

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

В. П. Иванов, А. В. Крыленко

ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего
образования по специальности «Оборудование и технологии
высокоэффективных процессов обработки материалов»*

Новополоцк
ПГУ
2011

УДК 621.719.07(075.8)
ББК 30.605я73
И20

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

кафедра технологии металлов УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (заведующий кафедрой – доктор технических наук, профессор В. М. КАПЦЕВИЧ; доктор технических наук, профессор Л. М. АКУЛОВИЧ);

доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Белорусского национального технического университета Ж. А. МРОЧЕК

Иванов, В. П.

И20 Оборудование и оснастка промышленного предприятия : учеб. пособие /
В. П. Иванов, А. В. Крыленко. – Новополоцк : ПГУ, 2011. – 220 с.
ISBN 978-985-531-220-9.

Рассмотрена система средств технологического оснащения ремонтно-восстановительного производства, состоящая из оборудования и оснастки промышленного изготовления и средств, создаваемых в собственном вспомогательном производстве.

Приведены виды промышленного оборудования и основы его выбора, методы проектирования и организация создания оборудования и оснастки, изготавливаемых в заводских условиях.

Предназначено в качестве учебного пособия для студентов технических вузов и специалистов ремонтно-обслуживающих предприятий.

УДК 621.719.07(075.8)
ББК 30.605я73

ISBN 978-985-531-220-9

© Иванов В.П., Крыленко А.В., 2011

© УО «Полоцкий государственный университет», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимым условием выпуска качественной продукции с наименьшим расходом производственных ресурсов является наличие на заводе средств технологического оснащения (СТО), способных с заданной точностью выполнить все операции, предусмотренные технологической документацией.

Система СТО создается в результате технологической подготовки производства путем их приобретения и изготовления. Приобретают промышленное оборудование и инструменты, изготовленные на станкостроительных и инструментальных заводах. Некоторые из этих заводов находятся за пределами Беларуси. Часть СТО (специальное оборудование, оргтехоснастку, приспособления и специальные инструменты) изготавливают в собственном вспомогательном производстве по чертежам, разработанным заводскими конструкторами.

Будущий инженер должен уверенно обосновать выбор СТО, которые будут закуплены в виде товарной продукции, и умело спроектировать систему средств, которые будут изготовлены на заводе. От обоснованности этих действий зависят экономические показатели работы предприятия.

Материал книги включает описание СТО, применяемых для повышения износостойкости и восстановления поверхностей деталей, и дополняет материал учебных дисциплин по ремонту машин с восстановлением их деталей. По этим дисциплинам студенты выполняют курсовые проекты, а некоторые сведения книги используются и при выполнении дипломных проектов. Книга будет полезна и заводским специалистам.

Книга содержит четыре раздела, каждый из которых включает лекционный материал, описание практических занятий, контрольные вопросы, требования к знаниям и умениям студентов, темы рефератов и исследований, условия рейтингового контроля знаний. Имеется справочный материал в объеме, необходимом для подтверждения теоретических положений. Объем учебного материала по различным СТО соответствует их значимости и доле трудоемкости, связанной с созданием и использованием этих средств в заводских условиях. Содержание практических занятий способствует развитию навыков по выбору технологического оборудования и разработке системы СТО.

БАЗОВАЯ ПРОГРАММА

Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины заключается в приобретении знаний и навыков, достаточных для выбора СТО промышленного изготовления и проектирования средств высокого технического уровня, создаваемых в собственном вспомогательном производстве.

Поставленная цель достигается путем системного изучения материальной базы ремонтно-восстановительного производства (оборудования и оснастки) и методов проектирования как единичных СТО, так и системы СТО, создаваемых в собственном вспомогательном производстве с применением новых научных знаний и передового производственного опыта.

Полученные знания необходимы в инженерной деятельности будущего специалиста при технологической подготовке ремонтно-восстановительного производства, способного обеспечить установленные объемы выпуска продукции при ее нормативном качестве на базе современной организации производства и труда.

Перечень дисциплин с указанием разделов, усвоение которых необходимо для изучения

Название дисциплины	Раздел
Технология машиностроения	Основы базирования и теория размерных цепей. Особенности достижения требуемой точности при обработке заготовок и сборке типовых узлов машин
Технологическое оборудование	Станки, автоматические линии, гибкие производственные системы
Приспособления для обработки материалов	Методика проектирования станочных приспособлений
Основы экологии	Экозащитная техника и технология
Теория резания	Особенности обработки различных материалов
Охрана труда	Методы и средства повышения безопасности технологических процессов
Математические модели в расчетах на ЭВМ	Методы оптимизации
Экономика машиностроения	Себестоимость продукции и классификация затрат по экономическим элементам и статьям калькуляции. Организация производства в пространстве и во времени
Основы ремонта машин	Технологический процесс ремонта машин
Технология и оборудование восстановления деталей	Технологический процесс восстановления деталей

Тематический план

№ п.п.	Название темы	Количество часов		
		лекций	практических занятий	самостоятельной работы
1	Введение	2		
2	Классификация и общая характеристика средств технологического оснащения ремонтного производства. Потребность в средствах технологического оснащения и их использование	2		2
3	Разборочное и очистное оборудование	2		
4	Оборудование для нанесения покрытий	6		2
5	Металлорежущее оборудование	2	2	
6	Кузнечно-прессовое и термическое оборудование	2		
7	Сборочное оборудование	2		
8	Диагностическое, контрольное и испытательное оборудование	4		2
9	Оборудование для электрофизической размерной обработки восстановленных заготовок	2		2
10	Поточно-механизированные линии	2		
11	Проектирование единичных средств технологического оснащения	2	8	4
12	Проектирование системы средств технологического оснащения цехов завода	4	8	4
13	Организация создания системы средств технологического оснащения	2		2
14	Экономическая эффективность использования средств технологического оснащения	2		4
Всего		36	18	22
Итого		76		

ВВЕДЕНИЕ

Основные термины и определения дисциплины

Высокоэффективные процессы обработки материалов – процессы, в основу которых положены ресурсо-энергосберегающие и высокопроизводительные способы обработки и восстановления работоспособности изделий, повышающие их эксплуатационные характеристики.

Средства технологического оснащения – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса.

Средства технологического оснащения подразделяют на технологическое оборудование и оснастку. Оснастка, в свою очередь, состоит из приспособлений и инструмента.

Средства ремонта – средства технологического оснащения и сооружения, предназначенные для ремонта техники.

Технологическое оборудование – это СТО, в которых для выполнения части технологического процесса устанавливают технологическую оснастку, материалы или заготовки и средства воздействия на них.

Примеры технологического оборудования: разборочные станды, очистные машины, металлорежущие станки, обкаточно-тормозные станды.

Технологическое оборудование в зависимости от разнообразия выполняемых им функций и обрабатываемых изделий подразделяют на универсальное, специализированное и специальное, а по приспособленности к воздействиям на изменяющиеся ремонтируемые (восстанавливаемые) изделия в различных производственных условиях – на перестраиваемое, перенастраиваемое и гибкое.

Универсальное оборудование (металлорежущее, кузнечно-прессовое, термическое и др.) обладает широкими технологическими возможностями.

Специализированное оборудование обладает увеличенными производительностью или точностью обработки однотипных заготовок, но более узкими технологическими возможностями по сравнению с универсальным оборудованием. В специализированное оборудование превращают универсальное оборудование (как правило, металлорежущее) путем заводской модернизации.

Специальное оборудование выполняет узкую технологическую функцию над ремонтируемым (восстанавливаемым) изделием определенной модели, обладает наибольшей производительностью и обеспечивает наивысшую точность. Например, шлифовальные станки для обработки ко-

ренных или шатунных шеек коленчатых валов, расточные станки для одновременной обработки коренных опор, втулок распределительного вала и отверстия под стартер в блоке цилиндров, контрольные стенды и др. Специальное металлорежущее оборудование изготавливают на станкостроительных заводах по заказу. Специальные металлорежущие станки – это модификации универсальных станков. Они оснащены наладками (или подготовлены под установку наладок) и устройствами для обработки заготовок одного наименования. Остальное специальное оборудование изготавливают, как правило, в инструментальном цехе (участке) ремонтного завода.

Перестраиваемое оборудование может быть перестроено на обработку другой детали или группы деталей при затратах средств и труда, соизмеримых с его стоимостью.

Переналаживаемое оборудование при переходе на обработку другой детали или группы деталей не требует дополнительных вложений и остановки производства, хотя этот переход связан с изменением текущих расходов.

Гибкое оборудование при переходе на обработку другой детали или группы деталей не требует ни дополнительных вложений, ни остановки производства, ни увеличения текущих расходов.

Технологическая оснастка представляет собой устройства, которые расширяют технологические возможности оборудования и применяются только вместе с ним.

Примеры технологической оснастки: фрезы, резцы, борштанги, приспособления, штампы, пресс-формы.

Приспособления – это технологическая оснастка, предназначенная для установки ремонтируемого (восстанавливаемого) изделия и ориентирования инструмента при выполнении технологической операции.

Инструмент – это технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на изделие с целью изменения его состояния, которое определяют при помощи мер и (или) измерительных приборов.

Система средств технологического оснащения – иерархическое многоуровневое множество технологических машин основного производства, необходимое для выполнения технологических воздействий на предмет труда на пути его превращения из состояния ремонтного фонда в состояние товарной продукции. Систему СТО создают путем их приобретения и изготовления, а совершенствуют путем модернизации.

СТО приобретенные – средства ремонта, изготовленные вне предприятия и поступившие на него за оплату в виде товарной продукции или

без оплаты в результате передачи с баланса на баланс предприятий. Приобретают металлорежущие и балансируемые станки, прессы, компрессоры, термические печи, конвейеры, грузоподъемные машины и другое оборудование.

При выборе приобретаемых СТО учитывают их возможность выполнять заданные операции над ремонтируемыми изделиями с установленной производительностью и нормативным качеством.

СТО, *изготовленные* в собственном вспомогательном производстве, – средства ремонта, изготовленные на предприятии в результате технологической подготовки производства по конструкторской документации, разработанной инженерными службами предприятия или приобретенной на стороне. Изготавливают установки, стенды, приспособления на металлорежущие станки, специальные инструменты и некоторые средства измерений.

Технический уровень средств технологического оснащения

Технический уровень СТО – характеристика их технического совершенства.

Технический уровень технологической машины определяют путем сопоставления соответствующих показателей с показателями базового образца. В качестве такого образца выступает лучшая известная или гипотетическая машина.

Для оценки технического уровня технологических машин используют десять групп показателей: функциональности, надежности, безопасности, технологичности, эргономических, эстетических, экологических, стандартизации и унификации, патентно-правовых, экономических. Наиболее критичными показателями являются показатели назначения, надежности и экономические.

Показатели *функциональности* характеризуют способность машины выполнять функции, ради которых она создавалась (переработки энергии или материалов, обработки заготовок и т. д.) с необходимыми производительностью и качеством. В качестве показателей функциональности принимают самые важные и необходимые свойства продукции.

Показатели *надежности* определяют свойство машины сохранять и восстанавливать работоспособность при эксплуатации. Они дополняют показатели назначения в части обеспечения их стабильности в течение нормативного срока службы.

Надежность – свойство технологического объекта сохранять во времени и установленных пределах все параметры, характеризующие способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность в зависимости от назначения объекта и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или сочетания этих свойств.

Основным среди свойств надежности объекта является *безотказность*, которая определяет способность сохранять работоспособное состояние в течение установленного времени или наработки. Основные показатели безотказности: интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, ресурс непрерывной работы. Интенсивность отказов (рис. 0.1), повышенная в начальный период эксплуатации объекта за счет выявления производственных дефектов, уменьшается (участок I), затем стабилизируется (участок II) и непрерывно возрастает по мере приближения к предельному состоянию объекта (участок III). Участок I характеризует обкатку машины, участок II соответствует ее нормальной эксплуатации, а участок III – интенсивному изнашиванию поверхностей ее деталей. Изнашиваемые соединения должны быть заменены или отремонтированы в конце второго участка эксплуатации. Соблюдение этого положения, которое американский специалист в области надежности И. Базовский назвал «золотым правилом надежности», может обеспечить безотказность объекта, близкую к единице.

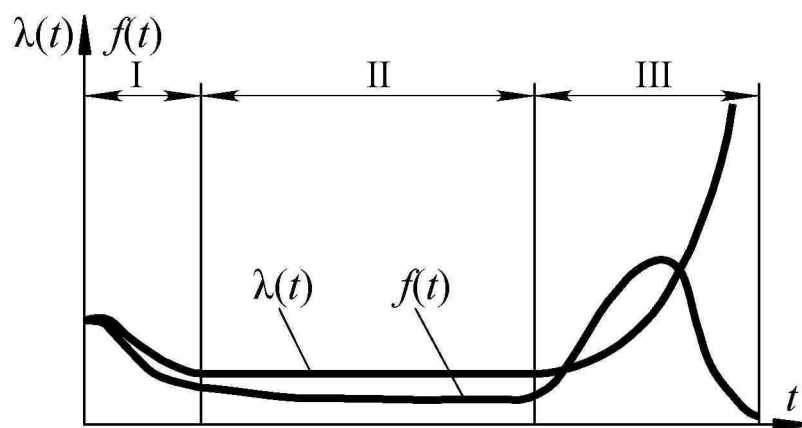


Рис. 0.1. Изменение интенсивности $\lambda(t)$ и плотности $f(t)$ отказов в зависимости от наработки t

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до предельного состояния. Показателями долговечности служат

ресурс и срок службы объекта. Ресурс – это наработка объекта до предельного состояния, а срок службы – календарная продолжительность его эксплуатации до исчерпания ресурса. Долговечность рассматривают как промежуток времени или наработку, в течение которых оценивают безотказность.

Ремонтпригодность – приспособленность объекта к предупреждению, обнаружению и устранению повреждений путем ремонта. Свойство оценивается временными, трудовыми или стоимостными показателями.

Сохраняемость – свойство изделия непрерывно сохранять исправное состояние в течение хранения и транспортирования. Сохраняемость оценивают показателями, аналогичными тем, которыми характеризуют долговечность.

Показатели *безопасности* характеризуют способность технологической машины обеспечить безопасность ее обслуживания персоналом.

Показатели *технологичности* характеризуют приспособленность машины, в том числе ее частей, к изготовлению, ремонту и обслуживанию.

Эргономические показатели характеризуют степень приспособленности машины к возможностям человека.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения продукции (в том числе качество окрашивания) и стабильность ее товарного вида.

Показатели *стандартизации* и *унификации* характеризуют насыщенность машины стандартными и унифицированными частями, а также уровень заимствования прогрессивных частей других ранее выпущенных машин.

Патентно-правовые показатели определяют патентную защиту и патентную чистоту объекта. Патентная защита выражает наличие собственных патентов на технические решения, используемые в объекте, в странах предполагаемого экспорта (точнее в странах сбыта). Патентная чистота описывается наличием в машине составных частей, не подпадающих под действие патентов в странах предполагаемого экспорта.

Экономические показатели используются на завершающей стадии оценки как сопоставление затрат и эффекта от применения СТО. К снижению затрат приводят оптимальное применение энергии, повышение скоростей рабочих движений и совмещение технологических переходов во времени.

Качество и технический уровень СТО оценивают *единичными, комплексными и интегральными* показателями.

Влияние средств технологического оснащения на технический уровень ремонтного производства

Состояние материальной базы ремонтного производства определяет его технический уровень (производительность труда, точность технологических воздействий, расход материалов и энергии) и качество выпускаемой продукции, которые зависят от объема предшествующей технологической подготовки этого производства.

Внедрение СТО облегчает труд человека или высвобождает его из трудового процесса. Повышение производительности труда достигается многоинструментальной и скоростной обработкой. Точность воздействий обеспечиваются использованием жесткого оборудования с точным перемещением режущих кромок инструментов.

На качество СТО влияют вид используемой энергии и способы ее преобразования. Эффективность производства связана с внедрением оборудования, в котором используется множество видов энергии, полученной преобразованием энергии движения материи на более глубоких ее уровнях. Так, механическая энергия связана с движением макротел, тепловая и химическая – с движением молекул, электрическая – с движением ионов и электронов и т. д. Новые разработки, определяющие размеры машин, их КПД, экономичность и технический уровень, используют виды превращения энергии на уровнях молекул, их атомов и электронных оболочек. Например, использование потенциальной энергии давления сжатого воздуха связано с низким КПД потребителей сжатого воздуха и большой мощностью компрессоров. Целесообразно пневмомеханические приводы заменять электромеханическими, питающимися токами повышенной частоты (200 Гц). Электронно-лучевая и лазерная обработка материалов обеспечивает наибольшую плотность мощности на единице площади ($10^2 - 10^6$ кВт/см²) в то время как газовое пламя – только 3 кВт/см² с более низким КПД.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ И ПОТРЕБНОСТЬ В НИХ

1.1. Классификация и общая характеристика средств технологического оснащения ремонтного производства

1.1.1. Структура основных фондов предприятия

Основные фонды предприятия – это средства труда, которые многократно участвуют в производственном процессе, переносят свою стоимость на продукцию частями по мере изнашивания и воспроизводятся через множество производственных циклов.

Расчет норм амортизационных отчислений, учет основных фондов и обеспечение ими требуют определения их структуры и классификации. По функциональному назначению основные фонды делят на производственные и непроизводственные. Первые действуют в сфере производства (здания, сооружения, СТО), а вторые – удовлетворяют бытовые и культурные потребности работников (подсобное хозяйство, магазины, клуб и др.). По натурально-вещественным признакам основные фонды подразделяются на группы (табл. 1.1), которые образуют их структуру. Она зависит от сложности и особенностей ремонтируемой продукции, типа и концентрации производства и других факторов.

В зависимости от степени непосредственного воздействия на создаваемую продукцию основные производственные фонды делят на части. *Активная* часть фондов состоит из средств (оборудования, приборов, инструментов), которые оказывают прямое влияние на количество и качество продукции. *Пассивная* часть основных фондов – это средства, которые обеспечивают работу активной части этих фондов. В структуре основных производственных фондов активная их часть должна непрерывно увеличиваться.

Таблица 1.1

Структура основных фондов предприятия

Группы	Назначение и характеристика
1	2
Здания	Архитектурно-строительные объекты производственного назначения (цехи, склады, лаборатории и др.)
Сооружения	Инженерно-строительные объекты, выполняющие технические функции по обслуживанию производственного процесса (очистные сооружения, дороги, эстакады и др.)
Инженерные сети	Устройства для передачи энергии, материальных ресурсов (кабельные, тепловые и газовые сети, газопроводы, коллекторы и др.) и отходов

1	2
Средства: – энергетические – технологические – измерительные и лабораторные	Объекты для преобразования и распределения энергии (трансформаторы, турбины, компрессоры и др.) Объекты, непосредственно воздействующие на предметы труда (станки, прессы, печи, подъемно-транспортные машины и др.) Ручные или автоматические устройства для контроля и регулирования технологических процессов, лабораторных испытаний и исследований
– транспортные – вычислительная техника – инструмент – оргтехоснастка	Средства для перемещения людей и грузов Средства для автоматизации процессов решения математических задач Средства для непосредственного формообразования и измерений Вспомогательные средства для организации технологических операций

Количество, разнообразие, технический уровень и техническое состояние СТО определяют производственные возможности предприятия, а их использование – показатели производственно-хозяйственной деятельности этого предприятия.

1.1.2. Классификация и характеристика средств технологического оснащения

Основное назначение СТО заключается во всемерной экономии живого труда путем замены человека в производственных процессах устройствами, потребляющими энергию неживой природы.

Классификация СТО – их разделение на группы по наличию или отсутствию установленных признаков. Выбор классификационных признаков зависит от целей классификации. Деление должно быть по одному основанию, непрерывным, члены деления должны исключать друг друга. Классификация СТО служит целям их упорядочения и сокращения объемов проектирования и изготовления путем унификации.

Унификация технологических объектов – рациональное сокращение их типов, видов и размеров, разновидностей составляющих их частей, а также материалов, покрытий и норм точности. Некоторые убытки от использования системы этих объектов окупаются на стадии их проектирования и изготовления. Задачи унификации объектов относятся к классу оптимизационных задач.

Оборудование классифицируют по технологическим признакам, а его элементы – по функциональным.

Устранение неисправностей и восстановление ресурса ремонтируемых машин требует использования следующего технологического оборудования: диагностического; разборочного; очистного; для определения технического состояния деталей; для нанесения покрытий; кузнечно-прессового; для обработки резанием, для термической обработки; измерительного; балансировочного; сборочного; окрасочного; обкаточного; испытательного; для перемещения предмета труда; для переработки отходов.

Множество необходимых воздействий на предмет ремонта со стороны СТО определяют в результате разработки соответствующих технологических процессов. Указанное множество воздействий в виде технологических переходов выполняют исполнительные агрегаты СТО. Например, на рисунке 1.1 показано распределение видов технологических переходов, связанных с ремонтом двигателя внутреннего сгорания. Наиболее часто измеряют длины (35,2 %), прикладывают крутящие моменты при разборке и сборке (по 14,4 %), подают и ориентируют заготовки и детали (по 6,2 %), базируют и закрепляют заготовки при обработке (по 4,0 %). Рассматриваемое распределение технологических переходов определяет множество видов исполнительных агрегатов в составе технологических машин. Таким образом, часто используют устройства для базирования и закрепления ремонтируемых и восстанавливаемых изделий, приложения усилий и моментов при разборке и сборке, внутриоперационного перемещения изделий, измерения длин, формы и расположения поверхностей, расходов и давления сред, вращательного и поступательного перемещения деталей или сборочных единиц и др.

Агрегаты одного вида отличаются друг от друга значениями их главного параметра (например, длиной измеряемых отрезков, значениями моментов при разборке и сборке, массой заготовок, усилием закрепления). Множество исполнительных агрегатов в количестве нескольких тысяч единиц может быть сведено примерно в тридцать групп разнофункциональных устройств. Этот важный вывод о структуре технологических машин позволяет сосредоточить основные проектные работы на разработке небольшой номенклатуры исполнительных агрегатов и их рядов, из которых могут быть скомпонованы различные машины.

Наиболее насыщенными различными исполнительными агрегатами являются разборочные, сборочные, контрольно-сортировочные, для нанесения покрытий, металлообрабатывающие и испытательные средства. Введение в состав технологических машин устройств для подачи и ориентирования заготовок и деталей на операциях определения их технического со-

стояния, контрольных, обрабатывающих и сборочных существенно сокращает (в 1,5 – 2,5 раза) трудоемкость этих операций и повышает уровень их механизации.

Затраты на создание и эксплуатацию исполнительных агрегатов в наибольшей степени зависят от массы ремонтируемых объектов, площади поверхностей деталей, на которые наносят покрытия, моментов и усилий разборки и сборки, точности обработки. Снижение этих затрат обеспечивают широким использованием энергии неживой природы, повышением скоростей рабочих движений и совмещением технологических переходов во времени.

	10^0	10^1	10^2	10^3
	$n, \text{ ед.}$			
Измерение длин				
Приложение разборочного момента				
Подача деталей				
Ориентирование деталей				
Базирование деталей				
Закрепление деталей				
Основное движение при обработке				
Движение подачи при обработке				
Измерение момента				
Приложение разборочного усилия				
Межоперационное перемещение				
Измерение зазоров				
Измерение углов				
Измерение формы				
Измерение расположения				
Измерение жесткости				
Измерение твердости				
Внутриоперационное перемещение				
Нанесение материала напылением				
Подсоединение агрегата к нагрузке				
Приведение агрегата в движение				
Нанесение гальванических покрытий				
Измерение частоты				
Измерение силы				
Измерение массы				
Измерение расхода среды				
Измерение давления среды				
Обнаружение течей				
Нанесение материала наплавкой				
Измерение дисбаланса				
Приложение деформирующего усилия				

Рис. 1.1. Количество n технологических переходов, приходящихся на ремонт одного двигателя внутреннего сгорания

1.1.3. Назначение технологического оборудования различных видов

Средства диагностирования служат для определения неисправностей и остаточного ресурса агрегатов перед разборкой. Эти средства развиваются с внедрением необезличенного ремонта техники с целью определения необходимого объема ремонтных работ.

С помощью разборочного оборудования выполняют установку ремонтируемых объектов, их технологические перемещения и силовое разъединение резьбовых и прессовых соединений.

Очистное оборудование снимает эксплуатационные и технологические загрязнения с поверхностей деталей и регенерирует очистные среды.

Цель применения средств для определения технического состояния деталей заключается в делении потока очищенных деталей ремонтного фонда на годные, подлежащие восстановлению с назначением технологических маршрутов и негодные, которые будут заменены на новые детали.

Восстановительные и защитные покрытия наносят с помощью соответствующего оборудования. Восстановительные покрытия используют для создания ремонтных заготовок, а защитные – для придания поверхностям деталей антикоррозионных свойств.

Кузнечно-прессовое оборудование необходимо для получения ремонтных заготовок с использованием объемного пластического деформирования материала и для сборки соединений с натягом.

Металлорежущее оборудование служит для снятия припуска при механической обработке заготовок с целью достижения необходимых размеров, шероховатости, формы и расположения поверхностей.

Оборудование для термической обработки служит для нагрева заготовок, их выдержки при заданной температуре и охлаждения с целью получения необходимой структуры материала и его свойств.

С помощью универсального измерительного оборудования производят ответственные измерения параметров формы и расположения поверхностей сложных деталей.

Балансировочное оборудование используют для статического и динамического уравнивания вращающихся деталей.

С помощью сборочного оборудования выполняют установку корпусных деталей, технологические перемещения и ориентирование деталей и их силовое соединение.

Обкаточно-испытательное оборудование необходимо для подготовки агрегатов к предстоящей эксплуатации и их приемо-сдаточных испытаний.

Подъемно-транспортное оборудование служит для перемещения и установки ремонтируемых (восстанавливаемых) объектов в пределах рабочих мест, участков, цехов или завода. Если средства для внутриоперационного перемещения входят в состав обслуживаемого оборудования, то они дают наибольший эффект.

Средства для переработки отходов пакетируют стружку и отходы штамповки, нейтрализуют и обезвреживают отходы очистного и гальванического участков.

1.1.4. Технологическая оснастка и ее характеристика

Технологическая оснастка включает приспособления и инструмент. Наиболее широко применяют приспособления при механической обработке заготовок.

Станочные приспособления – это дополнительные устройства к металлорежущим станкам, используемые для базирования и закрепления заготовок, направления и опоры инструмента. Формообразующие элементы имеются в оборудовании, на котором установлено приспособление.

По признаку специализации и возможности переналадки различают шесть типов станочных приспособлений:

– *универсальные безналадочные* приспособления (УБП), обеспечивающие установку любых заготовок и оснащение ими широкой номенклатуры оборудования. Эти приспособления используются в единичном и мелкосерийном производстве;

Примеры УБП: токарные патроны, машинные тиски, поворотные столы.

– *универсальные наладочные* приспособления (УНП) – устройства для установки заготовок при помощи специальных наладок, обеспечивающие широкую номенклатуру операций. *Наладка* – это часть приспособления, необходимая для установки конкретной заготовки. УНП применяют в единичном и серийном многономенклатурном производстве, использующем групповые способы обработки.

Примеры УНП: универсальные наладочные тиски, универсальные наладочные угольники для токарных работ.

– *специализированные наладочные* приспособления (СНП), обеспечивающие установку схожих по конфигурации заготовок, отличающихся размерами. Компоновка СНП состоит из специализированного корпусного

элемента и наладки. Специализированный корпусной элемент многократно применяется в условиях серийного и крупносерийного производства.

– *универсально-сборные* приспособления (УСП) – обратимые специальные приспособления краткосрочного применения, которые собирают из стандартных деталей и узлов высокой точности. Используют в единичном и мелкосерийном производстве, а также в период освоения выпуска продукции в серийном и крупносерийном производстве;

– *сборно-разборные* приспособления (СРП) состоят из стандартных деталей и узлов, которые собирают после частичной доработки опорных поверхностей под заготовки. СРП – устройства многократного применения. Ими оснащают трудоемкие операции серийного и крупносерийного производства в стадии усовершенствования или в течение ограниченного времени (до 1,5 года);

– *неразборные специальные* приспособления (НСП) – устройства, не подлежащие разборке после окончания производства закрепленных за ними изделий. Эффективны при оснащении трудоемких операций серийного и крупносерийного производства.

Использование приспособлений уменьшает трудоемкость и длительность технологической подготовки производства, повышает производительность труда станочников и снижает требования к их квалификации, повышает точность обработки заготовок и расширяет технологические возможности оборудования.

Инструменты – средства для непосредственного воздействия на ремонтируемый (восстанавливаемый) объект. Номенклатура инструментов большая. По технологическому признаку различают инструмент слесарный, кузнечный, режущий, измерительный и др. В зависимости от соотношения видов энергии при использовании инструмента различают ручной (ключ, кувалда, долото, пробка и др.) и механизированный (пневматический гайковерт, шлифовальная машина и др.) инструменты. Механизированный и часть ручного инструмента приобретают, остальной инструмент изготавливают на предприятии.

1.2. Определение потребности в средствах технологического оснащения и показатели их использования

Часть технологических переходов выполняют на оборудовании промышленного изготовления (на токарных, сверлильных, шлифовальных станках, прессах и др.), а оставшуюся часть – на СТО собственного изготовления.

1.2.1. Методика расчетов потребности в оборудовании

При определении потребности в СТО рассчитывают фонды их времени.

Номинальный годовой фонд времени оборудования $\Phi_{но}$ определяют по формуле

$$\Phi_{но} = \Phi_{нр} \eta_{зс} n_c, \text{ ч/год}, \quad (1.1)$$

где $\Phi_{нр}$ – номинальный годовой фонд времени рабочего; $\eta_{зс}$ – коэффициент потерь времени в третью смену; n_c – число смен в сутки.

Коэффициент $\eta_{зс}$ учитывает тот факт, что третья смена организована в оставшееся время суток между второй и первой сменами без обеденного перерыва и без сокращений смены в предпраздничные дни.

При односменной работе $\Phi_{но} = \Phi_{нр}$. При расчете $\Phi_{нр}$ необходимые сведения выбирают, используя таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Номинальный годовой фонд времени рабочего (на 2010 год)

№ п.п.	Показатели	Производство с условиями труда	
		нормальными	вредными
1	Количество календарных дней в году	365	365
2	Количество нерабочих дней в году:		
	– праздничных	9	9
	– выходных (дней отдыха)	99	99
3	Количество рабочих дней в году (номинальный фонд рабочего времени) (п. 1 – п. 2) (365 – (9 + 99) = 257 дней)	257	257
4	Продолжительность рабочей недели, ч	40	36
5	Продолжительность смены, ч	8	7,2
6	Количество сокращенных смен в году	6	6
7	Номинальный годовой фонд времени $\Phi_{нр}$, ч (п. 3 × п. 5 – п. 6) (257 × 8 – 6 = 2050 ч); (257 × 7,2 – 6 = 1844,4 ч)	2050	1844,4

Действительный годовой фонд времени оборудования $\Phi_{до}$ определяют с учетом его пребывания в наладке и в планово-предупредительном ремонте, если последний выполняют в рабочее время.

$$\Phi_{до} = \Phi_{но} (1 - k_{нр}), \text{ ч}, \quad (1.2)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на наладку оборудования и его ремонт, $k_{нр} = 0,01 - 0,03$ (табл. 1.3).

Число единиц оборудования n_o , связанного с ручным или машинно-ручным трудом (разборочного, сборочного, паяльного и др.) рассчитывают по *трудоемкости* выполняемых работ:

$$n_o = \frac{T_{го}}{\Phi_{до} \cdot \eta_{и}}, \quad (1.3)$$

где $T_{го}$ – годовая трудоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, чел.-ч; $\eta_{и}$ – коэффициент, учитывающий использование оборудования во времени.

