и наиболее приемлемы в серийном и крупносерийном производстве. Эффективность применения РТК II типа выше в результате того, что одним ПР обслуживается несколько единиц оборудования. Такие РТК широко применяют на сборочных операциях в производстве электровакуумных приборов и электронно-лучевых трубок, а также в механообработке. Длительность операций не регламентируется.

Робототехнологические комплексы III типа (рис. 6.3, ж—з) характеризуются высокой степенью автоматизации технологических процессов, так как они состоят из нескольких ПР, каждый из которых обслуживает несколько единиц технологического оборудования.

На рис. 6.3, ж показана компоновка РТК, при которой технологические машины 1 и обслуживающие их ПР 2 установлены в линию. Промышленные роботы извлекают детали (заготовки) из загрузочного устройства 3 и последовательно передают их на технологические машины, выполняющие различные операции. Готовые детали укладываются последним ПР в накопитель 5. Каждый робот и обслуживаемое им технологическое оборудование имеют автономную систему управления 4.

На рис. 6.3, з показана комбинированная компоновка РТК, состоящего из технологического оборудования, ПР, стационарно

установленных на фундаментах, и одного монорельсового робота. В этом случае технологические машины 1 устанавливают в линию, а обслуживающие роботы-переставители 2 встраивают между ними. Подвесной монорельсовый транспортный робот служит для доставки межоперационной тары с деталями (заготовками) на все технологические машины. Системы управления 4 обеспечивают взаимодействие одного робота-переставителя с двумя технологическими машинами.

Рассмотренные виды компоновки РТК наиболее приемлемы для обработки деталей по групповой технологии, так как наличие нескольких единиц технологического оборудования позволяет значительно увеличить количество выполняемых операций и вариантов технологических процессов. Такие РТК применяют в производстве коммутационных изделий (разъемов) и при многооперационной штамповке в производстве радиодеталей.

Робототехнологические комплексы IV типа состоят из одной единицы технологического оборудования, которую обслуживают несколько ПР. В этом случае оборудование (рабочее место) находится в центре зоны обслуживания, а роботы расположены по окружности или с двух сторон (рис. 6.3, и). Однако широкого применения такая компоновка РТК в промышленности не нашла.

Целесообразность выбора и применения одного из четырех типов РТК определяют в зависимости от условий производства, уровня автоматизации оборудования, программы выпуска деталей или изделий, технологического цикла, времени выполнения одной операции и необходимого количества операций.

Кроме того, все ПР можно классифицировать:

- по характеру выполняемых работ — на технологические (производственные), вспомогательные (подъемно-транспортные), универсальные;
- области применения и специализации (по виду производства) — на используемые в литейном, кузнечно-прессовом производстве, при механической и термической обработке, нанесении покрытий, контроле, сборке, транспортно-складских работах и пр.;
- грузоподъемности (1 ... 1 000 кг);
- мобильности — на стационарные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- характеру отработки программы — на жесткопрограммируемые, адаптивные, гибкопрограммируемые;

- месту нахождения — на напольные, порталные (моно-рельсовые), транспортные тележки (робокары), складские и специализированные;
- приводу — на пневматические, гидравлические и электромеханические.

### 6.3. УСТРОЙСТВО ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Механическая часть ПР, которая несет рабочие и другие органы и осуществляет все необходимые перемещения, состоит из станины, часто покоящейся на основании, и рычажно-захватного устройства (или устройств), расположенного обычно сверху станины. Последнюю иногда, особенно в роботах упрощенных конструкций, выполняют в виде колонны. Рычажно-захватное устройство — основной рабочий орган робота — представляет собой разомкнутый многосвязный механизм, состоящий из рычажного устройства с приводом (приводами), способного совершать возвратно-поступательные перемещения (линейное горизонтальное и вертикальное) и вращательные движения, и захватного устройства (захвата), которое может совершать различные поступательные и вращательные движения (осуществляемые различными типами приводов). Конструкция механической части робота зависит главным образом от его назначения, вида и числа степеней свободы, типа приводных устройств, системы управления и т.п. Рычажно-захватные устройства можно условно классифицировать по конструкции, типам приводов, расположению и т.д.

Большинство современных ПР имеют одно рычажно-захватное устройство, но существуют роботы, снабженные двумя, тремя и более рычажно-захватными устройствами. По конструкции рычажно-захватные устройства могут быть стационарными, выдвижными, телескопическими, шарнирными, порталными и других видов.

У современных ПР, обладающих различной грузоподъемностью, начальные и конечные положения движущихся рабочих органов задаются в разных системах координат — цилиндрической, полярной, прямоугольной и сферической. В зависимости от потребности рычажно-захватное устройство может совершать движения по трем координатным осям этих систем и соответственно программироваться. У роботов, программируемых в цилиндрической системе координат, рычажно-захватное устройство совершает поступательные движения в двух плоскостях и поворачивается вокруг

вертикальной оси, у роботов, программируемых в полярной системе координат, — выполняет два вращательных движения и одно поступательное в радиальном направлении, у роботов, программируемых в системе прямоугольных координат, — поступательные движения в горизонтальном и вертикальном направлениях (по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ ), а также дополнительные вращательные движения.

Роботы с рычажно-захватным устройством, работающие в сферической системе координат, имеют больший рабочий объем обслуживаемого пространства по сравнению с роботами, движения которых заданы в прямоугольной системе координат, потому что при перемещении по прямоугольной системе координат для увеличения зоны обслуживания приходится использовать передвижные основания. У роботов с рычажно-захватными устройствами, перемещающимися в сферической системе координат, движения осуществляются радиально с изменением расстояния от оси вращения: вращательные движения — вокруг пересекающихся вертикальной и горизонтальной осей с изменением угла наклона относительно горизонтальной плоскости. Причем вращательное движение вокруг горизонтальной оси используется вместо вертикального движения.

Следует отметить, что одинаковое число степеней свободы можно достигнуть разным количеством вращательных и поступательных движений рычажно-захватного устройства робота. Например, при трех степенях свободы возможны четыре сочетания поступательных и вращательных движений рычажно-захватного устройства в разных комбинациях:

- три поступательных движения, при которых конец рычага может перемещаться по взаимно-параллельным плоскостям, образующим параллелепипед;
- сочетание двух поступательных и одного вращательного движения, при котором кроме движений по плоскости возможно движение по цилиндрической поверхности;
- сочетание одного поступательного и двух вращательных движений, при котором возможны движения по окружностям, расположенным на разных диаметральных сечениях шара с центром, находящимся на оси шарнирного сочленения каретки и стойки;
- сочетание трех вращательных движений, при котором движения могут происходить по многим сферическим поверхностям с центрами в различных точках.

Перемещение рычажно-захватного устройства с одной позиции на другую может производиться комбинированным линейным движением в направлениях координатных осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  или линейным перемещением в направлениях осей  $x$ ,  $y$  и вращательным движением. Выбор той или иной комбинации движений, приводящий к одинаковым результатам, зависит от конструкции робота и компоновки обслуживаемого рабочего места.

Возможность наклона рычажно-захватного устройства способствует повышению оперативности робота и позволяет манипулировать грузом, находящимся на уровне пола. Благодаря этому движению можно также сократить величину необходимых перемещений рычага вдоль горизонтальной оси.

Совмещение во времени отдельных элементов движения робота дает возможность повысить темп его работы. Применение захватного устройства с двумя шарнирными сочленениями, оси которых расположены под углом  $90^\circ$ , фактически позволяет выполнять дополнительное перемещение в направлении трех координатных осей.

Промышленный робот с цельным или телескопическим рычажно-захватным устройством может выполнять необходимые движения и сравнительно универсален. К его недостаткам можно отнести ограничение свободы движений захвата вблизи вертикальной колонны (а при уменьшении вылета рычага его задний конец выступает с обратной стороны колонны, на что требуются свободное место и обеспечение безопасности находящихся по соседству рабочих). У роботов такого типа с дополнительным перемещением захвата в поперечном направлении по отношению к оси рычага дополнительные сочленения увеличивают число степеней свободы захвата, благодаря чему повышаются универсальность и маневренность, но при этом уменьшаются прочность и жесткость конструкции, снижаются точность позиционирования и степень надежности.

Наибольшая часть ПР снабжена рычажно-захватными устройствами, обладающими тремя—пятью степенями свободы. Захватное устройство обычно обладает еще двумя степенями свободы, а станина имеет возможность перемещаться на одну-две степени свободы. Часть находящихся сейчас в эксплуатации роботов имеет пять и более степеней свободы: рычажно-захватное устройство поворачивается в горизонтальной плоскости, перемещается и наклоняется в вертикальной плоскости, выдвигается и убирается обратно, перемещаясь вдоль своей оси, поворачивается вокруг собственной горизонтальной оси; захватное устройство, кроме того, может

наклоняться в вертикальной плоскости и вращаться вокруг горизонтальной оси.

У роботов с многошарнирным рычажно-захватным устройством, выполненным в виде параллелограмма с независимыми шарнирами, в меньшей степени используется пространство у основания и перемещение рычажно-захватного устройства. Роботы с рычажно-захватным устройством портального типа, перемещения которого программируются, также имеют меньшее «мертвое пространство» вблизи основания, они обычно выполняются как часть обслуживаемого оборудования.

Тип системы координат, по которым перемещаются рабочие органы робота, наряду с числом степеней свободы оказывает существенное влияние на зону обслуживаемого пространства.

Согласно современным данным, если за единицу принять зону обслуживаемого пространства при движении робота в прямоугольной системе координат, то зона обслуживаемого пространства для робота, движения которого заданы в других системах координат, возрастает:

- при одной степени свободы: в цилиндрической системе координат — в 9,6 раза, полярной — 29,7 раза; сферической — в 87,2 раза;
- при двух степенях свободы: в полярной системе координат — в 180,6 раза; в сферической — в 114,5 раза.

При использовании роботов с двумя рычажными устройствами, имеющими каждый по захвату, или с одним рычагом, снабженным двухместным (многоместным) захватом, один захват, например, снимает отформованную заготовку, а другой одновременно устанавливает очередную для последующего формообразования. При этом существенно повышается производительность оборудования за счет снижения вспомогательного времени на загрузочно-разгрузочные операции.

Важным направлением робототехники является использование унифицированного блочно-модульного построения основных частей роботов. Использование этого принципа позволяет из ограниченного ряда функциональных элементов создать роботы различного назначения без лишнего числа степеней свободы и других устройств, упростить их конструкцию и обслуживание, сократить сроки и затраты на их изготовление, освоение, внедрение и эксплуатацию, тем самым повысить технико-экономическую эффективность применения роботов в различных отраслях промышленности.

Основные модули механической части (основание, рычажно-захватные, поворотные-подъемные и другие устройства) в зависимости от назначения и основных параметров робота часто имеют несколько конструкций. Разработанный типовой ряд унифицированных элементов механической части роботов позволяет создавать роботы различного назначения с разными системами приводов (пневмо-, гидро- и электрогидроприводы) и управления (цикловое, числовое программное и др.).

Модульный принцип положен в основу комплекта напольных стационарных и передвижных роботов 10 типоразмеров с гидроприводом и позиционно-цикловогой системой управления (модель СМ40) для обслуживания 30 моделей металлорежущих станков токарной группы с горизонтальной осью шпинделя. Этот типовой ряд создан на базе 16 унифицированных модулей механической части: четырех типоразмеров рычажно-захватных устройств для перемещения, зажима, поворота или кантования заготовки; трех типоразмеров захватов для деталей типа валов и фланцев; трех типоразмеров устройств для размещения рычажно-захватных устройств; двух типоразмеров устройств к приводам для линейного перемещения и вращательного движения рычажно-захватных устройств; одного типоразмера стола для размещения специальной тары для заготовок; трех типоразмеров программных барабанов для программирования движения стола, линейного и вращательного движений рычажно-захватного устройства. У всех роботов, созданных на базе этих модулей, предусмотрен гидропривод из гидроцилиндров (расход масла 20...25 л/мин, давление до 6,3 МПа) с электроуправлением от индивидуальных золотников. Цикловая позиционная система управления — с ограниченным числом точек позиционирования и программноносителем в виде командоаппарата. Алгоритм задается соответствующим набором шариков в командоаппарате, а смена программы осуществляется заменой его программного барабана.

На базе этих модулей и унифицированных устройств — двух- и трехшарнирных рычагов, приспособлений для поворота и подъема рычажно-захватного устройства, каретки монорельса и захвата — разработан типовой ряд универсальных и специализированных ПР различного назначения с широким диапазоном параметров. Например, созданы блочно-модульные конструкции основных элементов механической части роботов: передвижных и напольных стационарных оснований с поворотной колонной, рычажно-захватного устройства, двухступенчатой телескопической конструкции, которая при необходимости может быть использована как одноступен-

чатая и как колонна для вертикального возвратно-поступательного движения. Созданы также унифицированные блочно-модульные устройства для возвратно-поступательного движения рычажно-захватного устройства в вертикальной плоскости без его наклона и с наклоном, для закрепления, поворота и наклона захвата.

Использование унифицированных блочно-модульных конструкций передвижных оснований позволяет создавать роботы с движением рычажно-захватного устройства в прямоугольной и цилиндрической системах координат (возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости по осям  $x$ ,  $y$ , т.е. вперед-назад и влево-вправо, и в вертикальной плоскости по оси  $z$ , т.е. вверх-вниз). Стационарное основание используется для стационарных роботов, а также в комбинации, например, с блочным устройством для передвижения рычажно-захватного устройства влево-вправо. Использование блочно-модульной двухступенчатой телескопической конструкции рычажно-захватного устройства для возвратно-поступательного горизонтального движения позволяет увеличить зону обслуживания и объем рабочего пространства, а при одноступенчатой конструкции применить его для роботов повышенной грузоподъемности. При вертикальной установке такое рычажно-захватное устройство можно использовать для движения вверх-вниз (например, при подвесных роботах). Кроме того, при блочно-модульной двухступенчатой телескопической конструкции рычажно-захватного устройства можно захватывать грузы, расположенные на небольшой высоте от пола.

Блочно-модульная конструкция для наклона рычажно-захватного устройства применяется у роботов с большим диапазоном вертикального (вверх-вниз) движения. Система поворота рычажно-захватного устройства применяется при использовании блочно-модульной конструкции механизма останова в системе двухпозиционного пневмоуправления для получения дополнительно двух промежуточных положений. Для движения захвата вверх-вниз (ось  $z$ ), влево-вправо (ось  $y$ ) и вращения (поворота) используются такие же модульные блоки, как для рычажно-захватного устройства.

Например, подвесной передвижной робот можно создать с помощью блочного устройства для вертикального движения рычажно-захватного устройства. Предусмотрена взаимозаменяемость между гидравлическим сервомеханизмом и двухпозиционным пневматическим механизмом, механический стопор для установки положений, гидравлический амортизатор в механизме останова и малогабаритный клапан повышенной пропускной способности в

системе с двухпозиционным пневмомеханизмом, обеспечивающие быстрое действие; в системе управления использованы контактные элементы блочно-модульных конструкций роботов.

Использование этих модульных блоков позволяет создать универсальные и специализированные, простые и сложные ПР с разными техническими данными и конструктивным исполнением — напольные и подвесные, с одним и двумя рычажно-захватными устройствами и т.д. На базе этих модульно-блочных конструкций выпускается ряд ПР с гидравлическим и пневматическим приводами грузоподъемностью от 15 до 180 кг, с движением рабочих органов в цилиндрических, ортогональных и полярных системах координат. Роботы предназначены для выполнения технологических операций (точечной сварки, окраски и т.п.) и обслуживания различного оборудования (машин для литья под давлением, штамповочных прессов, металлорежущих станков, оборудования для изготовления деталей из пластмасс, термических установок и др.).

Выпускаются подвесные передвижные блочно-модульные конструкции грузоподъемностью до 40 кг, имеющие гидропривод и два рычажно-захватных устройства, предназначенных для обслуживания металлорежущих станков, встроенных в автоматические линии, для обработки деталей типа тел вращения. Такие роботы выпускаются четырех типоразмеров с неповоротными и поворотными захватами, позволяющими изменять положение деталей в пространстве на  $180^\circ$ , с наклоном или без наклона рычажно-захватных устройств.

Из пяти основных унифицированных блоков собирают передвижные роботы грузоподъемностью от 0,2 до 3 кг с пневмоприводом. Роботы состоят из тележки с горизонтальным перемещением до 200 мм в обе стороны и поворотного основания (вращающегося вокруг вертикальной оси в диапазоне  $0 \dots 180^\circ$ ), на котором смонтирована стойка (колонна). По стойке осуществляется возвратно-поступательное перемещение рычажно-захватного устройства на 100 мм по вертикали. Это устройство способно также совершать возвратно-поступательное перемещение на 300 мм по горизонтали. Для ограничения вертикального и горизонтального перемещений используются регулируемые упоры, а для торможения в конце хода — гидравлические демпферы. На рычаге смонтировано устройство для закрепления и поворота на  $180^\circ$  захвата (или вакуумных присосок, электромагнитов, инструментов для выполнения технологических операций и т.п.).

В мини-роботах используются блочно-модульные устройства механической части:

- рычажно-захватное, совершающее горизонтальное перемещение до 200 мм;
- колонна, осуществляющая вертикальное перемещение рычага до 50 мм;
- механический захват (который может быть заменен электромагнитным или вакуумными присосками) и блоки электромагнитных золотников.

Вертикальное и горизонтальное перемещения ограничиваются регулируемыми упорами, а электронная система управления дает возможность изменять последовательность движений рычажно-захватного устройства.

Из блочно-модульных элементов построены механическая часть и системы управления напольных и подвесных роботов, предназначенных для погрузочно-разгрузочных работ, складирования, а также осуществления таких технологических операций (при оснащении соответствующим инструментом), как зачистка поверхностей шлифовальным кругом, дуговая и точечная сварка и т.п. Грузоподъемность таких роботов до 80 кг, они имеют до пяти степеней свободы, оснащены системой управления от ЭВМ посредством проблемно-ориентированного языка программирования.

## 6.4. ПРИВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Рабочие органы ПР приводятся в движение в основном электро-, пневмо- и гидроприводами, а также комбинированными видами приводов — электромеханическим, пневмогидравлическим, электрогидравлическим и др. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

*Электропривод* обеспечивает хорошие динамические характеристики, повышенную точность позиционирования (менее  $\pm 1$  мм) и широкую маневренность. Для электроприводов используются электродвигатели постоянного тока дискового типа, имеющие систему сильного магнитного поля.

У отечественного напольного стационарного робота типа РТ-15, обслуживающего прессы для холодной листовой штамповки, горизонтальное перемещение рычажно-захватного устройства осуществляется от электродвигателя через кривошипно-кулисный механизм (обеспечивающий быстрый ход захвата при подаче заготовки и плавный — из рабочей зоны прессы), а его регулировка по высоте — от электромеханического привода.



В пневмоприводах ПР используются пневмоцилиндры для создания поступательного движения, пневмодвигатели — для вращательного, пневмопривод с крутящим моментом — для колебательного движения, пневмоклапаны — для управления и регулирования скорости перемещения и остановки поршня, а также электромагнитные клапаны, работающие на переменном (напряжение 100 и 200 В при частоте 50...60 Гц) и постоянном токе (напряжение 24 В, иногда 6 В) и управляющие одновременно одним — пятью каналами.

Управление пневмоприводами, которые используются для осуществления различных движений рычажно-захватных устройств роботов, выполняется весьма простыми способами, а скорость перемещения штока бесступенчато регулируется в прямом и обратном направлениях с помощью дросселей. Усилие, развиваемое на штоке пневмоцилиндра, зависит от давления сжатого воздуха и бесступенчато регулируется с помощью редукционных клапанов. Для роботов с пневмоприводом целесообразно применять также и систему управления на пневматике. К достоинствам таких приводов и систем управления относятся безотказность в работе, сокращение необходимой производственной площади (у электросистем аппаратура располагается в отдельном шкафу, у пневмосистем — непосредственно на механических узлах), низкая стоимость, простота обслуживания и ремонта. Хотя пневматический сигнал передается несколько дольше, чем электрический, но время переключения пневматически управляемого вентиля на 10...20 мкс меньше, чем электромагнитного вентиля.

Пневмопривод имеет сходный с гидроприводом принцип работы, но в нем отсутствует обратный трубопровод, что снижает эксплуатационные затраты. Гидро- и электроприводы имеют определенные достоинства (плавность работы и др.), однако пневмопривод в ряде случаев надежнее и проще в эксплуатации. Поэтому он широко применяется для осуществления всех движений рабочих органов робота. Для повышения точности позиционирования и скорости движения рабочих органов робота с пневмоприводом вместо механических останавливающих устройств можно использовать сервоклапаны, управляемые заслонкой. Время фиксации сервоклапанов незначительно, в них отсутствуют незатухающие колебания благодаря компенсационной схеме, имеющей скользящую пружину, сопротивление и камеру. Для пневмоприводов, работающих от общей воздушной магистрали, требуется обязательная подготовка сжатого воздуха: очистка, удаление из него влаги, а также обеспечение постоянного давления.

Пневмопривод использован в ПР с четырьмя степенями свободы, имеющем два рычажно-захватных устройства грузоподъемностью каждый по 0,3 кг (точность позиционирования  $\pm 0,2$  мкм), который предназначен для обслуживания кривошипных штамповочных прессов. На основании смонтированы питающее устройство, система управления и устройство блокировки. В конструкции робота использованы пневмоцилиндры с приводными устройствами и индивидуальное шиберное питающее устройство для каждой штампуемой заготовки. Система управления представляет собой командоаппарат, программа на котором набирается установкой кулачков, управляющих работой пневмоприводов робота и питающего устройства.

У стационарного напольного робота, снабженного пневмоприводом, рычажно-захватное устройство смонтировано на вращающейся колонке, установленной на коробчатой станине. Рычаг имеет регулируемую длину за счет горизонтального возвратно-поступательного перемещения штока поршня пневмоцилиндра. Система управления размещена внутри станины, на которой располагается пульт управления. Рычажно-захватное устройство может совершать вертикальное возвратно-поступательное и вращательное движения вокруг вертикальной оси колонны на угол до  $90^\circ$ , а захват, кроме того, может поворачиваться на угол до  $90^\circ$  в двух плоскостях — горизонтальной и наклонной (вертикальной). Расположение системы управления внутри станины сокращает потребность в производственной площади для установки робота и упрощает обслуживание его оператором благодаря концентрации в одном месте всех частей робота.

*Гидроприводы* чаще всего применяются для роботов грузоподъемностью более 10 кг с повышенной точностью позиционирования, но находят также применение для роботов повышенной грузоподъемности и с большой зоной обслуживания (например, в Швеции создан робот с гидроприводом грузоподъемностью 1,5 т, высота подъема груза 6 000 мм, рычажно-захватное устройство имеет вылет 5 000 мм при скорости 1 м/с и контурное программное управление на электронном контроллере с дисковой памятью).

В зависимости от грузоподъемности роботов с гидроприводами используют гидростанции различного давления и производительности.

Электрогидравлические сервоприводы, управляемые от электрических сервомоторов малой мощности, могут, в частности, использоваться для ПР, мощность которых не может быть достигнута с помощью обычных приводов. Гидроусилители момента и линей-

ные гидроусилители представляют собой гидроприводы для осуществления вращательного и поступательного движений рычажно-захватных устройств роботов. В структурную схему гидроусилителя входят управляющий электродвигатель, следящий гидрораспределитель, исполнительный гидродвигатель; предусмотрены также единичная жесткая обратная связь по положению, входное и выходное вращательное и поступательное движения.

К особенностям линейных гидроусилителей относятся:

- возможность передачи больших мощностей при линейном движении, осуществляемом с меньшими затратами с помощью гидроцилиндра, чем посредством комбинации гидродвигателя вращательного движения и передачей винт — гайка;
- повышенная долговечность гидроцилиндра в условиях циклической работы и постоянных перегрузок по сравнению с гидродвигателями вращательного движения, а также повышенная равномерность скорости движения и движущей силы;
- пониженный перепад давлений для преодоления трения покоя.

Кроме того, благодаря непосредственному жесткому соединению сервоцилиндра обеспечивается безазорная система, что с трудом достигается при комбинации гидродвигателя с механическими передачами (винт — гайка, соединительная муфта).

Роботы с гидроприводами могут снабжаться автоматическими бункерными питателями, обеспечивающими ориентирование деталей и действующими синхронно с обслуживаемым оборудованием. Например, у ПР рычажно-захватное устройство может вращаться вокруг вертикальной оси в горизонтальной плоскости на угол до  $180^\circ$ , захватывая из бункерного питателя до 2000 деталей в час. В логической схеме управления робота использованы интегральные схемы и микровыключатели, обеспечивающие обратную связь и остановку. Ориентирующее устройство предусмотрено также у стационарного напольного ПР грузоподъемностью до 10 кг, предназначенного для обслуживания токарных станков. На основании расположена станина, несущая гидросистему, систему управления и шарнирное рычажное устройство. Из двух рычагов один может совершать горизонтальное возвратно-поступательное и вращательное движения. Захват, смонтированный на конце рычага, имеет дополнительно вращательное движение. Расположенный сверху станины подающий конвейер является своего рода магази-

ном, из которого заготовки захватываются роботом и подаются на станок для обработки.

У другого робота с гидроприводом на основании в двух подшипниковых опорах установлена вертикальная полая колонна, на которой шарнирно смонтировано телескопическое рычажно-захватное устройство. Через отверстия в колонне к впускным и выпускным клапанам гидросистемы подведены трубопроводы, связанные с рабочими органами робота. Все движения рычажно-захватного устройства (линейные и вращательные вокруг вертикальной оси колонны) осуществляются гидроцилиндрами. Отличительной особенностью робота является то, что нижняя опора, представляющая собой подшипник качения, одновременно служит распределительным устройством гидросистемы, она содержит кольцевые каналы, связанные с подачей и отводом масла.

Автоматический манипулятор, используемый в сварочном производстве для поворота свариваемых конструкций на  $180^\circ$  и установки их для последующей сварки, состоит из гидропривода, колонны с передвижной траверсой на опорных роликах, имеющей противовес и гидроцилиндры для возвратно-поступательного вертикального перемещения ползуна, поворотное устройство с захватом, стол, гидро- и электрооборудование. Поворотное устройство, состоящее из зажимных и поворотных элементов, смонтировано в передней части ползуна на подшипниках и приводится во вращение реечной передачей от гидроцилиндра двухстороннего действия. Предусмотрены автоблокировки для контроля последовательности цикла и невозможности включения поворотного устройства в случае, когда траверса со свариваемым изделием не поднялась на определенную (безопасную) высоту. Управление осуществляется путевыми переключателями и реле давления.