По *станкоемкости* объектов ремонта рассчитывают оборудование, которое обеспечивает машинные способы обработки (металлорежущие станки, кузнечно-прессовое оборудование). В таком случае величина годового объема работ выражается в станко-часах. Частые переналадки оборудования в серийном производстве обусловлены небольшими партиями обрабатываемых заготовок. Поэтому при расчете потребности в оборудовании учитывают затраты времени и на наладочные работы

$$n_{об} = \frac{(T_{го} + T_{гоп})}{\Phi_{до} \cdot \eta_{и}}, \quad (1.4)$$

где $T_{го}$ – годовая трудоемкость работ, выполняемых на оборудовании данного вида, станко-ч; $T_{гоп}$ – годовой объем переналадок оборудования, ч.

Таблица 1.3

Значения коэффициентов $k_{нр}$, учитывающих затраты времени на наладку и ремонт оборудования

Тип оборудования	Значения $k_{нр}$ при работе	
	в одну смену	в две смены
Металлорежущие и деревообрабатывающие станки	0,02	0,03
Кузнечно-прессовое оборудование для участков единичного, мелкосерийного и серийного производства	0,02	0,04
То же для крупносерийного производства	–	0,06
Печи термические электрические с тактом работы до 1 ч:		
– механизированные;	–	0,06
– немеханизированные	0,02	0,04
Печи термические электрические с тактом работы свыше 1 ч	0,03	0,05
Высокочастотные установки	–	0,10
Оборудование для нанесения металлических и лакокрасочных покрытий:		
– автоматическое;	–	0,03
– неавтоматическое	0,02	0,04
Печи сушильные камерные	0,03	0,04
Сварочное оборудование	0,03	0,04
Разборочное, сборочное и контрольно-испытательное оборудование	0,02	0,03
Очистное оборудование	0,03	0,04
Установки для консервации изделий	0,02	0,03

По продолжительности технологических операций определяют число единиц оборудования, работа на котором связана с установкой и снятием объектов ремонта и периодическим наблюдением за ходом технологического процесса. К такому оборудованию относят очистные погружные машины, сушильные камеры, обкаточно-тормозные стенды и др. Количество оборудования определяют по одной из следующих формул:

$$n_o = \frac{n_3 \cdot t_{то}}{\Phi_{до} \cdot \eta_{и}}, \quad (1.5)$$

или

$$n_o = k_n \cdot \frac{t_{то} \cdot N}{a \cdot \Phi_{до}}, \quad (1.6)$$

где n_3 – количество запусков оборудования в течение года; $t_{то}$ – продолжительность технологической операции (очистки, сушки и др.) с учетом времени на загрузку и выгрузку изделий, ч; k_n – коэффициент неравномерности; N – количество изделий на годовую программу, ед./год; a – количество одновременно обрабатываемых объектов ремонта, ед.

Коэффициент k_n учитывает возможные отклонения от расчетного ритма производства, возникающие в результате организационных неполадок на отдельных производственных участках.

Количество обкаточно-тормозных или испытательных стендов определяют по формуле

$$n_o = k_{п} \cdot k_n \frac{t_{то} \cdot N}{\Phi_{до} \cdot \eta_{и}}, \quad (1.7)$$

где $k_{п}$ – коэффициент, учитывающий повторность обкатки или испытания агрегатов (машин) после обнаружения дефектов, равен 1,10 – 1,15.

В формуле (1.7), в отличие от формулы (1.6), исключена составляющая a , поскольку испытательные стенды предназначены для одновременной установки только одного агрегата.

По физическим параметрам ремонтируемых изделий рассчитывается оборудование, производительность которого определяется массой обрабатываемых изделий (термические и нагревательные печи, кузнечные молоты и др.), а также оборудование участков нанесения покрытий, производительность которого выражается площадью поверхности обрабатываемых изделий (гальванические ванны, окрасочные камеры и др.). Количество такого оборудования определяют по формулам:

$$n_o = \frac{M_{г}}{m_{ч} \cdot \Phi_{до} \cdot \eta_{з} \cdot \eta_{и}}, \quad (1.8)$$

$$n_o = \frac{S_r}{s_{\text{ч}} \cdot \Phi_{\text{до}} \cdot \eta_{\text{и}}}, \quad (1.9)$$

где M_r и S_r – соответственно, годовые объемы работ, выраженные массой (кг) и площадью поверхностей (м^2) обрабатываемых изделий; $m_{\text{ч}}$, $s_{\text{ч}}$ – производительность оборудования, соответственно, кг/ч и $\text{м}^2/\text{ч}$; η_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования по массе в зависимости от габаритов и конфигурации изделий ($\eta_3 = 0,7 - 0,8$).

1.2.2. Методика определения потребности в приспособлениях и инструменте

Необходимое количество приспособлений определяют по формуле (1.5).

Норму расхода j -того типоразмера режущего инструмента H_{ij} на i -той операции в серийном производстве рассчитывают на 1000 заготовок:

$$H_{ij} = \frac{1000 \cdot t_{ij}}{60 \cdot T_{\text{изн}j}} \cdot \frac{A_{ij}}{k_j}, \quad (1.10)$$

где t_{ij} – продолжительность обработки заготовки на i -той операции j -тым инструментом, мин; $T_{\text{изн}j}$ – время полного изнашивания j -того инструмента, мин (табл. 1.4); A_{ij} – количество j -тых инструментов в одной наладке на i -той операции; k_j – коэффициент случайной убыли инструмента, изменяется для различных видов инструментов от 0,05 до 0,40.

Таблица 1.4

Время полного изнашивания инструмента

Инструмент	$T_{\text{изн}}$, ч	Инструмент	$T_{\text{изн}}$, ч
Резцы:		Зенкеры:	
– из быстрорежущей стали	15 – 20	$d < 20$ мм	5
– твердосплавные	20 – 25	$d = 20 - 50$ мм	8
Сверла:		Фрезы:	
– из быстрорежущей стали		– цилиндрические	20 – 50
$d < 12$ мм	11	– со вставными ножами	
$d = 10 - 25$ мм	28	$d = 90$ мм	58
$d > 25$ мм	60	$d = 150$ мм	140
– твердосплавные		– торцовые	
$d = 10 - 25$ мм	13 – 45	$d = 150$ мм	48
Развертки:		$d = 400$ мм	110
$d < 20$ мм	7	– концевые	
$d = 20 - 40$ мм	13	$d = 16 - 20$ мм	6
$d > 40$ мм	19	$d = 20 - 30$ мм	10

Время полного изнашивания инструмента можно определить по формуле

$$T_{\text{изн}} = (n + 1) t_{\text{ст}}, \quad (1.11)$$

где $t_{\text{ст}}$ – стойкость, ч; $n = l/\Delta l$ – число допустимых заточек; l – величина допустимого стачивания режущей части инструмента, мм; Δl – величина стачивания за одну заточку, мм.

При расчете нормы расхода абразивных кругов учитывают, что при правках их диаметр уменьшается на 20 – 25 %, а за одну правку снимается 0,2 – 0,3 мм. Показатели стойкости представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Средняя стойкость абразивных кругов

Вид шлифования	Подача	Время между правками, мин
Круглое наружное	Продольная на проход	40
	Продольная в упор	30
	Поперечная врезанием	30
	С шлифованием закруглений	20
Бесцентровое	Продольная	30 – 60
Внутреннее	Продольная на проход	10
Плоское	Продольная на проход	25
	Врезанием	10

Норму расхода измерительного инструмента (калибров) $H_{\text{из}}$ на 1000 деталей определяют по формуле

$$H_{\text{из}} = \frac{1000 \cdot c \cdot k_{\text{выб}}}{m_0}, \quad (1.12)$$

где c – число измеряемых параметров на одной детали; $k_{\text{выб}}$ – доля деталей, подвергаемых выборочному контролю; m_0 – количество измерений, выполняемых с помощью инструмента до полного его изнашивания.

Количество измерений m_0 зависит от допуска на износ калибра и материала измеряемой детали. Так для гладких пробок и скоб при работе по стали $m_0 = 10 – 80$ тыс., а при работе по чугуноу число измерений уменьшается в три раза.

1.2.3. Показатели использования технологического оборудования

Известный германский экономист К. Меллерович в своих рекомендациях для предпринимателей отмечает, что «нет ничего дороже неиспользуемой производственной мощности предприятия и нет ничего дешевле ее полного использования». Производственная мощность предприятия определяется парком имеющегося технологического оборудования. Сложившийся в последнее время низкий уровень использования возможностей предпри-

ятий по выпуску промышленной продукции – явление отрицательное как для самих предприятий, так и для экономики государства в целом.

Использование оборудования по времени учитывается коэффициентом $\eta_{ив}$:

$$\eta_{ив} = \frac{t_m}{\Phi_{до}}, \quad (1.13)$$

где t_m – машинное время в течение года, отнесенное к рассматриваемому оборудованию, ч.

Производственно-диспетчерский отдел предприятия ведет учет работы оборудования и принимает меры по его загрузке. Нижнее значение величины $\eta_{ив}$, характеризующее удовлетворительное использование оборудования, равно 0,75.

Использование мощности оборудования характеризуется коэффициентом $\eta_{им}$:

$$\eta_{им} = \frac{M_{ф}}{M_{н}}, \quad (1.14)$$

где $M_{ф}$ и $M_{н}$ – фактическая и установленная мощность двигателя главного привода, кВт.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким признакам подразделяют средства технологического оснащения на группы?
2. Какое значение имеет оценка технического уровня средств технологического оснащения?
3. Какие виды оборудования используют для обработки заготовок?
4. Каково назначение приспособлений?
5. Какие величины используются при расчете количества технологического оборудования?
6. Изложите особенности расчета количества технологической оснастки (приспособлений и инструмента).

ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ

1. Влияние классификации СТО на объемы, затраты и сроки технологической подготовки производства.
2. Роль СТО в системе основных фондов предприятия.

3. Влияние технического уровня СТО на эффективность производства.
4. Влияние технического уровня СТО на качество продукции.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ

Студент должен знать:

- цель, задачи, структуру и перспективы развития серийного производства;
- проблему повышения технического уровня СТО производства, его эффективности и качества техники;
- материальную базу производства;
- классификацию системы СТО;
- показатели использования СТО и меры по их лучшему использованию.

Студент должен уметь:

- использовать основные термины и определения дисциплины;
- классифицировать технологические объекты;
- определять потребность в оборудовании, приспособлениях и инструменте.

РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА

После изучения введения и первого раздела студенты пишут реферат на одну из предложенных тем:

1. Влияние технического уровня СТО на показатели работы предприятия.
2. Структура и анализ основных фондов предприятия.
3. Классификация и характеристика СТО предприятия.
4. Определение потребного количества оборудования, приспособлений и инструмента и меры по эффективному их использованию.

Знания студентов оценивает преподаватель после прочтения реферата с учетом ответов на приведенные выше контрольные вопросы.

Для высокой оценки реферата необходимы: свободное владение материалом, доказательство важности тем и анализ связей между различными параметрами СТО и показателями деятельности предприятия.

2. ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Промышленное оборудование изготавливают специализированные предприятия. Это металлорежущие и балансировочные станки, прессы, краны, конвейеры, очистные машины и другие технологические объекты.

2.1. Разборочное и очистное оборудование

2.1.1. Содержание разборочных и очистных работ

Разборку машин делят на *общую* и *узловую*. При этом на рабочих местах общей разборки машину последовательно разбирают на агрегаты, а агрегаты – на сборочные единицы, а затем на рабочих местах узловой разборки сборочные единицы разбирают на детали.

Разборочные работы вместе с очистными, сменяя друг друга, выполняются на одном производственном участке, как правило, поточным методом. Разборочно-очистной процесс включает следующие операции:

- очистка наружных и внутренних поверхностей еще неразобранных агрегатов или машин;
- подразборка;
- очистка подразобранных объектов;
- общая и узловая разборка объектов;
- общая очистка деталей и сборочных единиц;
- очистка отдельных деталей от прочных загрязнений, очистка масляных каналов в корпусных деталях и снятие лакокрасочных покрытий;
- очистка подшипников, приборов систем питания и электрооборудования;
- сбор, очистка и сортировка крепежных деталей.

Очистной операцией процесс начинается, такой же операцией он и завершается. Трудоемкость разборочно-очистных работ составляет 11 – 13 % от общей трудоемкости ремонта машин, из них 60 – 65 % приходится на разборочные работы.

2.1.2. Разборочное оборудование

Основные работы, выполняемые на разборочном участке – технологическое перемещение ремонтируемых объектов, разборка резьбовых и прессовых соединений. Потребность в разборочном оборудовании определяется числом и размерами резьбовых соединений, а также количеством, размерами и натягами прессовых соединений. Разборка сопряжена с большим объемом работ по перемещению изделий.

Например, при разборке автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,8 л разъединяют около семисот резьбовых соединений с наружным диаметром резьбы от 3 до 36 мм. Необходимый момент для их разборки составляет 3 – 560 Нм. Резьбовые детали состоят из болтов и винтов (31 %), гаек (35 %), шпилек (24 %), пробок, штуцеров, краников и других деталей (10 %). Двигатель имеет также около 50 наименований прессовых соединений. Значения усилий для их разборки меняются в пределах 1,7 – 40 кН.

Моменты отворачивания крепежных деталей после их длительной эксплуатации превышают в 1,7 – 2,2 раза нормативные сборочные моменты (табл. 2.1), а необходимые усилия для разборки прессовых соединений в 1,20 – 1,25 раза больше сборочных усилий.

Таблица 2.1

Крутящие моменты, необходимые для разборки резьбовых соединений

Размер резьбы	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24	M27
Крутящий момент, Нм	15– 20	20– 50	40– 80	60– 120	100– 150	150– 200	180– 300	200– 350	300– 450	350– 500

Резьборазборочное оборудование. В единичном производстве применяют универсальные наборы гаечных ключей (рожковых, накидных и в виде головок с воротками) и отверток. В условиях ремонтного завода резьбовые соединения разбирают с помощью гайковертов. Их использование повышает производительность труда в 3 – 5 раз и снижает вероятность повреждения резьбы крепежных деталей.

Применяют пневматические (ИП-3111, ИР-3112 и др.), электрические (И-319, И-330, И-322, ИЭ-3601, ИЭ-3602, ИЭ-3115, ИЭ-3112 и др.) и гидравлические гайковерты.

Пневматические гайковерты получили наибольшее применение, они наиболее надежны, особенно при перегрузках. Их недостатками являются малый КПД, повышенный шум при работе и повышенные требования к чистоте и давлению сжатого воздуха. Схема устройства пневматического гайковерта ударного действия представлена на рисунке 2.1. При нажатии на кнопку пускового устройства открывается клапан подачи сжатого воздуха, который поступает в пневмодвигатель и вращает ротор. Вращение ротора передается ударно-вращательному механизму, преобразующему непрерывное вращательное движение в периодическое ударное, которое через шпиндель передается резьбовому соединению.

Электрические гайковерты питаются током повышенной частоты (200 Гц), они обладают лучшей динамической характеристикой и более экономичны. Необходимую характеристику тока получают с помощью преобразователей его частоты.

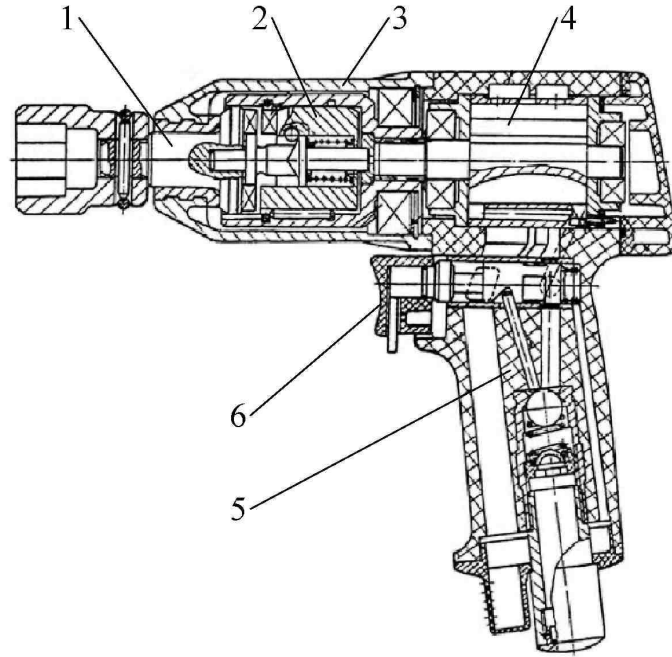


Рис. 2.1. Схема устройства пневматического гайковерта ударного действия: 1 – шпindelь; 2 – ударно-вращательный механизм; 3 – корпус; 4 – пневматический ротационный двигатель; 5 – рукоятка с пусковым устройством и механизмом реверсирования; 6 – кнопка

Гидравлические гайковерты развивают большие крутящие моменты (500 Нм и более) и обладают высоким КПД. Применение их сдерживается необходимостью иметь автономные гидравлические станции.

По характеру приложения нагрузки к разбираемому соединению различают гайковерты статического, ударно-импульсного и вибрационного действия.

В гайковертах *статического* действия крутящий момент, передаваемый от двигателя через редуктор, непосредственно передается на шпindelь. Такие гайковерты входят составной частью в специализированные станды для разборки агрегатов, например, в станд ОР-7399 для отвертывания гаек стремянок рессор.

В *ударно-импульсных* гайковертах крутящий момент от привода передается в виде ударных импульсов. Реактивный момент практически равен нулю. Эти гайковерты получили наибольшее применение.

В *вибрационных* гайковертах статический момент при разборке сочетается с вибрацией шпинделя. Использование вибрации способствует снижению разборочного момента. Однако эти гайковерты сложные и оказывают неблагоприятное влияние на организм разборщика.

При больших объемах ремонта целесообразно использование многошпиндельных гайковертов (рис. 2.2), которые повышают производи-

тельность труда в несколько раз по сравнению с одношпиндельными гайковертами. Многошпиндельные гайковерты имеют по одному двигателю на каждый шпиндель или один двигатель на все шпиндели (центральный привод). Многошпиндельные гайковерты с общим двигателем более экономичны.

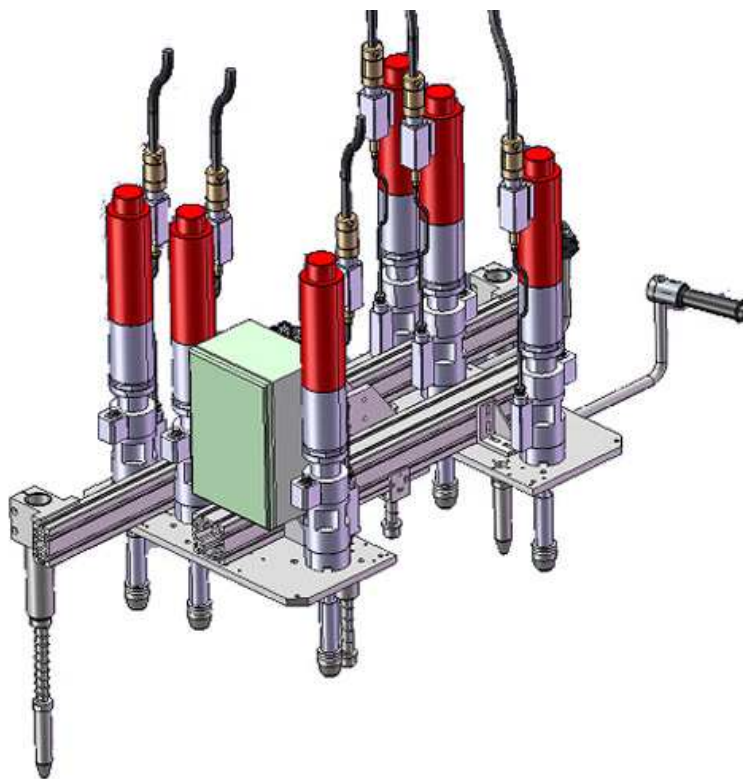


Рис. 2.2. Схема многошпиндельного пневматического гайковерта, собранного из нормализованных элементов

Прессоразборочное оборудование. При небольших объемах производства прессовые соединения разбирают с помощью ручных винтовых съемников, которые развивают усилие до 50 кН. Для разборки узлов автомобилей используют, например, комплект съемников ОРГ-8947. Для выпрессовывания шарикового подшипника из торца коленчатого вала двигателя используют съемник 00Б-195-5-00.

Специальные прессы, мобильные прессы (рис. 2.3) и механизированные съемники повышают производительность труда в 3 – 5 раз по сравнению с ручными съемниками, использующими мускульную энергию. Широкое применение получили пневматические (давление 0,4 – 0,6 МПа) и гидравлические (давление 10 – 25 МПа) приводы. В ремонтном производстве распространен универсальный гидравлический съемник ОР-8846. Наиболее производительными являются многопостовые гидравлические установки, исполнительные агрегаты которых содержат сменные захваты. Установ-

ку ОР-14234 (ОР-13755) для выпрессовывания гильз цилиндров используют при объемах ремонта двигателей 7 – 30 тыс. в год. Привод ее пневмогидравлический, усилие выпрессовывания 400 кН, число шпинделей 3.

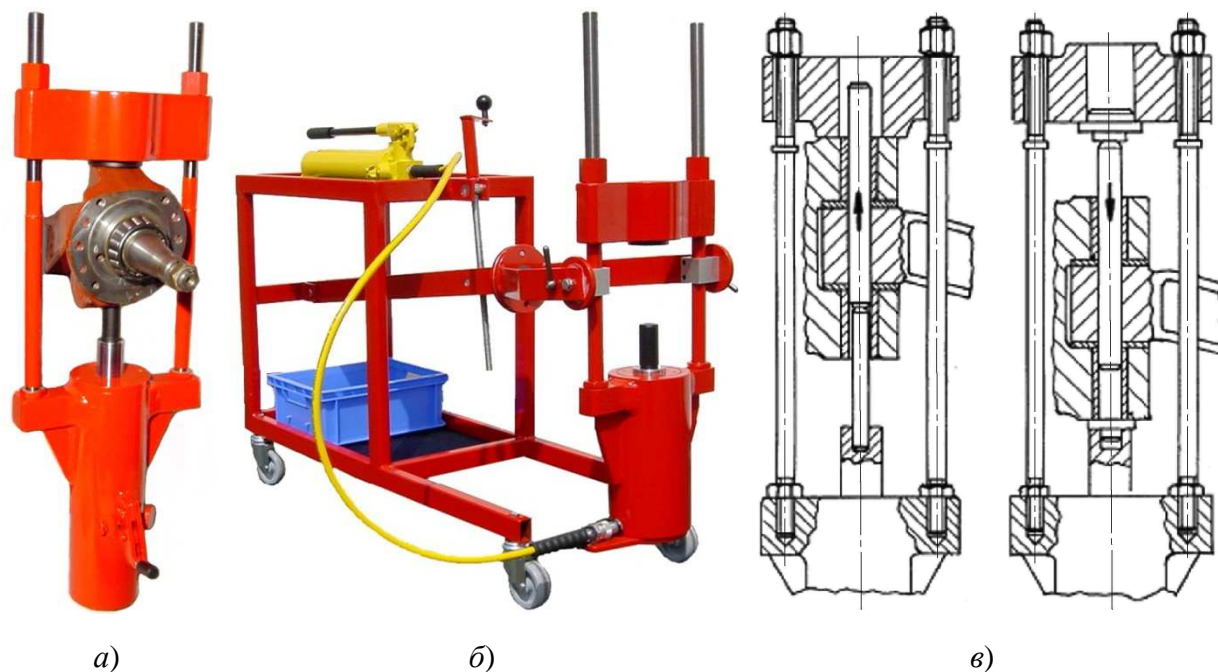


Рис. 2.3. Схема мобильного гидравлического пресса для выпрессовывания и запрессовывания шкворней: *а* – внешний вид пресса; *б* – мобильный пресс в сборе; *в* – схема работы пресса

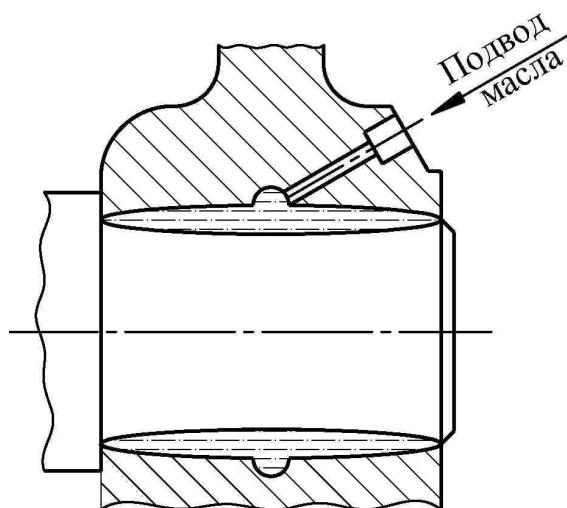


Рис. 2.4. Схема подачи масла при разборке соединений гидропрессовым способом

Для уменьшения повреждаемости прессовых соединений при их разборке используют подачу масла в зону соприкосновения поверхностей под давлением 150 – 400 МПа и индукционный нагрев охватываемой детали.

В первом случае необходима предварительная подготовка соединения в виде изготовления канавок и каналов для подвода масла (рис. 2.4).

Во втором случае обеспечивают скорость подачи тепла в охватываемую деталь, превышающую скорость передачи тепла в охватываемую деталь через поверхность их контакта.

2.1.3. Очистное оборудование

Виды и количество очистного оборудования определяются производственной мощностью участка, площадью очищаемых поверхностей деталей и свойствами загрязнений.

Например, принятый в капитальный ремонт двигатель внутреннего сгорания с рабочим объемом 4,8 л имеет на поверхностях своих деталей 5 – 10 кг эксплуатационных загрязнений. Маслопочвенные загрязнения распределены на площади поверхностей 6 м², их доля в общей массе загрязнений составляет 75 – 80 %, асфальтосмолистые загрязнения, остатки лакокрасочных покрытий, нагар и накипь распределены, соответственно, на площади 2,3; 1,5; 0,5 и 1,7 м².

Наибольший объем общей очистки деталей выполняют в струйных или погружных машинах проходного или тупикового типа, заправленных жидкими технологическими средами.

Основные элементы струйной машины проходного типа (рис. 2.5): очистная камера 7, ванна с раствором 6, фильтры 5 и 9, насосный агрегат 11, система гидрантов 8, транспортирующее устройство.

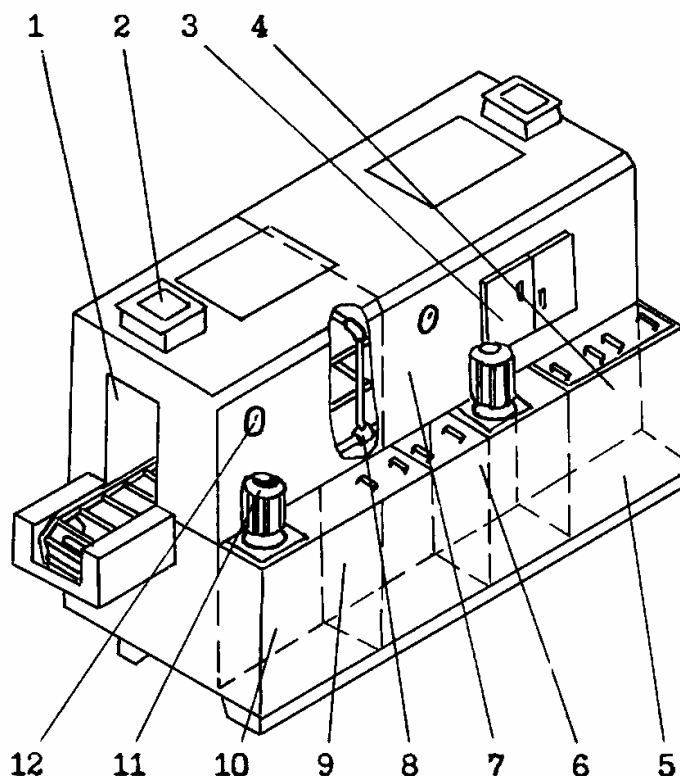


Рис. 2.5. Схема машины для струйной очистки деталей: 1 – тамбур; 2 – вентиляционный отвод; 3 – люк; 4 – флотационный отсек; 5 и 9 – фильтры напорные; 6 – ванна с раствором и нагревательными элементами; 7 – очистная камера; 8 – система гидрантов; 10 – емкость подачи раствора; 11 – насосный агрегат; 12 – приборы

Раствор нагревают паровыми или электрическими теплообменниками. При работе машины насос подает очистную среду под давлением 0,2 – 1,0 МПа в систему гидрантов, которые представляют собой фигурные трубопроводы с множеством сопел. Форма гидрантов, число и направление сопел обеспечивают формирование струй, направленных в наиболее загрязненные места. В некоторых машинах гидранты выполнены подвижными, что позволяет струям раствора взаимодействовать с очищаемой поверхностью с разных направлений со сканирующим эффектом.

Изделия при очистке поступательно перемещаются на транспортере или подвесном конвейере относительно гидрантов. Перемещение деталей на подвесном конвейере обеспечивает лучшее качество их очистки, а перемещение на решетчатом транспортере исключает время их завешивания на подвески.

Схема устройства машины погружного типа представлена на рисунке 2.6. Внутри ванны 5 на опорах установлен вал 4 с крестовинами. Вал приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор. На шипы крестовины устанавливаются контейнеры 3 с деталями. Теплообменник 7 нагревает раствор. Маслосборник 6 и устройство для сбора загрязнений 2 с насосом 8 поддерживают чистоту раствора. Дно ванны выполнено с уклоном для облегчения удаления шлама.

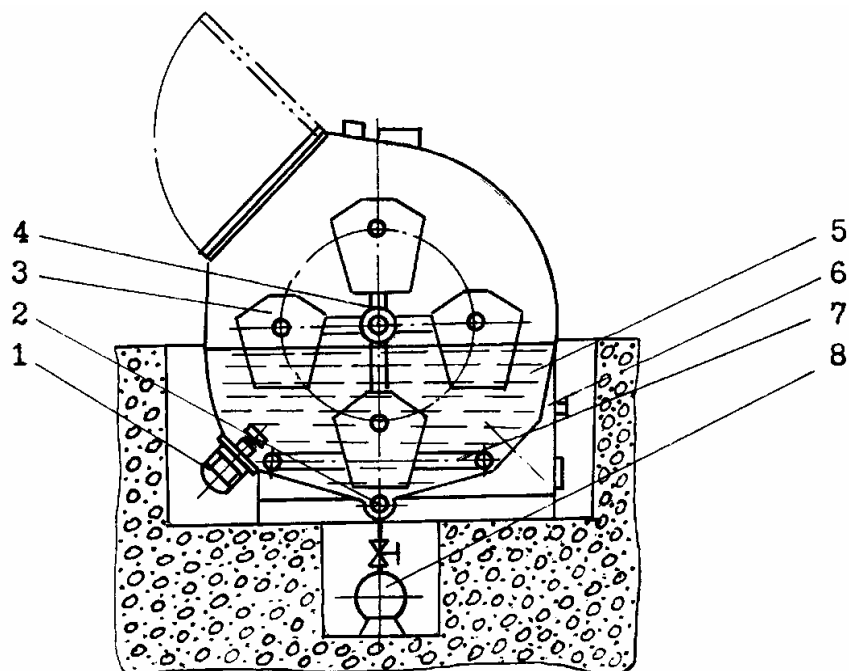


Рис. 2.6. Принципиальная схема машины для погружной очистки деталей от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений: 1 – ротор-активатор; 2 – устройство для сбора загрязнений; 3 – контейнер; 4 – вал с крестовинами; 5 – ванна; 6 – маслосборник; 7 – теплообменник; 8 – насос

Машина работает следующим образом. При открытой крышке ванны устанавливаются контейнеры с очищаемыми изделиями на шипы крестовин. Закрывают крышку и включают привод вращения вала. Контейнеры с очищаемыми изделиями с частотой 3 – 10 мин⁻¹ погружаются в очистной раствор и извлекаются из него. Частоту вращения вала выбирают из расчета, чтобы раствор успевал заполнять полости деталей и вытекать из них во время нахождения очищаемого изделия в растворе и над ним соответственно. Это обеспечивает непрерывное обновление раствора на очищаемых поверхностях деталей и повышение скорости очистки изделий.