Принцип работы манипулятора следующий. В исходном положении траверса находится внизу колонны, ползун с поворотным устройством — в крайнем заднем положении, захват разжат. После установки свариваемого изделия на стол выключатели стола дают команду на включение привода ползуна. Последний по опорным роликам траверсы посредством гидроцилиндра передвигается в крайнее переднее положение и с помощью путевого выключателя дает команду на зажим свариваемой детали. Затем поддерживающие упоры подводятся (гидроцилиндром предварительного захвата) под изделие, захваты поворотного устройства зажимают изделие с усилием, заданным реле давления. Реле дает команду на подъем траверсы (которая передвигается вверх и вниз гидроцилиндром), а путевого выключателя дает команду на пово-

рот изделия. После поворота траверса опускается и устанавливает перевернутое изделие снова на стол, захват разжимается, ползун возвращается в исходное положение. Затем поворотное устройство поворачивается на 180° в исходное положение и цикл повторяется.

*Механические приводы* рычажно-захватных устройств применяются преимущественно для выполнения сравнительно простых операций, например, у роботов, предназначенных для штабелирования. В механических, а также отдельных видах комбинированных приводов успешно используются рычажные, зубчатые, цепные, ременные, тросовые и другие передачи с внешним энергопитанием на основе электрических, пневматических, гидравлических, электропневматических, электрогидравлических и пневмогидравлических устройств и т. п.

*Комбинированные приводы*, используемые для роботов, обладают свойствами, присущими тем приводам, на базе которых они созданы.

*Комбинированный гидромеханический привод* робота может состоять из двух втулок: внутренней, надетой на вертикальную стойку, и внешней, насаженной на внутреннюю. К внешней втулке крепится горизонтальная тяга с захватным устройством. Кроме того, привод содержит два гидроцилиндра (поворота и вертикального перемещения), планетарный редуктор и систему блоков с противовесом. Система блоков и гидроцилиндр вертикального перемещения расположены в вертикальной стойке. При движении поршня гидроцилиндра внутренняя втулка перемещается относительно вертикальной стойки и вместе с ней в вертикальном направлении движутся внешняя втулка и тяга с захватным устройством. На внутренней втулке смонтировано зубчатое колесо, в зацеплении с которым находятся сателлиты, расположенные на внешней втулке. При вращении сателлитов от гидроцилиндра поворота внешняя втулка поворачивается относительно внутренней, тяга с захватным устройством — относительно стойки. Тяга с захватным устройством может перемещаться приводом в вертикальном направлении и одновременно поворачиваться.

*Комбинированный гидроэлектропривод*, используемый для роботов грузоподъемностью свыше 15 кг, имеет ряд достоинств, например повышенную точность позиционирования и скорость движения рабочих органов, возможность увеличения количества программируемых точек при позиционных системах управления.

При использовании *комбинированных пневмогидроприводов* предварительное позиционирование подвижных устройств часто

осуществляется пневмоприводом, а окончательное — гидроприводом.

*Комбинированный пневмоэлектрический привод* предусмотрен в передвижном автоматическом манипуляторе грузоподъемностью до 250 кг, предназначенном для подачи на сварку крупных листовых заготовок (габаритные размеры 1 846 × 1 446 × 3 мм). Захватное устройство с пневмоприводом состоит из пяти пневматических присосок грузоподъемностью по 30 кг и рычажных механических захватов. Транспортное устройство работает от двухскоростного электродвигателя с электрическим торможением. При несущественных изменениях оно может также использоваться для обслуживания механообрабатывающего, штамповочного, гальванического и другого оборудования. Напольный передвижной робот состоит из транспортного устройства, опорных путей, траверсы, кабелеукладчика, пневматического и электрического оборудования.

*Комбинированный пневмоэлектропривод сервоуправления* состоит из двух основных элементов: пневмодвигателя поступательного или вращательного типа и многодискового тормоза. Электронная следящая система обеспечивает повышенную точность позиционирования, имеет большую надежность и меньшую стоимость по сравнению с гидравлической и другими системами управления. Высокая точность позиционирования достигается благодаря тому, что автоматическое включение тормоза производится на определенном расстоянии до заданной точки останова, причем движение происходит при сниженной скорости. Система допускает остановку захвата с изделием в нескольких точках в пределах одного цикла. Кроме того, повышается степень безопасности из-за двойного питания энергией: если, например, выйдет из строя электроника, то груз удержит тормоз.

В современных ПР приводы могут быть расположены на станине или внутри нее, непосредственно на рабочих органах (рычажно-захватном и других устройствах), установлены комбинированным способом (на подвижных звеньях и в станине). Каждый из этих способов расположения приводов имеет свои достоинства и недостатки. Например, при расположении на станине привод кинематически связан с рычажно-захватным и другими подвижными устройствами, вследствие чего снижаются их масса и габаритные размеры, но уменьшается точность позиционирования, усложняется программирование. Расположение приводов на рабочих органах обычно сопровождается увеличением габаритных размеров и массы рычажно-захватного устройства, что сказывается на грузоподъемности и других параметрах робота. Комбинированное располо-

жение приводов позволяет использовать особенности каждого способа и учитывать конкретные условия эксплуатации, а также требования, предъявляемые к основным параметрам робота.

## 6.5. ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

*Захватные устройства (захваты)*, являющиеся одним из основных элементов роботов, обычно закрепляют на конце рычажного устройства. Конструкция этих устройств должна обеспечивать возможность быстрой перенастройки робота для выполнения им различных операций, надежный захват и удержание деталей, различных по геометрии, размерам и массе (в пределах предусмотренных параметров робота). Конструкция, размеры и формы захватов зависят от массы, формы, размеров, материала транспортируемого груза и других параметров. Величина усилия, потребного для обеспечения надежности захвата груза, существенно различается и зависит от соотношения направлений действия зажима и движения. Усилие зажима, направленное перпендикулярно движению, должно быть значительно больше усилия зажима, направленного вдоль движения: это позволяет существенно упростить конструкции захватов и при одинаковых усилиях повысить скорость передачи грузов. Захватные устройства, помимо совместного перемещения с рычажным устройством, могут совершать самостоятельные дополнительные движения, поступательные и вращательные, с помощью различных приводов: механических, электрических, магнитных, пневматических, гидравлических и комбинированных (электро-механических, пневмомеханических, пневмогидравлических), расположенных непосредственно на захвате или вне его.

Захватные устройства можно условно классифицировать по их специализации (универсальные, специальные), по типам приводов, осуществляющих зажим объекта, типам конструкции зажимных элементов, формам, размерам и материалам (магнитные, немагнитные) захватываемых изделий и по другим признакам. У значительной части роботов, особенно простых, движение захватного устройства чаще всего осуществляется в прямоугольной или полярной системе координат в одной плоскости, но может иметь линейные и вращательные перемещения в нескольких плоскостях.

Основным элементом захватного устройства являются *зажимные губки* (постоянные или сменные) различных типов. Форма и размеры губок должны соответствовать конфигурации и размерам

поверхностей захватываемых деталей. Быстрая замена зажимных губок обеспечивается простотой их крепления к корпусу захватного устройства. Использование сменных специализированных зажимных губок в универсальных захватных устройствах освобождает от применения индивидуальных захватов (что ведет к значительной экономии). Зажимные губки целесообразно изготавливать методом формообразования по профилю захватываемого изделия. Материалом для форм служат высокопрочные силиконовые каучуки, быстро затвердевающие при комнатной температуре, восковые пластины (например, для формирования всасывающих поверхностей), гипс (для получения промежуточных форм).

К основным типам *приводов* захватных устройств, осуществляющих непосредственный зажим и освобождение транспортируемых объектов, относятся механический, пневматический, гидравлический, магнитный, электромагнитный, а также отдельные их комбинации. Почти все эти приводы позволяют регулировать величины усилий, развиваемых в процессе захвата изделий. При использовании пневмопривода это осуществляется непосредственным регулированием давления сжатого воздуха в сети питания или путем использования клапанов. В работах с гидравлическим, механическим и магнитным приводами устанавливаются промежуточные пружинящие элементы. В ряде случаев захваты (колесно-рычажного или грейферного типа) могут действовать без подвода к ним энергии со стороны, с использованием массы самого транспортируемого изделия, но при этом для обеспечения безопасности работы зажимное устройство должно обладать свойствами самоторможения, что может быть осуществлено механическими зажимами клиновидного и винтового типов. Захват (зажим) транспортируемых изделий может также успешно производиться и с помощью привода, который осуществляет перемещения рычажно-захватного и других устройств робота и кинематически связан непосредственно с захватным устройством.

Конструкция зажимных губок во многом зависит от конфигурации зажимаемой поверхности изделия и от требований, предъявляемых при транспортировании. Например, для изделий с цилиндрической наружной поверхностью используются регулируемые самоцентрирующие или постоянные захваты из двух губок грейферного типа с призматическим или (реже) цилиндрическим внутренним профилем, для внутренних поверхностей — многозажимные регулируемые захваты.

У захватов, предназначенных для изделий цилиндрической формы, зажим (контакт) может быть в двух, трех и в четырех точках.

Захваты четырехконтактного типа, состоящие из двух противоположно расположенных призм, удерживают груз не лучше, чем трехконтактные и требуют точной установки V-образных губок.

Захватные устройства для изделий типа тел вращения с качающимися призматическими зажимными губками и приводом, синхронизирующим их поворот, обеспечивают соосное расположение захвата с зажимаемой заготовкой или деталью. При изменении диаметра детали захват смещается на расстояние, пропорциональное изменению диаметра, его смещение может достигать половины увеличения диаметра. Для уменьшения смещения захвата удлиняют зажимные губки или используют призматические губки с шарнирно-параллелограммным устройством, обладающим меньшей жесткостью, хотя и сравнительно сложным по конструкции. Точность позиционирования повышается при использовании одно- и двухместных захватных самоцентрирующих устройств, поворачиваемых призматическими губками, которые используют для захвата гладких и ступенчатых деталей типа валов.

В современных ПР широко используются захватные устройства с двумя жесткими зажимными элементами, из которых один или оба — шарнирные. К этому типу относятся устройства для захвата ступенчатых изделий цилиндрической формы с зажимом по ступеням и захваты для зажима по наружной поверхности цилиндра и выступа, расположенного в центре. У другого захватного устройства с пневмоприводом имеется система шарнирных рычагов с двумя зажимными захватами, позволяющими удерживать двухступенчатое цилиндрическое изделие по двум разным поверхностям.

К недостаткам захватных устройств с пневмоприводом по сравнению с устройствами, имеющими механический и гидропривод, относится невозможность точного регулирования силы зажима транспортируемого изделия. Ограничения зажимной силы можно достигнуть путем применения гибких, эластичных или силораспределяющих захватов. Для этого, например, к зажимной части захватного устройства с пневмоприводом прикрепляются сменные губки из пенопласта для зажима изделия или близко расположенные друг к другу пружинящие захваты с зажимами из эластичного материала.

Часто на одном рычаге монтируются два одноместных захватных устройства либо одно двухместное, два многоместных захвата могут быть смонтированы на одном или двух рычагах и иметь независимые движения.

В вакуумных захватных устройствах для захвата изделия используются различные виды присосок из резины или пластмасс.

К достоинствам таких захватов по сравнению с обычными зажимами относится простота конструкции, небольшая масса, равномерно распределенная по поверхности нагрузка изделия, а в ряде случаев самоцентрирование. Вакуумные захваты можно применять для перемещения изделий из любых материалов несложной формы без повреждения захватываемой поверхности, но срок службы у них весьма низкий, особенно при захвате горячих изделий. Для создания вакуума используются насосы различных типов, в большинстве случаев эжекторные, работающие под действием сжатого воздуха. Крепление присосок к захватному устройству производится различными способами, например, винтом к соединительной части трубы или трубой с насечками к вращающемуся сферическому основанию. При этом вакуум создается посредством полого рычага, устраняющего применение внешних труб и соединений. Для захвата вращающихся изделий, например обработанной детали из вращающегося патрона токарного станка, часто применяются вакуумные захваты с вращающейся присоской.

Вакуумные захватные устройства с резиновым захватом для плавного, без рывков опускания и подъема непрочных, хрупких изделий (например, для укладки яиц в коробки) должны иметь небольшие отклонения по высоте и осевому смещению. В таких устройствах сила гравитации обеспечивает необходимый контакт между краями присоски и изделием, удерживаемым вакуумом, а резина является амортизатором во время движения.

У гравитационно-вакуумных захватных устройств, работающих автономно, без питания электроэнергией, вакуум образуется с помощью вакуум-насоса. Захватное устройство наводится на изделие, и чем больше его масса, тем больший образуется вакуум. Группа таких захватных устройств может обслуживаться одним контрольным постом.

В магнитных захватных устройствах, которые используются для захвата изделий любой конфигурации из различных материалов, обладающих магнитными свойствами, применяются электромагниты и постоянные магниты. По конструкции и областям применения они примерно аналогичны вакуумным захватным устройствам, но более просты по конструкции (провод и сердечники) и обладают более высокими сроком службы, скоростью захвата изделия и силой притяжения на единицу площади поверхности. Однако возможность их использования для изделий только из магнитных материалов сужает область их применения. К другим их недостаткам относятся остаточный магнетизм и захват посторонних частиц, способных повредить поверхность захватываемого изде-



лия. При использовании захватных устройств с постоянными магнитами необходимо преодолевать их силу, чтобы освободить изделие. Конструкция магнитных захватов зависит от конфигурации, массы и площади захвата.

Создан подвесной манипулятор с захватом на базе постоянных магнитов и устройством автоматического управления магнитным потоком, предназначенный для подъема и транспортировки плоских стальных листов, заготовок и деталей. Захват и освобождение осуществляются автоматически: захват — при контакте с поверхностью груза, освобождение — при соприкосновении с опорной поверхностью. Манипулятор, не требующий источников питания, может быть подвешен к любому грузоподъемному устройству (например, электрокрану), что предохраняет от срыва груз при отключении электроэнергии. Автономное управление магнитным потоком осуществляется за счет собственной массы манипулятора. Используя принцип автоматического управления магнитным потоком путем изменения числа магнитных элементов в блоках, манипулятор позволяет регулировать грузоподъемность.

Манипулятор представляет собой корпус, в котором установлены два магнитных блока — неподвижный и подвижный. На подвижном блоке смонтирована зубчатая передача из рейки и сектора. Пружина сжимается массой захвата при его движении вверх, зубчатая рейка сопрягается с шестерней, магнитное включение и выключение определяются по указателю. Предусмотрены храповик и ось для крепления собачки, а также цилиндрическая шестерня, свободно насаженная на валик. Тяги соединяют рычаг зубчатого сектора с кривошипом при помощи осей, а упор ограничивает движение вверх.

Принцип работы манипулятора следующий. После подвешивания на крюк грузоподъемного устройства (крана) пружина сжимается под воздействием собственной массы манипулятора. При контакте с грузом взведенная пружина начинает разжиматься, груз опускается. При этом шестерня поворачивается на  $180^\circ$  против часовой стрелки, собачка упирается в зуб храповика и, разворачивая его вместе с валиком на  $180^\circ$ , приводит в движение кривошип и тягу с зубчатым сектором. Последний перемещает зубчатую рейку и передвигает подвижный магнитный блок в положение «Включено», осуществляя включение магнитного потока, притягивающего груз к плоскости захвата. При последующем подъеме захвата пружина вновь сжимается, а стакан с рейкой, поднимаясь в верхнее положение, поворачивает шестерню на  $180^\circ$  по часовой стрелке. Собачка шестерни проскальзывает по зубьям храповика, оставляя подвиж-

ную систему в покое (во включенном состоянии), и груз транспортируется к месту разгрузки. При опускании манипулятора с грузом цикл повторяется, но тяга с зубчатым сектором движется в противоположном направлении. При этом подвижный магнитный блок перемещается в обратную сторону, магнитный поток замыкается внутри магнитных блоков, освобождая груз.

## 6.6. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Общие сведения.** С каждым годом робототехника или собственные роботы все шире применяются в производстве и науке.

Как и в других случаях автоматизации и механизации, при внедрении роботов существенное значение приобретает первоочередность производств, которые необходимо оснастить робототехникой, чтобы с ее помощью решить наиболее важные технические, экономические и социальные проблемы развития общества.

В роботах в первую очередь нуждаются производства, на которых применяются:

- работы, связанные с тяжелым физическим трудом, в основном погрузочно-разгрузочные;
- токсические, радиоактивные и другие вредные вещества;
- работы в условиях повышенных и пониженных температур, повышенной влажности, вибрации, загрязненного воздуха и повышенного уровня шума;
- работы с повышенной опасностью травматизма;
- монотонные, однообразные работы;
- работы, требующие особых мер безопасности (например, загрузка заготовок в штамп);
- работы в стесненных труднодоступных условиях;
- обслуживание различного технологического, транспортного и другого оборудования;
- автоматическое управление оборудованием, линиями, участками и т. п.

Разумеется, в конкретных производственных условиях могут быть и другие первоочередные области, где наиболее целесообразно внедрение робототехники. Следует также иметь в виду, что успешное использование ПР связано с осуществлением комплекса



организационно-технических подготовительных работ по приспособлению (и модернизации) технологического, транспортного и другого оборудования, технологической оснастки, заготовок и т. п. Далее приводится краткий обзор различных видов производств, где успешно применяются ПР.

**Литейное производство.** Современные ПР и автоматические манипуляторы успешно используются вместо человека в основных процессах производства отливок — от подготовки исходных материалов до операций очистки, термообработки, зачистки, грунтовки, а также для контроля и испытания, погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. Расширению области применения роботов в литейном производстве способствует создание систем управления роботами при выполнении длительных процессов, например формообразования, сборки, заливки форм и т. п.

Практически почти все операции литейного производства могут быть охвачены роботизацией:

- разгрузка и складирование поступающих для изготовления отливок, основных и вспомогательных материалов и оборудования (формовочных смесей, связующих добавок, огнеупоров, составляющих металлической шихты, красок и т. п.);
- литье в разовые песчаные (опочные и безопочные) формы, изготовленные из различных формовочных смесей;
- производство стержней различного состава прогрессивными методами формообразования (пескострельным, прессованием и др.);
- упрочнение форм и стержней, например, горелками инфракрасного излучения, подогретым сжатым воздухом и др.;
- высокоточное литье в тонкостенные формы из песчано-смоляных и других смесей;
- литье в магнитные формы по неизвлекаемым моделям из полистирола и других подобных материалов или литье в вакуумированные формы;
- сборка разовых песчаных форм;
- точное литье по выплавляемым моделям;
- литье в постоянные формы (кокиль под обычным, высоким, низким давлением и противодавлением, центробежным способом и т. п.);
- точное литье под давлением;

- шихтовка (подготовка шихты, дозировка и др.),
- загрузка шихты в плавильный агрегат, плавка;
- заливка форм расплавами, дозирование, извлечение отливок из форм;
- очистка, обрубка, зачистка отливок, резка, грунтовка, окраска;
- контроль на отдельных технологических переделах литейного производства;
- межоперационное транспортирование форм, стержней, отливок;
- обслуживание технологического, транспортного и другого оборудования.

В качестве примера ознакомимся с устройством и работой литейного РТК (рис. 6.4), который предназначен для автоматизации процесса литья деталей из цветных металлов и сплавов и состоит из электропечи 1, литейной машины 4, гидравлического пресса 6, объединенных с помощью манипуляторов 2, 3 и робота 5 в автоматический комплекс, управляемый с пульта 7.

Литейный РТК работает следующим образом. Манипулятор 2, состоящий из заливочного ковша, исполнительного механизма и

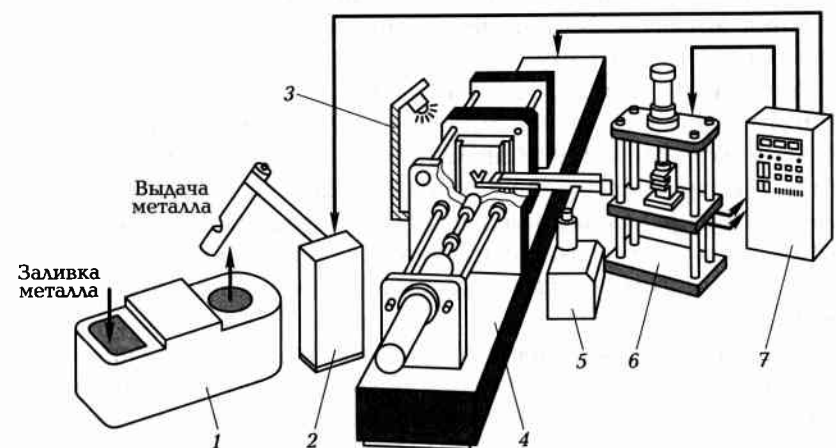


Рис. 6.4. Литейный робототехнологический комплекс:

1 — электропечь; 2 — манипулятор транспортировки жидкого металла; 3 — манипулятор обдува и смазывания литейной формы; 4 — литейная машина; 5 — робот удаления отливки; 6 — гидравлический пресс; 7 — пульт

его гидропривода, забирает расплавленный металл из тигля электропечи, транспортирует его и заливает в литевную машину 4. При работе гидроцилиндра литевной машины создается высокое давление и из расплава формируется изделие в литевной металлической форме (кокиле). После раскрытия литевной формы робот 5, взяв отливку, помещает ее в матрицу гидравлического пресса 6 для обруб-ки литников. После этого включается автоматическое устройство манипулятора 3, который обдувает раскрытую литейную форму и смазывает внутреннюю поверхность для облегчения отделения отливки. Выполнив свою работу, манипуляторы 2, 3 и робот 5 возвращаются в исходное положение по команде с пульта управления 7, работу которого и всего литейного РТК контролирует оператор. Электропечь 1 является раздаточной, она поддерживает расплавленный металл в жидком состоянии, которым и пополняется периодически из плавильной печи. Рассмотренный литейный РТК выполняет до 200 отливок в час, время переналадки на другое изделие — не более 2 ч, а максимальная масса отливки — не более 1 кг.

**Кузнечно-штамповочное производство.** В различных отраслях производства широко используются детали разного назначения, форм и размеров, получаемые листовой холодной штамповкой на прессах (вырубкой, гибкой, вытяжкой и т.п.). В условиях преобладающего серийного или мелкосерийного производства установка заготовки в штампы и удаление ее после штамповки часто осуществляются вручную. Монотонный характер такой работы нередко приводит к травматизму.

Автоматическая подача заготовок в штамп и удаление из него отштампованных деталей успешно осуществляется различными манипуляторами и ПР. Используемые для этого роботы должны иметь быстродействующие приводы, надежные системы управления, универсальные или быстросменные захватные устройства различного типа (магнитные, вакуумные и др.), конструкция которых во многом зависит от формы, размеров и материала заготовки.

Для автоматизации процесса штамповки деталей, например, на кривошипных прессах, часто применяются жестко программируемые роботы с системой циклового управления, работающие с применением упоров. Такие роботы могут использоваться для обслуживания и синхронной работы со штамповочными прессами, радиально-обжимным, электровысадочным, правильным, обрезным и другим оборудованием. В частности, роботы с электромагнитными и вакуумными захватными устройствами с жесткопро-

граммируемой системой управления и программносителем в виде штекерной панели, обеспечивающей последовательность работы рабочих органов ПР и оборудования, могут использоваться для автоматической подачи заготовок круглой и прямоугольной формы в штампы, установленные на вертикальных прессах.

К основным и вспомогательным операциям, выполняемым роботами и автоматическими манипуляторами при современных методах формообразования холоднолистовой, объемной и другой штамповкой, относятся:

- установка штампа на пресс и заготовки в штамп;
- удаление готовой детали из штампа;
- очистка и смазывание формообразующих частей штампа;
- подача к термической печи и укладка в ней заготовок для отжига, нормализации, их удаление после обработки, укладка в тару;
- обслуживание оборудования при многооперационной штамповке из тонколистовых полос на штампах последовательного типа;
- правка заготовок и деталей;
- установка заготовок на транспортное устройство для подачи к месту дальнейшей обработки или складирования;
- очистка и зачистка заготовок;
- внутрицеховые погрузочно-разгрузочные, складские и другие транспортные работы;
- работа (синхронная) в комплексе с различным технологическим штамповочным и транспортным оборудованием и управление этим оборудованием.

Применение ПР в кузнечно-штамповочном производстве важно и как средство управления технологическим процессом путем изменения силы удара и его последовательности в зависимости от температуры заготовки и других данных. В зависимости от назначения используются универсальные и специализированные роботы и автоматические манипуляторы.

Созданы автоматические штамповочные комплексы, включающие штамповочное оборудование, средства механизации и автоматизации, а также кузнечно-штамповочное оборудование с ЧПУ, например обслуживаемое ПР. Роботы для обслуживания кривошипных прессов усилием 1 и 2,5 МН осуществляют межоперационную передачу и ориентированное удаление заготовки, подачу ее в штамп. Та-

кие роботы имеют выдвижные двухместные рычажно-захватные устройства, цикловую систему программного управления и различную грузоподъемность в зависимости от усилия пресса.

**Производство изделий из порошковых материалов.** Промышленные роботы могут использоваться для автоматизации следующих основных и вспомогательных работ при производстве изделий методом порошковой металлургии:

- для установки пресс-форм на прессовое оборудование и снятия с него;
- смазывания формообразующих частей пресс-форм;
- удаления из зоны формообразования готовых изделий, установки их на поддоны, подачи и установки в термопечь для упрочнения, извлечение из печи;
- обслуживания (загрузка-разгрузка) калибровочного и другого оборудования на завершающих операциях.

Роботы могут успешно применяться для непосредственного выполнения ряда технологических операций при литье термопластичных материалов и реактопластов под давлением (дозировка и заливка расплава, отделение литниковой системы, зачистка облоя и др.), при формообразовании прессованием и другими способами, проводить контрольные, погрузочно-разгрузочные, внутрицеховые транспортные, складские и упаковочные работы, а также синхронно работать в комплексе с другим технологическим и транспортным оборудованием.

**Сварочное производство.** В сварочном производстве ПР применяются не только для обслуживания различного технологического, транспортного и другого оборудования, но прежде всего для непосредственного выполнения основных технологических операций сварки различными методами.