Производительность и качество очистки увеличиваются при использовании радиальных роторов-активаторов, осевых винтов и ультразвуковых излучателей.

Машины струйного типа легко приспособляются к конвейерной очистке, они менее металлоемки, у них меньшая мощность механического привода, однако эти машины требуют большего расхода тепловой энергии на нагрев раствора. Машины погружного типа лишены ряда приведенных недостатков, однако требуют больших трудозатрат на загрузку и выгрузку деталей. Общие затраты на создание и эксплуатацию последних машин меньше, чем струйных. Многие передовые ремонтные заводы ведут очистку ремонтируемой техники только в погружных машинах.

Создан ряд машин, специализированных по очистке деталей от прочных загрязнений различных видов.

Детали топливной аппаратуры очищают в установках УЗВ-15М, УЗВ-16М, УЗВ-17М и УЗВ-18М с ультразвуковыми колебаниями очищающей среды. Каждая из установок включает ванну и ультразвуковые генератор и излучатели.

Установка ОМ-35455М (ГОСНИТИ) (рис. 2.7) предназначена для очистки деталей и узлов тракторов, автомобилей и сельхозмашин от горюче-смазочных материалов и прочих загрязнений на ремонтно-обслуживающих предприятиях, а также для снятия консервационных смазок, очистки деталей перед покрытием в гальванических ваннах, перед окрашиванием.

Температура очистного раствора в камере мойки установки составляет 40 – 85 °С; вместимость бака – 270 л; максимальные габаритные размеры очищаемых деталей – 800×250×380 мм; масса одновременно загружаемых деталей – до 300 кг.

Остатки лакокрасочных покрытий снимают с деталей из черных металлов в роторных погружных машинах, запрограммированных 1,5 – 3,0 %-ным

раствором гидроксида натрия NaOH . Этот способ очистки деталей требует последующего их ополаскивания в растворе технических моющих средств.

Очистка деталей из алюминиевых сплавов от углеводородных отложений эффективна в расплаве щелочей и солей в четырехсекционных машинах ОМ-4944 или ОМ-5458.

Непосредственно отделение загрязнений протекает в первой секции с расплавом гидроксида натрия NaOH (65 %), нитрата натрия NaNO_3 (30 %) и хлорида натрия NaCl (5 %), нагретого до температуры $300\text{ }^\circ\text{C}$. В остальных секциях ведут нейтрализацию, осветление и промывку поверхностей деталей. Очистка деталей из черных металлов допускает повышение температуры расплава до $400 - 420\text{ }^\circ\text{C}$. Эту технологию используют, например, при очистке коленчатых валов с прочными загрязнениями во внутренних полостях шатунных шеек.

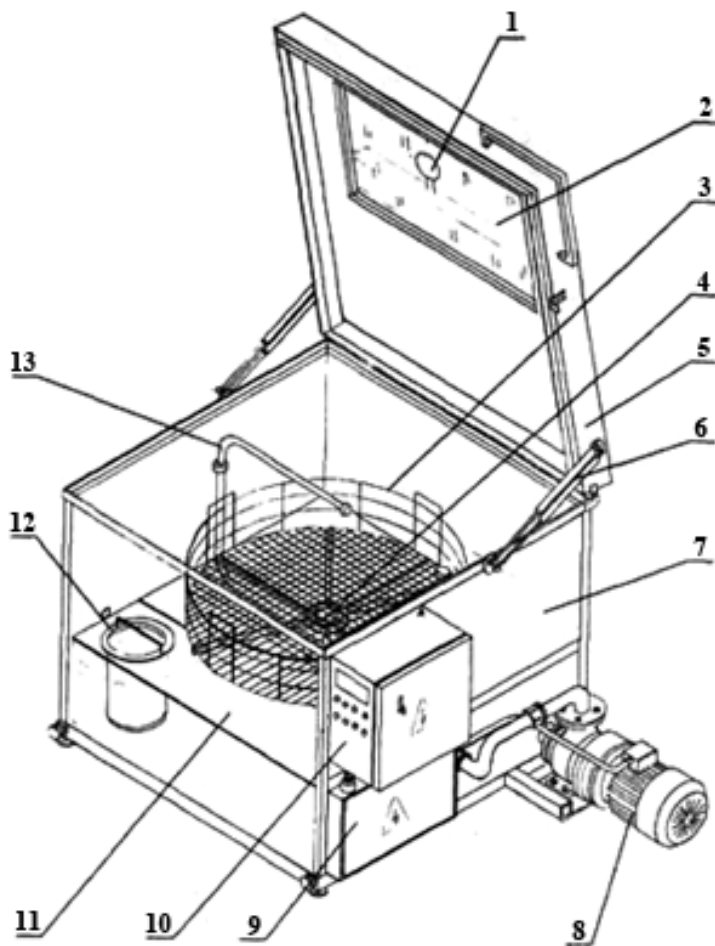


Рис. 2.7. Схема установки моечной стационарной ОМ-35455М: 1 – люк; 2 – окно; 3 – корзина; 4 – стол моечный; 5 – крышка откидная; 6 – пружинный упор; 7 – камера моечная; 8 – насос; 9 – блок нагрева; 10 – электрошкаф; 11 – металлический лист; 12 – фильтр; 13 – ротор

ГОСНИТИ создал передвижные моечные машины (рис. 2.8): передвижную моечную машину ОМ-35468 с бензиновым двигателем (рабочее давление не менее 13 МПа; подача не менее 600 л/ч); моечную машину высокого давления 35494.00.000 с электродвигателем (рабочее давление 17 – 20 МПа; подача 860 л/ч).

Широко применяют очистку деталей из алюминиевых сплавов от прочных загрязнений потоком косточковой крошки, зернами полиэтилена или полиамида и стеклянными шариками в струе сжатого воздуха.

Мониторная машина ОМ-22612 для гидропескоструйной очистки служит для удаления краски, ржавчины, бетонно-цементных отложений и уплотненных остатков органических и минеральных загрязнений. Очистная среда – водопесчаная взвесь, которая подается в зону очистки под давлением до 10 МПа.



а)



б)

Рис. 2.8. Фотографии передвижных моечных машин: а – ОМ-35468; б – 35494.00.000

Гильзы, головки и блоки цилиндров, впускные трубы и другие детали очищают от нагара в машинах М-2023 и ОМ-3181 *потоком косточковой крошки*. Однако эта очистка сопряжена с большими трудозатратами на непрерывное относительное перемещение очищаемого предмета и эжекционного пистолета. Большой расход сжатого воздуха для создания разрежения в эжекционном пистолете обуславливает большие эксплуатационные затраты.

В производство внедрена очистка деталей *стеклянными шариками* диаметром 0,3 – 0,8 мм (рис. 2.9). Этот вид очистки по сравнению с очист-

кой деталей косточковой крошкой более производительна, машина имеет меньшие габариты, а процесс легче механизмуется.

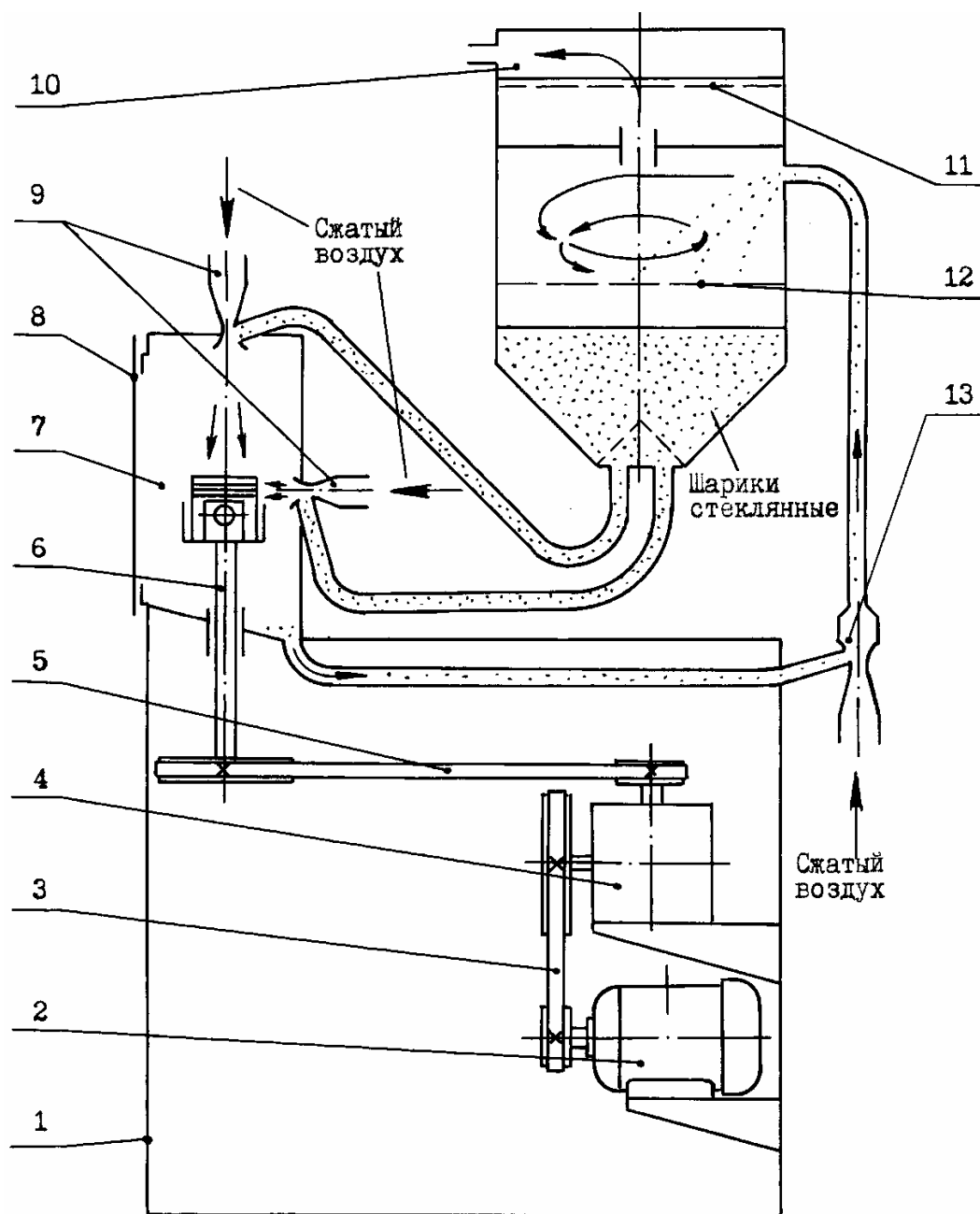


Рис. 2.9. Схема машины для очистки деталей потоком стеклянных шариков: 1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 и 5 – ременные передачи; 4 – редуктор; 6 – вал; 7 – камера; 8 – дверь; 9 – эжекционные форсунки; 10 – сборник-фильтр; 11 – матерчатый фильтр; 12 – сетка; 13 – эжектор

Для очистки крепежных деталей эффективны технологические машины, в которых дробление загрязнений происходит при соударении деталей во время их перекачивания друг через друга в барабане. Разновидностью таких машин является устройство со шнековым барабаном и автома-

тической выгрузкой метизов. Процесс очистки в нем протекает при непрерывном перекачивании и осевом перемещении деталей в очистном растворе за счет вращения барабана.

На рисунке 2.10 представлена схема установки для очистки метизов (болтов, гаек, шайб и др.). Основные элементы установки: ванна 1 и перфорированный барабан 7. Барабан посредством цепной передачи 4 приводится во вращение электродвигателем 2 с редуктором 3. На внутренней поверхности барабана под острым углом к его радиусу закреплены изогнутые разгрузочные пластины 11. Внутри барабана 7 введен гидрант 9 для подачи раствора. В ванне 1 под барабаном установлена подвижная емкость 6, которая поворачивается в вертикальной плоскости с помощью пневмоцилиндра 5, закрепленного на корпусе вне рабочей зоны ванны. Лоток 8 служит для загрузки металлических изделий, а лоток 10 – для их выгрузки.

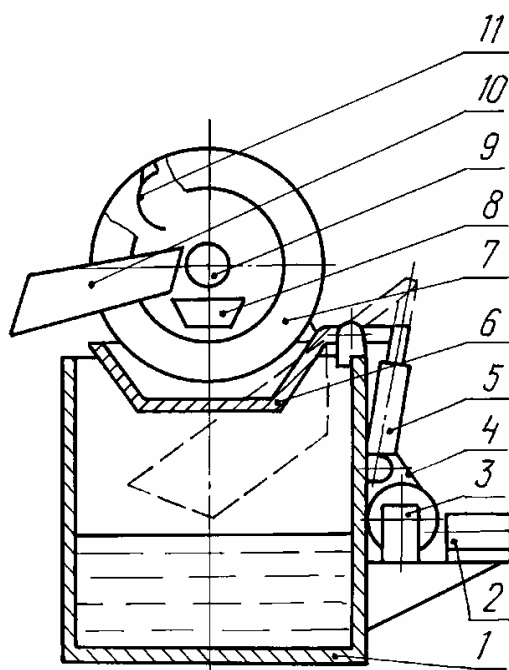


Рис. 2.10. Установка для очистки металлических изделий (метизов): 1 – ванна; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – передача цепная; 5 – пневмоцилиндр; 6 – ванна подвижная; 7 – барабан перфорированный; 8 и 10 – лотки; 9 – гидрант; 11 – пластина разгрузочная

Для очистки автомобилей, тракторов и других машин и их частей ГосНИТИ (Москва) разработал систему очистного оборудования (очистные операции перечислены в разделе 2.1.1). Применительно к ремонту агрегатов с восстановлением их деталей эта система включает струйные машины ОМ-21610 и ОМ-1578 для наружной очистки агрегатов. Для очистки

подразобранных агрегатов и их узлов разработаны погружные машины ОМ-21602, ОМ-22608 и ОМ-22609. Для очистки масляных каналов в блоках цилиндров созданы машины ОМ-3600 и АКТБ-180, для очистки каналов коленчатых валов – ОМ-22601. Мелкие детали (толкатели, коромысла, клапаны, пружины и др.) очищаются в колокольной машине ОМ-6068А производительностью 400 кг/ч с механизированной выгрузкой очищенных изделий.

2.1.4. Оборудование для установки агрегатов и их технологического перемещения

Общую и узловую разборку агрегатов ведут на стендах или конвейерах. Специализированные стенды имеют, как правило, привод для вращения разбираемого агрегата. Примеры такого оборудования следующие.

Стенд ОР-24513 предназначен для разборки двигателя СМД-14, стенды ОР-26275 и ОР-6413 – для разборки коробок перемены передач тракторов, стенд ОР-13791 – для разборки и сборки масляных насосов, стенд ОР-13797 – для разборки водяных насосов двигателей ЯМЗ-238НБ и ЯМЗ-240Б. Кантователь ОР-12065 блоков цилиндров двигателей служит для разборочных и сборочных, а также сварочных и слесарных работ. Его установленная мощность 400 Вт, а угол поворота изделия составляет 360 °.

При объемах ремонта агрегатов, превышающих 1000 год⁻¹, целесообразно использование тележечных конвейеров (рис. 2.11) для поточной разборки. Холостая ветвь конвейера с тележками проходит под полом.

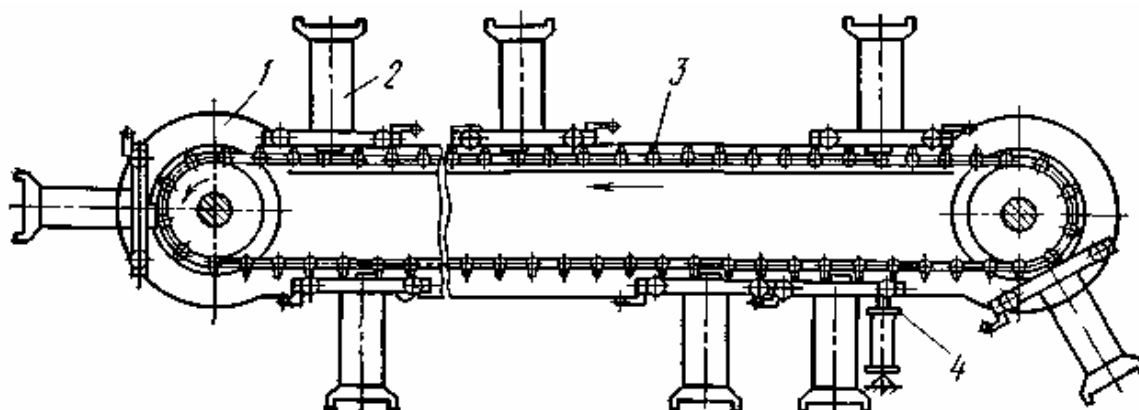


Рис. 2.11. Схема тележечного конвейера для разборки (сборки) агрегатов: 1 – направляющие; 2 – грузонесущая тележка; 3 – тяговая цепь; 4 – останов

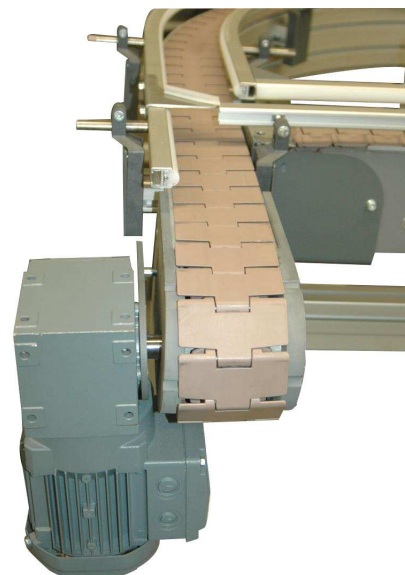
Фотографии современных конвейеров для перемещения изделий представлены на рисунке 2.12.



a)



б)



в)

Рис. 2.12. Фотографии конвейеров фирмы MiniТес для перемещения изделий:
a – роликовый конвейер с приводом; *б* – гибкий конвейер; *в* – сегментный цепной конвейер

2.2. Оборудование для нанесения покрытий

Рабочие места по нанесению покрытий содержат:

- источники питания (энергетические установки);
- станки (стенды) для технологического (вращательного или поступательного) перемещения заготовок, подачи материалов и энергии в зону нанесения покрытий;

- установки, управляющие работой источников питания и подачей основных и вспомогательных материалов;
- баллоны с горючими, окислительными и защитными газами;
- распределительную и регулирующую аппаратуру;
- оргтехоснастку для размещения и хранения заготовок, инструментов и документации.

2.2.1. Источники питания для сварки, наплавки, приварки и напыления

В зависимости от вида используемой энергии и характера ее преобразования различают следующие типы *источников питания* (рис. 2.13):

- трансформаторы, понижающие переменное напряжение до необходимого;
- выпрямители, преобразующие энергию сетевого переменного тока в энергию постоянного тока;
- генераторы, преобразующие механическую энергию вращения в электрическую энергию постоянного тока;
- преобразователи, которые являются комбинацией трехфазных асинхронных двигателей переменного тока и сварочных генераторов и, следовательно, преобразуют сетевую электрическую энергию в электрическую энергию постоянного тока;
- агрегаты, состоящие из двигателей внутреннего сгорания и генераторов постоянного тока с получением сварочного тока за счет использования химической энергии сгорания газообразного или жидкого топлива.

Различают источники питания общепромышленного и специального назначения. К первым относятся источники для ручной сварки покрытыми электродами и механизированной сварки в диоксиде углерода и под флюсом, они предназначены для сварки углеродистых и легированных сталей. Специализированные источники служат для сварки плавящимися и неплавящимися электродами тонколистовых изделий и заготовок из коррозионно-стойких сталей и цветных металлов, а также для выполнения процессов, родственных сварке, – наплавки, напыления, резки. Эти источники относительно сложны и оснащены элементами автоматики.

Единая система обозначения электротехнического оборудования, используемого для сварки, наплавки и напыления, содержит в себе и элементы классификации:

- тип (первая буква в обозначении): трансформатор (Т), выпрямитель (В), генератор (Г), преобразователь (П), агрегат (А), специализированный источник – установка (У);



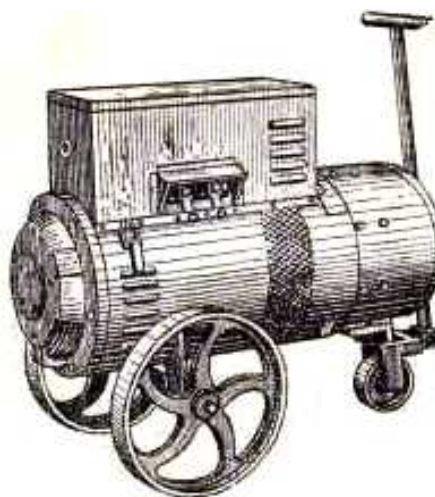
а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 2.13. Фотографии источников питания: а – трансформатор ТДМ-503; б – выпрямитель; в – генератор Eurpower EP-200X1; г – преобразователь ПСГ-350; д – агрегат передвижной АДД-4004П

- вид сварки (вторая буква): дуговая (Д), плазменная (П);
- способ сварки (третья буква): в защитных газах (Г), под флюсом (Ф), универсальный (У), покрытыми электродами (без обозначения). Отсутствие третьей буквы обозначает ручную дуговую сварку электродами;
- назначение источника (четвертая буква): многопостовой (М), однопостовой (без обозначения), для импульсной сварки (И); вид внешней характеристики: жесткая (Ж), падающая (П);
- значение номинального тока (одна или две первые цифры означают округленное значение тока в десятках или сотнях ампер);
- две последующие цифры – регистрационный номер изделия;
- климатическое исполнение (последние одна или две буквы): для стран с холодным климатом (ХЛ), умеренным (У) или тропическим (Т);
- категория размещения (последняя цифра): для работы на открытом воздухе (1), под навесом (2), в неотапливаемом помещении (3), в отапливаемом помещении (4), в помещении с повышенной влажностью (5). Источники питания, имеющие категорию размещения 1, могут эксплуатироваться на открытом воздухе. Они имеют собственную крышу и капот, защищающие их от дождя и снега. Источники питания, имеющие категорию размещения 2, могут работать под навесом, в прицепах и кузовах автомобилей. Они способны выдержать колебания температуры и влажности воздуха, но не защищены от воздействия осадков. Большинство источников (трансформаторов, выпрямителей, преобразователей) относятся к 3-й категории размещения, они могут работать в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без регулирования климатических условий. Оборудование, требующее установки в закрытых помещениях с регулированием климатических условий, относится к 4-й категории размещения. В помещениях с повышенной влажностью работает оборудование 5-й категории.

Пример расшифровки обозначения трансформатора ТДФЖ-1002 УЗ: Т – тип источника (трансформатор); Д – вид сварки (дуговая); Ф – способ сварки (под флюсом); Ж – тип внешней характеристики (жесткая); 10 – сила номинального тока в сотнях А (на 1000 А) 02 – регистрационный номер разработки; У – климатическое исполнение (для стран с умеренным климатом); 3 – категория размещения (для работы в неотапливаемом помещении).

Используют источники питания переменным током:

- трансформаторы типа ТД с подвижными обмотками. Для ручной сварки и наплавки применяют трансформаторы ТД-102У2, ТД-300, ТД-306У2, ТДМ-317У2 ТД-500, ТДМ-503У3 и др. Для механизированной сварки и наплавки используют трансформаторы ТДФ-1001, ТДФ-1002, ТДФ-1601 и др.;

– трансформаторы для ручной сварки с магнитным шунтом СТШ-250, СТШ-300, СТШ-500, СТШ-500-80 и др.

Получили применение источники питания постоянным током:

– выпрямители для дуговой сварки ВД-201УЗ, ВД-306УЗ, ВДГИ-302УЗ, ВСЖ-302, ВД-401УЗ и др.;

– выпрямители для механизированной сварки и наплавки ВДГ-302, ВСЖ-303, ВС-600, ВДГ-601, ВДГ-1001 и др.;

– универсальные выпрямители ВДУ-504, ВДУ-1201УЗ, ВДУ-1601 и др.;

– выпрямители для многопостовой сварки ВКСМ-100-1-1, ВДМ-1001, ВДМ-1601, ВМГ-5000, ВДУМ-401 и др.;

– генераторы ГД-304У2, ГСМ-500У2, ГСО-300-5У2 и др.;

– преобразователи ПД-305У2, ПД-502У2, ПСО-300-2У2, ПСГ-500-1УЗ и др.;

– агрегаты для ручной сварки в полевых условиях АДД-303У1, АСБ-300У1.

Для сварки и наплавки выпускают поличастотные источники питания ТДП-301-Ремдеталь и ТДП-302-Ремдеталь. Для плазменной наплавки, сварки и напыления выпускаются установки УД-417 ИЭС им. Е.О. Патона, УПС-301, УМП-5, УПУ-3 и УПС-503.

Для ручной сварки и наплавки применяют источники питания с крутопадающей характеристикой, для механизированной наплавки под флюсом – с пологопадающей, а для механизированной наплавки в среде CO_2 – источники с жесткой характеристикой.

Перспективными источниками питания являются инверторные выпрямители (рис. 2.14). *Инвертор* – устройство, работающее на постоянном токе с применением полупроводниковых микросхем и преобразующее постоянное напряжение в высокочастотное переменное.

Сравнительная характеристика инверторных источников питания представлена в таблице 2.2.



Рис. 2.14. Фотография инверторного источника питания Caddy Arc 201i (ESAB, Швеция)

Таблица 2.2

Сравнительная характеристика инверторных источников питания

Аппарат, фирма-изготовитель, страна	Диапазон регулирования силы сварочного тока, А	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Master-1500, Kemppi, Финляндия	15–150	390×155×285	10,0
Mmarc-140, Kemppi, Финляндия	10–140	305×123×250	4,8
InvertecV 160-S, Lincoln Electric, США	5–160	320×200×430	10,5
Caddy Tig 150, ESAB, Швеция	3–150	310×130×250	5,5
Tecnica 1600, Telwin, Италия	5–150	280×150×195	3,3
Mito 160 MMA, Mito, Италия	5–160	175×430×245	14,0
TINY 150, Kjellberg, Германия	5–150	320×110×260	5,4
SI601, Cemont, Италия	5–150	145×235×340	7,7
Торус-200, ООО «ТОР», Россия	40–200	115×185×280	5,0
Форсаж-160, Государственный Рязанский приборный завод, Россия	40–315	410×180×390	10,0
ВДУ4-1371, АО «Спецэлектромаш», Россия	5–130	365×139×196	8,0
ВМЕ-160, ООО НПЦ «ПромЭл-2000», Россия	15–160	175×300×86	3,6

2.2.2. Станки для наплавки заготовок

Институт электросварки им. Е.О. Патона (Киев) разработал станки типа У-651, У-652, У-653 и У-654, предназначенные для дуговой наплавки различных поверхностей деталей. Высокий уровень внутригрупповой унификации этих станков позволил создать ряд станков как по типам наплавляемых (свариваемых) изделий, так и по размерам этих изделий (рис. 2.15). Технические характеристики станков представлены в таблице 2.3.

Станок У-651 предназначен для наплавки наружных поверхностей гладких цилиндрических деталей типа валов методом винтового наложения валика шва и зубчатых деталей типа шлицевых валов и шестерен методом прямолинейного наложения валика шва, а также сварки заготовок кольцевыми и продольными швами простой формы. В состав станка входят: вращатель, наплавочная (сварочная) головка, пульт управления, сварочный выпрямитель, сварочные кабели.

Компоновочная схема станка базируется на общей станине и состоит из собственно станка, наплавочного автомата А-1408У4 для дуговой наплавки (подачи проволоки), сварочного выпрямителя ВДУ-504 и сварочных кабелей, связывающих между собой станок и сварочный выпрямитель. Все механизмы и устройства, за исключением сварочного выпрямителя, смонтированы на общей станине.

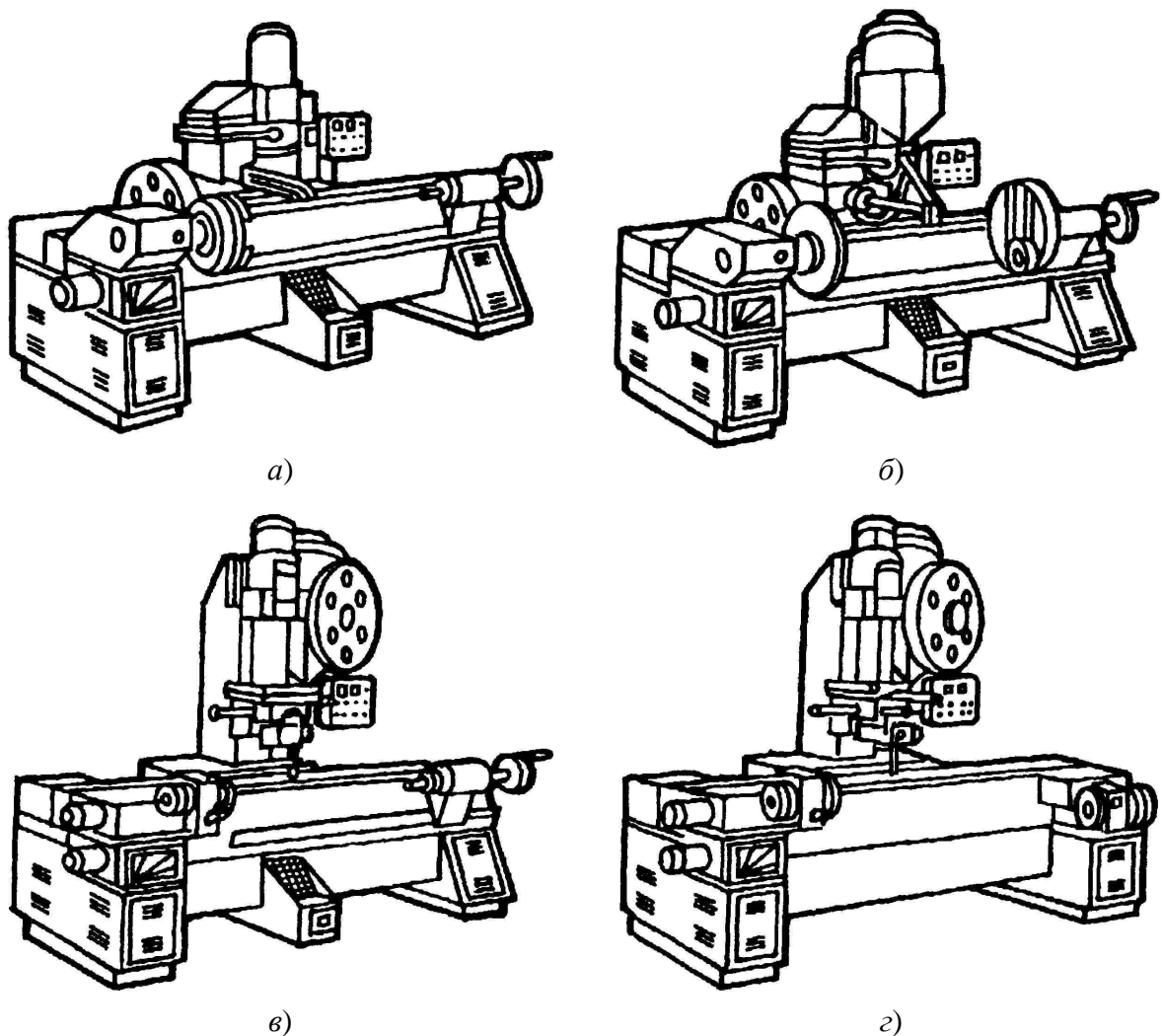


Рис. 2.15. Компонировочные схемы станков для электродуговой наплавки деталей: *а* – станок У-651 для наплавки валов; *б* – станок У-652 для наплавки коленчатых валов; *в* – универсальный наплавочный станок У-653; *г* – наплавочный универсальный двухпозиционный станок У-654

Наплавляемое изделие закрепляется в патроне вращателя и при необходимости поджимается задней бабкой. При наплавке нежестких изделий на направляющие станка может быть установлен люнет. Частота вращения заготовки определяется настройкой коробки скоростей. Наплавочная (сварочная) головка имеет индивидуальный привод маршевого перемещения для настроечного перемещения ее к месту начала наплавки. При наплавке гладких цилиндрических изделий нанесение покрытия происходит при одновременном вращении изделия и поступательном движении наплавочной головки. При наплавке изделий типа шлицевых валов и шестерен покрытие наносят при поступательном движении наплавочной головки и неподвижном наплавляемом изделии.