К основным видам работ, которые способны выполнять универсальные и специализированные ПР в сварочном производстве, можно отнести следующие:

- установку оснастки на технологическое и другое оборудование и снятие с него (установка и фиксация их в рабочее положение для сварки);
- сборку деталей и узлов для сварки;
- подготовку деталей к сварке, снятие и удаление сваренных изделий из рабочей зоны;
- непосредственное осуществление технологических операций по сварке (контактной, точечной, дуговой, под

давлением, в среде диоксида углерода, плазменной и др.);

- при необходимости правку до сварки заготовок и деталей и сваренных изделий (установка в приспособление, извлечение из него и удаление их из зоны правки и т. п.);
- зачистку (абразивную и другими способами) сварочных швов;
- контроль качества сварки;
- выполнение различных межоперационных и внутрицеховых транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских операций;
- работу в комплексе с другим технологическим сварочным и транспортным оборудованием в поточных линиях и управление им и т. п.

Промышленные роботы успешно используются для автоматизации процессов сварки не только традиционными методами, но и новыми прогрессивными способами, например электронно-лучевой сварки в вакууме. При сварке этим методом рычажно-захватное устройство вводит определенное количество ориентированных заготовок в вакуумную камеру. Извлечение изготовленной продукции из камеры также производится роботом.

**Термическое производство.** Учитывая, что значительная часть операций термообработки, поддающихся роботизации, происходит при температуре, превышающей 1000 °С (например, нагрев под закалку изделий из высоколегированных сталей), рычажно-захватное устройство, и особенно захваты, должны изготавливаться из жаропрочной стали, способной выдержать такую температуру без нарушения необходимых параметров.

К основным видам работ в термическом производстве, которые способны выполнить ПР, можно отнести следующие:

- подготовку (при необходимости) изделий к термообработке (очистку и т. п.);
- подачу и укладку изделий в термическую печь;
- извлечение деталей из печи после нагрева и подачу на охлаждение, правку и очистку, контроль твердости и других свойств, различные межоперационные и внутрицеховые транспортные, складские и упаковочные работы;
- работу в комплексе с другим технологическим и транспортным оборудованием и управление им и т. п.

Например, при поверхностной термообработке (закалке) тока-ми высокой частоты робот извлекает деталь из лотка магазина, устанавливает в щель индукционного нагревателя и подает сигнал о включении тока; по окончании нагрева извлекает деталь из индуктора и подает ее в закалочное устройство. Длительность выполнения всех операций составляет около 1 мин.

**Металлообрабатывающее производство.** Одной из специфических особенностей серийного, мелкосерийного и индивидуального металлообрабатывающего производства является незначительный удельный вес машинного времени. В общем цикле механообработки время ожидания и транспортирования деталей составляет 95 % от времени их нахождения в производстве. Применение роботов позволяет увеличить коэффициент использования оборудования, значительно сократить производственный цикл, улучшить качество изделий.

Универсальность ПР позволяет использовать их для автоматизации вспомогательных работ на различных металлорежущих станках (токарных, фрезерных, расточных, сверлильных и др.), при этом один робот может обслуживать два и более станков. В большинстве случаев автоматизированные таким образом обычные станки не уступают по производительности специализированным автоматам, но значительно их дешевле. При использовании передвижных (подвесных и напольных) роботов один робот способен обслуживать группу станков, участки или поточную линию.

К основным и вспомогательным операциям металлообрабатывающего производства, которые могут выполняться ПР, можно отнести:

- установку технологической оснастки на различные металлорежущие станки и комплексы и ее снятие;
- обслуживание индивидуальных и групповых универсальных станков и станков с ЧПУ, участков и поточных линий для обработки резанием;
- установку заготовок и снятие обработанных деталей, инструмента, приспособлений;
- выполнение ряда основных технологических операций по обработке (сверление, снятие заусенцев, шлифование, полировка и др.), контролю и испытанию;
- выполнение межоперационных и внутрицеховых транспортных, погрузочно-разгрузочных, складских и других работ;

- синхронную работу в комплексе с другим технологическим транспортным оборудованием и управление им.

**Процессы нанесения покрытий.** К основным видам процессов нанесения покрытия на поверхность изделий, где могут применяться ПР, относятся:

- металлизация;
- покрытие порошкообразными полимерами;
- гальванизация;
- окрашивание различными методами.

При металлизации роботы могут использоваться для подготовки поверхности (очистки, зачистки и т. п.), подачи и установки изделий на оборудование, для снятия его после металлизации и удаления из рабочей зоны, а также для непосредственного осуществления операций покрытия, например, при оснащении захватных устройств специальными головками.

При нанесении порошковых полимерных покрытий на металлические изделия с защитно-декоративной, изоляционной и другой целью, роботы могут использоваться как для обслуживания оборудования и поточных линий, так и для выполнения отдельных операций технологического процесса (подготовка поверхности, нанесение покрытия и др.).

При использовании гальванических методов нанесения покрытия на изделия из пластмасс роботы могут обслуживать оборудование для предварительной подготовки поверхности (создание микрошероховатости) и гальванические установки, осуществляющие нанесение тонкого слоя металлического покрытия, например методом химического меднения. Роботы успешно обслуживают отдельные гальванические установки и их комплексы, поточные автоматические линии и участки гальванических покрытий, их можно также использовать для вскрытия барабанов с сильнодействующими ядовитыми веществами, для промывки тары и т. п.

Многономенклатурное мелкосерийное автоматизированное гальваническое производство, обслуживаемое двумя автоматическими манипуляторами и управляемое мини-ЭВМ, включает 16 одно- и двухрядных гальванических поточных линий для разного вида защитно-декоративных покрытий — цинкование, кадмирование и др. В каждой гальванической линии предусмотрено осуществление до 63 технологических программ при параллельном способе передачи кодов. Структурная схема системы управления содержит

ЭВМ, устройство связи с линиями, рабочее место оператора, пульт управления, гальванические линии, позиции загрузки и выгрузки, промежуточный склад и склад готовых деталей.

В автоматизированном производстве, созданном на базе агрегирования основных элементов, непосредственное исполнение технологических процессов осуществляется автоматическими манипуляторами. Автоматизированные процессы технологии нанесения гальванических покрытий на детали различного профиля осуществляются с использованием гальванических линий разной конструкции. Стабильность работы обеспечивается системой автоматического контроля и регулирования температуры, уровней электролитов, контроля их химического состава и т. д.

Система управления гальваническими линиями позволяет производить одновременно много видов работ, соответствующих разным технологическим процессам нанесения защитно-декоративных покрытий, а трехуровневая иерархическая структура обеспечивает возможность в любой момент перейти на полуавтоматическое или ручное управление. Возможно также построение, корректировка и обработка оптимального диспетчерского графика в реальном масштабе времени, подстройка новых заданий, контроль и тестовая проверка, оперативное планирование обработки деталей, управление механизмами и устройствами гальванических линий и т. д.

При нанесении лакокрасочных покрытий ПР стационарного и подвижного типов успешно используются для автоматизации нанесения грунтовки и других процессов подготовки, самого процесса окрашивания распылением, окунанием, в электростатическом поле, электрофорезом. Роботы могут также применяться для обслуживания сушильного оборудования после нанесения лакокрасочных покрытий. Применение роботов повышает производительность и качество окраски, существенно снижает удельный расход краски (на 20... 40 %).

**Сборочное производство.** Для автоматизации основных и вспомогательных сборочных операций, выполняемых современными методами (склеиванием, механическим соединением), используются ПР, специально приспособленные для их выполнения. Применение таких роботов может снять многие ограничения, зависящие от физических возможностей операторов: существенно увеличивается масса перемещаемых изделий (с 9 до 50 кг и более) и скорость перемещения, обеспечивается стабильность процесса, ликвидируются дефекты от возможных ошибок оператора. Возможность автоматизации сборки с использованием роботов значительно повы-

шается при блочной конструкции изделий и прямолинейном движении деталей в процессе их передачи на сборку и при установке в приспособление. Самоориентирование в окружающем пространстве при меняющейся обстановке достигается оснащением роботов тактильными и видеопреобразователями.

При автоматизации сборочных работ традиционными способами, т. е. соединением различными механическими методами, роботы могут применяться:

- для установки в сборочное оборудование оснастки, ее снятия и удаления;
- подачи деталей и узлов в сборочные установки;
- подбора и подачи деталей в рабочем положении для сборки узлов;
- контроля наличия деталей, собираемых в узел;
- контроля последовательности сборки;
- отбраковки негодных деталей или неполностью собранного узла;
- разборки узлов (например, после испытаний);
- работ в комплексе с другим технологическим транспортным оборудованием и управления им;
- выполнения различные межоперационных, транспортных, складских и упаковочных работ.

**Автоматизация контрольных, транспортных и складских работ.** Роботы могут использоваться для автоматизации таких контрольных работ, как изготовление образцов для анализа химического состава сплавов и других материалов, подготовка образцов к контролю, установка их в оборудование для контроля, их испытание, снятие и удаление, а также для непосредственного контроля формы, размеров, свойств образца и др.

Например, роботы используются для автоматического испытания пневмоклапанов — осуществляют все операции по их установке, нагрузке и разгрузке. Оценка качества производится с помощью манометров и фотометрической аппаратуры. Процесс испытания проходит следующим образом. Пневмоклапаны подаются по гравитационному желобу к роботу, имеющему два рычажно-захватных устройства. Робот захватывает пневмоклапан и укладывает его в установку для проверки. Проверенный пневмоклапан снимается с прибора, куда подается новый пневмоклапан, укладываемый роботом в нужное положение. Если пневмоклапан прошел проверку

удовлетворительно, робот укладывает его в определенное место, а выбракованный — в емкость для брака. Один робот испытывает пневмоклапаны определенных типоразмеров диаметром от 6 до 24,4 мм, а другой — диаметром от 18 до 49 мм. Перепрограммирование роботов занимает 5...10 мин. Захваты быстро перенастраиваются для установки, закрепления, нагрузки и разгрузки пневмоклапанов.

За рубежом создана автоматизированная система взятия проб при производстве взрывчатых веществ, включающая семь роботов-телеоператоров.

Роботы, оснащенные гидроприводом и способные работать в условиях коррозионно-активных сред, берут пробы из 30 точек конвейера, укладывают их в контейнеры, которые устанавливают на транспортер, ведущий в лабораторию, где осуществляется контрольный анализ.

Роботы могут применяться для выполнения транспортных и складских операций:

- погрузки и разгрузки различных материалов и изделий;
- межоперационной передачи деталей с автоматической погрузкой и разгрузкой технологического, транспортно-го и другого оборудования;
- передачи готовых изделий на поддоны, в контейнеры и т.п.;
- складирования материалов, изделий и для их упаковки и т.п.

Применение ПР в складском хозяйстве позволяет решить задачи систематизации деталей, их поиска и транспортирования по заданной программе и размещению их по стеллажам.

**Поколения роботов.** В зависимости от назначения и сложности выполняемых операций ПР по аналогии с ЭВМ принято условно подразделять на три поколения (а иногда еще и на промежуточные — 1,5 и 2,5 поколения).

*Первое поколение ПР*, широко применяемых в настоящее время, имеет электромеханические системы, программы и память, разомкнутую систему регулирования без обратной связи. Определение координат осуществляется с помощью механических стопорных устройств и аналоговых преобразователей положения (высокоточных потенциометров). Роботы первого поколения могут перемещать груз массой от десятков грамм до нескольких тонн и складываемые в их запоминающие устройства программы могут включать до 1 024 движений.

Большая часть ПР первого поколения имеет рычажное устройство, обладающее тремя степенями свободы, захватное устройство, обладающее обычно еще двумя степенями свободы, и, часто, передвижную станину, способную перемещаться еще на одну степень свободы. У части находящихся в эксплуатации ПР первого поколения рычажно-захватное устройство имеет пять степеней свободы, поворот в горизонтальной плоскости, линейное перемещение в вертикальной плоскости и вдоль своей оси, поворот вокруг своей оси и наклон в вертикальной плоскости.

*У ПР второго поколения* последовательность операций и запоминание координат реализуются с помощью электронных схем, большой объем памяти позволяет фиксировать координаты в цифровой форме, что допускает составление сложных программ операций. По сравнению с роботами первого поколения они обладают повышенной маневренностью (шесть-семь степеней свободы) и возможностью хранить в запоминающем устройстве большее число более сложных программ. Часть таких ПР имеет фотоэлектрические и датчиковые (тактильные и др.) устройства, воспринимающие форму и положение деталей на ощупь, хотя это наиболее характерно для роботов третьего поколения. Работа ПР второго поколения с высокой степенью точности синхронизируется с работой основного технологического и другого оборудования, повышенная надежность системы ЧПУ обеспечивает длительную бесперебойную эксплуатацию роботов.

Промышленные роботы второго поколения могут применяться для управления оборудованием, автоматизации сборки, замены операторов средней квалификации в ряде производств, а также для автоматизации процессов управления. Грузоподъемность роботов — 10 кг и более, они обладают системой упрощенной перенастройки и способны к автоматическому самоперепрограммированию, восприятию изменений окружающей обстановки, восприятию зрительной информации. Такие роботы можно использовать в различных и изменяющихся условиях производства.

*Роботы третьего поколения* характеризуются наличием некоторых сенсорных устройств с высокой степенью восприятия, обратной связи, состоящей из координации движения рычажно-захватных устройств с помощью телевизиального или лазерного устройства, логического устройства со значительным объемом памяти, позволяющим принимать решения в зависимости от конкретной обстановки. Роботы третьего поколения с системой управления от ЭВМ могут самостоятельно координировать свои действия в соответствии с информацией о форме, размерах и по-



ложении захватываемых деталей или изделий. Объединяя в себе характеристики ЭВМ и исполнительного механизма, они способны не только обрабатывать, собирать и испытывать отдельные виды изделий, но и управлять производством, состоящим из нескольких групп оборудования. Роботы третьего поколения могут использоваться для систематического слежения за состоянием парка оборудования, управлять контрольно-измерительными установками и ходом производства, вести учет продукции на различных стадиях производства в складском хозяйстве, выполнять некоторые конструкторские работы, работы в лабораториях и на испытательных станциях, помогать хирургам при операциях, участвовать в космических и глубоководных исследованиях совместно с ЭВМ и т. п.

**Общие принципы применения роботов.** При внедрении робототехники необходим предварительный анализ условий конкретного производства, чтобы робот стал органической частью технологического процесса. При этом должны учитываться не только основные параметры робота (грузоподъемность, точность позиционирования, число степеней свободы, тип привода, тип рычажного, захватного и других устройств, возможности и скорости их перемещения), сочетание его отдельных движений, системы управления и других устройств, но и степень автоматизации и использования прочего оборудования, единообразие технологического цикла, типы источников энергии, возможности размещения робота и вспомогательного оборудования, доступность всех точек оборудования, предполагаемая загрузка робота, частота изменения размеров изделий и их серийности, продолжительность цикла и пр. Необходимо также выявить соответствие технологического, транспортного и вспомогательного оборудования, его расположения и технологической оснастки.

При применении ПР (как и при использовании другого автоматического оборудования) необходимо соблюдать определенные требования безопасности, вытекающие из специфических особенностей конструкций робота в целом и его отдельных частей. Степень опасности во многом зависит от размеров робота, его грузоподъемности, рабочего диапазона, системы управления.

Роботы для подъема и установки заготовок и деталей небольшой массы, применяемые для загрузки оборудования и имеющие пневмопривод, работают при сравнительно низких (0,4...0,6 МПа) давлениях, поэтому не могут представлять серьезную опасность, особенно когда строго соблюдаются общепринятые требования безопасности при использовании автоматического оборудования с та-

кими приводами. Но инерция движущихся частей ПР, работающих на высоких скоростях, может стать причиной производственного травматизма, особенно там, где робот имеет выступающие захватные и другие устройства.

При использовании роботов большой грузоподъемности с высокими рабочими скоростями требуется соблюдение определенных мер безопасности, например, установки защитного ограждения на расстоянии, соответствующем максимальному вылету рычажно-захватного устройства, или ограждения с блокировками, останавливающими работу всех устройств при входе человека в зону ограждения, оборудования проходов микровыключателями, блокирующими систему управления, которая в свою очередь останавливает робот. Помимо ограждения зон расположения и обслуживания устанавливаются защитные экраны, чтобы устранить неприятные ощущения, возникающие у операторов, обслуживающих оборудование, из-за быстрых движений робота.

Сокращение общего цикла производства при использовании ПР достигается в результате повышения производительности оборудования и лучшего его использования (особенно в условиях выполнения монотонных работ, приводящих к быстрому утомлению оператора), а также устранения непроизводительных потерь времени (из-за болезни рабочего, между сменами, на переход от одного вида работы к другому и т. п.).

При использовании ПР для погрузки и разгрузки металлорежущего оборудования для обеспечения надежного захвата заготовки захватные устройства должны иметь повышенную геометрическую и размерную точность — это дает возможность снизить припуски на обработку и массу заготовки.

При листовой штамповке использование ПР позволяет внедрить рациональный раскрой материала, уменьшить его отходы, снизить трудоемкость изготовления деталей, а также освободить рабочего от выполнения ручного, неквалифицированного и утомительного труда, удалить его из опасных зон обслуживания.

Применение стационарного напольного робота с двумя синхронно работающими рычажно-захватными устройствами с захватом типа пальцев, поворачивающихся вокруг горизонтальной оси при перемещении под матрицей штампа во время вырубке листовых заготовок в последнем ряду, обеспечивает полное использование исходного листа. При этом достигается экономия металла вследствие сокращения отходов при вырубке круглых и прямоугольных заготовок из широкого рулона соответственно на 62 и 40 %, а из листа — на 60 и 38 %. Применение роботов при листовой

штамповке заготовок и деталей круглой формы позволяет снизить количество отходов в 2,5 раза, прямоугольной формы — в 1,7 раза, а при штамповке деталей электрических машин и аппаратов можно сэкономить 10... 15 % дорогостоящей электротехнической стали.

Многочисленные примеры наглядно показывают необходимость учета при внедрении ПР в производство экономии от снижения самых разнообразных затрат.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Дайте определение понятия «робот».
2. Как устроен робот?
3. Как классифицируют роботы по назначению?
4. Каково назначение обучаемых роботов?
5. Опишите устройство манипулятора.
6. Каково устройство и работа РТК?
7. Какие основные виды приводов используются для ПР?
8. Каковы основные области применения ПР в промышленности?

## Глава 7

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ

---

Целью автоматизации производства является повышение производительности и эффективности труда, улучшение качества продукции, оптимизация планирования и управления, исключение из трудовой деятельности человека тяжелых и опасных для здоровья работ.

Таким образом, **автоматизация производства** — это способы организации труда, при которых функции управления и контроля передаются автоматическим устройствам. Это реализуется с использованием автоматизированных станков, агрегатов, механизмов, ПР, РТК, комплексной автоматизации, поточных и автоматических линий.

**Комплексная автоматизация** — это такой уровень автоматизации производства, при котором весь комплекс операций производственного процесса, включая транспортирование и контроль продукции, осуществляется системой автоматических машин и технологических агрегатов с помощью устройств, объединенных общей системой управления.

**Поточная линия** представляет собой комплекс оборудования, расположенного по ходу технологического процесса, который работает согласованно с определенным заданным ритмом и предназначен для изготовления однотипных деталей и сборки изделий. При этом обработку одной или нескольких заготовок со сходной технологией изготовления выполняют на рабочих местах, связанных между собой транспортными устройствами. На сборочных участках изделие передается с одной позиции на другую, а монтаж ведут специализированные бригады в соответствии с технологическим процессом.

Обычно на поточных линиях выполняют металлообработку на станках, сварку, термическую обработку, окраску и т. п. Для перестановки деталей, узлов, снятия готовых изделий применяют позиционеры, манипуляторы, транспортные и технологические роботы, позволяющие механизировать и автоматизировать производство.

*Автоматические линии* являются очередным уровнем автоматизации производства, с которым ознакомимся подробнее.

Автоматические линии состоят из комплекса рабочих машин и вспомогательного оборудования, автоматически выполняющих в определенной технологической последовательности с заданным ритмом весь процесс изготовления изделий, переработки продукта производства или его части. Полуавтоматическими называют линии, в которых пуск и останов отдельных агрегатов, закрепление и перемещение изделий продукта переработки выполняются рабочим. Кроме того, существуют гибкие автоматические линии (ГАЛ), которые предназначены для изготовления большой номенклатуры однотипной продукции, они состоят из нескольких модулей и объединены общей автоматизированной системой управления. Этому требованию удовлетворяет, например, оборудование с ЧПУ, объединенное в гибкие производственные системы (ГПС) и предназначенное для комплексной обработки различных деталей. По аналогии с ГПС создаются гибкие автоматизированные участки (ГАУ), гибкие производственные модули (ГПМ), гибкие автоматизированные цеха (ГАЦ) и даже гибкие автоматизированные заводы (ГАЗ).

*Гибкая производственная система* — это совокупность средств производства, обладающих способностью быстрой переналадки с производства одного вида продукции на другой. Обычно такие системы машин бывают автоматизированными.

*Гибкий производственный модуль* — единица технологического оборудования для изготовления изделия производственной номенклатуры (с установленным пределом значений их характеристик). Такой модуль оснащен программным управлением, функционирует автономно, осуществляя автоматически все функции, связанные с производством изделий, и может быть встроен в ГПС.

*Гибкий производственный комплекс* — ГПС, которая состоит из нескольких ГПМ, объединенных автоматизированной транспортной системой, и автономно функционирует в течение заданного интервала времени. Гибкие производственные комплексы можно встраивать в ГПС более высокой степени автоматизации.

*Гибкий автоматизированный участок* — это ГПС, функционирующая в соответствии с технологическим маршрутом, в котором

предусмотрена возможность изменения последовательности исполнения технологического оборудования.

*Гибкий автоматизированный цех* — это ГПС, представляющая собой совокупность (в различных сочетаниях) гибких автоматизированных и роботизированных технологических линий, ГАУ и РТК, которая предназначена для изготовления изделий заданной номенклатуры.

*Гибкий автоматизированный завод* — это ГПС, представляющая собой совокупность ГАЦ, предназначенных для выпуска готовых изделий в соответствии с планом основного производства. Гибкий автоматизированный завод может включать в себя также отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

*Гибкое автоматизированное производство (ГАП)* — производственная система, которая состоит из одного или нескольких ГПК, объединенных автоматизированной системой управления производством и автоматизированной транспортно-складской системой, и обеспечивает быстрый переход на изготовление новых изделий с помощью ряда автоматизированных систем: проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП), управления предприятием (АСУП), инструментального обеспечения (АСИО), контроля (САК), удаления отходов (АСУО) и др.

Наиболее распространены в производстве роторные и роторно-конвейерные автоматические линии. *Автоматическая роторная линия* — совокупность нескольких технологических и транспортных роторов, расположенных на общей станине в соответствии с технологической последовательностью обработки изделия. Такие линии более экономичны по сравнению с обычными автоматическими линиями, так как значительно сокращают производственный цикл, уменьшают межоперационные запасы заготовок, снижают трудоемкость изготовления и себестоимость продукции, высвобождают производственные площади.

На этих линиях обрабатываемые заготовки совершают движения по дугам окружностей совместно с воздействующими на них орудиями. Технологические и транспортирующие роторы работают синхронно, передавая заготовки с одной операции на другую. На автоматических роторных линиях выполняют штамповку, вытяжку, прессование, сборку, контроль и другие процессы.

На рис. 7.1 показана принципиальная схема автоматической роторной линии (вид сверху), состоящей из рабочих шпинделей 1, технологических (рабочих) роторов 3, 4, 5 и транспортных роторов 2, соединенных между собой в единую систему. Обрабатываемые детали в начале процесса закрепляют на шпинделях 1 ротора 5, на

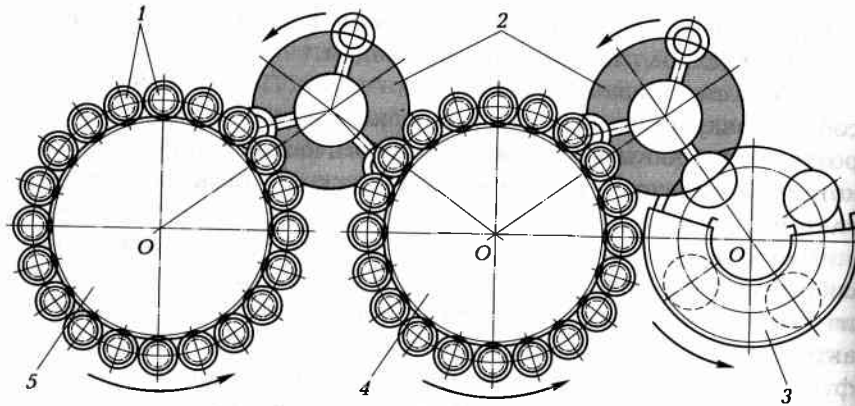


Рис. 7.1. Схема автоматической роторной линии (вид сверху):  
 1 — цилиндры; 2 — транспортные роторы; 3, 4 и 5 — роторы сверления, развертывания и закалки; — — направление вращения роторов

котором в них сверлят отверстия, затем поочередно транспортным ротором 2 они переносятся на ротор развертывания 4, а оттуда транспортным ротором 2 — на ротор закалки 3, на котором и заканчивается обработка данных деталей.

## 7.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Современные ГПС строят по принципу повышения уровня организации производства: ГПМ — ГАЛ — ГПЦ или ГАЗ. Наряду с традиционными требованиями (высокая производительность, точность, надежность и др.) к ним предъявляются новые (например, гибкость, или способность к переналадке за минимальное время), которые связаны с заказом мелких серий обрабатываемых деталей и увеличением их ассортимента. Как правило, в ГПС встраивают только автоматизированное технологическое оборудование, способное к переналадке при изменяющихся условиях производства изготовления различных партий деталей.

Достоинствами ГПС считают снижение цикла изготовления изделий, выполнение индивидуальных заказов в условиях серийного производства, сокращение численности обслуживающего персонала.

Для нормальной работы ГПС должна обслуживать *транспортно-накопительная система (ТНС)*, которая обеспечивает ГПС заготов-

ками, инструментами и материалами, а также эвакуирует изготовленные изделия, заменяемые инструменты, приспособления, отходы, стружку.

Транспортно-накопительная система реализует связь между станками, контрольно-измерительным оборудованием и складом, что позволяет полностью автоматизировать производственный цикл обработки деталей. Являясь одной из основных подсистем ГПС, ТНС в значительной степени определяет технический уровень системы и ее компоновку. От работы ТНС во многом зависят надежность ГПС, ее бесперебойная работа и оптимальная загрузка оборудования.

Транспортирование деталей в ТНС может осуществляться с помощью приспособлений-спутников (ПС) и без ПС (в лотках, поддонах, кассетах). Использование ПС хотя и удорожает стоимость ТНС, но в то же время упрощает автоматизацию смены заготовок благодаря единству установочных баз ПС. Транспортирование деталей без ПС применяют обычно при ручной смене деталей (на столе станка) или при обработке большого числа изделий одного наименования.