Таблица 2.3

Техническая характеристика наплавочных станков общего назначения
из унифицированных узлов

Характеристика	У-651	У-652	У-653	У-654
Наплавочный аппарат	A1408	A1409	A1406	A1406
Наплавляемая поверхность	Наружная цилиндрическая, шлицы	Коренные и шатунные шейки коленчатых валов	Наружная и внутренняя цилиндрическая, коническая и плоская	Наружная цилиндрическая, коническая, шлицы
Наплавляемая заготовка: – диаметр, мм – длина, мм – масса, кг	20 – 150 (500)* 1300 150	100 1300 150	50 – 800 1300 200	50 – 800 1300 200
Диаметр проволоки, мм, при наплавке: – под слоем флюса – порошковой проволокой – в среде CO ₂	– 2 – 3 1 – 2	1 – 2 2 – 2,5 –	2 – 5 2 – 3,6 –	3 – 5 2 – 2,5 –
Габаритные размеры станка, мм	2720×1800× ×2050	2720×1800× ×2900	2720×1400× ×3050	2900×1400× ×3050
Масса, кг	1580	1630	1740	1840
Особые характеристики	Вариант исполнения одно- и двухмундштучный	Наплавка шейки и галтели автоматически по кулачку	Для внутренней наплавки специальная приставка на аппарате	Две позиции, обслуживаемые поочередно

* – при массе изделия не более 150 кг

Станок У-652 предназначен для наплавки коленчатых валов под слоем флюса. Станок позволяет закреплять коленчатый вал любого типоразмера. Станок состоит из собственно станка, наплавочного автомата для дуговой наплавки (подачи проволоки), сварочного выпрямителя и сварочных кабелей, связывающих между собой станок и сварочный выпрямитель, флюсосборника.

Станок У-653 предназначен для дуговой наплавки под флюсом сплошной проволокой и открытой дугой порошковой проволокой наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также зубьев изделий типа шлицевых валов и шестерен и изделий с плоскими поверхностями. На станке можно также выполнять сварку изделий, которые имеют кольцевые и продольные швы простой конфигурации. Станок состоит из собственно станка, наплавочного автомата А-1406У4 для дуговой наплавки (подачи проволоки), сварочного выпрямителя ВДУ-1001 и сварочных кабелей, связывающих между собой станок и сварочный выпрямитель, флюсосборника.

Подлежащее наплавке или сварке изделие, которое представляет собой тело вращения, закрепляется в патроне вращателя. Для наплавки конических и плоских круглых поверхностей вращатель можно устанавливать под необходимым углом. При необходимости, при сварке или наплавке цилиндрических и шлицевых поверхностей, изделие поджимается задней бабкой. Дополнительно на направляющие станка может устанавливаться люнет. Для сварки изделий некруглой формы с продольными швами и наплавки плоских поверхностей на направляющие станка может быть установлен дополнительный стол. Режим наплавки и сварки определяется настройкой коробки скоростей.

Станок У-654 предназначен для наплавки наружных цилиндрических и конических, а также плоских поверхностей под слоем флюса. Станок состоит из собственно станка, наплавочного автомата для дуговой наплавки (подачи проволоки), сварочного выпрямителя и сварочных кабелей, связывающих между собой станок и сварочный выпрямитель, флюсосборника.

Все станки имеют унифицированные станины, тумбы и стойки. На станинах установлены механизмы вращения заготовок с коробками скоростей и подач. По направляющим станины перемещаются наплавочный автомат и пиноль. Для отвода вредных газов и аэрозолей из зоны наплавки имеются вытяжные зонты.

Универсальная установка АС354-2 (ИЭС им. Е.О. Патона) для наплавки цилиндрических и конических поверхностей (рис. 2.16) предназначена для автоматической электродуговой наплавки в среде защитного газа сплошной или порошковой проволокой цилиндрических и конических поверхностей изделий больших размеров одной или одновременно двумя наплавочными головками. Наплавка выполняется по спирали с регулируемой скоростью, как с колебаниями наплавочных головок, так и без них.



Рис. 2.16. Фотография универсальной установки для наплавки АС354-2

ГосНИТИ разработал станок ОКС-11232 для наплавки заготовок типа валов (в том числе коленчатых). Станок создан на базе унифицированных составных частей и укомплектован сварочным выпрямителем ВДГ-301.

Оборудование нового поколения для нанесения покрытий (табл. 2.4) разработал ВНИИТУВИД «Ремдеталь» (Москва) (рис. 2.17). Особенность этого оборудования состоит в том, что оно способно наносить покрытие как наплавкой, так и напылением на поверхности практически любой формы.

Таблица 2.4

Оборудование ВНИИТУВИД «Ремдеталь» для наплавки покрытий

Обозначение	Источник питания	Назначение
УД-609.02	ПДГ-516	Наплавка порошковыми проволоками
УД-609.03	ПДГ-516	Наплавка под слоем флюса
УД-609.04	ПДГ-616	Наплавка плоских поверхностей в среде CO ₂
УД-609.05	ПДГ-616	Наплавка с газопламенной защитой
УД-609.06	ВДГ-303 + ПДГ-312	Скоростная наплавка цилиндрических заготовок в среде CO ₂
УД-609.07	ВДУ-506	Тонкослойная наплавка
УД-609.08		Наплавка шнуровыми материалами ^{*)}
УД-609.09		Плазменно-порошковая наплавка валов диаметром до 50 мм

^{*)} для подачи шнура применяется пневматический механизм «ТЕНА ТОП-ЖЕТ/2»

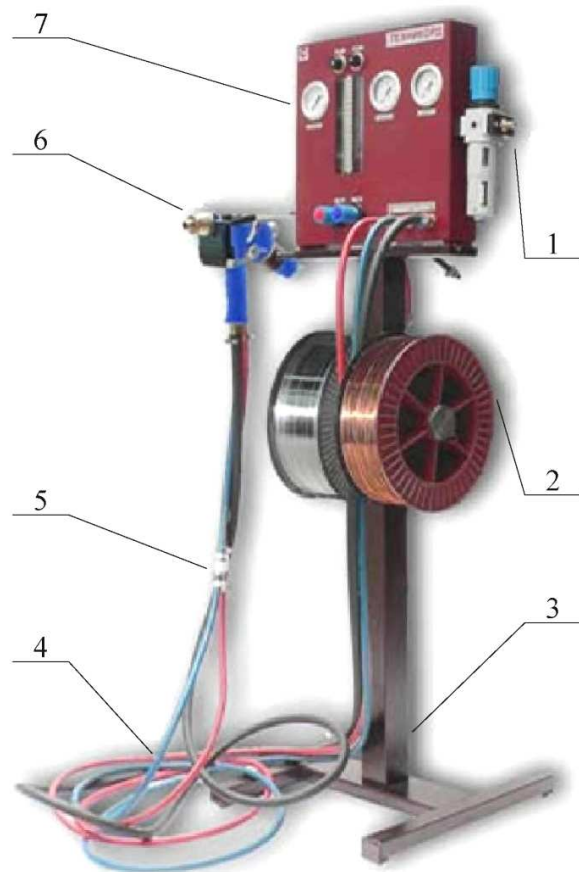


Рис. 2.17. Фотография универсальной установки для нанесения покрытий: 1 – блок подготовки воздуха; 2 – катушки с проволокой или гибким шнуром; 3 – стойка; 4 – резиноканевые шланги; 5 – защитные клапаны; 6 – пистолет-распылитель «ТЕНА ТОП-ЖЕТ/2»; 7 – пульт управления рабочими газами ПУ-03

Пистолет-распылитель «ТЕНА ТОП-ЖЕТ/2», используемый в универсальной установке для нанесения покрытий, представлен на рисунке 2.18.

Каждая технологическая машина, разработанная ВНИИТУВИД «Ремдеталь», состоит из модулей: технологического, перемещения заготовки и сварочной головки, а также управляющего перемещениями.



Рис. 2.18. Фотография пистолета-распылителя «ТЕНА ТОП-ЖЕТ/2»: 1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – пневматический двигатель; 4 – ручка управления подачей проволоки или шнура; 5 – коробка переключения скоростей подачи материала; 6 – ручка зажима подающих роликов; 7 – подающие ролики; 8 – газораспределительный блок; 9 – ручка крана управления подачей газов; 10 – сменные воздушные сопла; 11 – передняя направляющая втулка; 12 – задняя направляющая втулка; 13 – гибкая направляющая; 14 – масленка; 15 – резиноканевые шланги для подачи рабочих газов; 16 – резьбовое отверстие с заглушкой для стационарного крепления пистолета; 17 – ограничитель хода ручки зажима подающих роликов

Технологический модуль для дуговой наплавки включает механизм подачи электродной проволоки из кассеты, механизм подачи флюса или

газа. Модули перемещения заготовки и сварочной головки обеспечивают основные и вспомогательные перемещения, в том числе в начале операции и в ее конце при выходе модуля в исходное положение. Модули прямолинейного и вращательного перемещений оснащены приводами постоянного тока. Погрешность технологических перемещений составляет ± 1 мм. Структура модулей перемещений позволяет использование серийных систем ЧПУ. В зависимости от требований к уровню автоматизации управляющий модуль имеет три модификации для ручного, циклового и контурного управлений. Модификация циклового управления для модуля с четырьмя степенями свободы построена на базе серийного микропроцессорного командоаппарата и системы следящих приводов исполнительных механизмов.

Модификация контурного управления построена на базе серийной системы числового программного управления и обеспечивает перемещение инструмента по сложной траектории. В этом случае для управления технологическим модулем требуется значительный объем памяти процессора для хранения рабочей программы.

Для электрошлаковой наплавки разработана установка ОКС-7755 ГОСНИТИ (рис. 2.19). Ресурсосберегающая установка для электрошлакового переплава инструментальных легированных сталей 5ХНМ, 4Х5МФС, 3Х2МНФ, 3Х3МЗФ и др. в виде отходов инструментального участка с добавкой композиционных брикетов, содержащих легирующие элементы, разработана в БНТУ (Минск).

Для получения покрытий, обладающих высокой износостойкостью и усталостной прочностью, используют электромагнитную наплавку – восстановление и упрочнение изделий в электромагнитном поле путем монолитного соединения расплава ферропорошка с подплавленным материалом детали.

Суть процесса электромагнитной наплавки поверхностей заключается в том, что, заполняя рабочую зону, зерна ферропорошка под воздействием внешнего постоянного магнитного поля выстраиваются вдоль силовых линий, образуя токопроводящие цепочки-микроэлектроды. В момент касания цепочек с восстанавливаемой поверхностью происходит короткое замыкание цепи, в результате чего в рабочей зоне развивается дуговой разряд и происходит расплавление зерен ферропорошка. Образовавшиеся капли расплава переносятся на подплавленную поверхность.

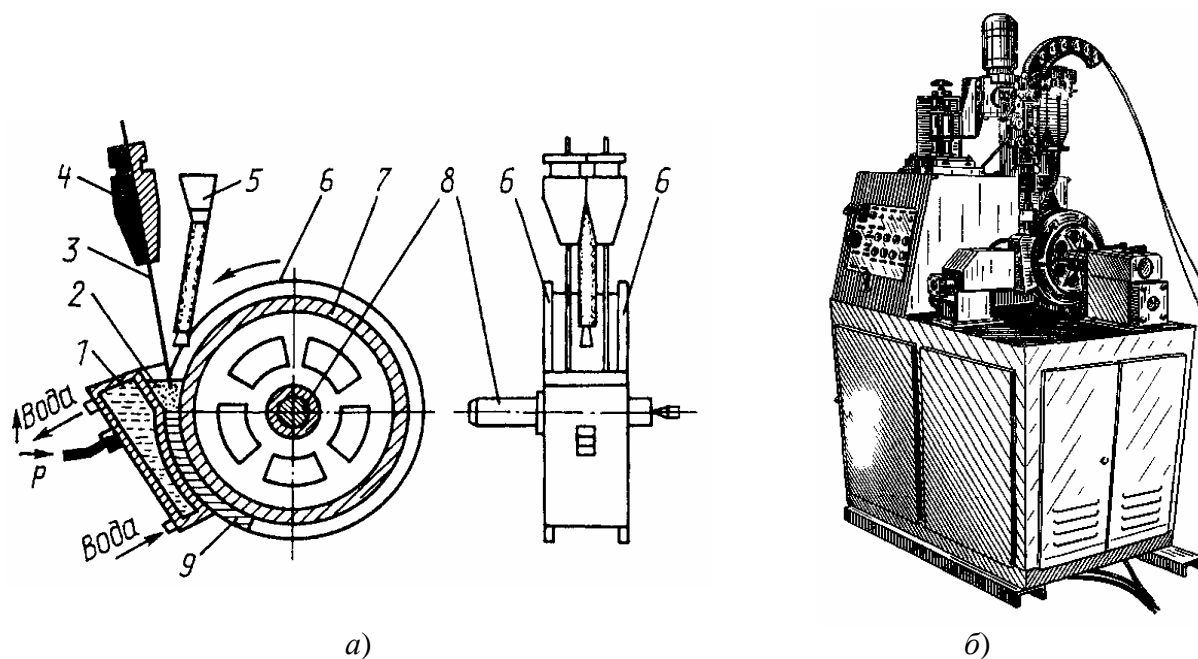


Рис. 2.19. Схема и общий вид установки ОКС-7755 ГОСНИТИ для электрошлаковой наплавки катков и шкивов: *а* – схема процесса; *б* – общий вид; 1 – кристаллизатор; 2 – шлаковая ванна; 3 – электрод; 4 – мундштук; 5 – дозатор легирующих добавок; 6 – габаритные диски; 7 – восстанавливаемая деталь; 8 – оправка; 9 – покрытие

Схема установки для электромагнитной наплавки представлена на рисунке 2.20. Она состоит из следующих элементов: вращатель на базе списанного токарно-винторезного станка; выпрямитель ВД-401; электромагнитный питатель; смеситель; пульт управления; устройство для подачи рабочей жидкости в рабочую зону; электромагнитная система.

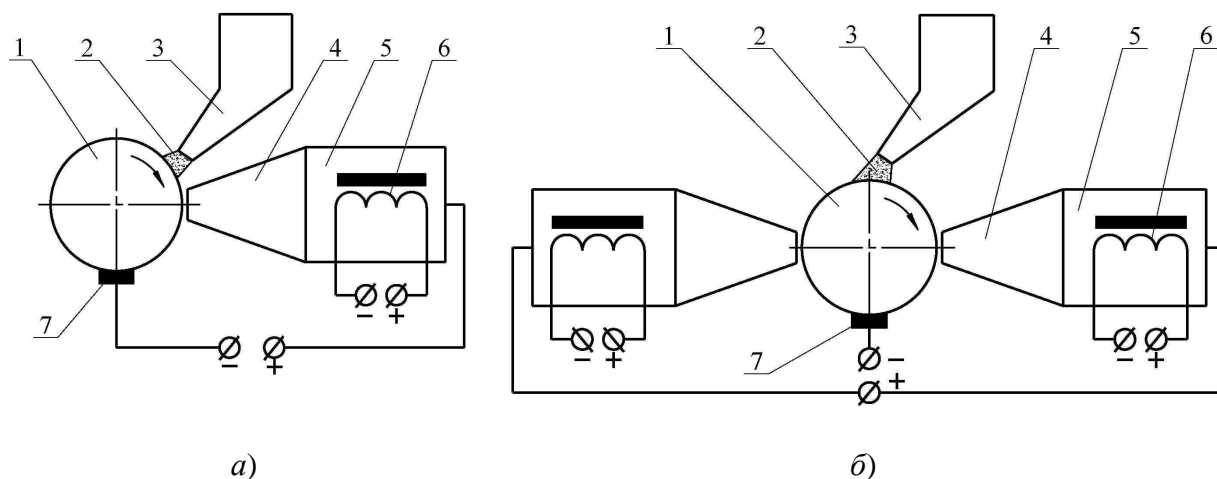


Рис. 2.20. Схема установки для электромагнитной наплавки: *а* – однополюсной; *б* – двухполюсной; 1 – заготовка, 2 – порошок, 3 – бункер, 4 – наконечник, 5 – корпус, 6 – электромагнит, 7 – щетка

Внешний вид установки для электромагнитной наплавки представлен на (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Внешний вид установки для электромагнитной наплавки

В производстве используют также станки, специализированные для восстановления определенных видов деталей (УД-133, УД-140, УД-143, УД-144, УД-209, УД-233, УД-283, УД-284, УД-299, УД-302, У-651, ОКС-11200, ОКС-11236, ОКС-11238, ОКС-11336, ОКС-14408, ОКС-27432, ОКС-27414, ОКС-27508, 011-1-00 «Ремдеталь»).

Например, установку УД-209 используют для дуговой наплавки цилиндрических поверхностей, 01-03-172 «Ремдеталь» – для индукционной наплавки клапанов, 01-06-081 «Ремдеталь» – для дуговой наплавки гладких и шлицевых валов, 01.07-005 «Ремдеталь» – для дуговой наплавки торцов зубьев шестерен, УД-302 – для наплавки опорных катков тракторов. Установка 0113-016 «Ремдеталь» служит для наплавки заготовок с неравно изношенной поверхностью. Она позволяет изменять скорость подачи проволоки и частоту вращения детали, что приводит к изменению толщины покрытия. Для наплавки в среде защитного газа используют наплавочный станок УД-294 с газозащитной горелкой.

Для подачи проволоки используют головки и полуавтоматы А-348, А-409, А-537, А-547У, А-547Р, А-580М, А-765, А-929, А-1197, А-1230М, ОКС-1252М, ПДГ-301, ПДГ-501, ПДПГ-515, Гефест и др. Специальные наплавочные головки ОКС-6569М и ОКС-1252 обеспечивают подачу наплавочной проволоки и ее вибрацию. Последние головки могут работать также в режиме наплавки в среде защитного газа и под слоем флюса при нанесении покрытий на наружные и внутренние поверхности. Скорость подачи электродной проволоки составляет 0,52 – 4,5 м/мин. Габаритные размеры устройств – 730×300×700 мм, масса – 60 кг.

Механизмы для подачи и вибрации проволоки являются основной частью наплавочных вибродуговых установок и служат для подачи к месту наплавки электродной проволоки и вибрации конца проволоки с заданной частотой и размахом.

Для вибродуговой наплавки используют источники питания с жесткой внешней характеристикой: генераторы АДН-500/250, выпрямители ВС-300, ВС-600, ВДГ-301; ВДГ-302; ВДГИ-101, ВДГИ-301, преобразователи ПД-305, ПСГ-500, ПСО-300, ПСО-300-2, ПСО-300-3, ПСО-300М и ПСО-315М. Используют дроссели типа А-780 или А-855 конструкции ИЭС им. Е.О. Патона, дроссели РСТЭ-24 или РСТЭ-34 от сварочных трансформаторов СТЭ-24, СТЭ-34 или дроссельную обмотку трансформатора СТН-500. При использовании указанных дросселей для получения нужного значения индуктивности следует сделать отводы от верхнего ряда обмотки через 1 – 2 витка для последующей их коммутации.

Степень совершенства установок для вибродуговой наплавки определяется конструкцией их колебательной системы, особенно видом привода системы, который может быть электромагнитным, электромеханическим или пневматическим.

Наиболее распространены вибродуговые установки с электромагнитными вибраторами. Они достаточно просты в устройстве, позволяют легко настраивать систему на заданную амплитуду вибрации конца электродной проволоки и обеспечивают частоту вибрации 100 Гц (при включении вибратора в стандартную сеть переменного тока с частотой 50 Гц). Для вибродуговой наплавки широкое применение получили установки типов ОКС-6569, ОКС-1252А, ВК-3, ВДГ-3, ВДГ-5, ВДГ-65 и др.

Вибродуговые установки могут иметь верхний или боковой подвод электродной проволоки. Боковой подвод проволоки используют преимущественно для наплавки цилиндрических деталей.

Установка конструкции Челябинского тракторного завода (ЧТЗ) (рис. 2.22) с боковым подводом электродной проволоки состоит из корпуса с опорным узлом 5 для его крепления на станке установки; механизма 2 подачи электродной проволоки; колебательной системы 3 и 4; мундштука 6 для направления проволоки к наплавляемой детали 7, подвода тока к электродной проволоке, сообщения вибрации концевой части проволоки и подачи защитных газов в зону горения дуги; барабана 1 для электродной проволоки.

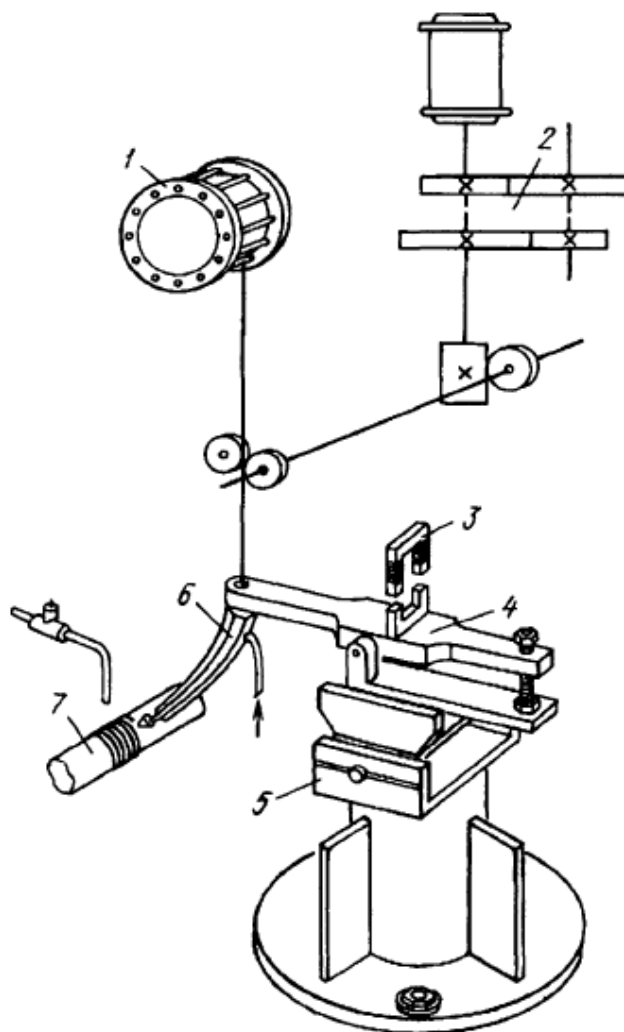


Рис. 2.22. Схема вибродуговой установки конструкции ЧТЗ

Вибродуговая установка ОКС-6569 (ГОСНИТИ) (рис. 2.23) предназначена для вибродуговой наплавки металла в углекислом (CO_2) или другом защитном газе проволокой сплошного сечения диаметром 1,2 – 2 мм, а также для вибродуговой наплавки открытой дугой самозащитной порошковой проволокой диаметром 2 – 3 мм. Опорный узел 5 позволяет менять положение основной части аппарата по высоте, поворачивать аппарат вокруг горизонтальной оси. Благодаря использованию различных мундштуков 4, можно вести наплавку с боковым или верхним подводом электродной проволоки к детали, с различным смещением места подвода проволоки с верхней точки детали.

Установка ОКС-6569 снабжена мундштуками для наплавки внутренних цилиндрических поверхностей с минимальным диаметром при вибродуговой наплавке в струе жидкости 45 мм, в углекислом газе – 55 мм. Во всех случаях, отключив вибратор, можно вести наплавку без вибрации электрода.

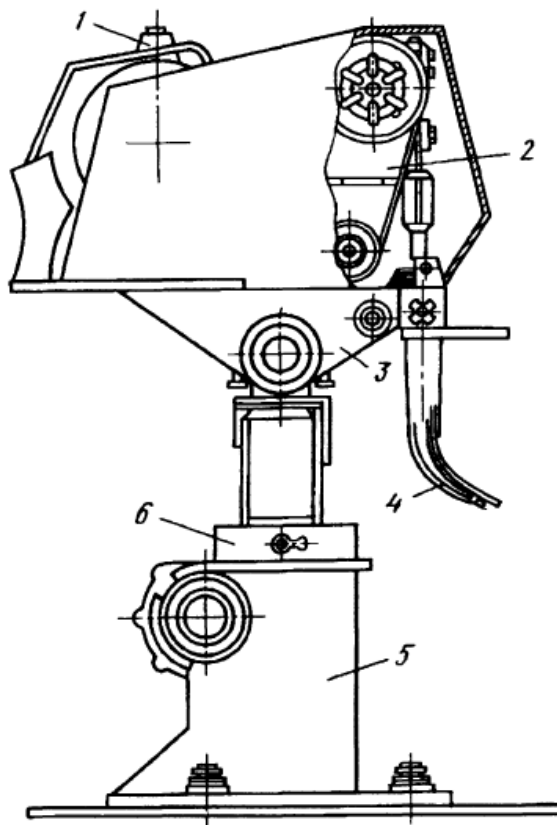


Рис. 2.23. Схема вибродуговой установки ОКС-6569: 1 – электродвигатель; 2 – механизм подачи проволоки; 3 – вибратор; 4 – мундштук для подвода проволоки к детали; 5 – опорный узел; 6 – механизм подъема

В автоматической вибродуговой установке ВДГ-3 (рис. 2.24) использован электромагнитный привод вибрации электрода с питанием катушек 1 электромагнита переменным током частотой 50 Гц от трансформатора с рабочим напряжением 36 В. При таких условиях частота колебаний электродной проволоки составляет 100 Гц. Параметры колебательной системы обеспечивают ее работу в области резонанса без стуков в магнитопроводе и без существенного изменения амплитуды конца электрода. Это в значительной мере достигается путем демпфирования колебательной системы с помощью гидравлического амортизатора 4, двух пружин, стабилизирующих колебания якоря, подкладок из эластичной резины толщиной 14 мм, размещенных под пружинами.

Значительное влияние на стабильность работы колебательной системы оказывает электродная проволока, проходящая по каналу мундштука 6. Изнашивание канала и увеличение его размеров приводят к поперечному перемещению проволоки в канале и нарушению стабильности вибрации конца электрода.

Для устранения этого недостатка служит специально разработанный мундштук (рис. 2.25) с откидной цепочкой 2, которую можно поджимать к проволоке с помощью регулируемой пружины и устранять этим зазоры между проволокой 1 и стенкой мундштука. Стабилизация перемещения проволоки в мундштуке приводит к стабилизации вибрации конца электрода.

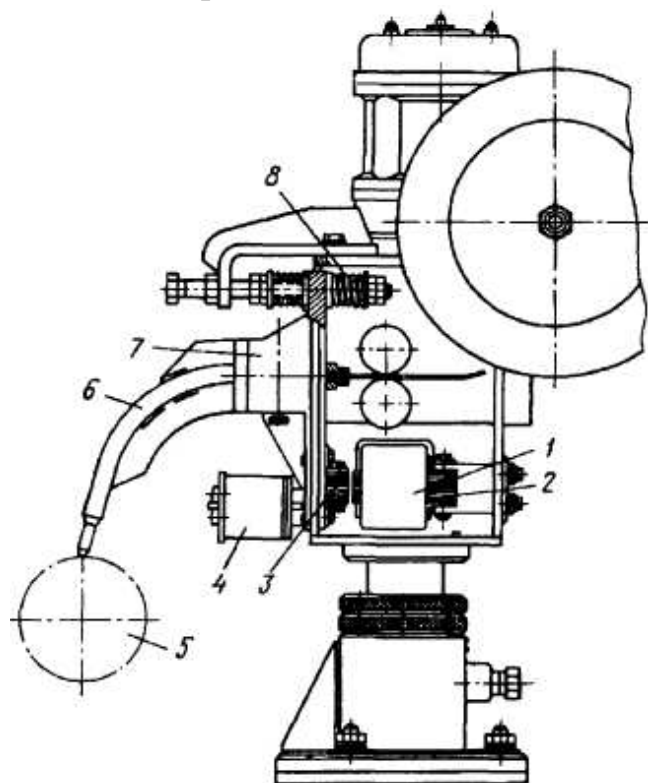


Рис. 2.24. Схема вибродуговой установки ВДГ-3: 1 – катушка электромагнита; 2 – ярмо; 3 – якорь; 4 – гидравлический амортизатор; 5 – наплавляемая деталь; 6 – мундштук; 7 – вибрирующий кронштейн; 8 – пружины

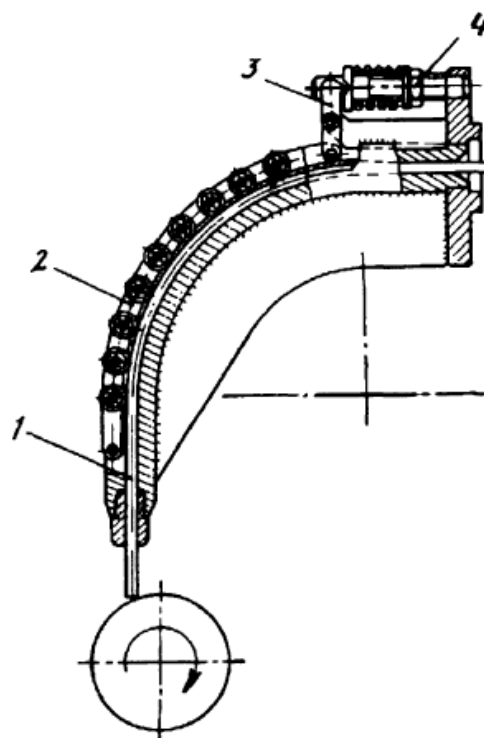


Рис. 2.25. Схема мундштука с пружинным поджатием электродной проволоки: 1 – электродная проволока; 2 – откидная цепочка; 3 – регулировочное коромысло; 4 – регулировочная гайка

Подача электродной проволоки в вибродуговом аппарате ВДГ-3 осуществляется с помощью трехфазного асинхронного электродвигателя типа ПА-22, перемотанного на напряжение 36 В. Его мощность составляет 0,125 кВт при частоте вращения 2800 мин^{-1} . Вращение якоря двигателя через червячную и две цилиндрические пары передается на вал одного из электродоподающих роликов. Валы роликов связаны шестеренной передачей, поэтому оба ролика являются ведущими. Это позволяет применять для наплавки мягкую проволоку и проволоку диаметром 3 мм, подача которых затруднена на аппаратах с одним ведущим роликом. Изменение скорости подачи проволоки производится с помощью сменных шестерен. Диапазон изменения скорости 54,7 – 86,4 м/ч.

Червячная и первая цилиндрическая пары заключены в отдельный корпус и составляют редуктор аппарата. Вторая сменная цилиндрическая пара размещена вне редуктора, на его корпусе, и защищена металлическим кожухом. Она позволяет регулировать скорость подачи проволоки.

Аппараты для автоматической вибродуговой наплавки устанавливаются на станках вибродуговых установок. Конструкции станков зависят от формы наплавляемых поверхностей деталей. В случае наплавки деталей с цилиндрическими поверхностями конструкции станков обеспечивают установку заготовки детали и ее вращение вокруг своей оси с линейной скоростью точек поверхности детали, равной скорости наплавки, а также перемещение вибродугового аппарата вдоль оси детали со скоростью, соответствующей расчетной подаче. В связи с отсутствием централизованного выпуска станков вибродуговые установки чаще всего монтируют на базе токарных станков с подачей суппорта до 4 мм/об. При этом расстояние между центрами и высота центров должны соответствовать габаритным размерам наплавляемых поверхностей деталей.

В зависимости от диаметра детали и толщины покрытия частота вращения шпинделя станка должна составлять $0,3 - 20 \text{ мин}^{-1}$. Для получения нужной скорости между двигателем и станком устанавливают редуктор, снижающий частоту вращения шпинделя, причем каждая последующая ступень шпинделя должна отличаться от предыдущей не более чем на 20 %, а разница между смежными значениями подачи суппорта – не более 0,4 мм/об. Вибродуговой аппарат закрепляется на суппорте токарного станка в месте крепления резцедержателя. Для защиты поверхностей направляющих станины служат резиновые фартуки или металлические щитки, прикрывающие направляющие и перемещающиеся вместе с суппортом. Станок снабжен системой подачи охлаждающей жидкости на деталь.

Вибродуговые установки для наплавки плоских поверхностей состоят из подъемного стола, на котором устанавливается наплавляемая деталь, и расположенных над столом направляющих с перемещающейся по ним специальной кареткой. Наплавочная головка крепится на этой каретке, имеющей устройства для регулирования скорости перемещения.

Для плазменной наплавки используют установки УД-417 (ИЭС им. Е.О. Патона), УПН-303 (завод «Электрик»), УПН-602 и др. Можно использовать установки плазменной сварки УПС-301, УПС-403, УПС-804, а также установки для плазменного напыления УМП-5, УМП-6, УПУ-3, УПУ-5 после изменения электрической схемы и замены плазмотрона. Для плазменно-порошковой наплавки валов диаметром до 50 мм ВНИИТУВИД «Ремдеталь»

совместно с ИЭС им. Е.О. Патона разработали установку УД-609.09 с источником питания ВДУ-506. Производственный интерес представляет комплект КПН-01.23-215 «Ремдеталь», состоящий из поста 01.23-21 и установки плазменно-порошковой наплавки 01.05.185 с вращателем заготовок.

Установка 01.05.185 «Ремдеталь» для плазменной наплавки заготовок имеет высоту центров 200 мм и расстояние между ними 600 мм. Обеспечивает толщину покрытия 0,15–1,50 мм и производительность по расходу порошка 0,72–2,40 кг/ч.

Создан ряд установок, специализированных по видам восстанавливаемых деталей. Например, для наплавки коленчатых валов имеется установка 01.16.001 «КАСАХ».

Для внутри- и межоперационного перемещения заготовок создан ряд установок. Кантователь ОКС-6768 служит для вращения с частотой 3 мин⁻¹ заготовок корпусных деталей (блоков цилиндров, картеров мостов и короб передач и др.). Кантователь позволяет вращать заготовки длиной до 1080 мм на угол 360 °. Грузоподъемность и масса кантователя 350 кг, мощность электродвигателя 0,25 кВт. Кантователь 70-0864-1308 служит для технологического перемещения головок цилиндров двигателей СМД-14 и А-41, кантователь ОРГ-8897М – для блока цилиндров двигателя ЯМЗ-240. Рольганг 70-7871-1526 используют для межоперационного поступательного перемещения головок цилиндров.

Фирма Hettiger Stellite (Германия) выпускает современное автоматизированное оборудование для наплавки изделий. Типичные элементы установок для наплавки приведены на рисунке 2.26.



Рис. 2.26. Фотографии элементов установок для наплавки: *а* – позиционер для установки и вращения деталей; *б* – источник питания и система охлаждения (справа); *в* – порошковый питатель для наплавки под флюсом; *г* – блок управления установкой (см. также с. 59)



в)



г)

Рис. 2.26. Окончание

Установка Valve Star II (рис. 2.27) полностью автоматизирована и предназначена для наплавки фасок клапанов автомобильных двигателей.



Рис. 2.27. Фотография установки Valve Star II для наплавки фасок клапанов автомобильных двигателей

Автоматизированная установка Coating Star III (рис. 2.28) предназначена для плазменной наплавки наружных и внутренних поверхностей различных деталей, например, винтов экструдеров и валов длиной до 10 метров.

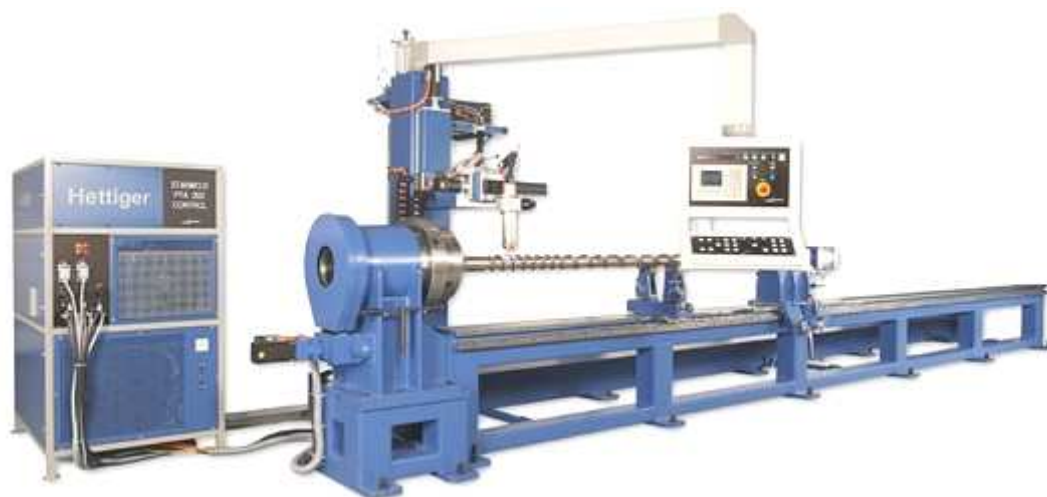


Рис. 2.28. Фотография установки Coating Star III для плазменной наплавки поверхностей деталей

Модернизированная установка Coating Star III (рис. 2.29) имеет поворотный стол, который обеспечивает большую гибкость при наплавке поверхностей габаритных изделий, таких как валы и другие детали длиной до 6 метров и массой до 5 тонн.



Рис. 2.29. Фотография модернизированной установки Coating Star III с поворотным столом для плазменной наплавки

Значительное увеличение производительности достигнуто на установке Coating Star III с двумя стойками (рис. 2.30). При этом один оператор управляет двумя наплавочными (сварочными) головками.



Рис. 2.30. Фотография установки Coating Star III с двумя стойками для плазменной наплавки

2.2.3. Станки для электроконтактной приварки металлических материалов

Электроконтактную приварку металлических материалов выполняют с помощью промышленных контактных сварочных машин, например, МШ-1 или МШК-2002 (К-421М). Регулируемые импульсы сварочного тока получают с помощью прерывателей, а также конденсаторных источников питания с зарядным напряжением 875 – 900 В и емкостью рабочих конденсаторов 2000 – 2300 мкФ. Специализированное оборудование для нанесения покрытий электроконтактной приваркой на различные поверхности заготовок разрабатывалось ВНИИТУВИД «Ремдеталь», ЧИМЭСХ, МГАУ им. В.П. Горячкина, Институтом механики и надежности машин НАН Беларуси. Для электроконтактной приварки металлического материала применяют передвижные посты ПШКС-01-74. Electrodes установок изготавливают из медных сплавов типа БрХ, БрХК, БрНБТ и БрВНТ.

Ремонтно-технологическое оборудование ВНИИТУВИД «Ремдеталь» блочно-модульного строения для электроконтактной приварки металлических материалов представлено в таблице 2.5. Потребляемая мощность единицы оборудования 150 кВА, расход охлаждающей жидкости составляет 2,2 м³/ч.

Таблица 2.5

Оборудование для электроконтактной приварки металлических материалов

Обозначение	Восстанавливаемые элементы	Характеристика
01.01-095 *)	Зубья зубчатых колес масляных насосов НШ-32, НШ-46	Производительность 80 зубьев/ч
01.08.005	Конические поверхности седел клапанов	Производительность 50 мин ⁻¹
01.08.006	Фаски клапанов	Диаметр тарелок клапанов 35–60 мм, толщина покрытия 0,2–1,5 мм, производительность до 55 ч ⁻¹
01.11.022	Наружные и внутренние поверхности крупногабаритных деталей	Масса заготовок до 200 кг, производительность процесса 100 см ² /мин
011-1-02 011-1-02М 011-1-02Н	Наружные и внутренние поверхности тел вращения	Поверхности диаметром 15–250 мм и длиной до 1200 мм. Толщина покрытий 0,2–1,0 мм, производительность процесса до 100 см ² /мин
011-1-04	Наружные поверхности (в т. ч. шлицы) тел вращения	Толщина покрытий 0,2–2,5 мм, диаметр заготовки 20–160 мм
011-1-05	Наружные поверхности (в т. ч. резьбы) тел вращения	Диаметр поверхности 10–150 мм, толщина покрытия 0,3–1,5 мм, производительность 15 см ² /мин
011-1-06 011-1-06.01	Внутренние поверхности гильз цилиндров	Толщина ленты 0,4–0,6 мм, диаметр восстанавливаемого отверстия 100–300 мм, длина до 300 мм ^{**)}
011-1-07	Наружные поверхности гильз цилиндров	Толщина ленты 0,4–0,6 мм, диаметр пояска до 180 мм ^{**)}
011-1-08	Поверхности отверстий шатунов	Толщина покрытий 0,2–1,0 мм, диаметр восстанавливаемого отверстия 55–150 мм ^{**)}
011-1-10	Поверхности стаканов подшипников	Толщина ленты 0,2–1,0 мм, диаметр наружной поверхности 100–250 мм, внутренней – 60–180 мм
011-1-11	Поверхности отверстий корпусных деталей	Толщина покрытия 0,2 – 1,5 мм, диаметр восстанавливаемого отверстия 80–300 мм, длина до 350 мм
*) Приобретают в комплекте с приспособлением для шлифования зубьев шестерен 02.03.190 «Ремдеталь»		
**) Производительность нанесения покрытий составляет 60 см ² /мин		

Для электроконтактной приварки проволоки созданы установки УКН-5, -6, -8М, -9, -10, -11. Восстановление изношенных резьбовых поверхностей с шагом резьбы до 2 мм целесообразно проводить на установке 011-1-05. На установке 011-1-11 также можно наносить покрытия на поверхности коренных опор блоков цилиндров. На установке 01-11-022М наносят покрытия на резьбовые поверхности и шейки валов. Производительность ее в 6 – 7 раз превышает производительность установки 011-1-05.

Установка УЭН-01 (НПП «Велд», Россия) изготовлена на базе токарно-винторезного станка модели 163. На этой установке возможна приварка проволоки на поверхности массивных валов больших размеров (рис. 2.31). Приварка осуществляется одновременно двумя присадочными проволоками, подаваемыми под верхний и нижний роликовые электроды, что повышает производительность процесса (рис. 2.32). Механизм крепления роликовых электродов, а также сварочный трансформатор размещены на поперечном суппорте станка и в случае необходимости могут отводиться назад так, чтобы роликовые электроды не мешали установке и снятию массивных валов с помощью грузоподъемного механизма.



Рис. 2.31. Фотография установки УЭН-01 для электроконтактной приварки проволоки

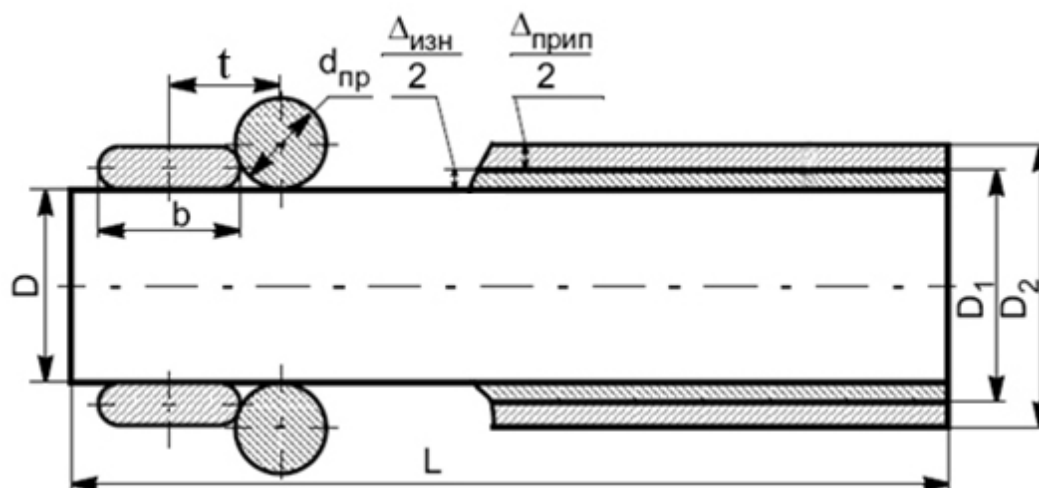


Рис. 2.32. Заготовка с покрытием, наносимым электроконтактной приваркой проволоки: D – диаметр изношенной детали, мм; D_1 – номинальный диаметр детали, мм; D_2 – диаметр заготовки после приварки, мм; $d_{пр}$ – диаметр привариваемой проволоки, мм; b – ширина приваренного валика, мм; $\Delta_{прип}$ – припуск на механическую обработку, мм; L – длина покрытия, наносимого в один переход, мм; $\Delta_{изн}$ – износ детали, мм; t – шаг приварки, мм

Концы присадочных проволок 4 (рис. 2.33) прижаты роликовыми электродами 1 к заготовке 5, при этом образуется электрическая цепь вторичного контура сварочного трансформатора Tr . При пропускании в этом контуре импульсов сварочного тока большой величины и малого напряжения происходит приварка проволоки к поверхности детали. Сплошной валик наваренного металла образуется при вращении детали с угловой скоростью ω так, чтобы валики приваренного металла перекрывали друг друга. Восстановление всей поверхности осуществляется приваркой по винтовой линии за счет продольной подачи S роликовых электродов. Толщина слоя зависит от количества ходов. Подача в зону приварки охлаждающей воды 3 приводит к закалке приваренного металла и предотвращает перегрев всей детали.

Конструкция установки обеспечивает возможность отдельной вертикальной регулировки положения каждого роликового электрода относительно оси центров установки. При этом используют верхний и нижний роликовые электроды различного диаметра, что в случае необходимости позволяет осуществлять протачивание рабочей поверхности только одного, изношенного электрода. Для регулирования режимов приварки установка оснащается регуляторами контактной сварки РЦС-403, РКС-801, РКМ-803М.

Для автоматизированной электроконтактной приварки различных материалов (стальной ленты, проволоки и порошков) на наружные цилиндрические поверхности создана установка 01.01.187.

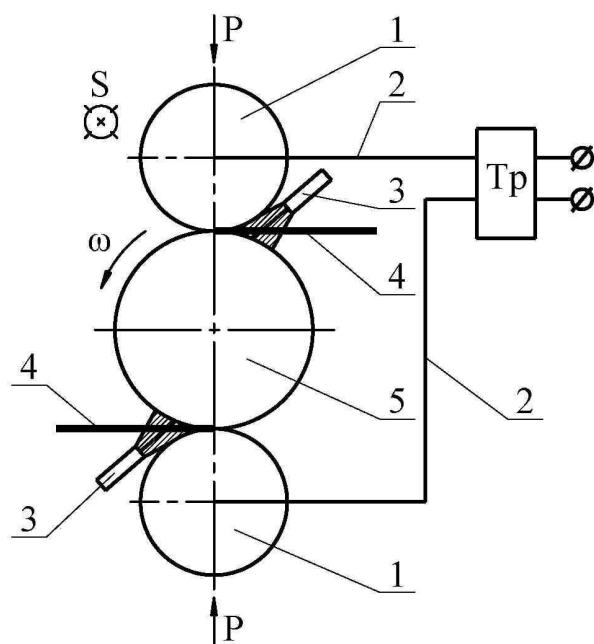


Рис. 2.33. Схема установки УЭН-01: 1 – роликовый электрод; 2 – кабель от сварочного трансформатора; 3 – подача охлаждающей воды в зону приварки; 4 – присадочная проволока; 5 – заготовка; Tr – трансформатор; S – продольная подача роликовых электродов; P – сила прижима роликовых электродов

2.2.4. Оборудование для напыления покрытий

Для подготовки поверхностей под напыление применяют дробеструйные установки, в том числе, например, установку струйной обработки 026-7 и камеру механизированную 02.05-125 «Ремдеталь».

Установка струйной обработки 026-7 «Ремдеталь» массой 245 кг потребляет сжатый воздух под давлением 0,8 МПа (расход 45 м³/ч), заправлена зернами корунда и обладает производительностью 0,4 м².

Применяется также установка струйно-абразивной обработки «ТЕНА УСАО-1300» (ГНУ «Институт порошковой металлургии», Минск) (рис. 2.34), которая предназначена для очистки и создания заданной шероховатости на поверхностях деталей, подлежащих покрытию методами газотермического напыления.

Установка струйно-абразивной обработки «ТЕНА УСАО-1300» массой 280 кг потребляет сжатый воздух под давлением 0,5 МПа (расход 40 м³/ч), она заправлена стальной или чугунной дробью или зернами электрокорунда.



а)



б)

Рис. 2.34. Фотографии установки струйно-абразивной обработки ТЕНА УСАО-1300: а – фронтальный вид установки с открытой рабочей камерой; б – вид установки с крышкой

Установка беспыльной струйно-абразивной обработки «ТЕНА УСАО-БП» (ГНУ «Институт порошковой металлургии», Минск) (рис. 2.35) предназначена для беспыльной очистки плоских металлических поверхностей от ржавчины, окалина и старой краски, при подготовке их под окрашивание, напыление, нанесение различных специальных покрытий и



Рис. 2.35. Фотография установки беспыльной струйно-абразивной обработки ТЕНА УСАО-БП

сварку. Тип и система установки: однокамерная, прерывистого действия, нагнетательной системы с эжекторным отсосом.

Установка беспыльной струйно-абразивной обработки «ТЕНА УСАО-БП» массой 106 кг потребляет сжатый воздух под давлением 0,5 – 0,7 МПа (расход до 300 м³/ч), она заправлена стальной или чугунной дробью или зернами электрокорунда, имеет производительность 1 – 6 м²/ч.

Источники питания постоянного тока, применяемые для напыления, имеют жесткую вольт-амперную характеристику. Используют источники: ИПН 160/600, ВС-300, ВСЖ-303, ВДГ-302, ВС-600, ВДГ-601, ВДУ-504, ВДУ-1001, ГД-502 и др.

В практике электродугового напыления используют металлизаторы мощностью 5 – 20 кВт, потребляющие ток силой 80 – 600 А под напряжением 15 – 50 В. Выпускают аппараты для электродугового напыления стационарные (станочные) ЭМ-6, ЭМ-12 и МЭС-1 и переносные (ручные) ЭМ-3, РЭМ-3А, ЭМ-9 и ЭМ-10. В странах СНГ наиболее распространены дуговые металлизаторы ЭМ-12, ЭМ-14 и ЭМ-15, техническая характеристика которых представлена в таблице 2.6.

Создано много установок, специализированных по видам процесса напыления и восстанавливаемых деталей.

Установки 011-1-01 и 011-1-09 «Ремдеталь» предназначены для газопламенного напыления порошковых материалов на валы. В комплект каждой из установок входят вращатель, пульт управления, питатель ОКС-5531 и пистолет, который механически перемещается вдоль оси детали со скоростью 0,07 – 7,50 мм/с.

В комплект поста 01.05-148 «Ремдеталь» для газопламенного напыления и газопорошковой наплавки порошков и прутков входят стол сварщика, две горелки и организационная оснастка. Пост 01.05-149 «Ремдеталь» отличается от предыдущего наличием установки 011-1-01 с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя и подачи каретки с пистолетом. Пост 01.05-161 «Ремдеталь» служит для газопламенного напыления заготовок типа «вал», в т. ч. коленчатых валов. Пост ЭМП-2 «Ремдеталь» служит для электродугового напыления.

Техническая характеристика металлаторов

Показатели	Аппараты		
	ЭМ-12	ЭМ-14	ЭМ-15
Тип	стационарный	переносной	стационарный
Производительность распыления, кг/ч:			
– алюминия	14	12,5	25
– цинка	38	32	65
– стали	20	10	–
Диаметр проволоки, мм	1,5 – 2,5	1,5 – 2,0	2,0 – 3,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	3,8 – 14,2	2 – 12	1 – 14
Привод механизма подачи проволоки	электродвигатель	воздушная турбина	электродвигатель
Способ регулирования скорости подачи проволоки	сменной шестерен в гитаре редуктора	плавным магнитным торможением ротора	плавным электронным регулированием частоты вращения
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	2,5	1,5	2,5
Сила рабочего тока, не более, А	500	400	800
Рабочее напряжение, В	17 – 35	17 – 44	17 – 35
Масса, кг:			
– пульта управления	–	–	31,5
– металлатора	22,6	2,3	15

ГНУ «Институт порошковой металлургии» выпускает полуавтоматическую камеру напыления «ТЕНА-КПАН» с пультом управления газами «ТЕНА-ПУГ» (рис. 2.36). Камера полуавтоматического напыления (массой 400 кг имеет производительность 0,9 – 10,5 кг/ч, длина обрабатываемой детали до 800 мм, диаметр – до 300 мм, масса – до 50 кг) предназначена для вращения деталей типа «вал» и продольного перемещения аппарата-распылителя (пистолета) (рис. 2.37) при газопламенном нанесении покрытий. Установка обеспечивает работу в ручном и полуавтоматическом режимах.



Рис. 2.36. Фотография полуавтоматической камеры напыления «ТЕНА-КПАН»



a)



б)

Рис. 2.37. Фотографии пистолетов для напыления: *a* – пистолет порошковый «ТЕНА-П»; *б* – пистолет «ТЕНА-ГШ» с электродвигателем для распыления гибких шнуров и проволок

Научно-производственная фирма «Плазмацентр» (Санкт-Петербург) выпускает установку для электродугового напыления КДМ-2 (рис. 2.38), оснащенную источником тока ТИМЕЗ-500 и электродуговым металлизатором ЭМ-14М (рис. 2.39).



Рис. 2.38. Фотография установки для электродугового напыления КДМ-2



Рис. 2.39. Фотография электродугового металлизатора ЭМ-14М

«ВНИИавтогенмаш» разработал и выпускает стационарный электродуговой металлизатор ЭМ-19 (рис. 2.40). Аппарат состоит из распылительной головки с механизмом подачи проволоки, мотора-редуктора и многофункционального блока управления. Металлизатор обладает высокой работоспособностью как на жестких, так и на пластичных проволоках, имеет повышенный ресурс токоподводов, расширенный набор функций блока управления. Мотор-редуктор не требует обслуживания в процессе эксплуатации. Аппарат может поставляться в комплекте с источником питания дуги и кассетным блоком.

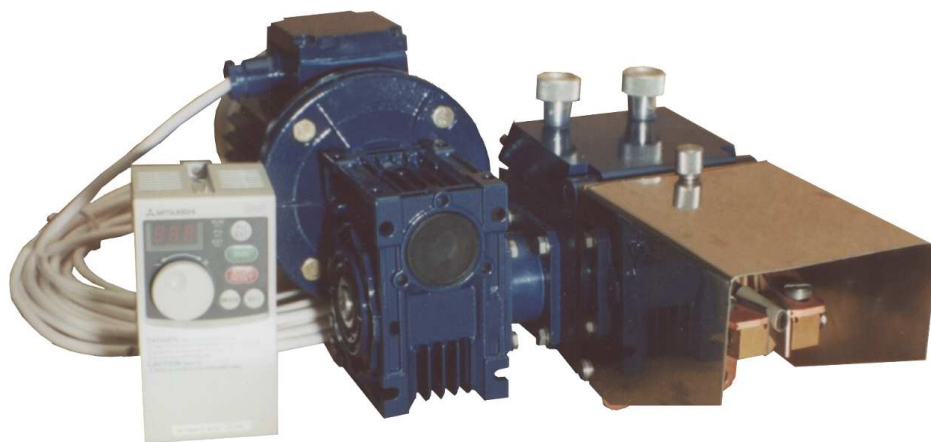


Рис. 2.40. Фотография стационарного электродугового металлизатора ЭМ-19

Оборудование нового поколения для электродугового напыления покрытий разработал ВНИИТУВИД «Ремдеталь». Установка УД-609.01 «Ремдеталь» с металлизатором ЭМГ-2 предназначена для нанесения покрытий на шейки валов, а установка УД-609.10 «Ремдеталь» с источником питания ВДУ-506 – для нанесения покрытий на плоские поверхности деталей. Создан комплект оборудования КЭМ-1 для электродугового напыления шеек коленчатых валов массой до 60 кг. Установка 05.12.227 «Ремдеталь» служит для наплавки распределительных валов, а установка 01-15-102 «Ремдеталь» – для электродугового напыления поясков гильз цилиндров. Для плазменного напыления крупногабаритных деталей создана установка УН-115.

Детонационное напыление ведут на установках «Днепр-3» и «Катунь» (рис. 2.41) с частотой выстрелов 3 с^{-1} . В многоствольном оборудовании научно-производственной фирмы «Плазмацентр» (Санкт-Петербург) частота выстрелов достигает 15 с^{-1} .

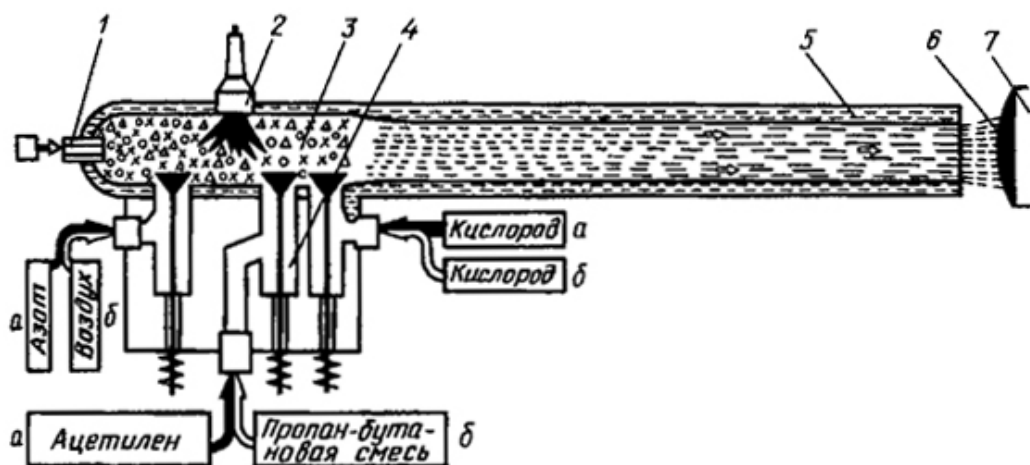


Рис. 2.41. Схема установки для детонационного напыления: *а* – базовый вариант; *б* – усовершенствованный вариант; 1 – порошковый питатель; 2 – запальное устройство; 3 – взрывная камера; 4 – клапаны; 5 – ствол водоохлаждаемый; 6 – покрытие; 7 – восстанавливаемая деталь

В институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН создан компьютеризированный детонационный комплекс «Обь», включающий детонационную пушку и робот-манипулятор (рис. 2.42).

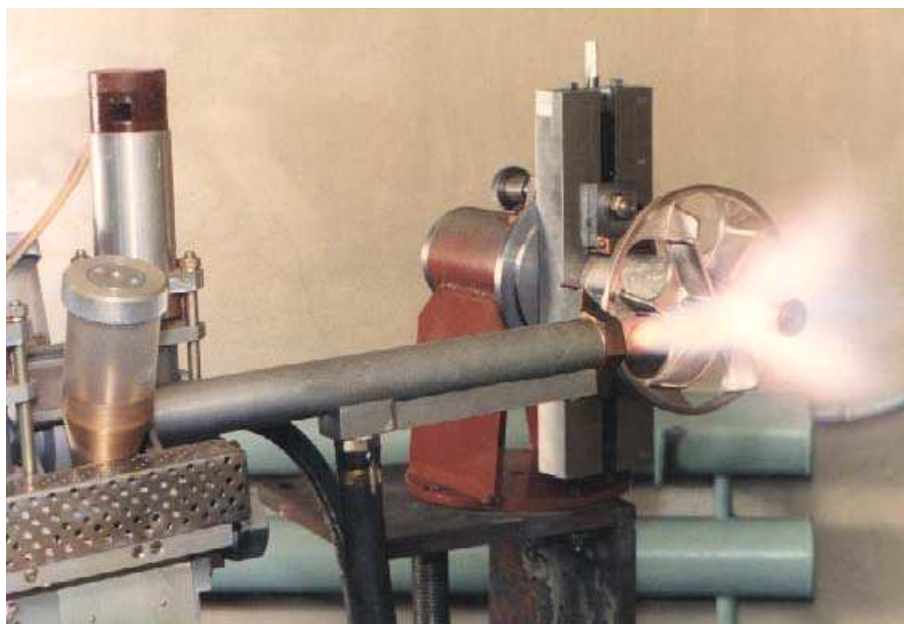


Рис. 2.42. Общий вид детонационного комплекса «Обь»

2.2.5. Оборудование для нанесения электрохимических покрытий

Перед нанесением электрохимических покрытий заготовки проходят механическую обработку на оборудовании механического цеха или на станках гальванического участка. Наибольшее применение получили универсальные шлифовально-полировальные станки 3А852, 3853, 3854, 3854А

и 3855. Для ленточного шлифования и полирования деталей, имеющих форму тел вращения, применяют полуавтоматы 3841 и универсальные агрегаты типа ШП-А. Станки могут быть одно- и двухшпиндельные. В качестве инструмента в шлифовально-полировальных станках применяют бесконечную ленту из шлифовального полотна, брезента или специальной ткани, на поверхности которой закреплены абразивные зерна.

Для очистки деталей от загрязнений используют оборудование с вращающимися барабанами, колоколами, вибрационные установки, ванны для обезжиривания, химической и электрохимической обработки. Используют барабаны и колокола цилиндрической, многогранной, конусной или бочкообразной формы. В цилиндрических барабанах скорость обработки заготовок ниже, чем в граненых.

Наибольший объем работ по нанесению покрытий выполняют в стационарных гальванических ваннах, размеры которых нормализованы (табл. 2.7).