Различают две основные компоновки ТНС — линейную и замкнутую. Выбор компоновки определяется траекторией движения деталей в горизонтальной плоскости. Помимо главных движений в ряде случаев предусматривают дополнительные пути.

Преимуществом замкнутой ТНС (по сравнению с линейной) является то, что в ней загрузочная позиция может быть совмещена с разгрузочной, вследствие чего отпадает необходимость в дополнительной транспортной линии для возврата ПС.

Накопление деталей в ТНС может быть централизованным или децентрализованным (на отдельных рабочих позициях). В центральном накопителе (складе) хранят заготовки, готовые детали и полуфабрикаты. Если ГПС определенное время (например, в ночную смену) функционирует без вмешательства обслуживающего персонала, то предусматривается определенный задел заготовок. Центральный накопитель связан со всеми рабочими позициями, а децентрализованные пристаночные накопители — с отдельными станками, что позволяет компенсировать разницу между временем транспортирования и временем обработки деталей.

Транспортно-накопительная система может иметь один центральный склад (для заготовок и деталей) или два таких склада (один для заготовок, а второй для готовых деталей). В первом случае экономится производственная площадь, но в то же время усложняется система управления.

Связь центрального склада с технологическим оборудованием может быть прямой (используется в ГАЛ) и непрямой (используется в ГАУ): в первом случае детали транспортируются непосредственно из склада (через главную транспортную магистраль) к станкам и передаются от станка к станку (через ответвления транспортной магистрали, используемые также как промежуточные накопители), минуя склад; во втором случае деталь после обработки на каждом из станков возвращается на центральный склад, который осуществляет связь между станками.

Конструкция склада зависит от таких факторов, как масса транспортируемых деталей, конструкция подающих устройств и др. Наибольшее распространение получили склады типа стеллажей. Такие склады могут быть многоярусными (что экономит производственную площадь) и одноярусными (используемыми в основном для хранения тяжелых корпусных деталей).

Транспортно-накопительные системы с замкнутым конвейером имеют несколько вариантов исполнения: с центральным накопителем и циркулирующей системой подачи материалов с помощью конвейера с ответвлениями транспортной линии наружу; с ответвлениями транспортной линии внутрь; с перемычками и без ответвлений.

### 7.3. ГИБКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Гибкая автоматическая линия — это ГПС, состоящая из нескольких ГПМ, объединенных единым автоматизированным управлением, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

В зависимости от объема производства и номенклатуры изготавливаемых изделий ГАЛ может комплектоваться различным количеством модулей, вспомогательных устройств и инструмента, имеющих разное назначение.

Рассмотрим основные элементы ГАЛ.

Современный *гибкий токарный модуль* (рис. 7.2) создан на базе двухшпиндельного токарного станка 6 с ЧПУ, у которого имеется магазин инструментов 1 и устройство 2 автоматической смены резцов при их износе или поломке, а также ПР 3, ТНС 4 и поворотный стол 5.

Промышленный робот 3 оснащен четырьмя манипуляторами, которые одновременно устанавливают две заготовки с ТНС 4, и две обработанные детали снимают с двух шпинделей станка 6. Обрабо-

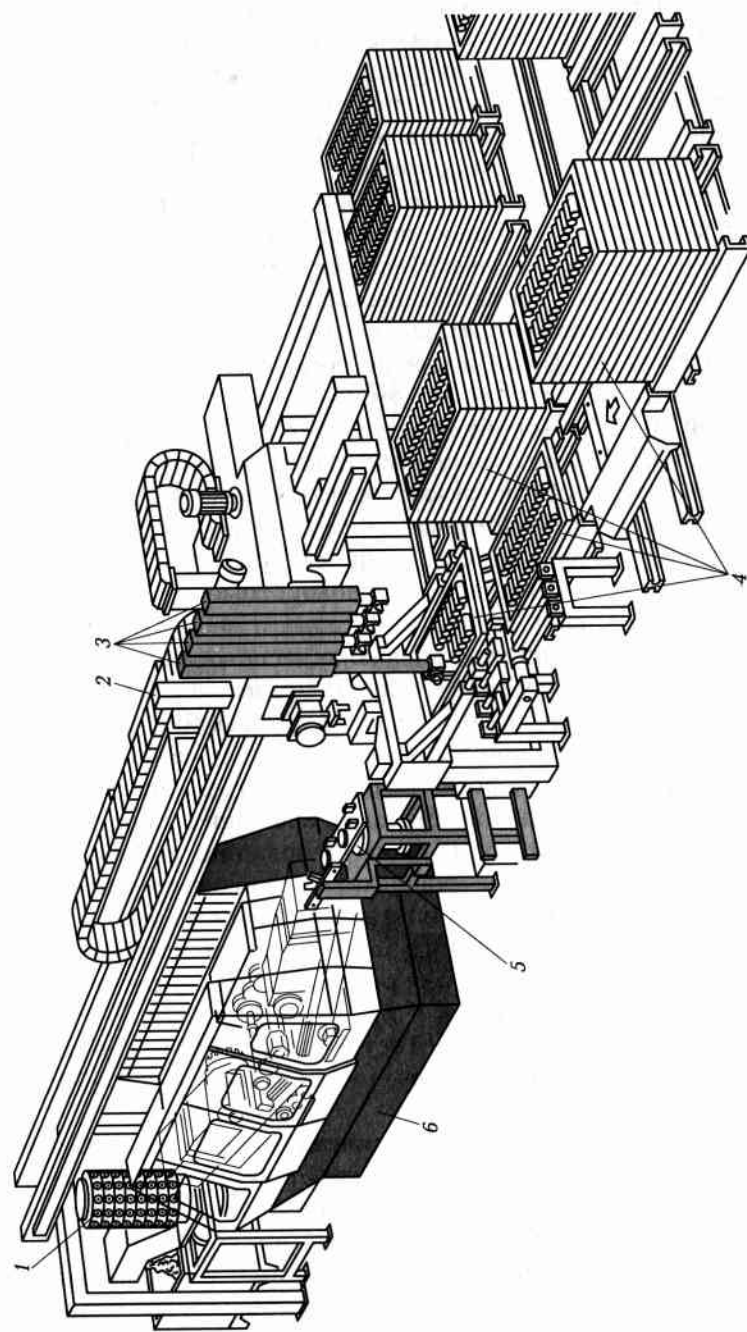


Рис. 7.2. Гибкий токарный модуль:

1 — магазин инструментов; 2 — устройство автоматической смены инструментов (резцов); 3 — промышленный робот; 4 — транспортно-накопительная система; 5 — поворотный стол; 6 — токарный станок с ЧПУ



таные детали ПР устанавливает на призмы поворотного стола, на котором они поворачиваются для измерения полученных размеров и контроля действительных размеров. Использование магазина инструментов и устройства их автоматической смены позволяет данному токарному модулю работать в течение двух смен в автоматическом режиме без участия наладчиков.

Гибкий производственный модуль (рис. 7.3), предназначен для обработки корпусов с помощью инструментов, закрепленных в сменных шпиндельных коробках. Такой модуль используют в среднем и крупносерийном производстве. Обработка корпусов 10 выполняется на поворотном делительном столе 9, имеющем три позиции: установка, обработка и снятие после окончания процесса изготовления отдельным устройством, не показанном на рис. 7.3. Сменные шпиндельные коробки 6 доставляются на замкнутую ТНС прямоугольной формы по роликовому транспортеру 4 с помощью транспортной тележки с инструментального склада. После выполнения заданной обработки сменные шпиндельные коробки возвращаются снова на склад по пути, указанному стрелками. Доставленная шпиндельная коробка попадает на поворотные столы 5, имеющие приводные ролики, с помощью которых в местах изменения направления движения шпиндельная коробка поворачивается. Далее по приводным роликам секции 3 шпиндельная коробка доставляется на последний стол с кантователем 8, которым она поворачивается вокруг горизонтальной оси, а перегружатель из кантователя выставляет шпиндельную коробку на позицию угольника силового стола 7. Угольник, оснащенный приводом вращения и подачи, досылает шпиндельную коробку на рабочую позицию, где она механизмом 1 фиксации и зажима устанавливается окончательно, а затем обрабатывается инструментом по заданной программе.

Гибкий производственный модуль оборудован устройствами сбора стружки, контроля состояния режущего инструмента и размеров изготовленных изделий.

Общее управление работой ГПМ осуществляет ЭВМ с центрального пульта, а также с пультов управления отдельными устройствами в наладочном режиме.

Система контроля и диагностики процесса обработки и состояние инструмента позволяет ГПМ длительное время работать в автоматическом режиме без вмешательства оператора. Подшипники передней опоры шпинделя станка (модуля) имеют тензодатчики, включенные в систему обработки информации с микропроцессором. При изменении условий обработки наружное кольцо подшипника деформируется, тензодатчики воспринимают эту деформа-

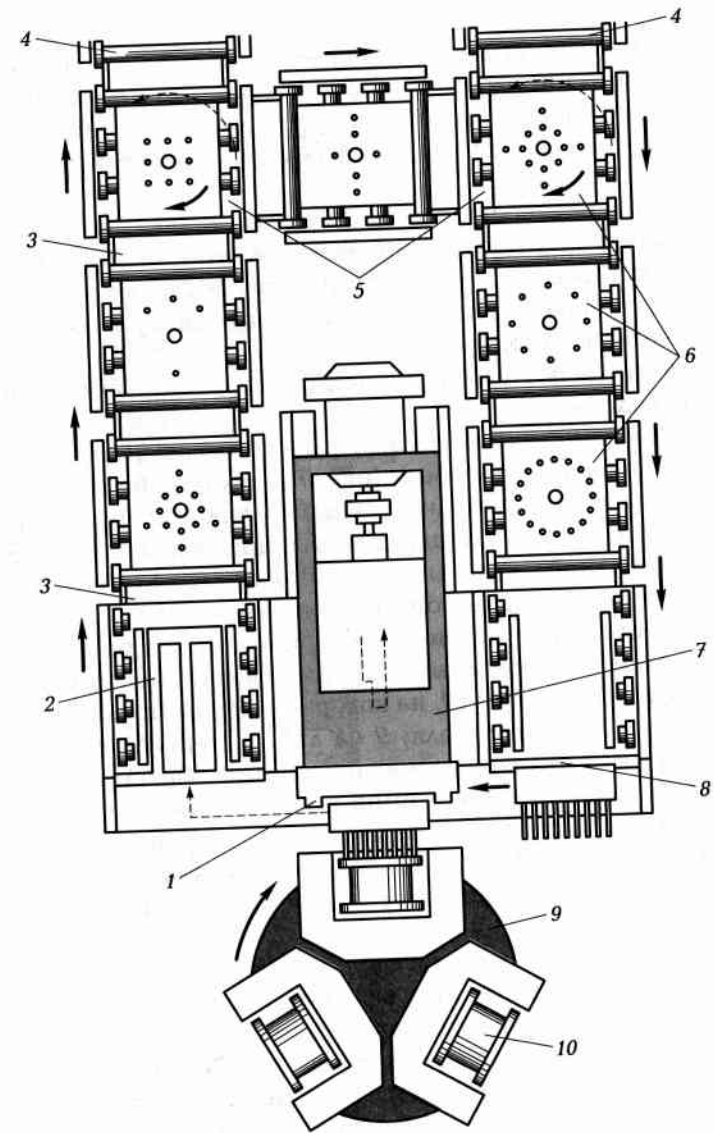


Рис. 7.3. Гибкий производственный модуль со сменными шпиндельными коробками:

1 — механизм фиксации и зажима шпиндельных коробок; 2, 8 — кантователи; 3 — секции с приводными роликами; 4 — роликовый транспортер; 5 — поворотные столы с приводными роликами; 6 — шпиндельные коробки; 7 — силовой стол; 9 — поворотный делительный стол; 10 — обрабатываемая деталь (корпус); — — — — движение шпиндельных коробок на склад; - - - - поворот шпиндельной коробки кантователем



цию, преобразуют ее в электрические сигналы, обрабатываемые системой управления, которая корректирует работу станка. Состояние режущего инструмента контролируют четыре пьезодатчика, которые при отклонении резца от установки, например, в случае его поломки, подают сигнал в систему управления, которая останавливает ГПМ.

Измерение размеров инструментов и изготавливаемых деталей осуществляется специальными электроконтактными датчиками, сигнал от которых передается устройству ЧПУ, где фактическое значение размеров сравнивается с заданным и в случае отклонения автоматически корректируется.

Рассмотрим основные примеры ГАЛ, используемых в современном производстве.

*Гибкая автоматическая линия для штамповки фланцев тормозных барабанов автомобиля* (рис. 7.4) состоит из двух прессов № 1 и 2, соединенных дополнительными устройствами, и управляется от одного пульта. Стальные листы, предназначенные для изготовления фланцев, укладывают стопой на стол 13 листоукладчика. По мере расходования они поднимаются вверх на заданный уровень специальным механизмом, приводимым в действие электродвигателем 14. Вакуумным захватом 8 верхний лист укладывается на подвижную раму 10, на которой закреплен сам захват. Из pulverизатора (распылителя) 9 на лист материала автоматически наносится СОЖ, подаваемая из системы смазки 15. Вместе с подвижной рамой, перемещаемой пневмоцилиндром 12 и ременной передачей, лист перерабатываемого материала поступает в шаговый подаватель 11. В этот момент разрезание с вакуумных захватов снимается, и лист материала остается в шаговом подавателе.

Затем шаговым подавателем с помощью пневмоцилиндра 16 перерабатываемый лист вводится в рабочую зону штампа 17 прессы № 1, на котором выполняется первая совмещенная операция штамповки — вырубка и вытяжка одновременно. Полученный полуфабрикат фланца (заготовка) остается в верхней части штампа, в которой он удерживается электромагнитом 6. Шаговый подаватель снова перемещает лист на заданный шаг, а лотковый сбрасыватель 7 укладывает полуфабрикат фланца 4 на шаговый транспортер 5. При очередном рабочем опускании верхней части штампа 17 прессом № 1 первая операция штамповки повторяется, а отходы материала, оставшиеся на листе, разрезаются на несколько частей (измельчаются) и по наклонному лотку 18 ленточным транспортером 19 удаляются в сборник отходов для утилизации.

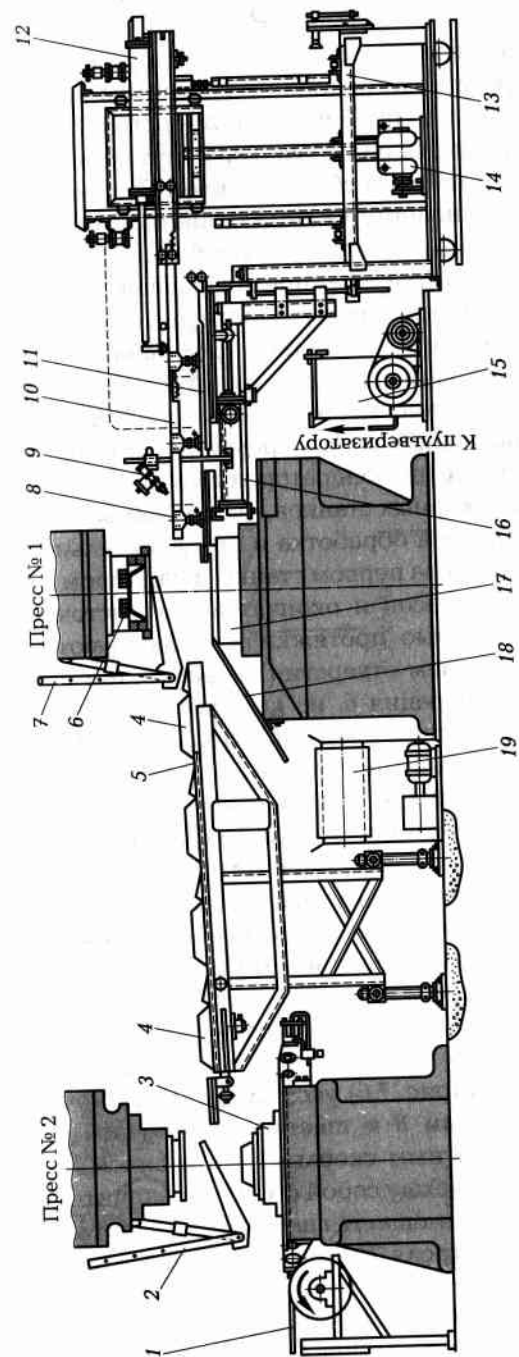


Рис. 7.4. Гибкая автоматическая линия для штамповки фланцев тормозных барабанов: 1, 19 — ленточные транспортеры; 2, 7 — лотковые сбрасыватели; 3, 17 — штампы; 4 — заготовка (полуфабрикат фланца); 5 — шаговый транспортер; 6 — электромагнит; 8 — вакуумный захват; 9 — pulverизатор (распылитель); 10 — подвижная рама; 11 — шаговый подаватель; 12, 16 — пневмоцилиндры; 13 — стол листоукладчика; 14 — электродвигатель; 15 — смазочная система; 18 — наклонный лоток

Далее шаговым транспортером 5 заготовка 4 после первой операции штамповки подается в рабочую зону штампа 3 на вторую операцию штамповки, где фиксируется на нижней части штампа и при рабочем ходе пресса № 2 во фланце пробиваются отверстия. Изготовленная деталь (фланец) удаляется из рабочей зоны штампа аналогично первой операции — лотковым сбрасывателем 2, который укладывает ее на ленточный транспортер 1, подающий изготовленные фланцы тормозных барабанов на соответствующий склад.

Гибкая автоматическая линия (рис. 7.5) предназначена для изготовления цилиндрических зубчатых колес. Предварительно обработанные заготовки 2 подаются в контейнере 1, представляющем собой круглое основание с четырьмя стойками, на которые надеты заготовки. Манипулятор автоматически берет с контейнера по одной заготовке 2 и кладет на транспортер, передвигающий их на позиции токарных станков. Далее автооператор устанавливает заготовки на рабочую позицию токарных станков, где последовательно выполняется наружная токарная обработка и предварительная расточка 3 внутреннего отверстия на первом станке, а на втором — проточка 4 углубления, снятие фасок и окончательная расточка внутреннего отверстия. С помощью протяжки изготавливаются шлицы 5 на посадочном внутреннем отверстии колеса. Затем выполняется чистовая токарная операция 6, на которой убираются заусенцы, оставшиеся от предыдущих операций. Червячной фрезой нарезаются зубья 7, а специальной фрезой с торцов зубьев снимаются фаски (зубозакругление) 8. Окончательная обработка зубьев колес заканчивается шевингованием 9 — отделкой зубьев колес многолезвийным инструментом в виде зубчатого колеса, называемого шевером. Заключительной операцией является укладка готовых зубчатых колес 10 на стойки контейнера. Все операции автоматической линии связаны конвейером, манипуляторами и автооператорами, объединенными между собой единой системой управления. Для автоматизированного сбора отходов (стружки) используется бункер.

Гибкая автоматическая линия (рис. 7.6) укомплектована многооперационными пятикоординатным 8 и шестикоординатным 12 станками с ЧПУ и пятикоординатным сверлильным станком 16. Всю станочную линию связывает между собой стеллаж-накопитель 5 с ячейками 6, вдоль которого перемещается штабелер 4, забирающий с операций разгрузки 2 и контроля 3 контейнеры и подающий их в агрегаты загрузки 7. Далее детали согласно последовательности технологических операций обрабатываются на станках 8, 12, 16, на которые их подает транспортная линия 15.

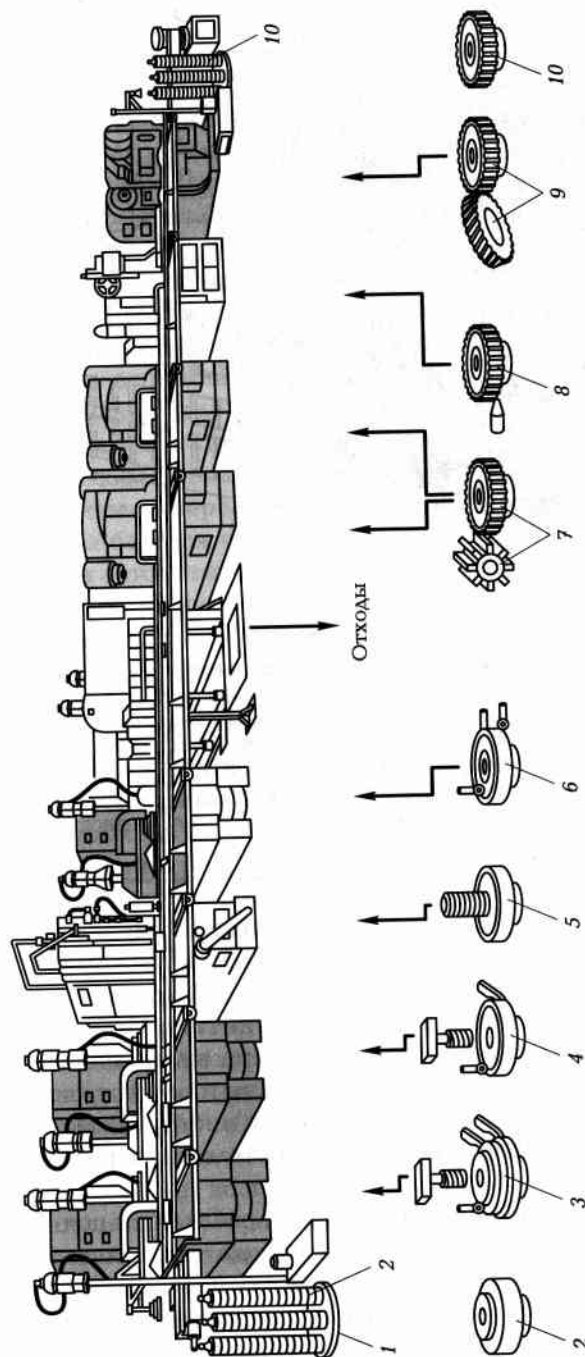


Рис. 7.5. Гибкая автоматическая линия для изготовления цилиндрических зубчатых колес: 1 — контейнер с заготовками; 2 — заготовки; 3, 4 — токарные операции; 5 — протягивание шлицов; 6 — чистовая токарная обработка; 7 — фрезерование зубьев; 8 — закругление зубьев; 9 — шевингование; 10 — готовое зубчатое колесо

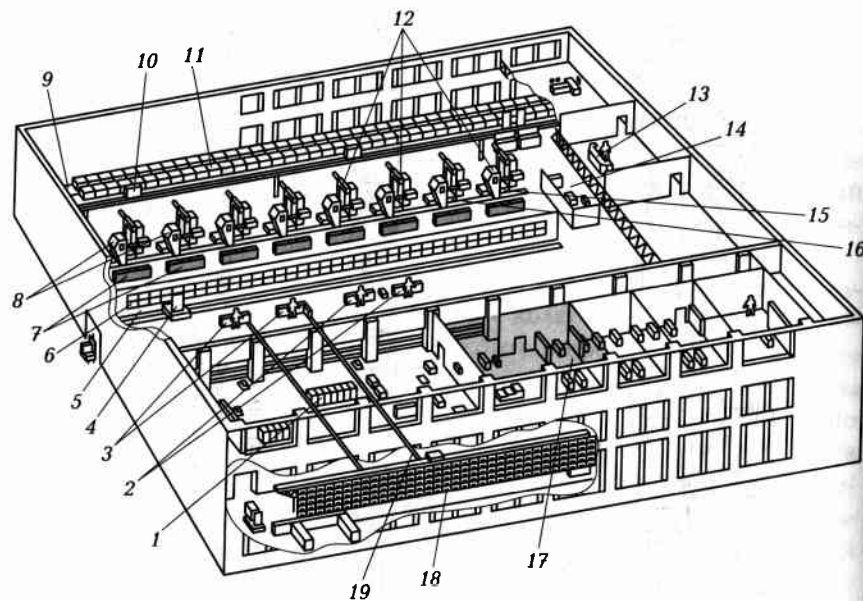


Рис. 7.6. Компонка гибкой автоматической линии:

1 — участок комплектации; 2, 3 — операции разгрузки и контроля; 4 — штабелер; 5 — стеллаж-накопитель; 6 — ячейки стеллажа; 7 — агрегаты загрузки; 8 — многооперационные пятикоординатные станки с ЧПУ; 9 — системы инструментального обеспечения; 10 — робот-автооператор; 11 — инструментальный склад-накопитель; 12 — многооперационные шестикоординатные станки с ЧПУ; 13, 14 — пульты управления; 15 — транспортная линия; 16 — пятикоординатный сверлильный станок; 17 — управляющий вычислительный комплекс; 18 и 19 — склады заготовок и комплектующих изделий

Для безостановочной работы ГАЛ необходимы заготовки и комплектующие изделия, которые сосредоточены на участке комплектации 1 и складах 18 и 19 и доставляются на места загрузки специальным транспортом. В ГАЛ предусмотрен инструментальный склад-накопитель 11, на котором имеется система инструментального обеспечения 9 и с помощью робота-автооператора 10 осуществляется замена поломанного или затупившегося инструмента. Вывоз готовой продукции производится на электротележке через проем с левой стороны.

Оперативное управление непосредственной работой станочной линии и инструментальным хозяйством производится с пультов 14 и 13, а координацию работы всей ГАЛ, разработку новых программ и ввод их в исполнительные устройства осуществляет управляющий вычислительный комплекс 17.

Для создания, например, автоматических линий станков необходимо автоматизировать весь процесс обработки и перемещения деталей от станка к станку, согласовав работу всех звеньев. При этом основная роль отводится транспортирующим устройствам, состоящим из загружающих, разгружающих, транспортирующих и ориентирующих механизмов.

В автоматических линиях обработки крупногабаритных деталей, например, блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания, их транспортирование осуществляют штанговым конвейером, проходящим вдоль всей линии и совершающим возвратно-поступательные движения. Обрабатываемые заготовки закрепляются во вспомогательных приспособлениях и по направляющим перемещаются до места обработки.

На каждой позиции обработки могут быть вспомогательные приспособления, в которых последовательно закрепляются отдельные детали. Перед первой установкой на заготовке должна быть создана базовая поверхность, на которой обрабатывается вся деталь на автоматической линии. Обслуживающему персоналу автоматических линий остается только подавать заготовки на первую позицию конвейера.

Гибкие автоматические линии значительно повышают производительность труда.

Так, внедрение автоматической линии обработки блока цилиндров с установкой дополнительно пятишпиндельных коробок (головок) позволило отказаться от использования 20 универсальных станков. При этом время на обработку одного блока сократилось более чем в 9 раз.