Таблица 2.7

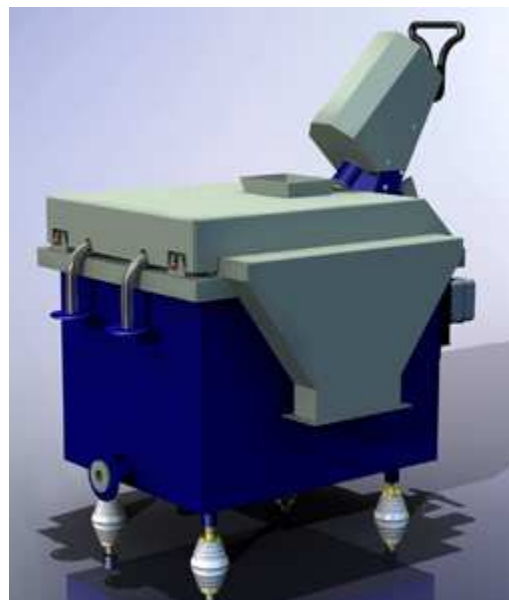
Типы и параметры гальванических ванн

Тип	Внутренние размеры, мм			Рабочий объем, л
	длина	ширина	высота	
01	600	550	800	250
02	800	700	800	400
03	1200	700	800	600
04	1500	700	800	750
05	800	700	1000	550
06	1200	700	1000	800
07	1500	700	1000	1000
08	1500	1000	1000	1300
09	2200	700	1000	1400
10	2200	1000	1000	2000
11	3000	700	1000	2000
12	3000	1000	1000	2700
13	800	450	800	270
14	800	450	1000	350

Используют также барабанные и колокольные ванны для нанесения гальванических покрытий на мелкие детали в насыпном виде, конвейерные автоматические комплексы в условиях крупносерийного и массового производства. Барабанные и колокольные ванны (рис. 2.43) представляют собой устройства, имеющие форму многогранной призмы, каждая грань которой имеет перфорацию.



а)



б)

Рис. 2.43. Фотографии гальванических ванн:
а – барабанная ванна модели ВБ-600; б – колокольная ванна модели ВК-25

Слева на рисунке 2.43 показаны гальванические ванны с поднятыми для загрузки деталей барабаном и колоколом, справа – в рабочем положении с опущенными барабаном и колоколом. Детали загружают насыпью в барабан или колокол, которые затем погружают в ванну с электролитом. Вращение барабана или колокола осуществляется специальным приводом. Заготовки занимают часть объема барабана или колокола и находятся в постоянном движении вместе с ними. Осаждение металлопокрытий происходит на поверхности деталей, расположенных по периметру колокола или барабана, и, поскольку идет непрерывное перемешивание деталей, на их поверхности постепенно наносится осаждаемый металл.

Железнение и хромирование ведут в стационарных ваннах, а цинкование, как правило, в барабанных или колокольных ваннах.

Стационарные ванны (рис. 2.44 и 2.45) имеют емкость под электролит, катодные и анодные штанги, электроды, систему нагрева, фильтрации и перемешивания электролита, приборы регулирования температуры электролита и массовой доли основных составляющих.

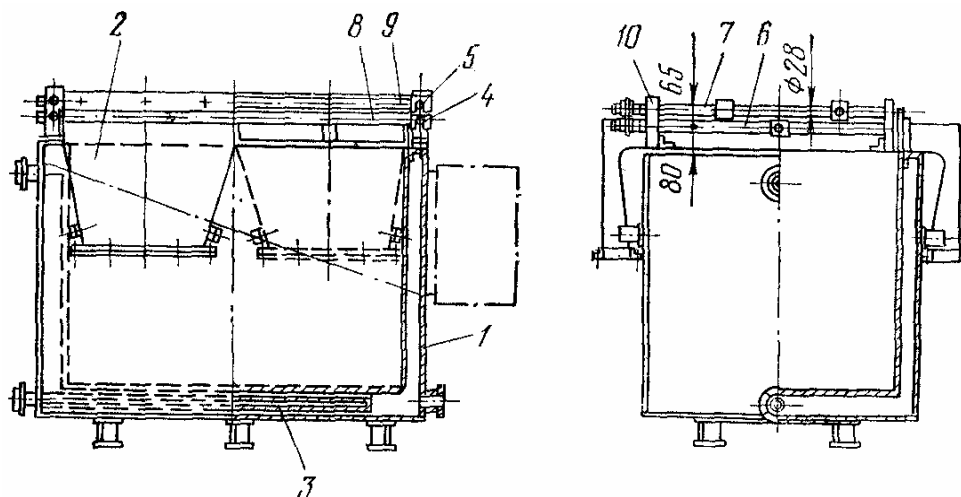


Рис. 2.44. Схема стационарной гальванической ванны: 1 – корпус; 2 – бортовой отсос; 3 – труба для подвода сжатого воздуха; 4 и 5 – катодный и анодный кабели; 6 и 7 – катодная и анодная неподвижные штанги; 8 и 9 – катодная и анодная подвижные штанги; 10 – изолятор под штанги

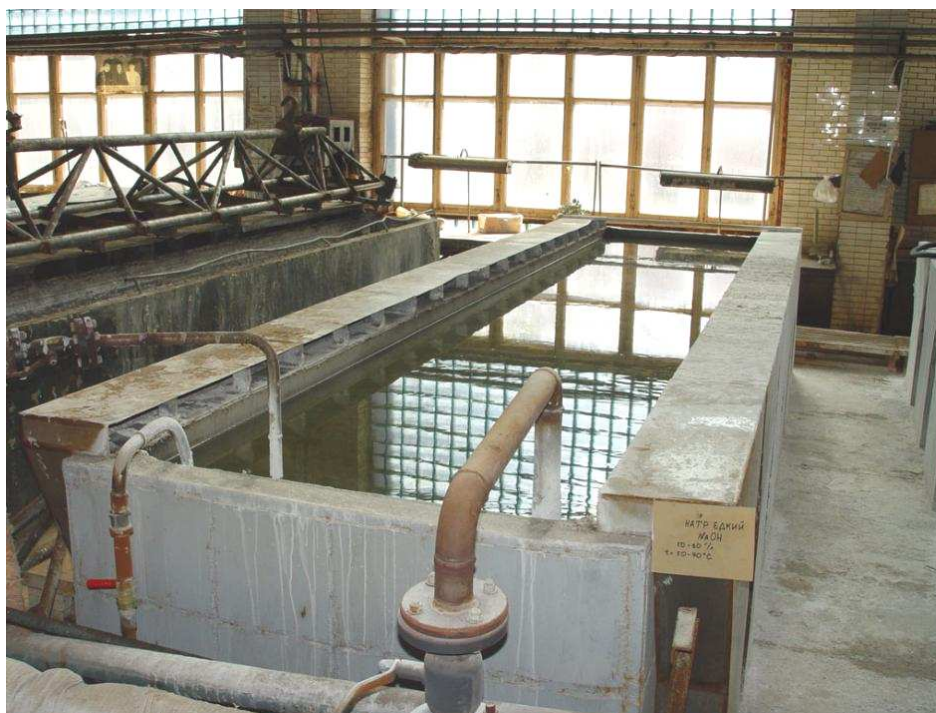


Рис. 2.45. Общий вид стационарной гальванической ванны в цехе

Стальные части ванны, соприкасающиеся с кислотными электролитами, футеруют свинцом, резиной, полимерными и керамическими материалами.

Электрический ток к электродам подводят через продольные медные или латунные штанги диаметром 15 – 40 мм, монтируемые на бортах ванны в изоляторах. Одна пара штанг соединена с положительным полюсом источника, а другая – с отрицательным. На каждую пару штанг устанавливают по несколько поперечных штанг, свободное перекачивание которых позволяет устанавливать нужное катодно-анодное расстояние. Ванны не заземляют, а устанавливают на изоляторах ОФ-6-375 или ОФ-10-750. Паровую и водяную арматуру изолируют от ванн.

Электролит нагревают или охлаждают с помощью труб-змеевиков с теплоносителем. Если змеевики соприкасаются с горячими сернокислыми электролитами, то их изготавливают из титана, свинца, освинцованной или коррозионно-стойкой стали. При внутреннем способе нагрева наблюдается неравномерность температуры электролита. Для нагрева хромовых электролитов, чувствительных к изменению температуры, применяют их внешний нагрев посредством пропускания пара через пароводяную рубашку между двумя ваннами, вставленными одна в одну.

Чтобы повысить производительность процесса (увеличить допустимую плотность тока) и улучшить свойства покрытий ванны снабжают устройствами для перемешивания и фильтрации электролита, встряхивания или качания катодных штанг.

Передвижные фильтрационные установки (УФ-0,5) содержат насос и фильтр из ткани (сукна, полотна, стеклоткани), который задерживает механические примеси. Насос изготовлен из химически стойких материалов. Например, насос ЦКН-7 с подачей 7 м³/ч изготовлен из керамики.

Ванны имеют бортовые вентиляционные отсосы с одной или с двух сторон.

Выпрямители различной мощности преобразуют переменный синусоидальный ток в постоянный или в переменный специальной характеристики. Выпрямитель включает понижающий трансформатор, полупроводниковые элементы, пускорегулирующую и измерительную аппаратуру.

Из германиевых, селеновых и кремниевых выпрямителей в ремонтном производстве наибольшее использование получили последние. Выпрямители плавно меняют силу тока в пределах 10 – 100 % с погрешностью ± 10 %. Освоен выпуск тиристорных выпрямителей серий ТЕ, ТЕР, ТВ, ТВР и ТВИ, обладающих небольшими размерами, малой пульсацией выпрямленного тока, большим КПД и высокой точностью стабилизации тока и напряжения. Буквы в названии серий обозначают: *E* – охлаждение естественное воздушное; *B* –

охлаждение водяное; *P* – реверсивный; *I* – импульсный. Характеристика некоторых выпрямителей приведена в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Основные характеристики выпрямителей

Выпрямители	Номинальные параметры		КПД, %	Габаритные размеры в плане, мм	Масса, кг
	сила тока, А	напряжение, В			
Диодные					
ВАК-100-12У4	100	12/6	78	850×570	190
ВАКР-100-12У4	100	24/12	78	850×570	190
ВАКР-320-18У4	320	18/9	79	870×530	230
ВАК-630-24У4	630	24/12	82	1085×600	550
ВАК-1600-12У4	1600	12/6	88	870×530	260
ВАК-3200-12У4	3200	12/6	83	1290×820	1100
Тиристорные					
ТЕ1-100/12Т-0	100	12	78	600×400	135
ТЕ1-400/12Т-0	400	12	82	1000×400	315
ТЕ1-800/12Т-0	800	12	83	1000×600	380
ТВ1-1600/12Т-0	1600	12	83	1000×600	510
ТЕР1-400/12Т-0	400	12	82	1000×400	345
ТВР1-1600/24Т-0	1600	12	83	1000×600	525
ТВИ1-1600/24Т-0	1600	24	87	1000×600	670

Для автоматизации процесса используют автооператоры, которые перемещают подвески с заготовками и выдерживают их в ваннах по установленной программе.

Для приготовления и фильтрации электролита используют передвижные установки 0113-009 «Ремдеталь».

Специализированную установку ОГ-10591 ГОСНИТИ используют для нанесения железных покрытий при восстановлении отверстий корпусных деталей, а установку 0113-006 «Ремдеталь» – для электроконтактного нанесения покрытий.

Автоматизация и механизация процессов нанесения гальванических покрытий позволяют не только повысить производительность труда и улучшить качество покрытий, но и устранить ручной труд, особенно в тяжелых и вредных для человека производственных условиях. Автоматические линии выполняются следующих типов: подвесная (автооператор переносит подвеску с катодной штангой); барабанная (автооператор переносит барабанную каретку); барабанно-подвесная (комбинированная).

Автоматическая линия (рис. 2.46) в общем виде включает в себя: основное оборудование; дополнительное оборудование; транспортное оборудование; вспомогательное оборудование.



Рис. 2.46. Общий вид автоматической линии для нанесения гальванических покрытий

2.3. Кузнечно-прессовое и термическое оборудование

2.3.1. Выполняемые работы

С помощью кузнечно-прессового оборудования получают поковки, штамповки и ремонтные заготовки, а также упрочняют поверхности. Соответственно, работы, выполняемые на оборудовании этого типа, делятся на ковку, объемную или листовую штамповку и чеканку.

Перед ковкой и объемной штамповкой заготовок необходим их нагрев.

2.3.2. Кузнечные молоты, прессы и инструмент

Дляковки применяют ковочные *молоты* и *прессы*.

По виду привода кузнечные молоты делятся на пневматические, паровоздушные и механические. По принципу действия молоты бывают одинарного и двойного действия. У молотов одинарного действия подвижная часть поднимается паром, сжатым воздухом или другим энергоносителем, при этом потенциальная энергия положения подвижной части преобразуется в энергию удара при свободном падении. Такие молоты имеют ограниченное использование. У молотов двойного действия энергия удара создается за счет свободного падения подвижной части и дополнительного воздействия какого-либо энергоносителя.

Наиболее широко используют пневматические и паровоздушные молоты. Масса падающих частей пневматических молотов составляет от 50 до 1000 кг, паровоздушных – от 0,5 до 8,0 т. Недостатки таких молотов обусловлены низким КПД (составляет иногда 3 – 4 %) и большими вибрационными нагрузками. Последние разрушают обычные здания и отрицательно влияют на точность прецизионных станков, расположенных рядом.

Конструкции кузнечных молотов разнообразны, но все они основаны на общем принципе, суть которого заключается в том, что энергия, необходимая для деформирования металла, передается при помощи удара.

Молот любой конструкции имеет следующие основные части (рис. 2.47 и 2.48):

– падающая часть, к которой относят бабу, шток, поршень и верхний рабочий боек;

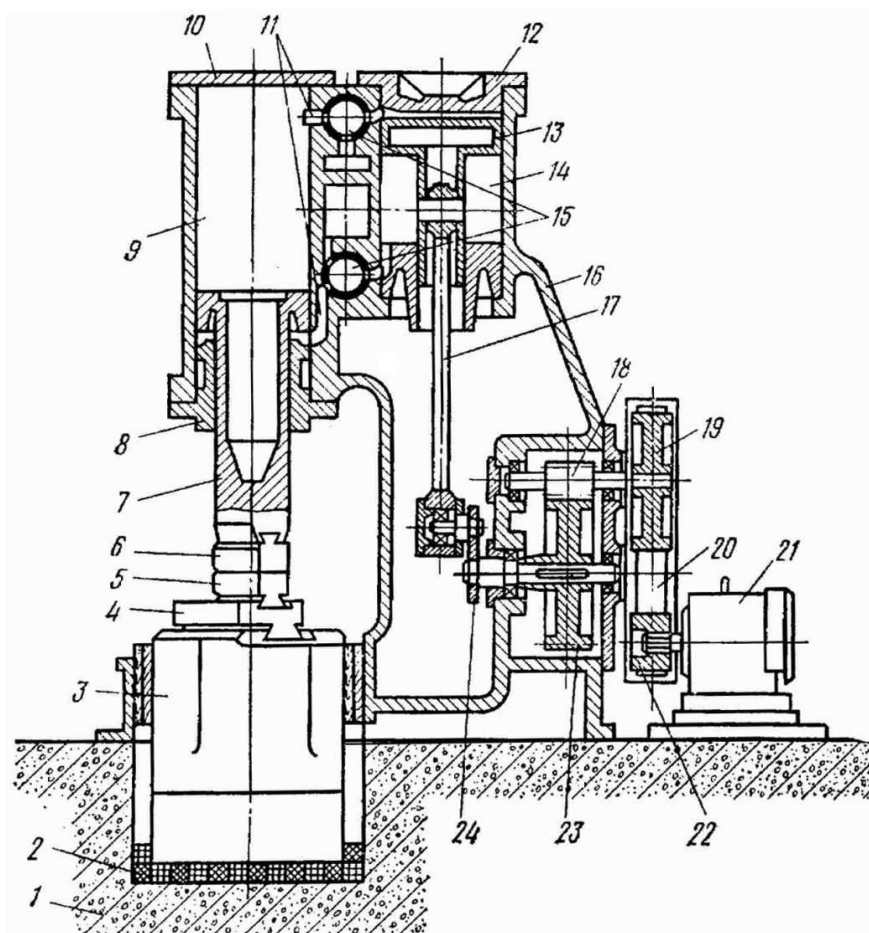


Рис. 2.47. Схема пневматического двухцилиндрового одностоечного ковочного молота: 1 – фундамент; 2 – деревянные брусья; 3 – шабот; 4 – промежуточная подушка; 5 – нижний боек; 6 – верхний боек; 7 – баба; 8 – нижняя крышка рабочего цилиндра; 9 – рабочий цилиндр; 10 – верхняя крышка рабочего цилиндра; 11 – каналы; 12 – верхняя крышка компрессорного цилиндра; 13 – поршень компрессорного цилиндра; 14 – компрессорный цилиндр; 15 – распределительные краны; 16 – станина; 17 – шатун; 18 и 23 – зубчатые колеса; 19 – маховик; 20 – ремень плоский; 21 – электродвигатель; 22 – шкив; 24 – кривошип

– шабот – металлический стул или крупная стальная отливка, к которой крепится нижний боек, служащий опорой для обрабатываемой заготовки. Масса шабота в 10 – 15 раз больше массы падающей части;



Рис. 2.48. Общий вид пневматического двухцилиндрового одностоечного ковочного молота Powerhammer SM-34

– станина с фундаментной плитой. На станину крепят рабочий цилиндр, служащий для силового воздействия на падающую часть, и механизм управления;

– привод, состоящий из электродвигателя с редуктором, кривошипно-шатунного механизма и компрессорного цилиндра;

– фундамент, служащий опорой для станины и шабота, под который укладывают для смягчения удара дубовые брусья. Фундамент ковочного прессы состоит, в свою очередь, из трех частей: двух боковых пирсов, на которые опирается станина, и средней части, на которую опирается шабот.

Инструмент для ручнойковки делят на опорный ударный (рис. 2.49) и поддерживающий.

На *опорном* инструменте (наковальне или шпераке) выполняются операции ручнойковки: протяжка, осадка, гибка, пробивка, прошивка, разрубка, кузнечная сварка и правка.

Наковальни изготавливают из стали 45Л массой 70 – 350 кг. Верхняя плоская часть называется лицом. Его твердость 40 – 45 НРС. Конический отросток наковальни – рог служит для гибки пустотелых поковок. По количеству отростков наковальни бывают безрогие, одно- и двурогие.

Шперак – маленькая наковальня с двумя рогами массой до 50 кг служит дляковки мелких поковок.

Ударным инструментом являются молотки и кувалды. Молотком пользуется кузнец для нанесения ударов и для указания молотобойцу места нанесения удара кувалдой.

Масса *молотка* 0,5 – 2,0 кг, он изготовлен из стали У7 или У8. Молоток имеет два бойка. Один из них круглый, квадратный или восьмигранный, имеет гладкую ударную поверхность с заваленными гранями. Другой

боек может быть шарообразный, заостренный с округлым ребром или тупой. Боек молотка подвергают закалке с последующим отпуском.

Кувалды – основной инструмент массой 2 – 16 кг для нанесения ударов по нагретой заготовке. Они также имеют два бойка и подразделяются на тупоносые и остроносые. Для закрепления рукоятки в кувалде делают овальное насадное отверстие, которое расширяется от середины к краям. Материал кувалд – стали 40, 45, 50 и У7. После термической обработки твердость рабочего слоя толщиной до 30 мм составляет 48 – 52 HRC.

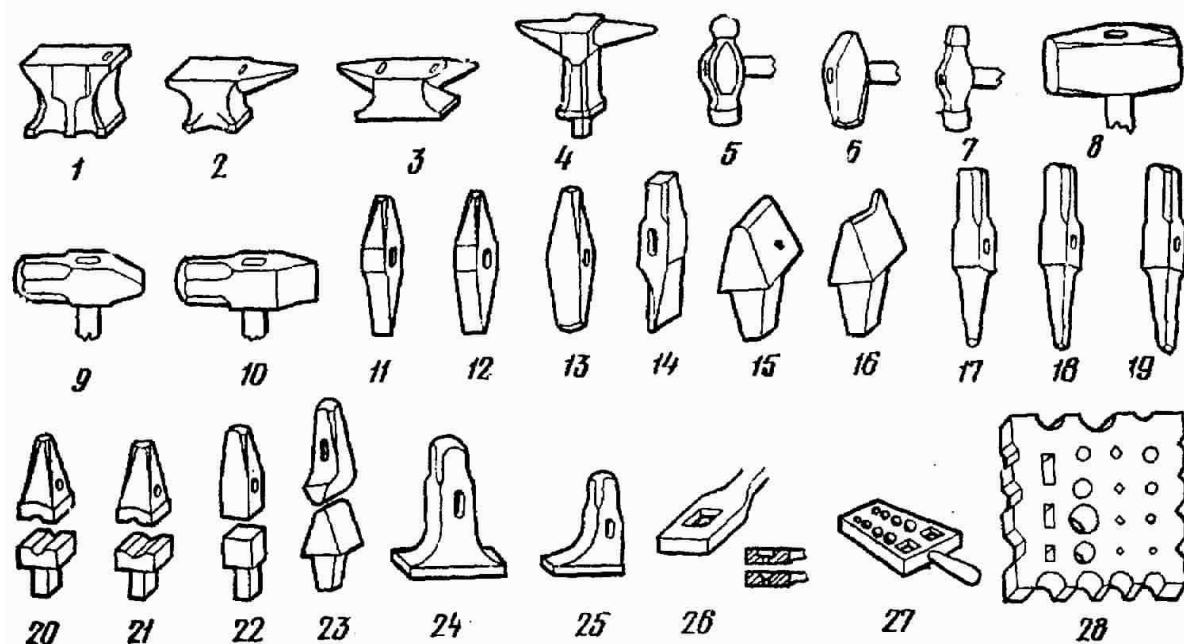


Рис. 2.49. Схематическое исполнение инструмента для ручнойковки:

Наковальни: 1 – безрогая; 2 – однорогая; 3 – двурогая; 4 – шперак.

Молотки: 5 – с шаровидным задком; 6 – с поперечным заостренным задком; 7 – с тупым продольным задком.

Кувалды: 8 – тупоносая; 9 – остроносая с поперечным задком; 10 – остроносая с продольным задком.

Зубила: 11 – для горячей рубки; 12 – для холодной рубки; 13 – полукруглое; 14 – фасонное; 15 – с прямым лезвием; 16 – с фасонным лезвием.

Пробойники (бородки): 17 – круглый; 18 – квадратный; 19 – прямоугольный.

Обжимки: 20 – для круглого профиля; 21 – для квадратного профиля.

Подбойки: 22 – плоские; 23 – полукруглые.

Гладилки: 24 – плоская с острыми кромками; 25 – специальная.

Гвоздильни: 26 – простая; 27 – специальная многорядная; 28 – кузнечная форма.

Кузнечные *зубила* предназначены для горячей и холодной рубки металла. Первые затачивают на угол не менее 60°, вторые – на угол не более 50°. Зубила изготавливают из стали У7 или 6ХС. Лезвие зубил может быть прямым, полукруглым или фасонным. Твердость рубящей части инстру-

мента на длине 30 мм составляет 50 – 56 HRC, а ударяемой части на длине 20 мм – 30 – 40 HRC.

Подсечки изготавливают из стали У7. Они являются подкладными зубилами и вставляются квадратным хвостовиком в соответствующее отверстие наковальни. Лезвие подсечки твердостью 48 – 52 HRC может быть прямое или фасонное.

Пробойники (бородки) из стали У7, 40 или 45 применяют для пробивки круглых, квадратных, прямоугольных и других отверстий.

Обжимки служат для подкатки и отделки боковых поверхностей (цилиндрических, плоских и др.). Обжимки куют из стали У7, 40, 45, 50 или 40Х и после обработки резанием закаливают и отпускают на твердость 48 – 52 HRC по рабочей части и 30 – 40 HRC – по ударяемой.

Подбойки используют для ускорения протяжки и выделки желобов. Они могут иметь разнообразную форму рабочих поверхностей: плоскую, полукруглую и др. Подбойки делают из стали У7, 50Г или 40Х.

Гладилки предназначены для сглаживания неровностей и окончательной отделки плоских поверхностей поковок. В головке, расположенной над рабочей поверхностью, имеется отверстие для деревянной ручки. Гладилки изготавливают из стали У7, 40 или 45.

Деревянные ручки инструментов для ручнойковки изготавливают из клена, кизила, бука, рябины или молодого дуба. Запрещается их изготавливать из крупнослойных пород дерева, в том числе из ели и сосны. Конец ручки в отверстии инструмента расклинивают «заершенными» стальными клиньями. Длина клиньев не должна превышать $\frac{2}{3}$ глубины насадного отверстия инструмента.

Гвоздильни – металлические пластины, кованные из стали 45 или У7. Они имеют отверстия для высадки головок болтов, заклепок, гвоздей и др.

Кузнечная форма – литая плита из стали 35Л или 40Л массой до 50 кг со сквозными отверстиями и фасонными вырезами на боковых поверхностях. Она предназначена для отделки поковок, пробивки отверстий и профильно-гибочных работ.

Поддерживающий инструмент – это клещи, манипулятор-кантователь и устройство для подвески.

Кузнечные измерительные инструменты – кронциркули, нутромеры, кругломеры, угломеры и шаблоны.

Ковку на прессах выполняют в открытых и закрытых штампах. В гидравлических ковочных прессах энергия подвижной части передается при помощи жидкости под высоким давлением. Возникающие в процессе работы молота силы замыкаются в станине и на фундамент не передаются.

Недостатки гидравлических прессов обусловлены их тихоходностью и сложностью в эксплуатации. В кузнечных цехах машиностроительных заводов распространены ковочные гидравлические прессы с усилием 20000 – 30000 кН.

2.3.3. Гидравлические, кривошипные и фрикционные прессы

Гидравлические прессы служат для сборки (запрессовывания), прошивки, правки, гибки, развальцовки, просечки и других работ. Прессы могут быть одно- и двухстоечными. Главный параметр прессов – номинальное усилие. В ремонтном производстве широко применяют прессы с усилием 100, 250, 400, 630, 1000 и 1600 кН. Марки некоторых прессов и их номинальные усилия следующие: ПБ 6316А – 40 кН, П 6326 – 400 кН, П 6328 – 630 кН, ПБ 6330 – 1000 кН, П 6332Б – 1600 кН, ПБ 6334А – 2500 кН.

Сварная станина одностоечного пресса имеет С-образную форму (рис. 2.50). В верхней части станины имеется плита с отверстиями для установки цилиндра, на нижней консольной части крепится стол или запрессовочная плита.



а)



б)

Рис. 2.50. Фотографии гидравлических прессов Phoenix:
а – Baldor C-Frame Press; б – 100 Ton C-Frame Press

Привод пресса осуществляется от насосов поршневого (высокого давления) и шестеренчатого (низкого давления), установленного в баке. Цилиндр закреплен в верхней части станины. Цилиндр и шток изготовлены из стали, поршень и втулка – из чугуна. Механизм управления прессом состоит из педали, рукоятки, системы рычагов с пружинами и устройством для автоматического останова.

Ход штока вверх и вниз ограничен подвижными кулачками, взаимодействующими с концевыми выключателями.

Запрессовочная оснастка состоит из подушки, прикрепленной к штоку цилиндра, и чугунной плиты с проемом для установки деталей. Плита крепится на нижней части станины.

По специальному заказу прессы поставляются с правильным столом.



Рис. 2.51. Фотография однокривошипного механического пресса C1N-25

Пресс управляется рукояткой или педалью, жестко связанными между собой.

Кривошипные механические прессы (рис. 2.51) оснащены кривошипно-ползунным механизмом и служат для листовой штамповки различных деталей. Рабочей частью (инструментом) является штамп, неподвижную часть которого крепят к столу, подвижную – к ползуну прессы. Ползун перемещается кривошипно-ползунным механизмом. За один оборот кривошипа шатун совершает полный ход, во время которого при движении ползуна вперед происходит штамповка. Усилие штамповки создается за счет крутящего момента, передаваемого кривошипному валу электроприводом. Основные работы – вырубка, пробивка и гибка.

В ремонтном производстве широко применяют прессы однокривошипные открытые простого действия усилием 100, 160, 250, 400 и 630 кН.

Фрикционные прессы (рис. 2.52) имеют в приводе фрикционную передачу, которая позволяет остановку ползуна в различных нижних мертвых точках, что исключает заклинивание прессы при использовании закрытых штампов. Прессы предназначены для холодной и горячей объемной штамповки, чеканки и других целей. Из-за низких производительности и КПД фрикционные прессы имеют ограниченное применение.



Рис. 2.29. Фотография фрикционного пресса RFSP-200

2.3.4. Особенности нагрева заготовок

Заготовки нагревают перед обработкой давлением и при термической обработке (отжиге, нормализации, закалке, отпуске).

Рациональный режим нагрева заготовок обеспечивает максимально возможную скорость нагрева материала без трещин из-за термических напряжений. Последние возникают в связи с тем, что внешние слои заготовки прогреваются быстрее внутренних и расширяются больше. При этом внутренние слои сдерживают расширение внешних слоев. В связи с этим в сильно нагретых слоях возникают сжимающие напряжения, а в малопрогретых слоях – растягивающие напряжения. Если при недостаточной пластичности металла растягивающие напряжения достигают значения предела прочности металла, то последний начинает разрушаться. Если металл обладает высокой пластичностью, то термические напряжения приведут к пластическому деформированию металла и разрушения не произойдет.

С повышением температуры нагрева возрастает пластичность металла, а опасность появления трещин исчезает до того, как металл нагреется до температуры структурных превращений. Другим не менее важным условием является то, что до началаковки металл должен быть равномерно прогрет по всему сечению слитка или заготовки.

Заготовки диаметром или стороной квадрата менее 100 мм из конструкционных или низколегированных сталей загружают в горячие печи, рабочее пространство которых имеет температуру на 100 – 150 °С более высокую, чем требуемая конечная температура нагрева металла. Скорость нагрева не ограничивают. Заготовки из высоколегированных, низкопластичных сталей сначала нагревают медленно до температуры 650 – 850 °С, а затем быстро до ковочной температуры.

Нагрев до температурыковки уменьшает в 10 – 15 раз сопротивление деформированию по сравнению с процессом в холодном состоянии. Нагрев заготовок из углеродистых сталей до 350 °С не увеличивает, а снижает пластичность, а нагрев свыше 700 °С приводит к появлению окалины. Поэтому нагрев таких заготовок целесообразен в указанном отрезке температуры.

2.3.5. Термическое оборудование

Кузнечный горн – простейшее нагревательное устройство, в котором заготовка непосредственно соприкасается с продуктами горения топлива (рис. 2.53). Его применяют при нагреве небольших заготовок при ручной ковке.

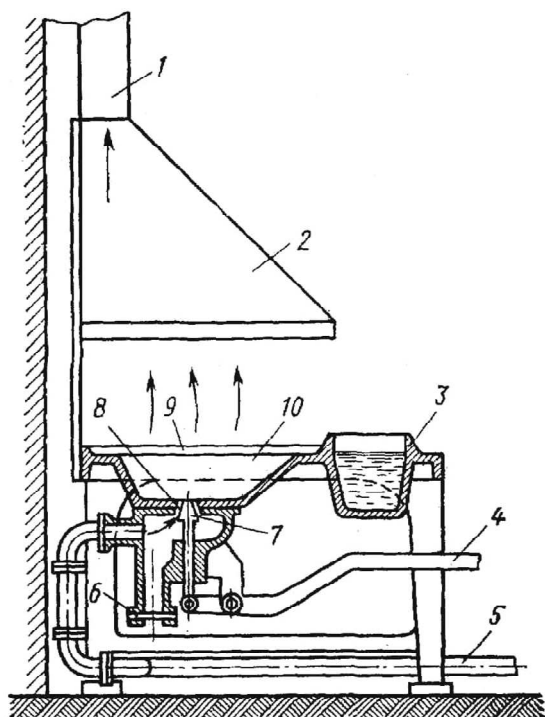


Рис. 2.53. Схема стационарного одноочагового кузнечного горна открытого типа: 1 – вытяжная труба; 2 – зонт; 3 – бачок с водой; 4 – рычаг для регулирования подачи воздуха; 5 – воздухопровод; 6 – заслонка; 7 – клапан; 8 – фурма; 9 – стол; 10 – очаг

Горны бывают переносными и стационарными. Первые могут применяться в полевых условиях. По способу подачи воздуха, необходимого для горения топлива, различают горны с боковым соплом и с центральной фурмой, а по количеству очагов – одно- и двухочаговые. Очаг горения может быть открытым или закрытым.

Горны имеют сварную или литую станину. В верхней части станины имеется выемка, выложенная огнеупорным кирпичом (см. рис. 2.53). На дне выемки установлена фурма, через которую вентилятором подают воздух под давлением 1,5 – 20,0 кПа. С фронтальной стороны стол имеет бачок с водой для охлаждения инструмента. Дымовые газы удаляются из горна через зонт и вытяжную трубу.

В качестве топлива для горнов используют коксующиеся сорта углей, кокс и редко древесный уголь. При производительности открытого горна 80 – 20 кг нагретого металла в час расход топлива составляет 25 – 50 кг/ч. КПД

такого горна 2 – 5 %. Стационарные закрытые горны имеют более высокую производительность и большую экономичность.

Преимущества горнов – простота конструкции и эксплуатации. Недостатками являются низкая производительность, малый КПД, неравномерный нагрев заготовок, повышенный угар и насыщение поверхностных слоев металла серой из топлива.

В настоящее время машиностроительные предприятия при средне- и мелкосерийном производстве оснащают прессовые, кузнечные и ремонтные цеха, в которых выполняются операцииковки, штамповки и т.д., газовыми кузнечными печами (рис. 2.54).

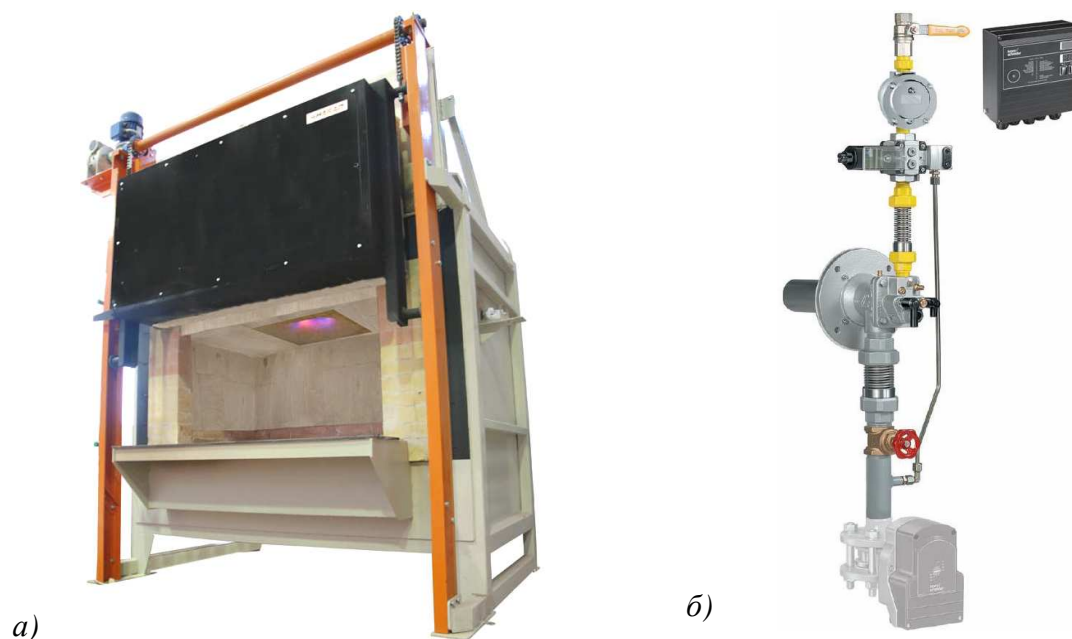


Рис. 2.54. Фотография газовой кузнечной печи (а) и газовой горелки к ней (б)

Оборудование для термической обработки делят на основное и вспомогательное.

К *основному* оборудованию относят нагревательные печи, печиванны, закалочные баки, с помощью которых выполняют основные операции термической обработки. Это оборудование различают по:

- широте выполняемых функций: универсальное и специальное;
- значению температуры: низко-, средне- и высокотемпературное;
- тепловому источнику: твердотопливное, мазутное, газовое, электрическое, индукционное;
- конструктивным признакам: камерное, с выдвижным подом, шахтное, щелевое, со съемным сводом, элеваторное, толкательное, конвейерное, вакуумное и др.;
- характеру загрузки и выгрузки заготовок, периодичности и непрерывности загрузки: с периодической и непрерывной загрузкой. В печах

первого вида заготовки загружаются и выгружаются через одно окно, а в процессе обработки остаются неподвижными. В каждый момент времени температура во всей зоне нагрева заготовок одинакова. В печах второго вида, называемых методическими, заготовки во время обработки перемещаются от окна загрузки к окну выдачи. Температура рабочего пространства в таких печах повышается от места загрузки заготовок к месту их выдачи;

– способу использования тепла отходящих газов для предварительного подогрева воздуха, поступающего в печь: рекуперативные и регенеративные.

Условное обозначение термических печей содержит буквы и числа. Буквы определяют вид нагрева, тип печи, среду и ее агрегатное состояние (табл. 2.9), а цифры – размеры рабочего пространства (ширину, длину, высоту или диаметр и высоту) в дециметрах в числителе и максимальную рабочую температуру в сотнях градусов Цельсия в знаменателе.

Например, обозначение СНЗА-5,0.10.3,2/10 означает – сопротивления (электрический), камерный, с защитной атмосферой, агрегат с размерами печного пространства 500×1000×320 мм и рабочей температурой до 1000 °С.

Таблица 2.9

Буквенное обозначение печей для термической обработки

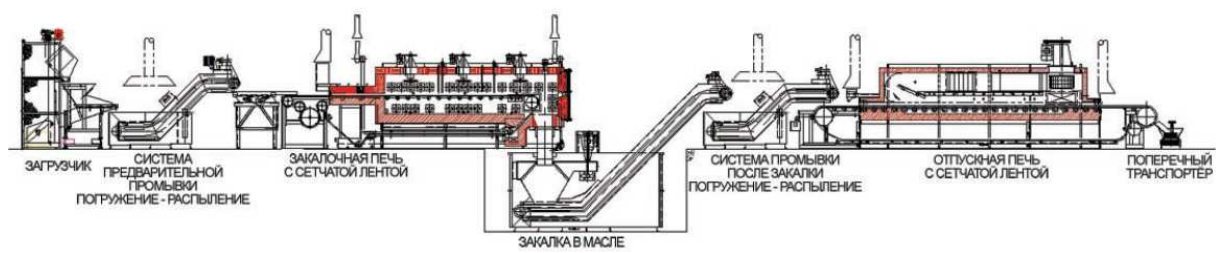
Первая буква		Вторая буква		Третья буква		Четвертая буква	
Обозначение	Вид нагрева	Обозначение	Основной конструктивный признак	Обозначение	Характер среды	Обозначение	Отдельные особенности
Г	Газовый	А	Карусельная	А	Азот	А	Агрегат
С	Сопротивлением	Б	Барабанная	В	Вакуум	Л	Лабораторная
И	Индукционный	В	Ванна	Г	Металлы	В	Вертикальная
Т	Пламенный	Г	Колпаковая	З	Защитная атмосфера	М	Механизованная
		Д	Выдвижной под			Н	Непрерывного действия
		Е	Подвесной конвейер	М	Масло		
		И	Пульсирующий под	О	Окислительная атмосфера	П	Периодического действия
		К	Конвейерная				
		Н	Камерная	П	Пар водяной – вода		
		П	Протяжная	С	Соль (селитра)		
		Р	Рольганговая	Ц	Цементационный газ		
		Т	Толкательная				
		Ш	Шахтная				
		Э	Элеваторная				

Для отпуска, отжига и закалки, например, используют электропечи СТО, СТЗ, СКЗА, универсальные камерные электропечи СНО, СНЗ, шахтные электропечи СШО, СШЗ, вакуумные СШВ, электрованны СВГ, СВС. Для химико-термической обработки широко используют шахтные безмуфельные электропечи, для газовой цементации – СШЦ, для газового азотирования – США. Для индукционного нагрева применяют специальные генераторы и установки.

Внешний вид нагревательных печей с различными конструктивными признаками приведен на рисунках 2.55 – 2.57.



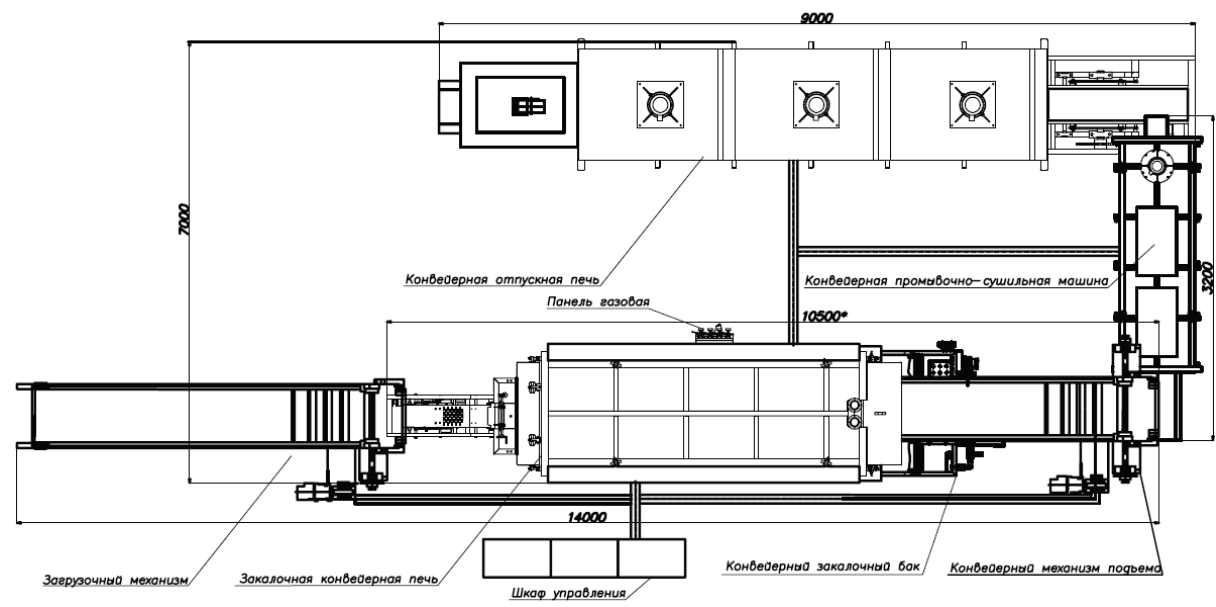
Рис. 2.55. Фотографии нагревательных печей: а, б – камерные печи ПКМ 6.12.5 и ПКМ 20.37.5/10М; в, г – печи с выдвижным подом ПВП 1000М и ПВП 300; д, е – печи шахтного типа ПШО 7.10/7 и ПШЗ 15.30/12И1



a)

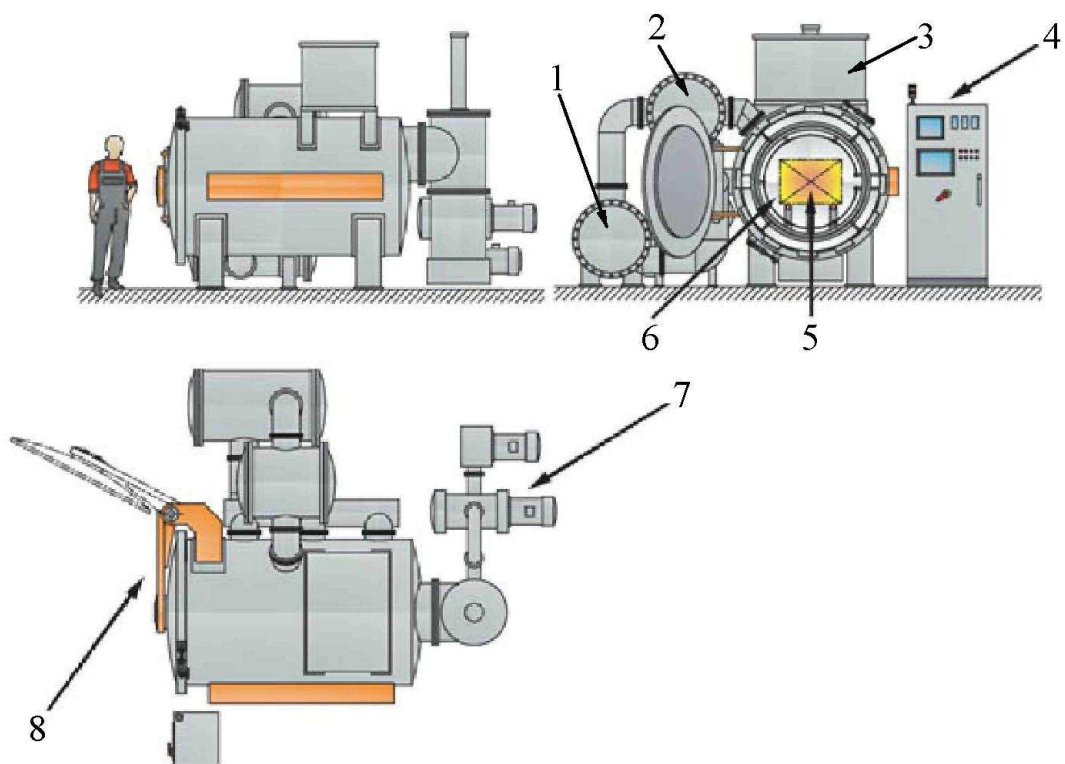


б)



в)

Рис. 2.56. Принципиальные схемы и фотография нагревательных печей конвейерного типа: *a* – конвейерная печь непрерывного действия AFC-Holcroft; *б* – камерный механизированный конвейерный агрегат СНЗА 6.12.5/7; *в* – конвейерный агрегат с защитной атмосферой СКЗ 6.36.1/5,5



a)



б)

Рис. 2.57. Схема и фотография вакуумных нагревательных печей: *a* – схема вакуумной нагревательной печи СНВ 6.9.4/13; *б* – общий вид вакуумной нагревательной печи ModulTherm; 1 – компрессор; 2 – теплообменник; 3 – трансформатор; 4 – шкаф управления; 5 – садка; 6 – нагревательная камера; 7 – система насосов; 8 – поворотная дверь

К *вспомогательному* оборудованию относят правильные прессы, машины для очистки деталей и др.

Термическое оборудование должно обеспечивать следующие требования:

- обеспечивать экономичный нагрев до заданной температуры за минимальное время;
- при заданной длительности нагрева угар и обезуглероживание не должны превышать допустимых норм;
- процессы, связанные с нагревом и обслуживанием печей, должны быть максимально механизированы или автоматизированы;
- работа печей не должна оказывать вредного воздействия на человека и окружающую среду.

Для контроля работы термического оборудования используют различные приборы. Температуру рабочего пространства и нагреваемого металла измеряют пирометрами, которые по принципу действия могут быть оптическими, термоэлектрическими, радиационными и фотоэлектрическими. Давление выше атмосферного измеряют манометрами, а ниже атмосферного – вакуумметрами или тягомерами. Расход воздуха и топлива измеряют расходомерами. Качественный и количественный расход газов и продуктов сгорания топлива определяют газоанализаторами

2.4. Металлорежущее оборудование

2.4.1. Классификация и обозначение оборудования

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делятся на девять групп (табл. 2.10). Каждую группу, в свою очередь, делят на десять типов в зависимости от назначения станков, их компоновки, степени автоматизации или вида инструмента.

Обозначение модели станка состоит из трех или четырех цифр и букв. Первая цифра означает номер группы, вторая – тип станка, а последние одна или две – наиболее характерные технологические параметры станка. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на отличие в исполнении по сравнению с базовой моделью станка. Буква в конце цифровой части означает модификацию базовой модели, класс точности станка или его особенности.

Классы точности в обозначении станков следующие: *H* – нормальный; *П* – повышенный; *B* – высокий; *A* – особо высокий и *C* – самый высокий. Принята следующая индексация моделей станков с программным

управлением: \mathcal{C} – с цикловым управлением; $\Phi 1$ – с цифровой индексацией положения, а также с предварительным набором координат; $\Phi 2$ – с позиционной системой ЧПУ; $\Phi 3$ – с контурной системой ЧПУ; $\Phi 4$ – с комбинированной системой ЧПУ. Буква M означает, что станок имеет магазин с инструментами.

Таблица 2.10

Классификация металлорежущих станков

Группы станков	Типы станков (примеры обозначений)	Технологический параметр
1	2	3
1. Токарные	0. Автоматы и полуавтоматы специализированные	–
	1. Автоматы и полуавтоматы одношпиндельные (11Т16А, 1Д125, 1Е140П)	Диаметр прутка
	2. Автоматы и полуавтоматы многошпиндельные (горизонтальные 1Б225П-6К, 1Б240П-8 и 1К282, вертикальные 1283 и 1284)	Диаметр заготовки
	3. Токарно-револьверные (1Д316П, 1Г340, 1Е365П)	Диаметр прутка
	4. Токарно-револьверные полуавтоматы (1416, 1425)	Диаметр заготовки
	5. Карусельные (1508, 1510, 1512Ф2, 1525Ф1)	Диаметр планшайбы
	6. Токарно-винторезные (16Т01, 16Б16П, 16К20П, 1М63) и лоботокарные (1А691, 1Н692, 1А693)	Высота центров
	7. Многолезцовые и копировальные (горизонтальные 1Н713, 1П716Ф3 и 1А720, вертикальные 1723, 1724 и 1751Р)	Диаметр заготовки
	8. Специализированные (центровые токарные полуавтоматы 1А832, 1А833)	Диаметр заготовки
	9. Разные токарные	–
2. Сверлильные и расточные	1. Настольные и вертикально-сверлильные (2Н112, 2Н118, 2Н125, 2Н135, 2Н150, 2Н175)	Диаметр сверления
	2. Полуавтоматы одношпиндельные	–
	3. Полуавтоматы многошпиндельные	–
	4. Координатно-расточные (2431, 2Д450)	Ширина и длина стола
	5. Радиально- (2К52, 2Р53, 2Ш55) и координатно-сверлильные	Диаметр сверления
	6. Расточные (2М614, 2620В, 2622К)	Диаметр шпинделя
	7. Отделочно-расточные (2703В, 2714В, 2А78, 2777В)	Диаметр растачивания
	8. Горизонтально-сверлильные (2805П для глубокого сверления)	–
	9. Разные сверлильные (2910, 2912 центровальные)	–

1	2	3
3. Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	1. Круглошлифовальные (ЗВ110, ЗБ151, ЗЕ153), бесцентрово-шлифовальные (ЗД180, ЗМ182, ЗМ184, 3185, ЗМ185, ЗШ184Д)	Диаметр заготовки
	2. Внутришлифовальные (ЗК225В, ЗК227В), координатно-шлифовальные	Диаметр шлифуемого отверстия
	3. Торцешлифовальные (З342А, З343П, З344П)	–
	4. Специализированные шлифовальные (ЗБ450В, З451 шлицешлифовальные, ЗК486, ЗА487)	Диаметр заготовки
	5. Продольно-шлифовальные	–
	6. Заточные (ЗМ642, ЗД642Е, З672)	–
	7. Плоско-шлифовальные (ЗЕ711В, ЗЕ721А, ЗБ722, ЗА732 – прямоугольный стол, З762, ЗН763 – планшайба)	Ширина и длина стола, диаметр планшайбы
	8. Притирочные (З820Д, З821Д), полировальные (З853), хонинговальные (ЗМ82, ЗМ83, ЗГ833), доводочные (З803, З806), суперфинишные (З871, З873)	Диаметр обрабатываемого отверстия или вала
	9. Разные станки, работающие с абразивом (З921, З922, З925 для обработки центровых отверстий)	–
4. Электрофизические и электрохимические	2. Светолучевые	–
	4. Электрохимические	–
	7. Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	–
	8. Анодно-механические	–
5. Зубо- и резьбообрабатывающие	0. Резьбонарезные	–
	1. Зубодолбежные для цилиндрических колес (5111, 5140, 5В150)	Диаметр колеса
	2. Зуборезные для конических колес (5Т23В)	Диаметр колеса
	3. Зубофрезерные для цилиндрических (5308, 53А10) и шлицевых (5350В) колес	–
	4. Для нарезания червячных колес	–
	5. Для обработки торцов колес	–
	6. Резьбофрезерные	Диаметр колеса
	7. Зубоотделочные, проверочные и обкатные	–
	8. Зубо- (5881, 5887В) и резьбошлифовальные (5П821, 5П822)	–
9. Разные зубо- и резьбообрабатывающие	–	
6. Фрезерные	0. Барабанно-фрезерные (6021, 6022)	Диаметр барабана
	1. Вертикально-фрезерные консольные (6Р10, 6Р11, 6Р12, 6Р13)	Ширина и длина стола
	2. Фрезерные непрерывного действия (621М, 6А23)	Диаметр стола
	3. Продольные одностоечные (6304, 6306)	Ширина и длина стола
	4. Копировальные и гравировальные	–
5. Вертикально-фрезерные бесконсольные (6540, 6550)	Ширина и длина стола	

1	2	3
	6. Продольные двухстоечные (6604, 6606)	Ширина и длина стола
	7. Консольно-фрезерные операционные	–
	8. Горизонтально-фрезерные консольные (6Р80, 6Р81, 6Р82)	Ширина и длина стола
	9. Разные фрезерные (6Д91, 692М шпоночнофрезерные)	–
7. Строгальные, долбежные, протяжные	1. Продольные одностоечные (7110, 7112)	Ширина и длина обработки
	2. Продольные двухстоечные (7210, 7212)	Ширина и длина обработки
	3. Поперечно-строгальные (7Д362, 7Д372)	Ширина и длина обработки
	4. Долбежные (7А412, 7Б420)	Ход долбяка
	5. Протяжные горизонтальные (7Б54, 7Б55, 7Б56, 7Б57)	Тяговое усилие
	6. Протяжные вертикальные для внутреннего протягивания (7Б64, 7Б65, 7Б66, 7Б67)	Тяговое усилие
	7. Протяжные вертикальные для наружного протягивания (774, 775, 7Б76)	Тяговое усилие
	9. Разные строгальные станки (7590Р)	–
8. Разрезные	1. Отрезные, работающие резцом	–
	2. Отрезные, работающие абразивным кругом (8220, 8242)	Диаметр абразивного круга
	3. Отрезные, работающие гладким или насечным диском	–
	4. Правильно-отрезные	–
	5. Ленточно-пильные (8542, 8Б544)	Диаметр заготовки
	6. Отрезные с дисковой пилой (8Г632, 8Г636, 8Г662)	Диаметр заготовки
	7. Отрезные ножовочные (8Б72)	Диаметр заготовки
9. Разные	1. Трубо- и муфтообработывающие (91Н15)	–
	2. Пилонасекательные	–
	3. Правильно- и бесцентрово-обдирочные (9330М, 9340, 9350 токарные бесцентровые)	–
	5. Для испытания инструментов	–
	6. Делительные машины	–
	7. Балансировочные (9715, 9716)	–

Станки подразделяют на широкоуниверсальные, универсальные (общего назначения), специализированные и специальные.

Широкоуниверсальные станки (фрезерно-расточные, фрезерно-токарные и др.) применяют в единичном и мелкосерийном производстве. Эти

станки хотя и обладают широкими технологическими возможностями, но не обеспечивают высокую производительность и точность обработки.

Универсальные станки (токарные, сверлильные шлифовальные и др.) применяются для обработки широкой номенклатуры деталей в единичном и серийном производстве.

Специализированные и специальные станки обеспечивают высокую производительность и точность обработки соответственно групп однотипных заготовок и заготовок одного наименования. В крупносерийном производстве применяют специализированные станки, в массовом – специальные.

Специализированные станки изготавливают на станкостроительных заводах или получают путем заводской модернизации универсальных станков силами вспомогательного производства.

Специальные станки выполняют узкую технологическую функцию по обработке изделий определенной модели, обладают наибольшей производительностью и обеспечивают наивысшую точность. Специальные металлорежущие станки – это модификации универсальных станков. Они оснащены наладками (или подготовлены под установку наладок) и устройствами для обработки конкретных деталей. Это, например, расточные станки для одновременной обработки коренных опор, втулок распределительного вала и отверстия под стартер в блоке цилиндров двигателя, шлифовальные станки для обработки коренных или шатунных шеек коленчатых валов определенных моделей двигателей и др. Эти станки изготавливают на станкозаводах по заказу.

Специализированные и специальные станки обозначают индексом, содержащим буквенную и цифровую части. Буквенная часть определяет станкостроительный завод (ВШ, МШ, МС, КК, ЛТ, ОС, ХШ, ФТ, СС и др.), цифровая – номер модели станка.

Например, бесцентрово-шлифовальный станок ВШ-416М Витебского станкостроительного завода им. С.М. Кирова предназначен для шлифования гильз цилиндров с базированием их по внутренней поверхности на жестких опорах.

Ниже представлены названия и характеристика некоторых специальных средств, изготавливаемых и применяемых в производстве.

Стенд ОР-6687М служит для притирки клапанов двигателей внутреннего сгорания. Производительность его $2 - 4 \text{ ч}^{-1}$, число шпинделей 12, угол поворота шпинделей при прямом ходе составляет 337° . С помощью приспособления 70-7679-5301, например, шлифуют коромысла клапанов на станке ЗБ625. Планетарно-шлифовальное приспособление ОПр-1334 применяют для шлифования рабочей поверхности клапанных седел.

Стенд ОР-8022 используют для шлифования фасок клапанов двигателей при объемах ремонта до 15 тыс. двигателей в год. Радиальное биение и шероховатость обработанной поверхности 0,03 и Ra 1,25 мкм соответственно.

Станки горизонтально-расточные двухшпиндельные ОР-14553 (СМД-60), ОР-14554 (СМД-14), ОР-14556 (ЗИЛ-130), ОР-14573 (ЯМЗ-238НБ), ОР-14560 (А-41), ОР-14572 (ЗМЗ-53) используют для обработки коренных опор и втулок распределительного вала в блоке цилиндров.

2.4.2. Выбор металлорежущих станков

Модель станка выбирают в зависимости от вида требуемой обработки, размеров заготовок (диаметра и длины), устанавливаемых на столе станка (или размеров приспособлений с заготовками), точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и производительности обработки.

Рассчитывают режимы обработки заготовок и определяют мощность резания. Тип станка подбирают с учетом вида обрабатываемых поверхностей (цилиндрических, плоских, профильных и др.) и их необходимой шероховатости (обеспечиваемой лезвийной или абразивной обработкой). Далее подбирают типоразмер станка по размерам вращающихся заготовок (диаметру и длине), размерам неподвижных заготовок, устанавливаемых на столе станка, или размерам приспособлений с заготовками. Назначают класс точности станка, обеспечивающего допуск на размер обработки. Устанавливают достаточность мощности приводного двигателя для обработки заготовок.

Допуск линейного размера обработанного элемента заготовки согласуют с ценой деления лимба станка. Разряд последней значащей цифры допуска на размер должен быть не меньше цены деления лимба.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Выбор металлорежущего станка для обработки заготовок

Цель работы – приобрести навыки по выбору металлорежущего оборудования для обработки заготовок.

Задание на работу выдает преподаватель. Оно содержит чертеж заготовки с обрабатываемыми поверхностями и объемы выпуска.

Порядок выполнения задания. Перед выполнением задания следует вспомнить содержание соответствующего раздела книги.

Рассчитывают режимы обработки заготовки и определяют ее машинное время и мощность резания. Подбирают тип станка с учетом вида обрабатываемых поверхностей (цилиндрических, плоских, профильных и др.) и их необходимой шероховатости (обеспечивающей лезвийную или

абразивную обработку). Далее подбирают типоразмер станка по размерам вращающихся заготовок (диаметру и длине), размерам неподвижных заготовок, устанавливаемых на столе станка, или размерам приспособлений с заготовками. Назначают класс точности станка, обеспечивающего допуск на размер обработки. Устанавливают достаточность мощности двигателя для обработки заготовок.

Расчетно-аналитическим методом с учетом машинного времени обработки находят норму штучного времени и, используя заданные объемы выпуска деталей, рассчитывают необходимое количество оборудования.

Содержание отчета: название и цель работы; расчеты режимов, машинного времени и мощности обработки; сопоставление размеров обрабатываемых заготовок и приспособления, с одной стороны, и размерных возможностей станка, с другой стороны; расчет использования мощности станка и потребное число единиц оборудования; выводы.

2.5. Оборудование для электрофизической размерной обработки восстановленных заготовок

2.5.1. Назначение электрофизической размерной обработки восстановленных заготовок

Для размерной обработки восстановленных деталей с труднообрабатываемыми покрытиями с успехом используются высокоэффективные процессы обработки – электрохимические и электрофизические методы размерной обработки. Эти методы основаны на различных физико-химических процессах энергетического воздействия на материал, при котором от него отделяются частицы и получается деталь с заданными размерами и формой.

В зависимости от используемых физико-химических процессов методы электрофизической и электрохимической обработки подразделяются на четыре группы.

1. *Электроэрозионная* обработка токопроводящих материалов, основанная на использовании преобразуемой в тепло энергии электрических разрядов, возбуждаемых между инструментом и заготовкой. Различают четыре основные разновидности электроэрозионной обработки: электроискровую, электроимпульсную, электроконтактную и анодно-механическую.

2. *Электрохимическая* обработка металлов и сплавов, основанная на преобразовании электрической энергии в химическую. При этом металл

заготовки превращается в легко удаляемые из зоны обработки химические соединения (анодное растворение).

3. *Ультразвуковая* обработка, основанная на импульсном ударном механическом воздействии на материал с частотой свыше 20 кГц. Этим методом обрабатывают твердые и хрупкие материалы.

4. *Лучевая* обработка, основанная на удалении материала заготовки при воздействии на нее концентрированного луча с высокой плотностью энергии, которая в зоне обработки преобразуется в тепло. К ним относятся обработка сфокусированными световыми, электронными или ионными лучами.

2.5.2. Электроэрозионная размерная обработка

Электроэрозионная обработка – процесс формоизменения заготовки путем контролируемого разрушения электропроводного материала под воздействием электрических разрядов между двумя электродами, т.е. обработка через электрическую эрозию.

Схема электроэрозионной обработки представлена на рисунке 2.58. Один из электродов является обрабатываемой заготовкой, другой – инструментом. Электрические разряды производятся периодически, импульсно, так, чтобы среда между электродами восстановила свою электрическую прочность.