Наиболее широко применяется автоматизация на ГАЗ. Например, завод по изготовлению поршней представляет собой полностью автоматизированное поточное производство. Причем автоматизированы не только производственные (обрабатывающие) операции, но и контроль за правильностью их выполнения. Технологический процесс начинается с подачи алюминиевых заготовок со склада и заканчивается отправкой на склад готовых упакованных поршней.

Такой завод обслуживают квалифицированные наладчики, устраняющие возможные неисправности ГАЛ. Производительность автоматизированного завода в 9 раз превышает производительность неавтоматизированного завода массового производства.

Себестоимость продукции ГАЗ в 3 раза ниже себестоимости аналогичной продукции, изготовленной на рентабельном, но неавтоматизированном заводе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой автоматические линии?
2. Каково назначение автоматических линий?
3. Каково устройство ГАЛ и их назначение?
4. Каково устройство ГАЛ для производства зубчатых колес?
5. Что называют ГПС?
6. Что такое ГПМ?

## ГЛАВА 8

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ

### 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТХОДАХ

Металл в виде лома, стружки, отходов и деталей списанного оборудования относят ко *вторичному металлу*. В частности, вторичные черные металлы используют в качестве металлической шихты при выплавке стали и чугуна, при изготовлении стальных и чугунных отливок и производстве ферросплавов, а также для последующей переработки в плавильных печах. Ежегодно на машиностроительных заводах в стружку уходит до 5 млн т металла.

Все предприятия, перерабатывающие металл, обязаны сдавать на переработку вторичный металл в виде стружки, кускового лома, отходов и другом виде.

Весь вторичный металл классифицируют:

- по содержанию углерода — на классы (стальной и чугунный лом и отходы);
- наличию легирующих элементов — на категории (А — углеродистые, Б — легированные);
- показателям качества — на 25 видов;
- содержанию легирующих элементов — на 67 групп.

При сдаче вторичных металлов на переработку их необходимо рассортировать по классам, видам, группам или маркам. Списанные в лом агрегаты и машины должны быть разобраны, а весь лом и отходы не должны содержать вредных примесей.

К *вредным примесям* относят, например, цветные металлы (медь, цинк, свинец и др.), ржавчину, радиоактивные, пожаровзрывоопасные и химические вещества, вредные вещества (соединения серы, фосфора, резина, пластмассы и др.). Безвредными примесями считаются бумага, ветошь, дерево и другие материалы, ограниченное

количество которых во вторичном металле не влияет отрицательно на качество его переработки.

На переработку вторичный металл принимается в виде негабаритного стального и чугунного лома и отходов, брикетов и пакетов, а также стальной и чугунной стружки. При прессовании в брикеты стальная стружка не должна содержать примесей чугунной стружки и стружки цветных металлов, разрешено присутствие ограниченного количества безвредных примесей. Подобные требования предъявляются и к брикетам из чугунной стружки. При этом габаритные размеры брикетов не регламентируются, но ограничиваются масса (до 50 кг) и плотность ( $4\ 500 \dots 5\ 000\ \text{кг/м}^3$ ).

Пакеты из чистых легковесных стальных отходов должны иметь габаритные размеры не более  $200 \times 1\ 000 \times 710$  мм, плотность  $2\ 000 \dots 2\ 500\ \text{кг/м}^3$  и массу не более 100 кг.

Для уплотнения стружки, металлолома, скрапа и других отходов, предназначенных для утилизации в виде пакетов, применяют пакетирующие прессы. Не допускается прессование пакетов из стальных отходов, содержащих луженый, оцинкованный, эмалированный лом, а также лом, покрытый другими цветными металлами. Содержание безвредных примесей не должно превышать 1 %.

Стальную и чугунную стружку можно сдавать в переработку валом, но при этом не допускаются кусковые отходы и лом, а также проволока. Массовое суммарное содержание безвредных примесей, в том числе и масла, должно быть менее 3 %.

## 8.2. УДАЛЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СТРУЖКИ

**Удаление и транспортирование стружки.** Для удаления стружки и других отходов машиностроительного производства (например, СОЖ и СОТС) применяют конвейеры, специальные устройства, транспортные системы и линии. *Конвейеры (транспортеры)* — машины непрерывного действия, которые широко применяют в линиях по уборке и удалению стружки. Известно несколько разновидностей конвейеров, относящихся к транспортирующим машинам с тяговым органом, которым служит бесконечная лента или цепь, — это ленточные, цепные и др. К транспортирующим машинам без тягового органа относятся винтовые конвейеры, транспортирующие трубы и др.

Наиболее широко в промышленности применяются *ленточные конвейеры*, которые имеют тяговый орган в виде бесконечной лен-

ты, являющейся одновременно и несущим элементом конвейера. Другими элементами ленточного конвейера являются приводная станция, вращающийся приводной барабан, натяжная станция с хвостовым барабаном, натяжные устройства, поддерживающие ролики, загрузочное и разгрузочное устройства и устройства очистки ленты. Все элементы конвейера смонтированы на металлической раме. Ленточные конвейеры являются наиболее распространенными машинами.

Ленточные конвейеры применяют для транспортирования грузов в поточном производстве, литейных цехах (подача земли), для подачи топлива и др. Длина ленточных конвейеров достигает 4,5 км, а производительность — 2 000 т/ч.

В автоматических линиях находят применение *штанговые конвейеры*, выполняющие периодическую подачу изделия к соответствующему технологическому оборудованию. Штанговый конвейер автоматической линии состоит из двух стальных штанг (полос), между которыми на осях качаются собачки, захватывающие одновременно все установленные на нем обрабатываемые детали. При ходе штанги конвейера вперед собачки упираются в деталь и передвигают ее по полозьям на один шаг. Иногда пользуются тележками, тогда собачка передвигает на шаг тележку с деталями. При обратном ходе штанги собачки отклоняются деталью вниз и проскальзывают под ней, подготавливая перемещение деталей еще на один шаг. Штанга, собранная из полос, свободно лежит на поддерживающих роликах, оси которых закреплены в кронштейнах конвейера. Средняя скорость перемещения деталей на таком конвейере достигает 10 м/мин, но к зажимным приспособлениям они должны подойти с малой скоростью, чтобы точно встать на фиксирующие штифты. Плавного изменения скорости достигают применением кулисного механизма или специального пневмо- или гидропривода. Как только детали встанут на новую позицию и закрепятся на ней, автоматически включаются приводы станков и начинается одновременная обработка всех деталей. При достижении заданного размера инструмент автоматически отводится в начальное положение, станки выключаются, включается конвейерный двигатель и конвейер делает новое перемещение деталей. Применение гидропривода конвейера обеспечивает плавную и высокоточную установку деталей.

*Пластинчатый цепной конвейер* состоит из приводной и натяжной станций, а также пластинчатой катковой цепи с лотками, которая движется по специальному пути, поддерживающему рабочую и холостую ветви конвейера. Конвейер загружают через загрузоч-



ный лоток в любом месте его рабочей ветви, а разгружают в конце конвейера — в месте расположения приводной звездочки. Пластинчатая цепь конвейера служат для транспортирования штучных грузов. Пластины с бортами позволяют перемещать насыпные материалы.

**Скребокковые конвейеры** применяют для перемещения пылевидных и кусковых материалов, а также стружки. От других эти конвейеры отличаются тем, что имеют желоба трапецеидальной формы с отверстиями в торце и дне. В определенном месте в желоба входят скребки, соответствующие им по форме. Загружать такие конвейеры можно сверху, а разгружать — с нижней ветви из желобов в расположенные ниже люки. Рабочей ветвью скребоккового конвейера может быть как нижняя, так и верхняя в зависимости от присоединения скребокков к цепи конвейера. В конвейере с верхней рабочей ветвью скребки делают направленными вовнутрь. Загружают такие конвейеры через верх в любой точке его длины, а разгружают через боковую часть желоба или в конце конвейера.

**Винтовые конвейеры** используют для перемещения пылящих, горячих и вредных материалов, а также стружки. Такие конвейеры могут быть горизонтальными, вертикальными или горизонтально-вертикальными. Винтовой конвейер состоит из неподвижного желоба, верхняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытого сверху крышкой, привода, загрузочного и разгрузочного устройств. Разгрузка горизонтального винтового конвейера может производиться в любом месте через разгрузочные отверстия.

**Транспортная система, оборудованная скребокковым цепным конвейером** (рис. 8.1), служит для централизованного сбора и удаления металлической стружки от металлообрабатывающих станков 3. Основная часть конвейера расположена в бетонном канале 7 ниже уровня пола, закрытом сверху крышкой 5.

Пластинчатая цепь 2 натянута между двумя звездочками — ведомой 1 и ведущей 4, получающей привод от электродвигателя через редуктор. В желобе 6 имеются направляющие уголки 8 и 9, по которым катятся ролики 10, вращающиеся на осях 11, закрепленных на цепи и поддерживающих верхнюю и нижнюю ветви цепи. Оси 11 оборудованы скребками 12. Данный конвейер работает следующим образом. Стружка от станков проваливается через открытые сверху места желоба и попадает на его дно, откуда она захватывается скребками и перемещается в накопитель (бункер).

**Транспортная система для удаления стружки с винтовыми конвейерами** (рис. 8.2) состоит из системы двухвинтовых 3, 6 и 8, встроенного конвейера 1, станка 2, полочного конвейера 4, стружки 5, указателя уровня стружки 7, сборника 9.

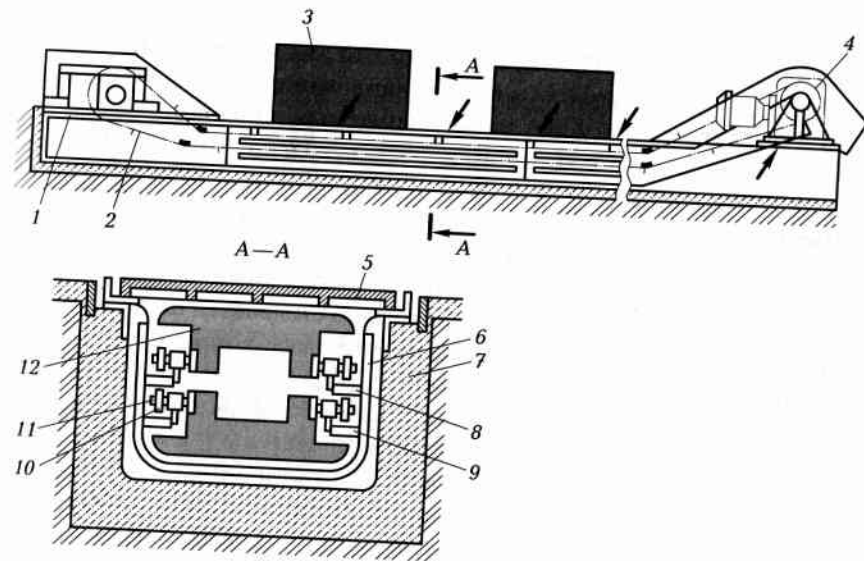


Рис. 8.1. Транспортная система для удаления стружки, оборудованная скребокковым цепным конвейером:

1, 4 — звездочки; 2 — пластинчатая цепь; 3 — станки; 5 — крышка; 6 — желоб; 7 — бетонный канал; 8, 9 — верхний и нижний направляющие уголки; 10 — ролики; 11 — ось; 12 — скребки

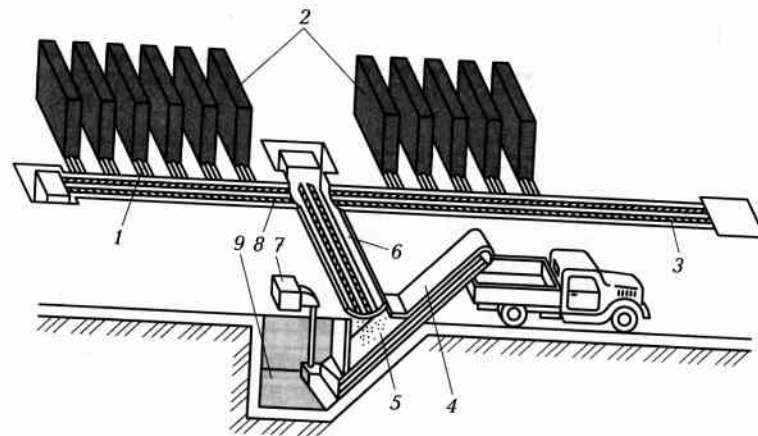


Рис. 8.2. Транспортная система для удаления стружки с винтовыми конвейерами:

1 — встроенный конвейер; 2 — станки; 3, 6 и 8 — двухвинтовые конвейеры; 4 — полочный конвейер; 5 — стружка; 7 — указатель уровня стружки; 9 — сборник



енного 1 и полочного 4 конвейеров. Каждый конвейер имеет индивидуальный привод. Работа всей системы конвейеров управляется как с индивидуальных, так и с централизованного пультов. От станков 2 стружка 5 поступает на двухвинтовые конвейеры 1, 3 и 8, а затем на конвейер 6, с которого пересыпается на полочный конвейер 4 и далее в кузов автомашины. В ожидании транспорта стружка может накапливаться в сборнике 9.

Устройства для отвода СОЖ и удаления стружки, применяемые в ГПС, объединены в единую централизованную систему (рис. 8.3). От токарных станков 2 стружка смывается потоком СОЖ и направляется в канал 1, откуда скребковым конвейером 3 перемещается и сбрасывается на конвейер 4. На наклонном участке конвейера стружка отделяется от СОЖ, которая через отверстия перфорированного металлического моста стекает в канал, соединенный с баком-отстойником 5, а из него очищенная СОЖ перекачивается в систему охлаждения для повторного использования.

Механизированная линия уборки стружки машиностроительного цеха (рис. 8.4) представляет собой систему синхронно работающих конвейеров.

Стружка собирается линейными штанговыми конвейерами 8, расположенными в каналах под каждой линией металлорежущих станков, транспортируется и сбрасывается на магистральный штанговый конвейер 7, а далее пластинчатым конвейером 5 доставляется в подвесную центрифугу 11. После отделения масла в центрифуге стружка ершовым конвейером-питателем 10 подается

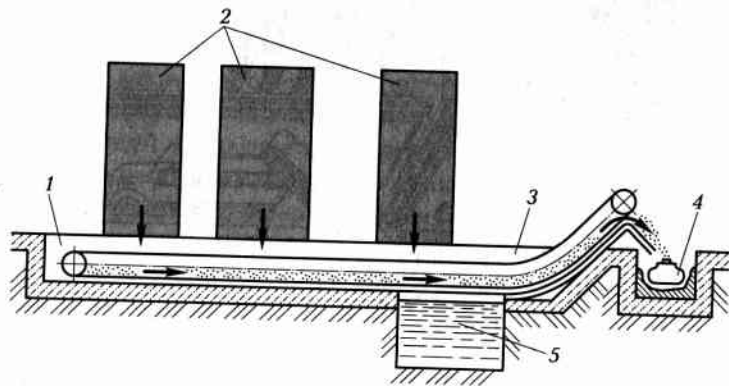


Рис. 8.3. Устройство отвода СОЖ и удаления стружки: 1 — канал; 2 — станки; 3 — скребковый конвейер; 4 — конвейер; 5 — бак-отстойник

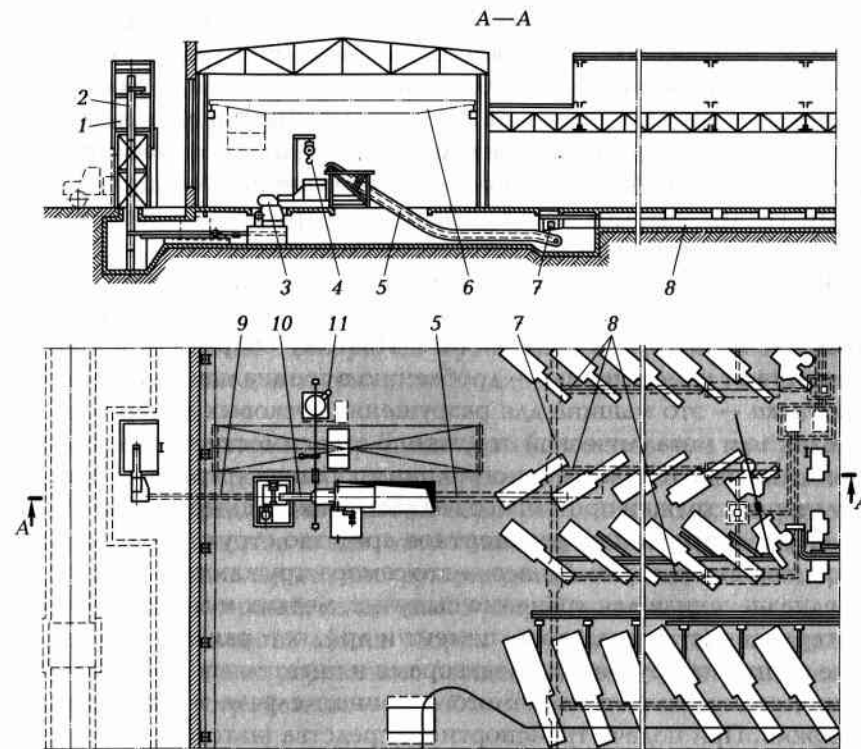


Рис. 8.4. Механизированная линия уборки стружки:

1 — бункер; 2 — цепной элеватор; 3 — дробилка; 4 — электроталь; 5 — пластинчатый конвейер; 6 — мостовой кран; 7—9 — магистральный штанговый, линейный штанговый и инерционный конвейеры; 10 — ершовый конвейер-питатель; 11 — подвесная центрифуга

в дробилку 3. Затем измельченная стружка перемещается инерционным конвейером 9 и цепным элеватором 2 до башни, где она попадает в бункер 1, в котором накапливается для вывоза транспортными средствами. Для выполнения вспомогательных работ дробилка 3 оснащена мостовым краном 6 и электроталью 4.

**Первичная переработка стружки.** На крупных машиностроительных заводах первичной переработки стружки требуется создание механизированных систем, состоящих из различного рода конвейеров, центрифуг для удаления СОЖ и СОТС, дробилок для измельчения и другого оборудования.

Присутствие СОЖ и СОТС в металлической стружке является крайне нежелательным — они снижают качество вторичного ме-

талла, идущего на переплавку. Поэтому их удаляют центрифугированием — способом, основанном на разделении неоднородных смесей под действием центробежных сил. Например, фильтрующая центрифуга представляет собой полый, быстро вращающийся ротор с отверстиями на стенках, иногда закрытыми фильтрами. Стружку помещают внутрь ротора, при вращении которого СОЖ и СОТС выбрасываются из него в корпус центрифуги, где собираются и удаляются, а стружка становится сухой.

Витая и, прежде всего, металлическая стружка имеет способность соединяться, сцепляться в ком значительных размеров, который довольно трудно разъединить. Поэтому собранную стружку подвергают измельчению — дроблению в специальных дробилках. *Дробилка* — это машина для разрушения кусковых материалов, в том числе и металлической стружки. В зависимости от назначения дробилки имеют разные конструкции дробящих устройств. Для измельчения стружки применяют валковые и конусные дробилки.

Перед погрузкой в транспортное средство стружку обычно накапливают в бункерах. *Бункер* — это саморазгружающаяся емкость, предназначенная для хранения сыпучих, мелких и мелкокусковых материалов (стружка, уголь, цемент и др.), которая имеет наклонные стенки, оборудованные затворами и питателями для регулирования количества отгружаемого, в данном случае металла в виде стружки. При подаче транспортного средства (автомобиль, железнодорожный вагон) стружку сбрасывают, открыв затвор бункера, в имеющуюся емкость.

Бункеры выполняют роль связующего звена в комплексной механизации технологического процесса, так как они увязывают в непрерывную цепочку работу машин периодического и непрерывного действия. Бункеры изготавливают из листового металла, дерева, бетона и т.п. Форма их стенок и размеры отверстия истечения должны обеспечивать бесперебойную разгрузку материала без сводообразования (зависания). Иногда в бункерах для улучшения истечения материала применяют специальные шуровочные устройства или устанавливают вибраторы. Уровень материала в бункере определяют по специальным указателям, имеющим дистанционную систему передачи показаний. Указатели уровня бывают разных конструкций, например, шарнирного и поворотного типов, которые состоят из шара или лопасти, соединенных с конечным выключателем, находящимся в корпусе. При заполнении бункера материал (стружка) отклоняет шар или лопасть от вертикального положения, что приводит к размыканию контакта выключателя и включению светового (звукового) сигналов.

Для открывания и закрывания разгрузочных (выпускных) отверстий бункеров и регулирования истечения материала применяют бункерные затворы различных конструкций как с ручным, так и с механизированным приводом. В плоских затворах отверстие истечения материала перекрывают плоской задвижкой. Такой затвор иногда защемляет куски материала при закрывании и требует значительного усилия для перемещения задвижки. В лотковых (клапанных) затворах отверстие истечения перекрывают клапаном, шарнирно укрепленным под отверстием бункера. Эти затворы не зажимают материал, но имеют значительные размеры по высоте. Секторные затворы по сравнению с плоскими требуют меньшего усилия для открывания и закрывания отверстия истечения бункера.

Для равномерной и непрерывной подачи материала из бункера в транспортное средство применяются специальные *питатели*, которые могут представлять собой короткие ленточный, инерционный, вибрационный или винтовой конвейеры. Однако находят применение и специальные конструкции питателей, такие, как вибрационный, плунжерный, качающийся, барабанный и др.

Механизированная линия уборки стружки работает по заданной программе, а ее управление осуществляется и контролируется специальным устройством — АСУО.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие способы утилизации металлических отходов вы знаете?
2. Перечислите основные способы удаления металлической стружки с рабочих мест.
3. Как устроена механизированная линия удаления стружки и других отходов металлообрабатывающего производства?
4. Что такое брикетирование металлических отходов?
5. Как устроены бункеры?
6. Почему в стружке не должно быть посторонних материалов, СОЖ и СОТС?

## МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ РАБОТ

### 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУЗАХ И ИХ СКЛАДИРОВАНИИ

**Виды грузов.** На территории каждого промышленного предприятия, как правило, имеются производственные и складские помещения. Между этими помещениями и внутри них проходят транспортные пути, по которым перемещаются потоки материалов, деталей, изделий, заготовок. С внешней стороны к указанным помещениям обычно подведены транспортные пути (железнодорожные, автомобильные и др.), по которым доставляют материалы, комплектующие изделия, а вывозят изготовленную продукцию и отходы производства.

В пределах предприятия практически постоянно перемещаются различные грузы: металлы, заготовки, изделия, тарно-штучные и пакетированные на поддонах грузы, оборудование и др. Мелкие грузы (метизы, детали и др.) обычно транспортируют в производственной таре.

Для транспортирования черные металлы упаковывают в пачки и связки. Листовой металл в пачках, обвязанных металлической лентой, собирают в пакеты и укладывают на деревянные бруски, образующие салазки. В пачки массой до 80 кг упаковывают автоматическую и пружинно-рессорную сталь, а в пачки массой до 300 кг — латунные прутки, прессованные профили из алюминия и его сплавов. Трубы диаметром до 720 мм упаковывают в пачки, а длинномерные изделия — рельсы, швеллеры, двутавры и другие виды проката — упаковке не подлежат. В мотках и бухтах перемещают пружинную, нержавеющую проволоку и стальную катанку массой до 80 кг, а также стальные канаты диаметром до 30 мм или массой до 700 кг. Канаты большего диаметра или массы наматывают на деревянные или металлические барабаны с центральным отверстием, используемым для ввода стропа или специального грузозахватного устройства.

Чугунные чушки, отливки и металлолом перевозят навалом. Крупные отливки имеют петли или рым-болты для присоединения грузозахватных устройств. Отливки из цветных металлов укладывают в пакеты на деревянных поддонах.

К тарно-штучным грузам относят грузы, транспортируемые в таре — ящиках, бочках и на барабанах. Такими грузами являются крепежные изделия, метизы, инструмент, приспособления, запасные части, электрооборудование. Крупные и тяжелые части оборудования упаковывают в дощатые ящики, которые при массе более 500 кг снабжают прочными салазками. Маркировка, нанесенная на эти ящики, включает в себя указания о положении центра тяжести груза и местах присоединения стропов, которые располагают симметрично относительно центра тяжести.

В рулонах поставляются транспортные и тормозные асбестовые ленты, а также электрический кабель — на деревянных или металлических барабанах (или в бухтах) массой до 80 кг.

Металлическая тара, изготовленная по стандарту, позволяет складывать и штабелировать грузы в несколько ярусов. На каждой загруженной таре должна быть табличка, указывающая, что масса тары с грузом не превышает допустимую. Крышка тары должна выдерживать нагрузку до 0,1 МПа. Тара, используемая для штабелирования, должна иметь фиксирующие устройства, повышающие устойчивость штабеля. Расстояния между штабелями с загруженной тарой должны быть достаточными для работы людей при присоединении грузозахватных приспособлений или проезда ПТМ.

Некоторые грузы поступают на предприятие и отгружаются с него в крупно- и среднетоннажных контейнерах. По углам контейнеров расположены девять специальных элементов — фитингов, используемых как опоры при хранении и транспортировании контейнеров, а также как такелажные узлы для присоединения грузозахватных устройств. При этом боковые и торцовые отверстия верхних фитингов используют для строповки контейнера вручную, а верхние отверстия — для захвата контейнеров поворотными штырями грузозахватных устройств кранов.

Баллоны с газом перевозят и хранят в контейнерах, представляющих собой металлическое основание с центрирующими кольцами для установки оснований баллонов и для навешивания контейнеров на крюк крана. Контейнеры обычно рассчитаны на четыре баллона. Каждый баллон в контейнере фиксируется скобой или цепью. При перегрузке баллоны нельзя перекачивать, поднимать грузоподъемным электромагнитом, крепить к крюку крана проволокой или веревкой. Сверху контейнер закрыт зонтом, а вентиляционное

устройство каждого баллона предохраняется от возможных повреждений навинчиваемой крышкой (колпаком).

Листовой металл при строповке вручную складировать на высоту не более 2 м. При поштучной укладке листы размещают один на другой с прокладками между ними. Металл в пачках укладывают между стойками одна пачка на другую, каждый слой пачек перекладывают деревянными брусками или прокладками.

Длинномерный черный металл и трубы малого диаметра обычно хранят на стеллажах различных типов — стоечных, елочных, стеллажах-скобах с вместимостью 50...300 т металла. Цветные металлы складировать, как правило, в пакетированном виде, укладывая пакеты один на другой через прокладки.

На открытых площадках складов обычно хранят черный металл в различном виде, проволоку в бухтах, упакованное в водонепроницаемую тару крупногабаритное оборудование и др. Такие склады, как правило, обслуживают козловые или мостовые краны. Кроме них для погрузки и перевозки в закрытых сверху складских помещениях применяют погрузчики.

**Транспортно-складские работы.** Складские работы всегда связаны с подъемом, погрузкой, перемещением и разгрузкой различных предметов, поэтому все перечисленные виды работ можно определить как *транспортно-складские работы*. Для систематизации транспортно-складские работы представляют в виде схем.

Рассмотрим схему доставки грузов на общезаводские склады (рис. 9.1). Груз, доставленный в контейнере 1, разгружают мостовым краном 2 на приемную площадку, где груз контролируют, учитывают, распломбируют, затем разгружают вручную, пакетируют и

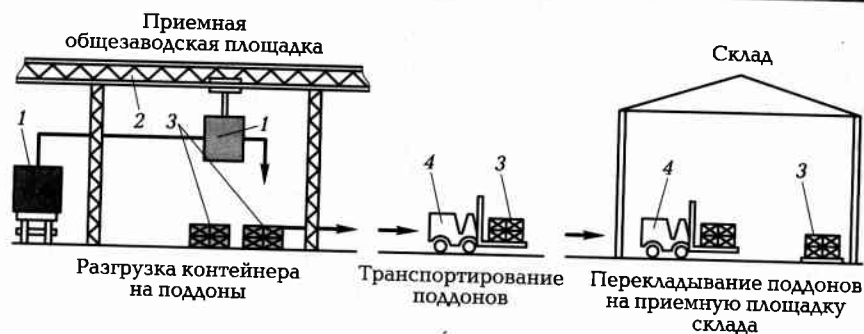


Рис. 9.1. Схема доставки грузов на общезаводские склады:

1 — контейнер; 2 — мостовой кран; 3 — пакетированный груз на поддоне; 4 — электропогрузчик

укладывают на поддоны. Далее электропогрузчик 4 забирает пакетированный груз 3 на поддонах и доставляет его на приемную площадку склада, где и оставляет груз в пакетированном виде. Электропогрузчик, разгрузившись на приемной площадке склада, возвращается на приемную общезаводскую площадку за новой порцией груза, совершая челночные рейсы.

В схеме межцеховой доставки грузов по кольцевому маршруту может быть использован подвесной грузонесущий конвейер.

По этой схеме груз погрузочным устройством доставляют и навешивают на грузозахватное приспособление подвесного конвейера, связывающего единым транспортным путем три цеха (или два цеха и склады). Далее в цехе часть груза оставляют на разгрузочной площадке, снимая его разгрузочным устройством, а остальная часть груза транспортируется в следующий цех. В нем выполняются аналогичные операции. Так цеха обслуживаются по кольцевому маршруту. Одновременно с разгрузкой можно выполнять погрузку других грузов для доставки на склад и в цеха. При этом в каждом пункте остановки и выполнения погрузочно-разгрузочных операций производится учет и контроль обрабатываемых грузов.

Схема транспортно-складских работ может предусматривать доставку грузов электротележками по кольцевому маршруту, связывающему три цеха. В первом цехе краном-штабелером груз укладывают на электротележку и транспортируют во второй цех, в котором часть груза сгружают мостовым однобалочным краном, а оставшийся — доставляют в третий цех и оставляют на разгрузочной площадке. Между транспортно-складскими работами при доставке грузов по назначению выполняются такие операции, как учет, контроль, закрепление, развязывание, распломбирование и др. Данная транспортная схема предусматривает также доставку из цеха в цех полуфабрикатов, готовой продукции и др.

Для укладки грузов на поддон и формирования из них пакетов (пакетирование) сконструированы специальные *пакетоформирующие машины*, которые бывают вертикального, горизонтального и комбинированного действия с электромеханическим, пневматическим и гидромеханическим приводами. Пакетоформирующие машины работают в автоматическом или полуавтоматическом режиме, их применяют для пакетирования тарно-штучных грузов (мешков, ящиков, рулонов, колес, катушек и т. д.).

Для разборки пакетов из тарно-штучных грузов, собранных на пакетоформирующих машинах, созданы *пакеторазборочные машины*, их используют, как правило, на поточных автоматизирован-

ных линиях с высоким ритмом работы (в металлургических, деревообрабатывающих, полиграфических и других отраслях промышленности).

На крупных складах с большим объемом перерабатываемых грузов как по объему, так и по номенклатуре, целесообразно использовать автоматизированные системы. Например, *автоматизированная транспортно-складская система (АТСС)* представляет собой систему взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, а также технологической оснастки.

## 9.2. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СКЛАДСКИХ РАБОТ

Для подъема, перемещения и складирования различных грузов существует много различных ПТМ — от тележек и подъемников с ручным приводом до автоматов и роботов.

При выборе транспортных средств для внутризаводских перевозок обычно руководствуются:

- характеристиками перемещаемых грузов (габаритные размеры, масса, вид упаковки);
- протяженностью транспортных путей;
- мощностью грузопотоков;
- обустроенностью пунктов отправления и доставки грузов и др.

На основании этих показателей, а также с учетом технологических требований, производительности и принятых способов загрузки и выгрузки, определяют основные характеристики транспорта: скорость движения, дальность транспортирования, трассу движения, тип привода и др.

Скорость движения непрерывного (конвейерного и однорельсового) транспорта составляет:

- подвесных конвейеров — 12... 24 м/мин;
- подвесных конвейеров с ручной загрузкой и разгрузкой — 6... 8 м/мин;
- тягачей подвижного состава подвесных однорельсовых дорог — 120 м/мин.

Автопогрузчики по сравнению с идентичными по грузоподъемности электропогрузчиками имеют повышенные скорости подъема груза и передвижения. Максимальная скорость движения автопогрузчиков — 20... 35 км/ч, а электропогрузчиков — только 7... 12 км/ч. Максимальная скорость движения машин внутризаводского транспорта ограничивается допустимой скоростью движения по территории предприятия и внутри производственных помещений — 5 км/ч.

Применение электротележек, электропогрузчиков и электротягачей ограничивается состоянием дорог, которые должны иметь асфальтовое и бетонное покрытие без значительных уклонов. Машины с электродвигателями постоянного тока успешно преодолевают уклоны до 7°, а с двигателями внутреннего сгорания — до 20°. Применение машин с двигателями внутреннего сгорания ограничено из-за вредного действия отработавших газов. Напольные безрельсовые средства передвижения обладают гибкостью и мобильностью при изменении транспортного пути. В отличие от конвейерного и однорельсового транспорта они не требуют сооружения рельсовых путей, токопроводов и применения другого оборудования.

*Дальность транспортирования* по одной трассе для подвесных конвейеров обычно не превышает 500 м. При большой дальности перемещения грузов устанавливают два, три и более электроприводов, что позволяет перемещать грузы на требуемые расстояния без перегрузки. Конвейерный транспорт может иметь кольцевой замкнутый маршрут с автоматическими загрузочными и перегрузочными устройствами.

*Трасса движения* является важным условием эффективного обслуживания внутризаводских перевозок. При этом осуществляется пространственная гибкость путей подвесных конвейеров и однорельсовых дорог.

*Тип привода* определяет технические характеристики и область применения транспортных средств. Скорость движения машин с двигателями внутреннего сгорания, как отмечалось ранее, значительно выше скорости движения машин с электродвигателями постоянного тока, питание которых осуществляется аккумуляторными батареями ограниченной емкости.

В зависимости от годового грузопотока и расстояния перемещения рационально применять следующие погрузочно-разгрузочные и транспортные средства:

- электроталь — при годовом грузопотоке до 20 тыс. т и расстоянии перемещения до 30 м;



- электротележку — при годовом грузопотоке до 30 тыс. т и расстоянии перемещения до 1 км;
- электропогрузчик — при годовом грузопотоке до 50 тыс. т и расстоянии перемещения 300 м;
- автопогрузчик — при годовом грузопотоке до 100 тыс. т и расстоянии перемещения до 1 км;
- подвесной грузонесущий конвейер — при годовом грузопотоке свыше 15 тыс. т и расстоянии перемещения свыше 800 м;
- тележку с индуктивным приводом — при годовом грузопотоке до 15 тыс. т и расстоянии перемещения свыше 300 м;
- ручную тележку — при годовом грузопотоке до 0,3 тыс. т и расстоянии перемещения свыше 80 м.

Для механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ, а также складирования и хранения тарно-штучных грузов в специальной таре и на поддонах в РТК используют механизированные и автоматизированные трансманипуляторы. Например, в электронной промышленности широкое распространение получил целый ряд автоматизированных роботов-трансманипуляторов АТ-50, предназначенных для хранения, приема и выдачи грузов в специальной таре, которые различаются между собой грузоподъемностью и количеством обслуживаемых ячеек в стеллажах.

*Штабелер-автомат* (далее штабелер) трансманипулятора АТ-50 (рис. 9.2) предназначен для доставки на стеллажи и со стеллажей складированных предметов и управляется от ЭВМ по командам «Отнести» и «Принести». Штабелер имеет тележку 13, на которой установлены две направляющие стойки 5, связанные между собой сверху плитой с роликами 14. Тележка перемещается на колесах 16 по специальному направляющему, расположенному в полу. Направляющие вместе с роликами 14 обеспечивают штабелеру устойчивость. Крайние перемещения штабелера ограничены специальными упорами. По направляющим стойкам 5 на роликах 3 может перемещаться каретка 7, к которой кронштейном 8 крепится устройство грузовой платформы 9, способной передвигаться по горизонтальному направляющему 10 в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка. Горизонтальное перемещение штабелера и грузовой платформы обеспечивают механизмы 1 и 11, а вертикальное перемещение каретки 7 и вместе с ней и грузовой платформы произво-

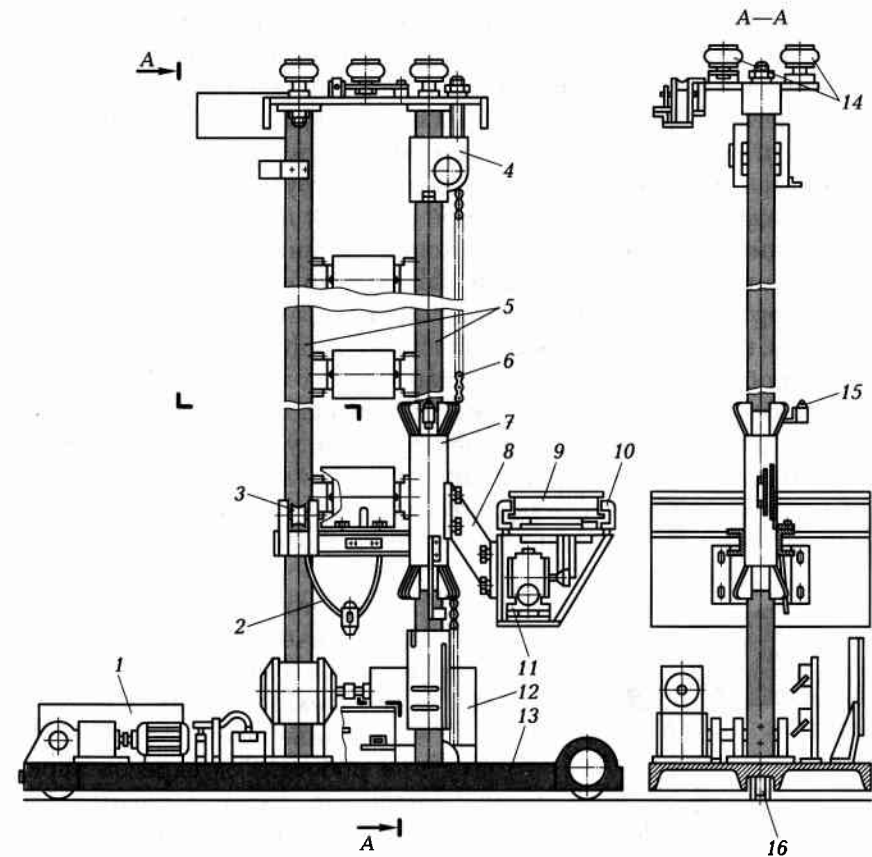


Рис. 9.2. Штабелер-автомат трансманипулятора АТ-50:

1, 11, 12 — механизмы привода; 2 — кабель; 3, 14 — ролики; 4 — натяжной механизм; 5 — направляющие стойки; 6 — приводная цепь; 7 — каретка; 8 — кронштейн; 9 — грузовая платформа; 10 — горизонтальные направляющие; 13 — тележка; 15 — концевой выключатель; 16 — колесо

дит механизм 12. Питание механизмов перемещения и управления осуществляется от кабеля 2, а останов каретки при вертикальном движении — концевым выключателем 15. Приводная цепь 6 каретки натягивается натяжным механизмом 4.

Данный штабелер работает с использованием погрузочно-разгрузочного стола, представляющего собой металлическую конструкцию с опорной плитой, жестко прикрепленной к стеллажам. Штабелер может работать в наладочном и автоматическом режимах, отключаться в аварийных ситуациях. Штабелер предназначен



для обслуживания двух рядов стеллажей. По команде «Отнести» он забирает тару с грузом с исходного положения на погрузочно-разгрузочном столе и доставляет ее в заданную ячейку стеллажа, после чего возвращается в исходное положение. По команде «Принести» штабелер находит заданную ячейку стеллажа, забирает тару с грузом и доставляет ее на погрузочно-разгрузочный стол.

Транспортный робот РТШ-8-50 (рис. 9.3) предназначен для механизации и автоматизации межоперационных внутрицеховых и складских перемещений различных изделий и грузов. Робот может транспортировать груз массой до 50 кг на расстояние 100 м по 10 адресам, на высоту до 2,5 м с точностью позиционирования  $\pm 10$  мм. Такие роботы монтируют в верхней части помещения. Транспортный робот имеет электротягач 1, перемещающийся на колесах по монорельсу 2 совместно с кареткой-манипулятором 3. Стрела 4 многозвенной пантографной конструкции имеет на нижнем конце схват 5, которым с роликового конвейера 7 захватывает и перемещает горизонтально по указанному адресу тару 6 с грузом.

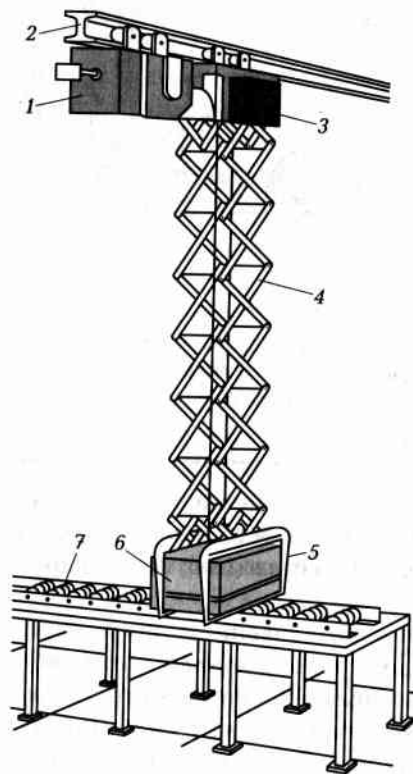


Рис. 9.3. Транспортный робот РТШ-8-50:

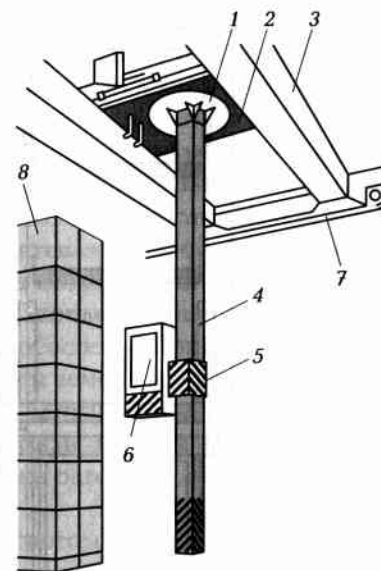
1 — электротягач; 2 — монорельс; 3 — каретка-манипулятор; 4 — стрела; 5 — схват; 6 — тара; 7 — конвейер

В местах разветвления монорельсового пути установлены автоматические стрелки. Параллельно монорельсу проложен кабель, от которого получает питание электрооборудование робота. Код адресов перемещения тары выполнен на бесконтактных датчиках, которые задают цифронабиратели, находящиеся на пульте нижнего звена пантографа.

Кран-штабелер (рис. 9.4) предназначен для обслуживания складских помещений и представляет собой мост 3, который передвигается на колесах вдоль

Рис. 9.4. Кран-штабелер:

1 — тележка; 2 — поворотная платформа; 3 — мост; 4 — колонна; 5 — грузоподъемник; 6 — кабина; 7 — подкрановый рельс; 8 — стеллаж



производственного помещения по расположенным под перекрытием подкрановым рельсам 7. По мосту 3 в поперечном направлении ходит тележка 1 с поворотной платформой 2, на которой закреплена колонна 4 с кабиной 6 для крановщика и грузоподъемником 5. Кабина и грузоподъемник со сменным грузоподъемным устройством (на рис. 9.4 не показано) могут подниматься и опускаться по колонне 4, перемещая складские грузы со стеллажа 8 в другие места.

Механизированный стеллаж элеваторного типа (рис. 9.5) предназначен для хранения различных мелких предметов (деталей, заготовок, инструмента, комплектующих изделий) в таре или россыпью в условиях складских помещений. Стеллаж представляет собой стальную конструкцию с габаритными размерами  $1,2 \times 0,6$  м в плане и состоит из двух секций 2 и 7, поставленных одна на другую, общей высотой 4 м. Внутри каркаса смонтирован элеватор, имеющий внизу привод 1, состоящий из электродвигателя, червячного редуктора, соединенных муфтой с тормозом, выходного вала и редуктора со звездочкой 11. Эта звездочка с помощью короткой цепи через натяжной ролик 12 приводит во вращение ведущий вал 3, который в свою очередь передает движение правой и левой рабочим цепям через звездочки 10 и 11 соответственно. Верхние ветви цепей надеты на звездочки ведомого вала, который может перемещаться натяжными устройствами 13, изменяя натяжение цепей. На специальных пальцах обеих ветвей (цепей) равномерно по высоте подвешены 20 контейнеров 8 для хранения различных предметов. Пальцы правой цепи 9 имеют удлиненную наружную часть, которой они заходят в фиксатор 19. По всей высоте стеллажа расположены защитные панели 14, 16, 17 и 18, ограничивающие раскачивание и опрокидывание кон-

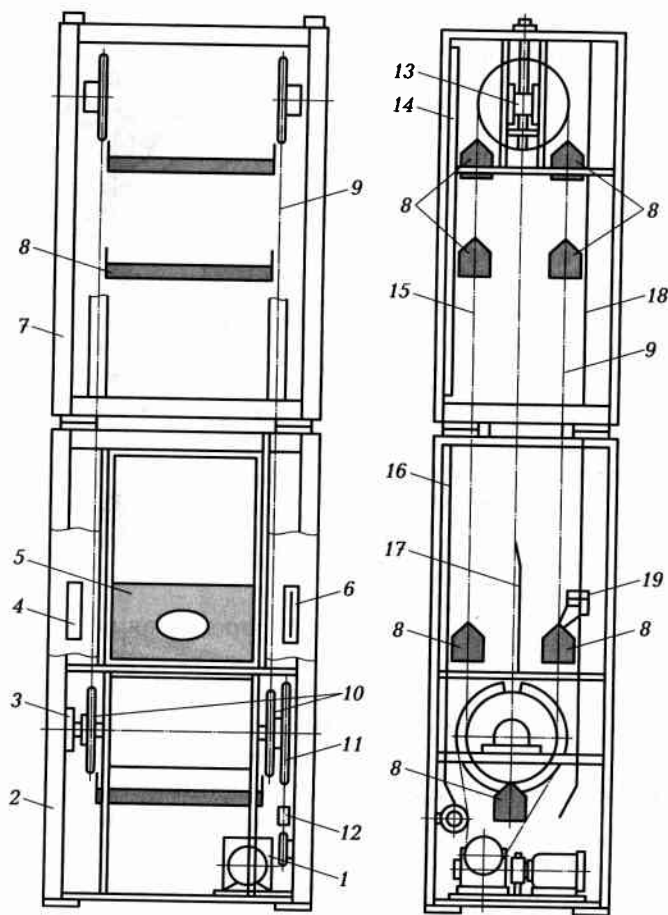


Рис. 9.5. Механизированный стеллаж элеваторного типа:

1 — привод; 2, 7 — нижняя и верхняя секции; 3 — ведущий вал; 4 — панель для карточки; 5 — стеклянная дверца; 6 — пульт управления; 8 — контейнер; 9, 15 — рабочие цепи; 10, 11 — звездочки; 12 — натяжной ролик; 13 — натяжное устройство; 14, 16—18 — защитные панели; 19 — фиксатор

тейнеров в случае самопроизвольного смещения хранящихся в них предметов.

Стеллаж оборудован автоматической системой управления. На панель 4 помещают карточку, в которой указаны предметы, хранящиеся в каждом из двадцати пронумерованных контейнеров, а на пульте 6 имеются соответствующие кнопки, при нажатии на одну из них к стеклянной дверце 5 доставляется и останавливается нуж-

ный контейнер. Конструкция предусматривает движение контейнеров к столику только сверху вниз. Общая грузоподъемность стеллажа — 600 кг, а каждого контейнера — 30 кг. Скорость перемещения контейнеров равна 8,3 м/мин.

В автоматизированных производствах массового изготовления изделий, оснащенных автоматическими механизмами, целесообразно применять соответствующие системы инструментального обеспечения. Например, АСИО представляет собой систему взаимосвязанных элементов и включает в себя участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

Автоматические склады являются одним из важнейших элементов комплексной автоматизации производства и предназначены для приема, выдачи, хранения и учета заготовок и готовых изделий.

Наибольшее распространение в автоматизированных производствах получили склады, состоящие из стеллажей, выполненных из секций, одного или нескольких штабелеров, погрузочно-разгрузочных механизмов и транспортных устройств, обеспечивающих связь с основным технологическим оборудованием. Транспортно-складские операции, связанные с обслуживанием стеллажей склада, автоматизируют с помощью ПР. В зависимости от конструкции и типа системы управления склад может работать в различных режимах.

Наладочный режим выполняется оператором с наладочного пульта, расположенного на штабелере, а дистанционный — с центрального пульта управления. При полуавтоматическом режиме по программе с предварительным набором оператор вручную вводит для штабелера программу обработки комплекса действий в заданной последовательности. Автоматизированная программа работы склада на определенный период времени (для обработки определенного комплекса действий) разрабатывается заранее. После отработки одной программы по команде оператора переходят к отработке другой или к работе в другом режиме.

Автоматический режим с управлением от ЭВМ обеспечивает запоминание поступивших на склад заготовок и деталей, выдачу информации о местоположении их отдельных партий, учет обработанных и необработанных заготовок, степень заполнения склада, а также расчет последовательности изготовления партий деталей на технологическом оборудовании (в зависимости от наличия заготовок, инструмента, управляющих программ и готовности оборудования).

В складском хозяйстве применяются различные устройства с ручным приводом.

*Ручная тележка с гидроподъемом ви́л* предназначена для подъема и перемещения различных грузов, преимущественно уложенных на поддоны. Грузоподъемность таких тележек может быть различной и находиться в интервале 0,5... 3 т. Тележка имеет стальную сварную раму, элементы которой изготовлены из листового металла в виде коробов. Передняя часть рамы поднята и заканчивается горизонтально расположенной площадкой, с которой связан шток гидроподъемника, а задняя часть представляет собой вилы, опирающиеся на поднимаемые колеса. Гидросистема выполнена в едином блоке с поворотным устройством, который жестко соединен с рамой. В передней части тележка имеет два больших близко расположенных друг от друга спаренных колеса, поворачиваемых ручкой. Управление гидросистемой производится рычагом, расположенным на ручке. Рычаг может занимать одно из трех положений: верхнее (опускание), нижнее (подъем) и среднее (движение), которое является фиксированным. При опускании ви́л рычаг следует удерживать для регулирования скорости опускания, потому что при опускании рычаг автоматически возвращается в среднее положение. Когда рычаг опущен, качанием ручки включают в работу гидронасос, который поднимает шток и переднюю часть рамы. Одновременно под действием подъема рамы через систему рычагов и тяг поднимаются задние колеса с вилами. Таким образом, вилы, оставаясь параллельными земле, из нижнего положения перемещаются в верхнее на высоту 120 мм. Подобные тележки изготавливают, как правило, грузоподъемностью 1 250 и 2 500 кг.

*Высокоподъемный штабелер с гидравлическим подъемом ви́л, ручным подъемным устройством и передвижением* (рис. 9.6) предназначен для перемещения грузов до 1 000 кг в основном на поддонах и подъема их на высоту до 1,6 м (высоту дна открытого кузова грузового автомобиля). Штабелер имеет раму 6 прямоугольной формы, изготовленную из профильного металла. Вертикальная часть штабелера состоит из двух стоек в виде швеллеров, повернутых вовнутрь, которые вверху, в середине и внизу соединены поперечными траверсами — кронштейнами. К нижней части рамы крепятся два самоустанавливающихся колеса 2, снабженные стояночным тормозом 1. Здесь же закреплена рукоятка 3, за которую вручную перемещают штабелер. Горизонтальная часть рамы в виде двух балок-швеллеров опирается на задние колеса 11. Вилы 10, предназначенные для укладки и подъема перемещаемого груза с помощью двух угловых кронштейнов и двух роликов, могут перемещаться по

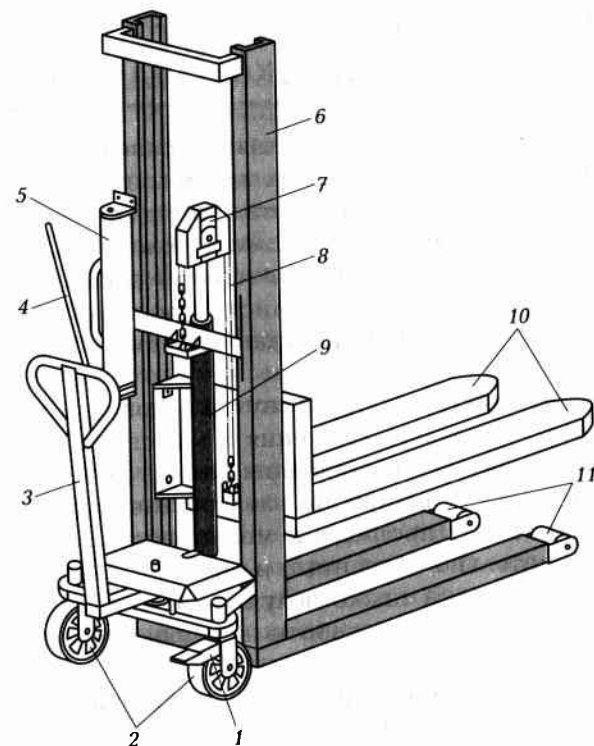


Рис. 9.6. Высокоподъемный штабелер с гидравлическим подъемом ви́л:  
1 — тормоз; 2 — передние колеса; 3 — рукоятка перемещения; 4 — рукоятка гидронасоса; 5 — гидронасос; 6 — рама; 7 — звездочка; 8 — цепь; 9 — гидроцилиндр; 10 — вилы; 11 — задние колеса

вертикальным стойкам вверх и вниз. Привод ви́л (подъем и опускание) осуществляется гидросистемой, состоящей из гидронасоса 5 и гидроцилиндра 9, соединенных между собой шлангом высокого давления. При нагнетании масла в гидроцилиндр его шток поднимается одновременно со звездочкой 7, передвигая приводную цепь 8, один конец которой закреплен на кронштейне гидроцилиндра, а второй — на траверсе ви́л. В результате вилы 10 поднимаются. Управление движением ви́л и фиксирование ви́л в промежуточном положении производится специальным краном, находящимся в нижней части гидронасоса. Этим же краном регулируют скорость опускания ви́л. Штабелер перемещают по ровной и твердой дороге с помощью рукоятки 3.

### 9.3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ВНУТРИЗАВОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Развитие внутризаводского и цехового транспорта потребовало упорядочения его движения как на заводской территории, так и внутри цехов. При работе транспорта на территории предприятий водители руководствуются Правилами дорожного движения Российской Федерации. Независимо от того, где работает водитель, у него всегда должен быть путевой лист и удостоверение на право управления электротележками, выданные администрацией предприятия.

Правила движения транспорта внутри цехов несколько отличаются от Правил дорожного движения и зависят от расположения цехов и технологического размещения цехового оборудования.

К самостоятельной работе на электротележках допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, предварительно обученные и сдавшие экзамен квалификационной комиссии, а также получившие инструктаж по безопасным методам и приемам работы непосредственно на рабочем месте.

Водитель должен хорошо знать устройство машины, Правила дорожного движения и правила движения по территории предприятия.

При подготовке водителей на право управления электротележками кроме теоретического обучения они должны пройти обязательный курс практической езды по территории и в цехах предприятия в сопровождении опытного водителя в течение 6 дней.

Водители должны быть внимательными к окружающей обстановке и ее изменениям, не создавать помех движению, оберегать жизнь и здоровье людей.

До начала работы водитель должен проверить исправность тормозов (работа тормоза считается нормальной, если электротележка с расчетной максимальной нагрузкой по сухой ровной дороге прошла путь с начала торможения до полной остановки, не превышающий: 2,6 м — при скорости 12 км/ч; 2 м — при 10 км/ч; 1,5 м — при 7 км/ч; 1 м — при 3 км/ч), рулевого управления, звукового сигнала, работу механизмов подъема, наклона, сталкивания и других узлов, а также убедиться, что номерной знак чистый. О любых неисправностях водитель должен сообщить администрации цеха.

При движении внутри цехов водитель не должен превышать установленной скорости на данном участке, а при работе в затруд-

нительных условиях и на коротких участках (1 ... 2 м) рекомендуется кратковременное включение пусковой аппаратуры. Тормозной путь в этом случае должен составлять менее 1 м.

Водитель должен подавать предупредительный звуковой сигнал, если имеется опасность травмирования людей или неожиданной встречи с транспортом, например, на поворотах, при выезде из-за угла здания, обгонах, объездах и т. п. При встрече с людьми на пути своего следования водитель обязан предупредить их звуковым сигналом, находясь на расстоянии не менее 10 м, и убедиться, что сигнал его услышан.

Интервал и дистанция между транспортными средствами должны выбираться водителем в зависимости от скорости движения и возможности остановки транспортного средства для предотвращения столкновения.

Приближаясь к железнодорожному переезду и проезжая его, водитель должен проявлять особую осторожность, следить за звуковой и световой сигнализацией, положением шлагбаума и указаниями дежурных по переезду, а при отсутствии сигнализации, прежде чем въехать на переезд, убедиться в безопасности движения управляемым им транспортным средством.

При движении мимо станков, печей, трубопроводов, а также входных и выходных дверей не разрешается приближаться к ним менее чем на 0,5 м.

В зимнее время, когда заводской двор часто бывает покрыт снегом, электротележки могут буксовать. В этих случаях некоторые водители буксируют электротележку (подталкивают ее другой электротележкой), что делать запрещается, поскольку ходовые части тележек могут выйти из строя, а водители получить травму. Во время эксплуатации на электротележках иногда загорается электропроводка. В этом случае следует отключить аккумуляторную батарею и тушить загоревшиеся провода песком или огнетушителем, находящимся в цехе.

Буксировка неисправных машин, вышедших из строя во время работы на линии, разрешается с помощью другого транспортного средства при условиях, что на буксируемой электротележке имеется действующее рулевое управление и исправный тормоз, а тележка управляется водителем, имеющим удостоверение на право вождения.

Буксировка неисправных машин на специальной жесткой связке осуществляется специальным транспортным средством под управлением водителя, получившего инструктаж по выполнению этой операции.

При работе на внутризаводском транспорте возможны случаи травмирования людей, поэтому каждый водитель тележки должен знать требования безопасности и уметь оказывать первую помощь пострадавшему: вызвать медицинский персонал или доставить пострадавшего на медицинский пункт.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные машины применяют для погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на складах?
2. Какова область применения штабелеров на складах?
3. Для каких целей используют транспортные роботы в складских условиях?
4. Какова область применения автоматизированных систем на современных складах?
5. Перечислите основные требования безопасности к внутризаводскому и складскому транспорту.

## Глава 10

# МОНТАЖ, ОПРОБОВАНИЕ И СДАЧА ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

### 10.1. МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Монтаж и демонтаж машиностроительного оборудования может выполняться в следующих основных случаях:

- установки (монтажа) оборудования при организации нового производства;
- снятия оборудования с фундаментов при различных видах ремонта и его монтажа на прежнее место (перемонтаж) после ремонта;
- перестановки оборудования в связи с реконструкцией предприятия;
- расширения производства и получения нового оборудования.

Все работы, связанные с ремонтом, монтажом и демонтажем, должны производиться в соответствии с технической документацией, к которой относят планировки, проекты, рабочие чертежи и техническое задание на установку оборудования.

*Планировка* — это основной документ, в котором указывается размещение оборудования, его привязка к различным ориентирам (стены, колонны и др.), расстояния для обслуживания, проездов, проходов, расположение средств пожаротушения, подвод коммуникаций (электро-, водо- и газоснабжение, вытяжная вентиляция) и др. Такой документ обычно подписывают заказчик (начальник цеха, участка и т. д.), главный механик, главный энергетик, представители служб охраны труда и пожарной безопасности. Утверждает этот документ, как правило, директор предприятия.



Ремонт, монтаж и демонтаж могут выполняться собственными силами предприятия, специализированными организациями или поставщиками (изготовителями) оборудования (шефмонтаж).

Оборудование должно поставляться заказчику в собранном виде на специальных прокладках с установленными внутренними устройствами и приваренными креплениями, а также с захватными приспособлениями для строповки. Габаритное оборудование поставляется собранным, обкатанным на стенде, не требующем разборки при монтаже и расконсервации, а негабаритное — максимально укрупненными блоками, также после прохождения стендовых испытаний.

Приемку оборудования осуществляют на приобъектном складе, осматривая его снаружи (без разборки узлов). При этом проверяют соответствие оборудования чертежам и проектной спецификации, его комплектность по отправочным упаковочным ведомостям или заводским спецификациям, наличие и полноту технической документации заводов-изготовителей, отсутствие видимых дефектов (трещин, поломок, повреждений и др.). Сдача-приемка оборудования в монтаж оформляется актом, подписанным представителем монтажной организацией и заказчиком.

Монтажу оборудования предшествует определенная работа, которая заключается в подготовке технической документации, необходимых площадей, фундаментов; транспортировании оборудования к месту монтажа, его установке (монтаже) на фундаменты, подводе необходимых коммуникаций и энергоносителей (электроэнергии, сжатого воздуха, пара и др.), опробовании, испытании и сдаче оборудования в эксплуатацию.

Фундаменты под оборудование должны быть выполнены в соответствии с проектом и не иметь поверхностных трещин, поврежденных углов и оголенной арматуры. До сдачи фундаментов под монтаж засыпают и уплотняют пазухи, образовавшиеся при земляных работах, снимают опалубку и извлекают деревянные пробки (для образования отверстий и колодцев). Поверхность тщательно очищают от остатков раствора, бетона и строительного мусора, прочищают колодцы для анкерных болтов.

Расположение болтов, закладываемых в тело фундамента до его бетонирования, относительно осей фундамента и оборудования контролируют в процессе бетонирования кондуктором или шаблоном, выполненным по рабочему чертежу. Кондуктор или шаблон и измерительные универсальные инструменты служат также для проверки фундамента при сдаче его под монтаж оборудования. При бетонировании фундамента необходимо предохранять от повреж-

дения и загрязнений нарезные части болтов. Пробивать отверстия в готовых фундаментах не разрешается. Это можно сделать в исключительном случае с разрешения проектной организации способом, исключающим разрушение бетона в прилегающих к отверстию зонах.

При транспортировании оборудования необходимо обеспечить его сохранность и неповрежденность отдельных (особенно выступающих) частей. Новое оборудование желательно транспортировать в упакованном виде до места монтажа. Если по каким-то причинам это сделать невозможно, то оборудование следует перевезти на установочном поддоне. Внутри цеха оборудование, бывшее в эксплуатации, перемещают с одного места на другое для ремонта и перемонтажа без упаковки. Для этого используют различные подъемно-транспортные машины (средства). Это могут быть мостовые краны, кран-балки, погрузчики, электротали, тележки с гидropодъемниками, перемещаемые вручную, тали, лебедки и другие средства, имеющиеся в наличии и подходящие по грузоподъемности. Если подъем оборудования выполняется с использованием строп, то строповку должны выполнять специально обученные рабочие. При этом необходимо следить за тем, чтобы канаты (тросы) не повредили устройства оборудования и его наружные поверхности.

## 10.2. УСТАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТ

Рассмотрим основные виды фундаментов, используемых при установке оборудования.

*Фундаменты*, как правило, применяются для монтажа тяжелого оборудования (компрессоров, прессов, металлорежущих станков и др.), а также прецизионных станков и устройств. Фундаменты условно подразделяют на два типа: фундаменты-основания и фундаменты, придающие станку дополнительную устойчивость.

В качестве примера рассмотрим монтаж механической ножовки на бетонном фундаменте-основании (далее — фундаменте). Фундамент заливают непосредственно в земляную форму с предварительной установкой, как правило, деревянных пробок под анкерные болты. Все размеры фундамента выполняют согласно технической документации на установку данного оборудования. После затвердевания бетона пробки из отверстий вынимают, вставляют в образовавшиеся отверстия (колодцы) анкерные (фундаментные)



болты, заливают их цементным раствором (бетоном), опускают станок на фундамент и анкерные болты, но так, чтобы их концы прошли через отверстия основания станка (станины). Далее необходимо убедиться в том, что станок установлен в соответствии с размерами, заданными чертежом. Если имеются отклонения, станок сдвигают в нужную сторону, пока бетон (цементный раствор) не схватился, и оставляют в покое до его затвердевания. Прежде чем затягивать гайки анкерных (фундаментных) болтов, необходимо выверить станок на фундаменте (см. подразд. 10.3).

Известно много различных конструкций *анкерных (фундаментных) болтов* (рис. 10.1). Например, глухие фундаментные болты 1, устанавливаемые непосредственно в массив бетона фундамента 3 с отгибом болта (рис. 10.1, а), с анкерными плитами 4 (рис. 10.1, б) и составные с анкерными плитами (рис. 10.1, в). Фундаментные болты с отгибом наиболее просты в изготовлении, их применяют в случаях, когда высота фундамента 3 не зависит от глубины заделки болтов в бетон. Фундаментные болты с анкерными плитами имеют меньшую глубину заделки в бетон, и их используют тогда, когда высота фундамента определяется глубиной заделки. Составными фундаментными болтами с анкерными плитами пользуются в случаях, когда установку оборудования выполняют поворотом или надвигкой на фундамент. Для этого нижнюю часть болта замоноличивают в бетоне фундамента, а верхнюю выворачивают из втулки 5 (см. рис. 10.1, в). Когда оборудование будет поставлено отверстиями станины 2 над залитыми частями фундаментных болтов, верхние части болтов пропускают через оборудование и вворачивают во втулки 5.

Фундаментные болты, устанавливаемые в готовые фундаменты и просверленные отверстия, подразделяют на прямые, закрепляемые эпоксидным клеем в изолирующих трубах (рис. 10.1, г); конические, удерживаемые в отверстиях цементной зачеканкой б и заstopоренные распорными цангами 7 (рис. 10.1, г); составные с распорными конусами 8 (рис. 10.1, е). Фундаментные болты (рис. 10.1, ж), закрепляемые в заранее изготовленных отверстиях в фундаменте (колодцах), применяют в тех случаях, когда нельзя установить болты в просверленные отверстия (скважины).

При монтаже оборудования на фундаменте с закрепленными фундаментными болтами предварительную выверку в плане производят, совмещая отверстия в станине с уже установленными болтами.

При окончательной выверке устанавливают оборудование в проектное положение относительно осей фундаментов или строительных конструкций, перемещая его грузоподъемными механиз-

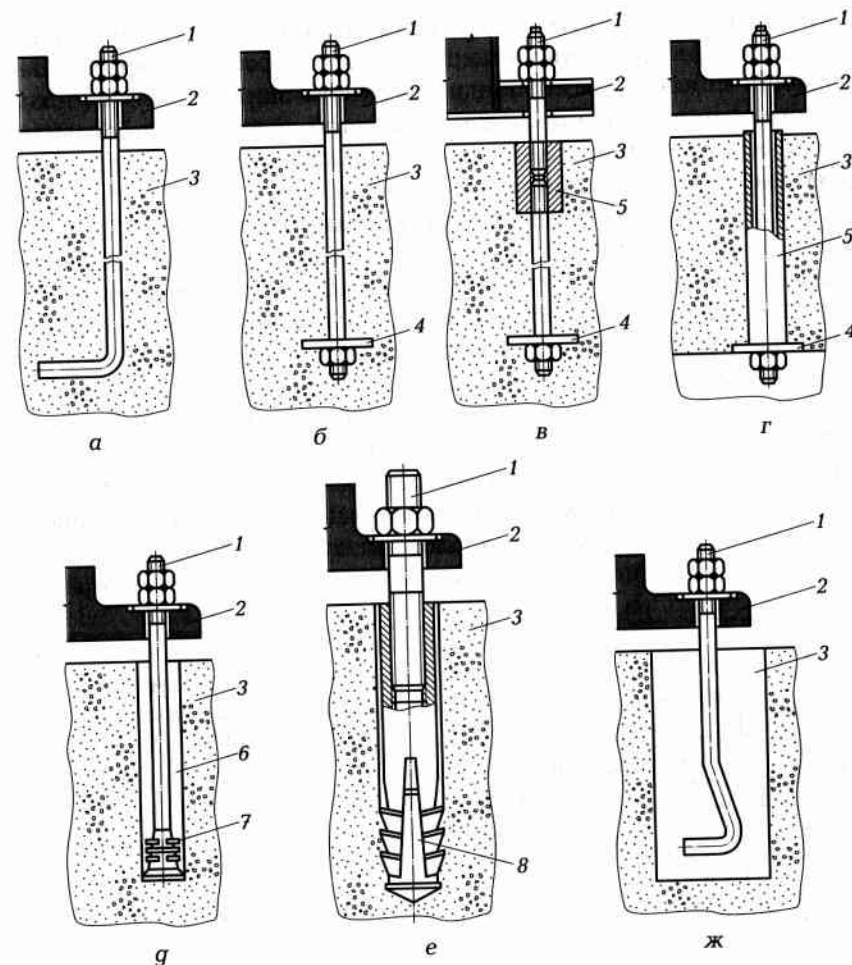


Рис. 10.1. Анкерные (фундаментные) болты:

а — глухие с отгибом; б — с анкерными плитами; в — составные с анкерными плитами; г — с изолирующими трубами; д — конические с цементной зачеканкой и распорными цангами; е — с распорным конусом; ж — глухие, устанавливаемые в отверстиях; 1 — болт; 2 — станина станка; 3 — фундамент; 4 — анкерная плита; 5 — втулка; 6 — цементная зачеканка; 7 — цанги; 8 — конус

мами и периодически проверяя его положение относительно ранее установленного (выверенного) смежного оборудования. Базами служат специальные площадки на станинах и корпусных деталях, исполнительные поверхности оборудования (валов, полумуфт, направляющих и т. д.), опорные поверхности. Монтируемое оборудо-

вание выверяют оптико-геодезическими приборами, а также специальными центровочными и другими приспособлениями, обеспечивающими контроль перпендикулярности, параллельности и соосности. Для выверки оборудования используют регулировочные винты, жесткие опоры, домкраты, металлические подкладки, специальные приспособления и др.

Для выверки оборудования *регулируемые винты (болты) 3* обычно вворачивают в опорную часть станины *2*, устанавливают рядом с фундаментными болтами *5* (рис. 10.2, а). При вворачивании регулировочного винта *3* его нижний конец упирается в металлическую опорную пластину *6*, лежащую на фундаменте *1*. Вращением регулировочных винтов (желательно одновременно) добиваются такого положения базовых поверхностей оборудования, например, направляющих токарного станка, при котором пузырек воздуха рамного уровня находился бы в середине ампулы. Когда такое положение достигнуто, затягивают контргайки *4* всех регулировочных винтов. Затем закрывают плотной бумагой резьбовую часть регулировочных винтов *3* и заливают бетоном (раствором) проме-

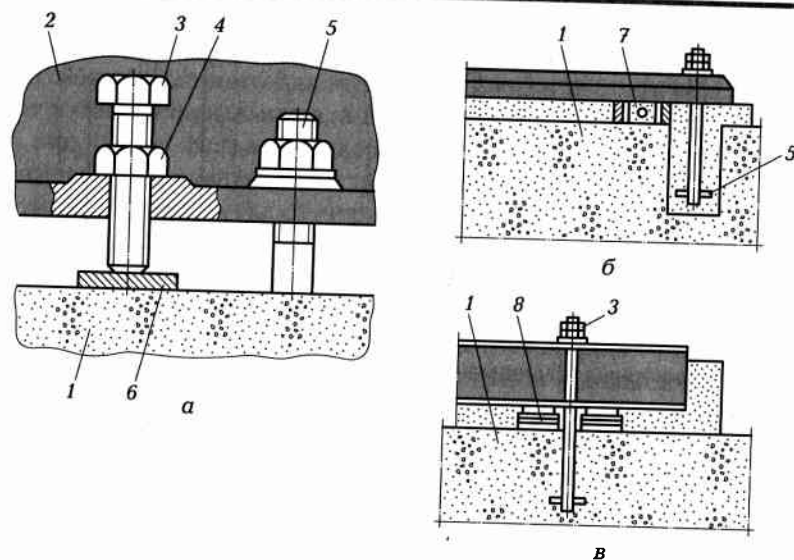


Рис. 10.2. Способы выверки (выставления) оборудования на фундаментах:

а — регулировочными винтами; б — клиновым домкратом; в — металлическими подкладками; 1 — фундамент; 2 — станина станка; 3 — регулировочный винт; 4 — контргайка; 5 — фундаментный (анкерный) болт; 6 — опорная пластина; 7 — клиновым домкрат; 8 — подкладки

жуток между опорной частью станины *2* и фундаментом *1*. После затвердевания бетона регулировочные винты выворачивают на два-три оборота, а гайки фундаментных болтов затягивают окончательно.

Выверку оборудования с помощью *клиновых домкратов* (рис. 10.2, б) выполняют следующим образом. Клиновые домкраты *7* заранее устанавливают около фундаментных болтов *5*, затем на них опускают оборудование. Вращением домкратных винтов добиваются требуемого положения оборудования, затем, защитив домкраты, производят бетонную подливку. Когда она схватится (через 2—3 сут), домкраты извлекают. Все свободные ниши заполняют бетоном и после его затвердевания окончательно заворачивают гайки фундаментных болтов *5*.

Выверка оборудования *металлическими подкладками 8* (рис. 10.2, в) самый простой и наименее производительный способ. Для этого предварительно выравнивают поверхность фундамента под подкладки, а сами подкладки *8* очищают от заусенцев и неровностей.

Наблюдая за измерительными приборами, например, уровнем, путем перестановки и замены подкладок по толщине добиваются такого положения, когда пузырек воздуха будет находиться в середине ампулы уровня. Далее затягивают гайки фундаментных винтов.

При заполнении пустот между фундаментом и опорной поверхностью станины бетонную смесь или раствор подают в опалубку без перерыва через лоток-накопитель с использованием вибратора. Причем уровень раствора (бетона) должен превышать уровень заливаемой поверхности оборудования.

Значительно проще производить выверку оборудования, установленного на виброизолирующие опоры ОВ-31. В этом случае достаточно выполнить регулировку каждой опоры, чтобы добиться горизонтального положения направляющих или стола, например, металлорежущего станка. Однако правильность (горизонтальность) установки станка необходимо контролировать уровнем или другим прибором.

В качестве примера рассмотрим последовательность установки оппозитного компрессора на фундамент (рис. 10.3).

Вначале производят совмещение центров отверстий в станине оборудования и центров колодцев в фундаменте (рис. 10.3, а). На заранее подготовленный фундамент *1* с колодцами *2* под фундаментными болтами *3* и уложенными стальными подкладками *8* под установочные болты *7* кладут деревянные брусья *5*. В отверстия фундамента (колодцы *2*) опускают предварительно обезжиренные фунда-

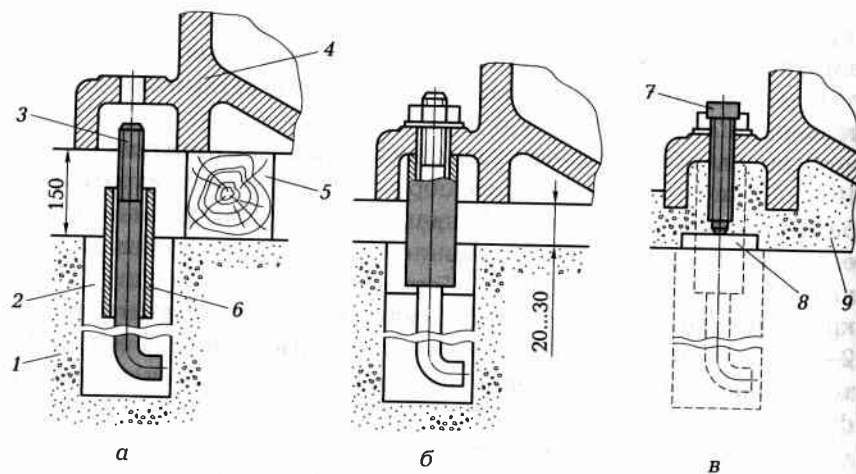


Рис. 10.3. Последовательность установки оппозитного компрессора на фундамент:

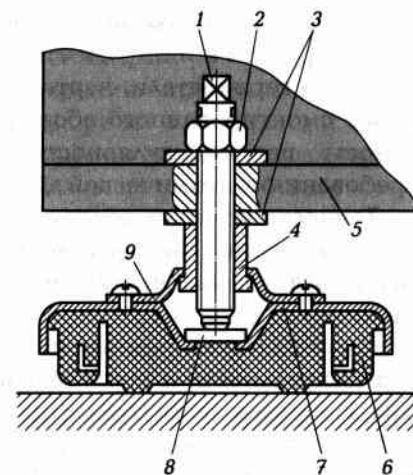
*а* — совмещение отверстий в станине компрессора с центрами колодцев в фундаменте; *б* — закрепление фундаментных болтов и удаление брусьев; *в* — выставление компрессора на установочные болты и заливка бетоном; 1 — фундамент; 2 — колодец; 3 — фундаментный болт; 4 — станина компрессора; 5 — деревянный брус; 6 — защитная трубка; 7 — установочный болт; 8 — подкладка; 9 — бетон

ментные болты 3 с защитными трубками 6. Затем, например, с помощью крана, на брусья опускают полностью собранный компрессор так, чтобы центры отверстий в станине 4 компрессора совпали с центрами колодцев 2.

Затем производят закрепление фундаментных болтов и удаление деревянных брусьев (рис. 10.3, б). Для этого концы фундаментных болтов 3 заводят в отверстия станины и предварительно затягивают на них гайки. Приподнимают компрессор на 20...30 мм так, чтобы можно было удалить брусья, вынимают брусья и тем самым переводят опору компрессора на установочные болты 7 (рис. 10.3, в). Далее вворачивают установочные болты 7 по периметру станины, выставляют компрессор горизонтально, контролируя эту операцию рамным уровнем. Заливают колодцы с фундаментными болтами бетоном 9, одновременно подливая его под станину. После того как бетон затвердеет (примерно через неделю), установку компрессора снова выверяют в горизонтальной плоскости брусковым уровнем с ценой деления 0,1 мм/м, который устанавливают в местах, указанных в технической документации на монтаж. Окончательно затягивают гайки фундаментных болтов.

Рис. 10.4. Виброизолирующая опора ОВ-31:

1 — винт; 2 — гайка; 3 — шайбы; 4 — специальная гайка; 5 — станина; 6 — резинометаллическое основание; 7 — круглая крышка; 8 — опорная шайба; 9 — верхняя крышка



В последнее время для установки такого оборудования, как токарные, фрезерные, шлифовальные, большие сверлильные, расточные станки, применяют виброизолирующие равночастотные опоры, например, типа

ОВ-31 (рис. 10.4). Причем такие опоры используют для виброизоляции станков среднего размера высокой (прецизионной) и нормальной точности, имеющих жесткие станины. Каждая опора ОВ-31 рассчитана на нагрузку не менее 2,5 кН и не более 45 кН, при установке станков она имеет предел регулирования по высоте в пределах 13...17 мм, а ее масса составляет всего 1,56 кг.

Виброизолирующая опора ОВ-31 состоит из резинометаллического основания 6, сверху заключенного в круглую крышку 7, к которой винтами крепится верхняя крышка 9 со вставленной в нее снизу специальной гайкой 4, имеющей две лыски по образующей и буртик внизу. Лыски предохраняют эту гайку от проворачивания при затягивании и выворачивании винта 1, а буртик не позволяет гайке выпасть из отверстия верхней крышки. Когда станину 5 устанавливают на виброизолирующую опору, через шайбы 3, винт 1 затягивают с помощью четырехгранной головки и ключа до упора в закладную металлическую шайбу 8. При этом станок несколько приподнимается. Затем затягивают гайку 2, и теперь вся нагрузка передается на виброизолирующую опору. Когда оборудование выставлено на все опоры, начинается выверка правильности его монтажа.

### 10.3. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВЫВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТЕ

**Выверкой** называют процесс установки оборудования в положение, предусмотренное технической документацией (проектом), с

помощью грузоподъемных средств и специальных приспособлений, устройств и инструментов. Оборудование выверяют (выставляют) по горизонтали, вертикали, высоте, а также относительно ранее смонтированного оборудования, обеспечивая при этом соосность, перпендикулярность, параллельность в соответствии с требованиями технической документации.

Точность монтажа оборудования определяют измерительными инструментами. Наряду с новыми электронными в производстве используют и традиционные приборы, которые рассмотрим подробнее.

**Уровни** бывают рамные и брусковые, они служат для проверки горизонтальности и вертикальности смонтированного оборудования. Например, если нужно проверить правильность установки токарного станка, поперек направляющих его станины укладывают рамный уровень и по положению воздушных пузырьков в продольной и поперечной ампулах судят о качестве выполненной работы. Пузырьки воздуха должны находиться в центре ампул. Если хотя бы один из них смещен в сторону от центра, необходимо поднять или опустить одну из сторон станины станка. Эту выверку следует производить до тех пор, пока все пузырьки воздуха не окажутся в центре ампул.

**Гидравлические уровни** представляют собой два или более стеклянных (пластмассовых прозрачных) сосудов, соединенных между собой гибким шлангом (трубкой), ими определяют разность высот двух и более точек, отдаленных одна от другой на значительные расстояния. Высоту жидкости в каждом сосуде определяют по количеству делений, нанесенных на их вертикальных поверхностях. Гидравлическим уровнем удобно контролировать горизонтальность, например, большого по площади фундамента, предназначенного для монтажа станка.

С помощью *отвесов* определяют вертикальность поверхности на глаз.

**Брусковые уровни** позволяют это делать как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

**Щупами** контролируют зазоры между двумя параллельными поверхностями. Щупы представляют собой набор упругих стальных пластинок различной толщины, собранных на одной оси и уложенных в специальную обойму. Щупы бывают длиной 50; 100 и 200 мм с толщиной пластинок от 0,03 до 2 мм.

**Металлическими измерительными линейками** измеряют линейные размеры, их изготавливают с одной или двумя шкалами длиной 150; 300; 500 и 1 000 мм с ценой делений 0,5 и 1 мм. К этой группе из-

мерительных инструментов относятся *металлические рулетки* длиной 1; 2; 3; 5; 10 м и более с ценой делений 1 мм.

**Штангенциркули** служат для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки деталей при их изготовлении. Штангенциркули изготавливают для измерения линейных размеров в пределах 0...125; 0...200; 0...320; 0...500 мм и т.д., они обычно имеют цену делений 0,1; 0,05 и 0,02 мм.

**Микрометры** служат для точных измерений, их изготавливают с пределами измерений 0...25; 25...50; 50...75 мм и т.д. Цена делений микрометров обычно равна 0,01 мм. Кроме микрометров при монтаже оборудования иногда пользуются *микрометрическими нутромерами (штихмассами)*, применяемыми для измерения внутренних размеров оборудования, их погрешность измерения, например, до 120 мм, составляет  $\pm 8$  мкм.

**Индикаторы** — стрелочные приборы, которые обычно используют при центровке валов, закрепляя их с помощью различных гибких стоек. В зависимости от типа приборов цена делений может быть 0,1; 0,01 и 0,001 мм.

При монтаже оборудования кроме широко применяемой технологической оснастки используют также и специальную. Например, домкраты для незначительных перемещений — распорный и центрирующий.

**Распорный домкрат** служит для раздвигания двух параллельно установленных устройств, расположенных на минимальном расстоянии 200...205 мм, на максимальную величину 330 мм. Домкрат имеет два винта с правой и левой резьбой и при повороте рукоятки оба винта с помощью храпового механизма выворачиваются из корпуса или одновременно вворачиваются при изменении положения трещотки.

**Центрирующий домкрат** имеет основание, по пазам которого под воздействием винта может горизонтально перемещаться специальная гайка с пазами для вертикально перемещаемого винтом ползуна. Таким образом, этот домкрат позволяет последовательно поднимать или перемещать выставляемое оборудование.

**Клиновый домкрат** служит только для подъема монтируемого оборудования и устроен следующим образом. По пазам корпуса при вращении винта может перемещаться клин, который при этом воздействует на подъемную плиту, поднимая или опуская ее в зависимости от направления движения клина. При параллельном перемещении ее верхней рабочей поверхности подъемная плита, так же как и клин движется по пазам. Винт вращают воротком, длина которого зависит от места расположения винта.

## 10.4. КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ УСТАНОВЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрим некоторые методы проверки оборудования, такие, как проверка точности шага ходовых винтов, параллельности и прямолинейности направляющих токарного станка, а также проверка точности шага зубчатых колес.

Контроль шага ходового винта токарного станка (рис. 10.5) можно выполнять разными способами. Рассмотрим один из них, который основан на сравнении шага ходового винта 2 проверяемого станка с эталонным 3 и его разрезной гайкой 4. Для этого в центрах токарного станка устанавливают эталонный ходовой винт с накрученной на него гайкой, которую державкой 6 с индикатором 5 соединяют с резцедержателем станка 7. Суппорт при этом отводят в крайнее положение. При работе станка наблюдают за положением стрелки индикатора, которая будет отклоняться от своего начального положения, показывая отклонения шага ходового винта станка от шага эталонного. В зависимости от величины несовпадения шагов ходовых винтов, особенно если оно превышает установленные нормы, принимают решение о ремонте токарного станка.

Контроль параллельности направляющих токарных станков можно произвести с помощью универсального контрольного мостика (рис. 10.6), представляющего собой устройство, состоящее из линейки 3, двух роликов 5 и шаровой опоры 2 с винтом. Один из

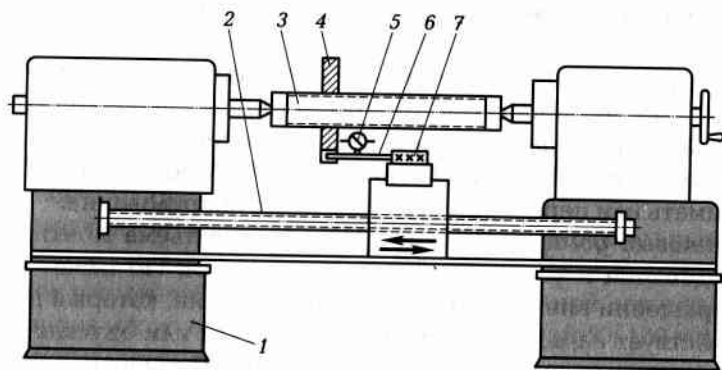


Рис. 10.5. Контроль шага ходового винта токарного станка:  
1 — станина станка; 2 — ходовой винт станка; 3 — эталонный ходовой винт; 4 — разрезная гайка; 5 — индикатор; 6 — державка; 7 — резцедержатель

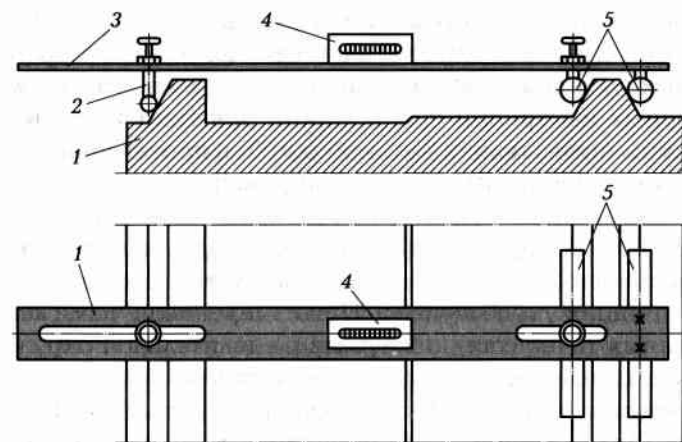


Рис. 10.6. Универсальный контрольный мостик для проверки параллельности направляющих токарного станка:

1 — станина; 2 — шаровая опора с винтом; 3 — линейка; 4 — уровень; 5 — валики

роликов 5 может перемещаться по пазу вдоль линейки 3, такую же возможность имеет и шаровая опора 2 с винтом. Сверху на линейке установлен уровень 4. При проверке параллельности мостик опускают на направляющие станины 1 так, чтобы ролики охватывали одну из них, а шаровая опора с винтом — другую. Далее вращением винта шаровой опоры 2 по уровню 4 мостик выставляют в горизонтальное положение. При перемещении мостика по направляющим станка наблюдают за показаниями уровня, отклонения которых характеризуют степень параллельности направляющих горизонтальной плоскости. Если дополнить мостик индикатором, то одновременно можно определить отклонения направляющих в вертикальном направлении.

Контроль прямолинейности длинных направляющих осуществляется оптическими приборами — зрительной трубой и коллиматором (оптическим прибором с параллельным пучком лучей). Принцип контроля прямолинейности состоит в совмещении перекрестий коллиматора, перемещаемого на каретке по направляющей станины, с делениями зрительной трубы, установленной на тумбе. Если перекрестия коллиматора совпадают с делениями зрительной трубы, то направляющая прямолинейна. Контроль производится многократно, каждый раз после перемещения коллиматора по направляющей. Величина отклонения (угол смещения) отсчитывается через окуляр зрительной трубы после каждой перестановки кол-



лиматора. Точность такого контроля составляет 0,02...0,04 мм/м. Для указанных целей можно использовать автоколлиматор (прибор для точных измерений малых углов). Кроме того, его применяют для створных измерений при контроле прямолинейности и плоскостности направляющих большой (до 30 м) протяженности и точной установки технологического оборудования.

Проверка точности шага зубчатых колес выполняется с помощью специального приспособления, состоящего из корпуса, на котором размещены индикатор со щупом и устройство, напоминающее штангенциркуль со щупами. При измерении щупами касаются одноименных точек соседних зубьев на делительной окружности. Затем путем вращения головки винта выставляют щуп — касаются им поверхности зуба с противоположной стороны от щупа и измеряют шаг. Далее приспособление переносят на следующий зуб и измерения повторяют, после чего сравнивают полученные результаты. Если отклонения в шагах зубьев отсутствуют, индикатор покажет одинаковые размеры. Разные показания прибора свидетельствуют о наличии погрешностей в шаге проверяемого зубчатого колеса, которые необходимо устранить.

Проверку параллельности оси шпинделя направляющим станины осуществляют с помощью универсальной оправки. Данный способ проверки прост и универсален. Для этого универсальную оправку устанавливают в центрах, а индикатор закрепляют в резцедержателе. При вращении оправки щуп (наконечник) индикатора, перемещаемый суппортом, скользит вдоль нее, показывая отклонения стрелки.

## 10.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

**Правила эксплуатации оборудования.** Правильная эксплуатация оборудования — залог его долговечности и бесперебойной работы. Ответственность за техническое состояние оборудования предприятия и правильную эксплуатацию возлагается на главного специалиста или его заместителя. Контроль за ремонтом, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией всего парка станков и машин они осуществляют через руководителей ремонтной службы и путем личных проверок. В подразделениях предприятия требования по сохранению и правильной эксплуатации оборудования должны претворять в жизнь начальники и механики цехов, а также мастера производственных участков и рабочие. Правильная и на-

дежная эксплуатация оборудования может быть обеспечена, если персонал знает и выполняет правила эксплуатации, а служба главного механика осуществляет квалифицированный контроль за эксплуатацией оборудования.

Рассмотрим некоторые положения, существенно влияющие на сохранение оборудования в исправном состоянии. К самостоятельной работе на станке может быть допущен рабочий, имеющий удостоверение и овладевший навыками управления станком, освоивший правила его эксплуатации. Рабочий обязан убирать свое рабочее место, регулярно смазывать доверенный ему станок, своевременно удалять стружку из-под режущего инструмента, не допуская ее попадания в механизмы оборудования. Кроме того, он должен убирать и смазывать станок перед сдачей смены, периодически обтирать пыль, потеки СОЖ и СОТС, других загрязнений, очищать заготовки от грязи и металлической пыли перед установкой на станок. Стружку обычно удаляют крючком и другими ручными приспособлениями, а также с помощью стружколомов, устройств с корытами, механическими скребками, пневмоотсосами и др. Механик цеха и мастер обязаны обеспечить станочников всем необходимым для уборки (щетки, крючки, обтирочный материал и др.) и контролировать состояние оборудования после уборки.

На изнашивание оборудования влияют многие факторы. Например, обработка деталей с неоправданно большими припусками ослабляет жесткость станков, нарушает их точность, ведет к ускоренному изнашиванию. Переделка брака, особенно в ускоренном режиме, также сокращает срок службы оборудования.

Станки должны работать ритмично. Неритмичная работа (штурмовщина), обычно в конце месяца, квартала, года, ведет к перегрузке оборудования, нарушениям правил технической эксплуатации и в результате к увеличению количества поломок и преждевременному износу станков. Недопустима работа тупым, затертым инструментом (резцами, сверлами, фрезами и др.), так как при этом оборудование работает с перегрузкой, от которой часто ломаются отдельные устройства станков.

Для исключения подобных нарушений, кроме контроля со стороны мастера и механика, на станках устанавливают следящие контрольные приборы (командоаппараты), настроенные на контроль за изготовлением определенного количества деталей. При значительном уменьшении количества готовых изделий прибор подает сигнал на отключение (останов) оборудования.

Не увеличивает долговечность станков и использование некачественных СОЖ и СОТС, которые могут содержать вредные приме-



си, приводящие к плохому охлаждению обрабатываемого металла и его разрушению, а также коррозии элементов станка.

При систематическом нарушении правил эксплуатации сотрудники отдела главного механика и механики цехов имеют право отключить оборудование до принятия мер по обеспечению правильной эксплуатации.

**Паспортизация оборудования.** Паспорт станка является основным документом и оформляется на специальном бланке. Паспортизацией охвачены почти все типы выпускаемых станков.

Паспорт станка содержит следующую информацию:

общие сведения о станке — тип, модель и шифр станка, завод-изготовитель и его местонахождение, заводской номер, год выпуска и класс точности; завод, цех и место установки станка, масса станка и его габаритные размеры, фотография станка;

основные данные — габаритные размеры станка, предельные размеры обрабатываемых заготовок (деталей) на станке, величины перемещений суппортов, столов, салазок и их размеры, а также размеры элементов крепления инструментов и заготовок;

сведения о принадлежностях и приспособлениях — тип патронов, люнетов, цанг, оправок, тисков и др.;

тип привода, технические характеристики электродвигателей, подшипников, ремней, цепей с основными размерами;

сведения о гидравлических механизмах — технические характеристики и основные размеры насосов, гидродвигателей;

сведения об изменениях, произведенных после начала эксплуатации станка в его приводе, механизмах главного движения и подач;

даты капитального ремонта в соответствии с установленным графиком;

кинематическая схема — данные, необходимые для подсчета всех конечных перемещений в станке;

спецификация зубчатых колес и червячных пар, ходовых винтов и гаек всех узлов станка;

таблица настроек станка;

схема управления;

спецификация рукояток управления.

Кроме паспорта к каждому станку прилагают руководство по эксплуатации, которое хранится у цехового механика или на рабочем месте. В руководстве кроме сведений, имеющих в паспорте, приведены рекомендации по транспортировке и распаковке, установке станка на фундамент, подготовке станка к первоначальному пуску, смазыванию станка, охлаждению инструментов, рекоменда-

ции по настройке, наладке и режимам работы, регулированию и эксплуатации электрооборудования и др. В конце руководства прилагают чертежи быстроизнашивающихся деталей.

Ремонт оборудования должен производиться согласно графику системы планово-предупредительного ремонта, устанавливающей сроки между ремонтами и формы ремонта. Этой системой предусматриваются следующие виды ремонтов: осмотр, малый, средний и капитальный ремонты.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип установки оборудования на фундаменты?
2. Каково устройство фундамента?
3. Как выставляют (выверяют) правильность установки оборудования на фундаменте?
4. Какими документами руководствуются при установке оборудования?
5. Как испытывают вновь установленное оборудование на фундаменте?
6. Как проверяют качество вновь смонтированного оборудования на примере эталонного ходового винта?
7. Каковы основные положения правильной эксплуатации оборудования?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов О. В.* Ультразвуковая обработка материалов / О. В. Абрамов, И. Г. Хорбенко, Ш. Швегле; под ред. О. В. Абрамова. — М.: Машиностроение, 1984. — 280 с.
2. Диффузионная сварка материалов: справочник / под ред. Н. Ф. Казакова. — М.: Машиностроение, 1981. — 271 с.
3. *Ермаков Е. С.* Робототехнологические комплексы электронной техники: учеб. пособие / Е. С. Ермаков. — М.: Высш. шк., 1985. — 72 с.
4. *Жаботинский Ю. Д.* Адаптивные промышленные роботы и их применение в микроэлектронике / Ю. Д. Жаботинский, Ю. В. Исаев. — М.: Радио и связь, 1985. — 104 с.
5. *Корнилович О. П.* Безопасность такелажных работ при монтаже / О. П. Корнилович. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 96 с.
6. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов: учеб. пособие / [А. Н. Грачев, В. Л. Косовский, А. Н. Ковшов и др.]. — 2-е изд. — М.: Высш. шк., 1989. — 271 с.
7. *Лысяков А. Г.* Краны промышленных предприятий: справ. пособие / А. Г. Лысяков. — М.: Машиностроение, 1985. — 176 с.
8. Машиностроение: терминологический словарь / под общ. ред. М. К. Ускова, Э. Ф. Богданова. — М.: Машиностроение, 1995. — 592 с.
9. *Моряков О. С.* Сварка и пайка в полупроводниковом производстве: учеб. пособие / О. С. Моряков. — М.: Высш. шк., 1982. — 192 с.
10. *Неймарк А. М.* Роботы на службе человека / А. М. Неймарк. — М.: Наука, 1982. — 104 с.
11. Новый политехнический словарь / гл. ред. А. Ю. Ишлинский. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. — 671 с.
12. *Никитин Н. В.* Краткий справочник монтажника и ремонтника / А. В. Никитин, Ю. Ф. Гаршин, С. Х. Меллер. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 192 с.
13. *Савин Н. С.* Водитель электротележек и автотележек: учебник / Н. С. Савин, А. Д. Егоров. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986. — 176 с.
14. *Титов Е. Д.* Основы автоматизации литейного производства и вычислительная техника: учеб. пособие / Е. Д. Титов, Л. Н. Сергеев. — М.: Машиностроение, 1983. — 152 с.
15. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник / [А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой и др.]; под ред. Е. С. Локшина. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 512 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
<b>Глава 1. Оборудование заготовительных цехов для резания материалов .....</b>	<b>5</b>
1.1. Общие сведения .....	5
1.2. Оборудование для резания материалов механическими ножовками.....	8
1.3. Ножницы и штампы.....	13
<b>Глава 2. Оборудование сварочного производства .....</b>	<b>21</b>
2.1. Оборудование для дуговой сварки и резки .....	21
2.2. Оборудование для аргонодуговой и плазменной сварки.....	35
2.3. Общие сведения о газовой сварке и резке .....	39
2.4. Оборудование для контактной сварки .....	45
2.5. Оборудование для диффузионной сварки материалов.....	51
<b>Глава 3. Оборудование для обработки материалов физическими и электрофизическими способами.....</b>	<b>57</b>
3.1. Сущность физических и электрофизических способов обработки материалов .....	57
3.2. Оборудование для лазерной обработки материалов .....	58
3.3. Оборудование для электронно-лучевой обработки .....	72
3.4. Оборудование для электроискровой обработки .....	75
3.5. Оборудование для ультразвуковой обработки.....	79
<b>Глава 4. Оборудование для химической и электрохимической обработки материалов .....</b>	<b>90</b>
4.1. Общие сведения .....	90
4.2. Установки для химической и электрохимической обработки материалов .....	95
4.3. Робототехнологические комплексы для нанесения гальванических покрытий.....	99
4.4. Оборудование для очистки и закрепления покрытий после электрохимической обработки деталей и материалов .....	102
<b>Глава 5. Подъемно-транспортные машины .....</b>	<b>106</b>
5.1. Общие сведения о подъемно-транспортных машинах .....	106
5.2. Подъемно-транспортные машины периодического действия .....	107

5.3. Конвейеры и элеваторы .....	116
5.4. Тележки, погрузчики и подъемники .....	117
5.5. Основные типы грузоподъемных кранов, используемых на промышленных предприятиях .....	127
5.6. Грузозахватные устройства кранов .....	131
5.7. Электрооборудование кранов .....	133
5.8. Гибкие органы подъемно-транспортных машин .....	137
5.9. Применение подъемно-транспортных машин в производстве .....	142
<b>Глава 6. Роботы и робототехнологические комплексы .....</b>	<b>148</b>
6.1. Основные понятия и определения .....	148
6.2. Классификация робототехнологических комплексов .....	151
6.3. Устройство промышленных роботов .....	156
6.4. Приводы промышленных роботов .....	163
6.5. Захватные устройства промышленных роботов .....	170
6.6. Применение роботов в машиностроении .....	175
<b>Глава 7. Автоматизация производства .....</b>	<b>191</b>
7.1. Общие сведения об автоматизации .....	191
7.2. Общие сведения о гибких производственных системах .....	194
7.3. Гибкие автоматические линии .....	196
<b>Глава 8. Оборудование для транспортирования отходов производства для утилизации .....</b>	<b>207</b>
8.1. Общие сведения об отходах .....	207
8.2. Удаление, транспортирование и первичная переработка стружки .....	208
<b>Глава 9. Механизация и автоматизация складских работ .....</b>	<b>216</b>
9.1. Общие сведения о грузах и их складировании .....	216
9.2. Подъемно-транспортные средства, применяемые для складских работ .....	220
9.3. Требования безопасности при работе на внутривозовском транспорте .....	230
<b>Глава 10. Монтаж, опробование и сдача оборудования в эксплуатацию .....</b>	<b>233</b>
10.1. Монтаж и демонтаж машиностроительного оборудования .....	233
10.2. Установка оборудования на фундамент .....	235
10.3. Инструменты для выверки оборудования на фундаменте .....	241
10.4. Контроль и испытание установленного оборудования .....	244
10.5. Эксплуатация и паспортизация оборудования .....	246
Список литературы .....	250

Учебное издание

Моряков Олег Сергеевич

**Оборудование машиностроительного производства**

Учебник

Редактор *Е. Б. Махиянова*

Технический редактор *Н. И. Горбачёва*

Компьютерная верстка: *Д. В. Федотов*

Корректоры *Э. Г. Юрга, С. Ю. Свиридова*

Изд. № 101113557. Подписано в печать 16.07.2009. Формат 60 × 90/16.  
Гарнитура «Балтика». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,0.  
Тираж 3 000 экз. Заказ № В-1061.

Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)  
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.60.953.Д.007831.07.09 от 06.07.2009.  
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48. Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленного электронного оригинал – макета  
в типографии ОАО ПИК «Идел – Пресс».  
420066, г. Казань, ул. Декабристов, 2.  
E – mail: [idelpress@mail.ru](mailto:idelpress@mail.ru)

Издательским центром «Академия» выпущены и готовятся к выпуску следующие учебные издания, составляющие учебно-методический комплект по специальности «Технология машиностроения»:

#### Инженерная графика

- Инженерная графика
- Практикум по инженерной графике
- Компьютерная инженерная графика
- Инженерная графика. Контрольные материалы
- Справочник по черчению
- Сборник упражнений для чтения чертежей по инженерной графике
- Черчение. Плакаты и альбом плакатов

#### Техническая механика

- Техническая механика
- Техническая механика. Лабораторные работы
- Техническая механика. Контрольные материалы
- Техническая механика. Плакаты и альбом плакатов
- Теоретическая механика. Сопротивление материалов
- Детали машин
- Сборник задач по технической механике
- Детали машин. Курсовое проектирование

#### Электротехника и электроника

- Электротехника и электроника
- Задачник по электротехнике и электронике
- Электротехника. Лабораторный практикум
- Контрольные материалы по электротехнике и электронике
- Электротехника и электроника. Плакаты и альбом плакатов

#### Материаловедение

- Материаловедение
- Материаловедение. Лабораторный практикум
- Материаловедение. Плакаты и альбом плакатов

#### Метрология, стандартизация и сертификация

- Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении
- Лабораторно-практические работы по метрологии, стандартизации и сертификации

#### Информационные технологии в профессиональной деятельности

- Информационные технологии в машиностроении

- Практикум по информационным технологиям в машиностроении

#### Гидравлические и пневматические системы

- Гидравлические и пневматические системы
- Гидравлические и пневматические системы. Лабораторно-практические работы

#### Процессы формообразования и инструменты

- Процессы формообразования и инструменты
- Современный режущий инструмент
- Процессы формообразования и инструменты. Лабораторно-практические работы
- Процессы формообразования и инструменты. Плакаты и альбом плакатов

#### Оборудование машиностроительного производства

- Оборудование машиностроительного производства
- Оборудование машиностроительного производства. Лабораторно-практические работы

#### Машиностроительное производство

- Машиностроительное производство
- Машиностроительное производство. Лабораторно-практические работы

#### Программирование для автоматизированного оборудования

- Программирование для автоматизированного оборудования
- Программирование для автоматизированного оборудования. Лабораторно-практические работы

#### Правовое обеспечение профессиональной деятельности

- Правовое обеспечение профессиональной деятельности

#### Экономика отрасли

- Экономика машиностроения
- Экономика машиностроения. Практикум и курсовое проектирование

#### Менеджмент

- Менеджмент
- Менеджмент. Практикум

#### Безопасность жизнедеятельности

- Безопасность жизнедеятельности



## **Охрана труда**

---

- Охрана труда в машиностроении

## **Технологическое оборудование**

---

- Технологическое оборудование машиностроительного производства
- Технологическое оборудование машиностроительного производства. Практикум
- Технологическое оборудование. Плакаты и альбом плакатов

## **Технология машиностроения**

---

- Технология машиностроения. В 2 ч.
- Технология машиностроения. Практикум и курсовое проектирование
- Справочник техника-машиностроителя

## **Технологическая оснастка**

---

- Технологическая оснастка
- Технологическая оснастка. Практикум и курсовое проектирование
- Технологическая оснастка. Плакаты и альбом плакатов