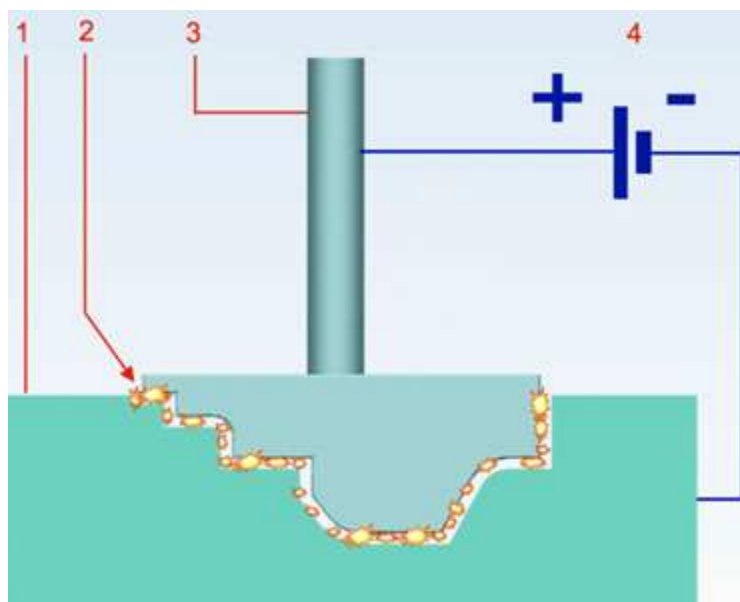


Рис. 2.58. Схема электроэрозионной обработки профильной поверхности (включение на обратную полярность): 1 – обрабатываемая заготовка; 2 – электрические разряды в зазоре между заготовкой и инструментом; 3 – инструмент; 4 – генератор униполярных импульсов

С целью уменьшения эрозии инструмента для разрядов используются униполярные импульсы тока. Полярность зависит от длительности импульса, поскольку при малой продолжительности импульса преобладает эрозия анода, а при большой – эрозия катода. Поэтому на практике используются оба способа подачи униполярных импульсов: с подключением детали к положительному полюсу генератора импульсов (включение на прямую полярность) и к отрицательному (включение на обратную полярность).

Электроэрозионная обработка включает: обработку сформированными генератором короткими (до 3×10^{-4} с) импульсами (электроискровой процесс); длинными импульсами (электроимпульсная обработка); импульсами, возникающими в межэлектродном пространстве, при работе в жидкой и газовой среде (электроконтактный процесс, упрочнение и легирование).

Применяют несколько технологических схем электроэрозионной обработки:

- прошивание;
- электроэрозионное шлифование;
- разрезание профильным или непрофильным инструментом;
- электроэрозионное упрочнение и восстановление деталей, включающее легирование и наращивание поверхности (обычно осуществляется в газах).

Фотография электроэрозионного станка в процессе обработки заготовки представлена на рисунке 2.59.

На современном уровне развития электроэрозионной обработки точность деталей на электроискровом режиме профильным электродом-инструментом достигает 6 – 7-го качества, непрофилированным – 5 – 6-го качества; в случае применения электроимпульсного режима точность изготовления соответствует 9 – 11-му качеству; при электроконтактной обработке в жидкой среде (шлифование) – 7 – 8-му качеству, при обработке в воздухе (разрезание) – 16 – 17-му качеству. Погрешности электроэрозионного легирования оценивают неравномерностью наносимого слоя, которая может достигать 20 % его толщины.

Станки для электроэрозионной обработки в отличие от металлорежущих имеют генератор импульсов, систему очистки и подачи рабочей среды в зону обработки, средства регулирования и управления процессом. На рисунке 2.60 показана структура электроэрозионного станка.



Рис. 2.59. Фотография электроэрозионного станка в процессе обработки заготовки (обрабатываемая заготовка погружена в жидкость)

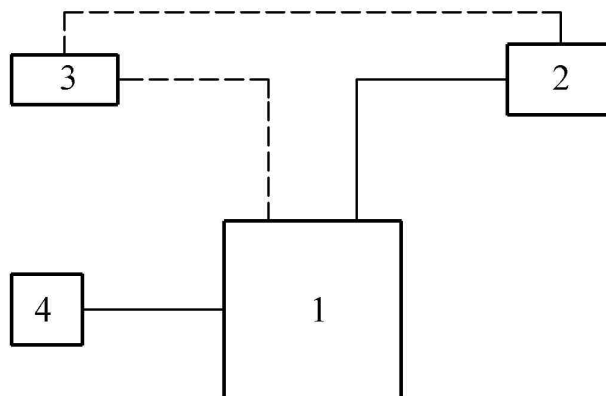


Рис. 2.60. Структурная схема электроэрозионного станка

Его механическая часть 1 включает рабочий стол для установки и закрепления приспособлений или заготовки, ванну для рабочей жидкости, устройство для закрепления электрода-инструмента, механизмы его перемещения, следящие элементы систем регулирования и управления процессом. Генератор импульсов 2 может быть как встроенным, так и в виде автономного блока. Электрошкаф 3 включает электрические узлы – пускатели, рубильники, предохранители и др. Рабочая жидкость хранится в ванне 4, которая комплектуется насосом и устройством для очистки среды от

продуктов обработки. В большинстве электроэрозионных станков ванну помешают внутри механической части, сокращая требуемую для размещения станка производственную площадь.

Электроэрозионное оборудование выпускается серийно или изготавливается по отдельным заказам. Оно может быть универсальным, специализированным и специальным. В нем используют унифицированные узлы (генераторы, приводы, регуляторы), которыми комплектуют станки различных видов.

Характеристики оборудования для электроискровой обработки приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11

Характеристики оборудования для электроэрозионной обработки

Модель	Назначение	Размеры стола, мм	Производительность, мм ³ /мин	Параметр шероховатости детали по стали	Мощность, кВт	Масса, кг
Специальный координатный ОФ-80	Для обработки узких щелей, малых отверстий, изготовления фильер, волок, прессформ, матриц	200×125	70	Ra0,63	3,2	333
Электроконтактный карусельный МЭ-301	Для разделения заготовок, обработки тел вращения	Диаметр планшайбы 2800	0,1 кг/мин (черновая) 0,01 кг/мин (чистовая)	Rz1000 Rz40	96	63000
Станок со следящей системой ЕЛФА-731	Для упрочнения, легирования, восстановления деталей машин	500×300	1 мм ² /с	—	5	500

Фотографии применяемого в производстве современного оборудования для электроэрозионной размерной обработки представлены на рисунках 2.61 и 2.62.



Рис. 2.61. Фотографии электроэрозионных станков Indiamart S-50 (а) и Indiamart Speed-I (б)

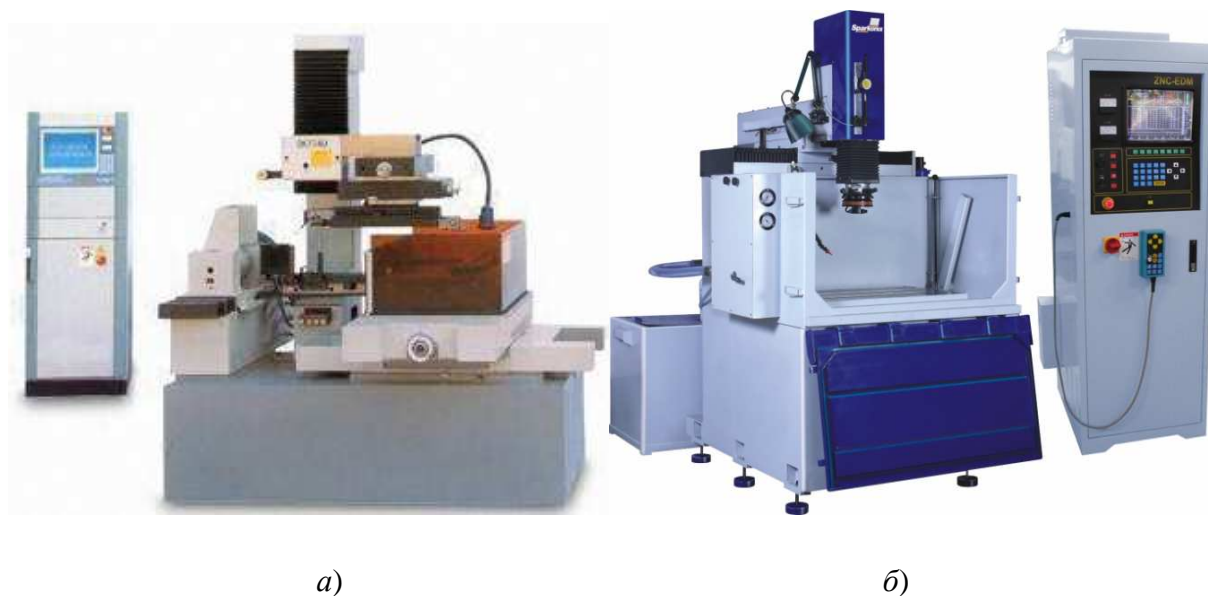


Рис. 2.62. Фотографии электроэрозионных станков ELITE (а) и F 65 ZNC (б)

2.5.3. Электрохимическая размерная обработка

Электрохимическая обработка осуществляется в среде электролита и заключается в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки вследствие анодного растворения ее материала в электролите под действием электрического тока.

Механизм удаления металла с поверхности заготовки при электрохимической обработке основан на процессе электролиза. Удаление металла происходит по закону Фарадея, согласно которому количество удаленного металла пропорционально силе тока и времени обработки. Один из электродов (заготовка) присоединяется к положительному полюсу источника тока и является анодом, а второй электрод (инструмент) – к отрицательному и является катодом.

При электрохимической обработке выполняют:

- безразмерную обработку (электрохимическое полирование);
- размерное формообразование при высокой плотности тока, достигаемой размещением инструмента (катада) и заготовки (анода) на расстоянии десятых и сотых долей миллиметра путем локализации процесса (трафаретами, диэлектрическими покрытиями);
- прошивание отверстий. Если отверстия имеют малое сечение, то в качестве инструмента может использоваться непосредственно сам электролит, подаваемый в виде струи через сопло от инструмента к заготовке;
- точение наружных и внутренних поверхностей;
- протягивание наружных и внутренних поверхностей;
- разрезание заготовок прошиванием пластиной, вращающимся диском или проволокой;
- шлифование;
- гравирование торцом трубки или стержня, перемещаемых вдоль заготовки без касания электродов.

Межэлектродный зазор поддерживается постоянным путем сближения электродов на глубину, равную толщине удаленного металла.

По структуре станки для электрохимической обработки близки к агрегатным станкам. Они включают стандартные узлы: источник питания, насос, ванны для сбора электролита и промывочно-пассивирующих жидкостей, устройство для очистки электролита, элементы управления. Механическая часть станка содержит элементы для установки деталей, механизмы подачи электродов-инструментов, системы подвода напряжения и электролита.

Большинство электрохимических станков выпускается малой серией или по заказам предприятий и имеет характеристики, представленные в таблице 2.12.

Таблица 2.12

Характеристики типового оборудования для электрохимической обработки

Модель	Назначение	Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок, мм	Скорость съема металла	Сила тока, А, не более	Напряжение, В	Масса, кг
ЛСВХ-2	Прошивание отверстий $\varnothing 5 - 12$ мм, глубиной 800 мм	100×100×800	1,5–60 мм/мин	3000	6–12	–
4422	Формообразование полостей	250×300×160	0,3–12 мм/мин	3200	16	4500
4А423ФЦ	Формообразование полостей	480×350×400	12000 мм ³ /мин	3200	16	4500
ЭХО-2	Обработка пера лопаток	Длина до 300	0,2–1,0 мм/мин	10000	12	3000
4412ФЦ	Обработка тел вращения	Длина до 250	3000 мм ³ /мин	3200	6–12	1800
ЭХТ-1500	Протягивание (возможно вращение заготовки)	Отверстия $\varnothing 10-80$, длина детали 300–1600	1–5 мм/с	3200	12–18	2500
3Е711ЭФ2	Плоское и профильное шлифование	200×320×400	–	1600	6–12	4200
3Э110	Шлифование отверстий токопроводящим инструментом	$\varnothing 10-25$, длина до 180	–	1600	2–10	2600
3822ОЭ	Хонингование отверстий	$\varnothing 8-30$, длина до 80	–	630	12	2760
СЭП906	Обработка штампов и других деталей непрофилированным стержнем по программе (трехкоординатной)	400×800	2000 мм ³ /мин	6000	5–12	6000

Фотографии применяемого в производстве современного оборудования для электрохимической размерной обработки представлены на рисунках 2.63 и 2.64.



Рис. 2.63. Фотография электрохимического станка Anotronic Twin Station



Рис. 2.64. Фотография электрохимического станка Anotronic 3 Station

2.5.4. Ультразвуковая размерная обработка

Ультразвуковая обработка основана на использовании энергии ультразвуковых колебаний. При ультразвуковой размерной обработке (рис. 2.65) между инструментом, который является частью колебательной системы ультразвукового преобразователя, и обрабатываемой поверхностью заготовки прокачивается суспензия абразива (обычно карбид бора B_4C). Используются продольные, поперечные или крутильные колебания инструмента. Между инструментом и обрабатываемой заготовкой создают статическую силу $P_{ст}$ (сила подачи) ($P_{ст} = 20 - 3000$ Н). Ультразвуковая обработка основана на ударном воздействии торца инструмента на вершины наиболее крупных абразивных зерен.

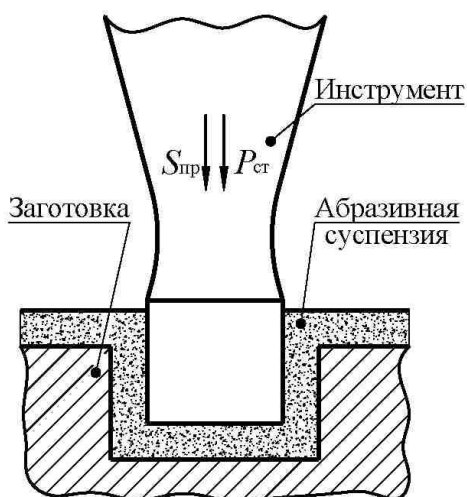


Рис. 2.65. Схема ультразвуковой размерной обработки:
 $S_{пр}$ – продольные колебания инструмента; $P_{ст}$ – статическая сила

Ультразвуковые установки и станки подразделяются на переносные установки небольшой мощности и стационарные ультразвуковые станки – универсальные и специальные. Ультразвуковые станки состоят из ультразвукового генератора мощностью 0,04 – 5 кВт с рабочими частотами 18, 22 и 44 кГц, акустической головки с пьезокерамическим или магнитострикционным преобразователем (в котором электрические колебания преобразуются в механические), ванны, в которой осуществляется рабочий процесс, механизмов подачи головки, стола для закрепления заготовок, системы подвода абразивной суспензии, устройств для измерения глубины обработки и периодического подъема и опускания инструмента.

Характеристики оборудования для ультразвуковой обработки представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13

Характеристики оборудования для ультразвуковой обработки

Характеристика	4Б771Ф11	4А771П	4Д772ЭФ	МЭ372	МЭ374	МЭ76
Мощность генератора, кВт	0,25	0,4	1,6	0,4	0,25	0,1
Размеры обрабатываемых отверстий, мм	0,8–50	до 60	до 80	0,4–12	0,05–2	0,12–1,6
Оптимальная площадь обработки сплошным инструментом, мм ²	500	180	750	750	750	750
Наибольшая производительность, мм ³ /мин						
– по стеклу	до 3000	1500	5600	5600	5600	5600
– по твердому сплаву	до 20	15	800	800	800	800
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	350	350–2500	350–2500	350–2500	100–3500	1000
Точность позиционирования стола, мкм	20	10	20	15	3	3
Усилие подачи, Н	5–80	1–80	До 300	0,3–25	0,05–2	0,2–4
Габаритные размеры, мм	1950× ×1100× ×1900	1400× ×785× ×1800	4260× ×1950× ×1850	1920× ×1050× ×1450	1250× ×1050× ×1450	1180× ×650× ×1450
Масса, кг	650	850	1800	910	150	250

Фотографии применяемого в производстве современного оборудования для ультразвуковой размерной обработки представлены на рисунках 2.66 и 2.67.



Рис. 2.66. Фотографии ультразвуковых станков Sinker AP-1000 (а) и Sinker A-10HCV (б)



а)



б)

Рис. 2.67. Фотографии ультразвуковых станков Rotary CNC 10 Bedmill (а) и Rotary 10 Kneemill (б)

2.5.5. Электронно-лучевая размерная обработка

Сущность *электронно-лучевой обработки* материалов состоит в преращении кинетической энергии сфокусированного в вакууме пучка электронов в тепловую при его взаимодействии с материалом. Поскольку концентрация энергии в электронном пучке велика, то возможны различные термические воздействия на материал: нагрев до заданной температуры, плавление и испарение с очень высокой скоростью.

Электронно-лучевая обработка, как правило, предназначена для изменения состава или структуры обрабатываемого материала, получения отверстий заданного диаметра или пазов заданной ширины, глубины и профиля сечения.

Импульсным электронно-лучевым воздействием возможна размерная обработка не только металлических материалов, но и неметаллических, таких, как кремний, стекло, керамика.

Для размерной обработки используются универсальные установки, которые имеют следующие особенности:

- при высокой стабильности параметров и достаточно большой мощности формируется электронный луч диаметром 10 – 100 мкм. Это достигается использованием электронных пушек с высоким ускоряющим напряжением 75 – 200 кВ в сочетании со стабилизированными источниками питания;

– управление лучом осуществляется электромагнитными отклоняющими системами, перемещающими луч по обрабатываемой заготовке на небольшой площади с высокой точностью;

– электронная пушка работает как в непрерывном, так и в импульсном режимах;

– манипуляторы обеспечивают высокую точность совмещения зоны обработки с электронным лучом и дают возможность осуществить перемещение зоны обработки по заданной программе;

– частота импульсов 1,0 – 3,3 кГц, длительность 2 – 14 мкс.

Фотографии применяемого в производстве современного оборудования для электронно-лучевой размерной обработки представлены на рисунках 2.68 – 2.70.



a)



б)

Рис. 2.68. Фотографии установок для электронно-лучевой обработки Balzers VAK510 (*a*) и Leybold A700Q (*б*)



Рис. 2.69. Фотография установки для электронно-лучевой обработки ВУ-2М



Рис. 2.70. Фотография установки для электронно-лучевой обработки УРМ 3.279.068

2.5.6. Лазерная размерная обработка

При *лазерной обработке* используемый сфокусированный лазерный луч обеспечивает высокую концентрацию энергии и позволяет обрабатывать практически любые материалы независимо от их свойств. При обработке под воздействием лазерного луча материал заготовки плавится, возгорается, испаряется или выдувается струей газа. Обработка проводится с высокой плотностью мощности лазерного излучения, достигающей порядка $10^7 - 10^8$ Вт/см². При лазерной обработке отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал, возникают минимальные остаточные деформации после полного остывания материала. Вследствие этого лазерную обработку можно осуществлять с высокой точностью. Благодаря большой мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса в сочетании с высоким качеством обработанной поверхности. Компьютерное управление лазерным излучением позволяет осуществлять лазерную обработку по сложному контуру поверхности заготовок с высокой степенью автоматизации процесса.

Фотография лазерной установки в процессе обработки заготовки представлена на рисунке 2.71.



Рис. 2.71. Фотография лазерной установки в процессе обработки заготовки

Лазерная обработка реализуется с помощью технологических лазерных установок на основе CO_2 -лазеров, лазеров на алюмоиттриевом гранате с неодимом, лазеров на рубине и N_2 -лазеров, работающих как в непрерывном, так и в импульсно-периодическом режимах излучения. При этом независимо от назначения и типов применяемых лазеров установки содержат следующие узлы: источник оптического излучения – лазер; оптическую систему для формирования лазерного излучения – энергетический или рабочий канал; устройство для закрепления и перемещения обрабатываемого объекта – координатный стол с приводом; систему управления работой лазера и координатного стола.

Лазер обеспечивает энергетические и временные параметры воздействия; оптическая система формирует пространственные характеристики пучка как инструмента обработки. Точность и производительность обработки определяются характеристиками системы управления перемещением заготовки или лазерного луча.

Существуют три группы установок для лазерной размерной обработки заготовок, различающиеся схемой перемещения заготовки относительно лазерного луча. В установках, относящихся к первой группе, в зону обработки с помощью координатного устройства перемещается заготовка. Преимуществами данных установок являются постоянная длина оптического энергетического канала, высокая точность, обеспечиваемая за счет координатного стола. Недостаток данных установок – небольшие размеры обрабатываемых заготовок. В установках, относящихся ко второй группе, в про-

дольном направлении перемещается заготовка, а в поперечном – лазерный луч. Преимущество данных установок – большие размеры обрабатываемых заготовок, что, однако, влечет за собой снижение точности обработки и увеличивает энергетические потери. В установках, относящихся к третьей группе, лазерный луч перемещается над неподвижной заготовкой, установленной на столе. Преимуществом данных установок является возможность обработки крупногабаритных заготовок, недостатком – большая длина оптического канала и вследствие этого невысокая точность и непостоянное качество обработки поверхности на различных участках заготовки.

В сопоставлении со многими из применяемых в производстве станков и установок механической обработки стоимость лазерного оборудования все еще высока, хотя в последнее время наметилась тенденция к ее снижению. В связи с этим лазерная обработка становится эффективной только при условии обоснованного выбора области применения, когда использование традиционных способов обработки трудоемко или невозможно.

Фотографии применяемого в производстве современного оборудования для лазерной размерной обработки представлено на рисунке 2.72.



Рис. 2.72. Фотографии установок для лазерной обработки Space Gear-U44 (а), Hyper Gear (б) и Fabri Gear 150 (в) (см. также с. 112)



в)

Рис. 2.72. Окончание

2.6. Сборочное оборудование

2.6.1. Сборочный процесс и состав оборудования

Доля сборочных работ в общей трудоемкости ремонта машин составляет 25 – 28 %. Качество их выполнения оказывает большое влияние на послеремонтную наработку техники, а производительность – на экономичность процесса.

Объектом *узловой* сборки является составная часть агрегата или машины, а *общей* сборки – агрегат или машина в целом.

Узловую сборку ведут на специализированных стендах. Общая сборка бывает непоточной или поточной.

Непоточную общую сборку ведет один сборщик или бригада сборщиков на стенде, поворачивая при необходимости собираемое изделие вокруг вертикальной или горизонтальной оси.

При объемах ремонта более 2,5 тыс. агрегатов в год эффективна *поточная* сборка, которая предполагает специализацию технологических позиций сборки, оснащение их необходимыми средствами и межпозиционное перемещение собираемых объектов, что дает снижение трудоемкости процесса, но обязывает руководителей к высокому организационному уровню работ.

Состав сборочного оборудования определяется технологическим процессом сборки.

Технологическая операция сборки включает (рис. 2.73) загрузку комплектующих и крепежных деталей и перемещение их на сборочные позиции, отсекаание подаваемых деталей по одной и их ориентирование относительно корпусной детали, силовое смыкание (образование соединений), внутри- и межпозиционное перемещение собираемых изделий.

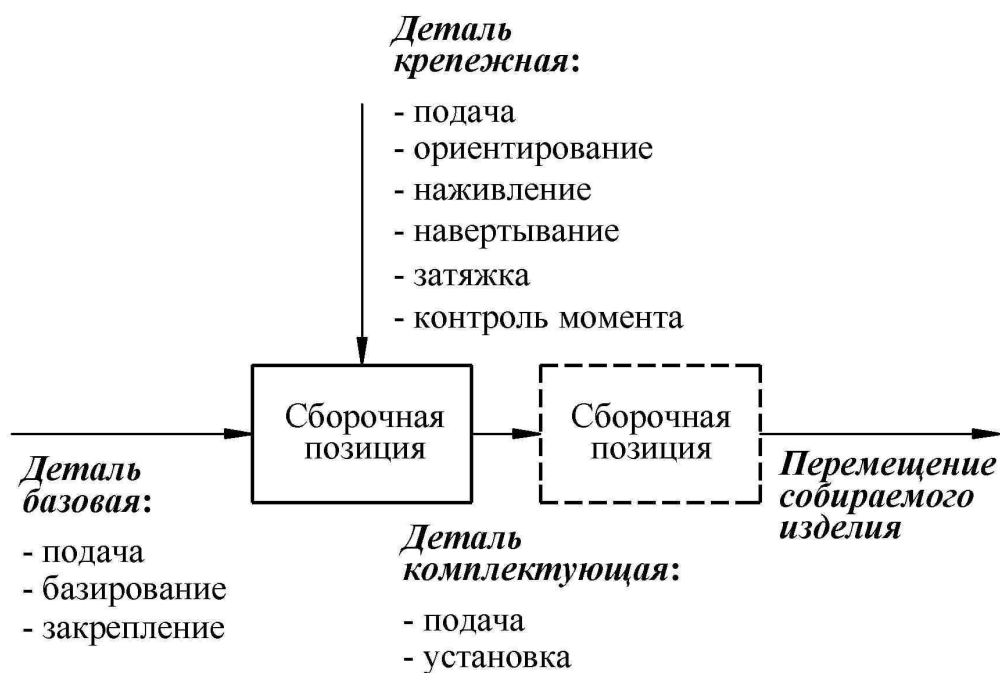


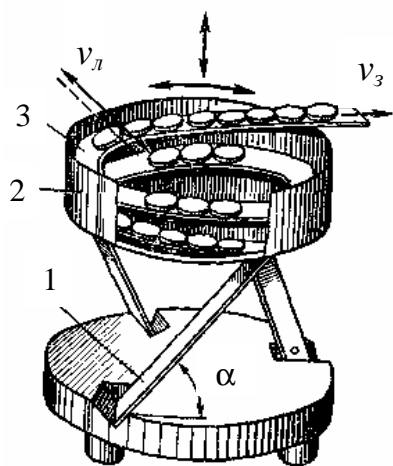
Рис. 2.73. Схема резьбосборочной операции

2.6.2. Оборудование для подачи и ориентирования деталей

Ручные переходы подачи и ориентирования деталей при сборке обладают большой трудоемкостью. Если автоматизировать, например, подачу и установку шайб и гаек и «наживление» последних при сборке коленчатого вала с маховиком и сцеплением, то производительность сборки повышается в 2,0 – 2,2 раза.

Оборудование для штучной подачи и ориентирования деталей взаимодействует с оборудованием для силового соединения деталей и оборудованием для механической обработки заготовок.

Для подачи деталей широко используют вибрационные бункеры (рис. 2.74). Чаша бункера, установленная на трех наклонных стержнях, совершает крутильные (вокруг вертикальной оси) и возвратно-поступательные (в вертикальном направлении) колебания за счет прилагаемых импульсов энергии, которые приводят к движению деталей вверх по спиральному лотку внутри чаши. С этого лотка детали под собственным весом по гравитационному лотку подаются на сборочную позицию. Конструктивные особенности лотков (наличие прорезей, упоров, планок и др.) обеспечивают подачу деталей в ориентированном положении, например, стержнем винта вниз. Разработан типоразмерный ряд бункеров с диаметром чаши от 60 до 630 мм для подачи деталей с размерами, соответственно, от 4 до 70 мм.



а)



б)

Рис. 2.74. Схема (а) и общий вид (б) вибрационного бункера: 1 – наклонный стержень; 2 – чаша; 3 – спиральный лоток; α – угол наклона стержня к горизонту $\approx 45^\circ$; v_l – скорость перемещения лотка; v_z – скорость перемещения заготовок

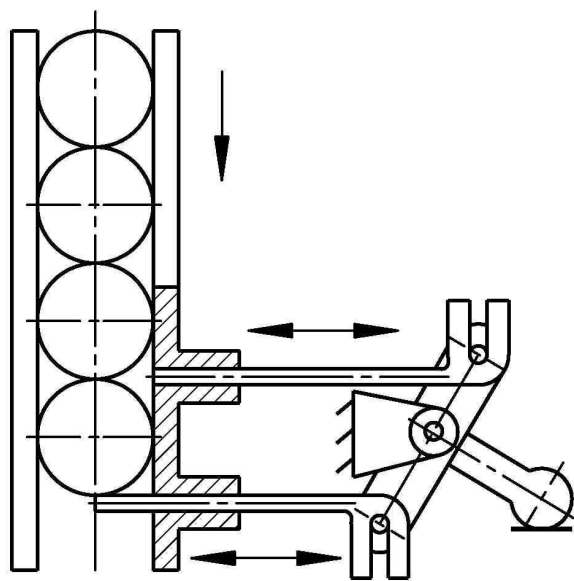


Рис. 2.75. Схема штыревого отсекателя

и на нем остаются детали, ориентированные правильно. Во втором случае детали переводят в требуемое положение принудительно. Применяют механический, электромагнитный, пневматический и многие другие способы активного ориентирования деталей.

Для штучной выдачи деталей на сборочные позиции служат отсекатели. Рабочие части отсекателей совершают поступательное или вращательное движение. Схема штыревого отсекателя приведена на рисунке 2.75.

Для автоматического соединения деталей их необходимо подавать в строго определенном положении. Применяют пассивное и активное ориентирование. В первом случае с подающего лотка сбрасываются неправильно ориентированные детали

2.6.3. Оборудование для перемещения собираемых агрегатов и машин

В составе сборочного оборудования имеются опорные элементы, на которые устанавливают (базируют и крепят) корпусные детали. Опорные

элементы с собираемыми изделиями при сборке вращаются и (или) перемещаются поступательно.

Вращательное перемещение на сборочной позиции необходимо для придания удобного положения корпусной детали для установки и закрепления комплектующих деталей при узловой и общей (поточной и непоточной) сборке. При поточной сборке собираемые объекты перемещаются между сборочными позициями поступательно.

Примеры оборудования для узловой сборки следующие. На стенде ОР-14235 с пневмоприводом собирают масляные насосы с производительностью $5 - 6 \text{ ч}^{-1}$. Устройство ОНР-3848, например, служит для сборки масляных фильтров. Стенд ОР-13796 предназначен для сборки головок цилиндров ЯМЗ-338НБ и ЯМЗ-240Б. На стенде 70-7826-1502 собирают автомобильные компрессоры, а на стенде 1ПСБ4-121 – сцепления двигателей ЗМЗ-53.

Стенд для узловой сборки коленчатого вала с маховиком и сцеплением с измерением торцового биения рабочей поверхности маховика приведен на рисунке 2.76. Стенд включает следующие основные элементы: корпус 1, шарнирно соединенную с ним поворотную раму 6 и пневмоцилиндр 2. На поворотной раме установлены призмы 8 для базирования детали, пневмоцилиндры 2 с рычагами 10 для закрепления детали и индикаторная головка 3 на стойке 4. Рабочие поверхности призм, рычагов и захвата наплавлены латунью.

Стенд работает следующим образом. В начале цикла индикаторное устройство занимает вспомогательное положение, а поворотная рама – горизонтальное. Штоки пневмоцилиндров втянуты, а захват откинут. Коленчатый вал устанавливают на призмы. Захват сцепляют с шатунной шейкой. Деталь закрепляют с помощью пневмоцилиндров 7 при подаче сжатого воздуха под их поршни. На фланец коленчатого вала устанавливают маховик и закрепляют его болтами с гайками. Захват препятствует вращению сборочной единицы при затяжке гаек. Затем раму с помощью пневмоцилиндра 2 поворачивают на 90° в вертикальное положение, а индикаторное приспособление – в основное, при котором шуп индикаторной головки касается рабочей поверхности маховика. Усилия пневмоцилиндров 7 подобраны таким образом, что они не препятствуют вращению маховика от руки. Маховик вращают в сторону, обратную вращению гаек (при этом торец первой коренной шейки касается опорной поверхности призмы), а затем

измеряют биение торца маховика с помощью индикаторной головки; шатунная шейка при этом освобождается от захвата.

Далее индикаторное устройство переводят во вспомогательное положение. На маховик устанавливают ведомый диск сцепления и с помощью центрирующей оправки его ориентируют относительно оси коленчатого вала. Устанавливают остальные части сцепления, а кожух сцепления крепят болтами к маховику. Поворотную раму переводят в горизонтальное положение, освобождают рычаги 10 и снимают собранную сборочную единицу.

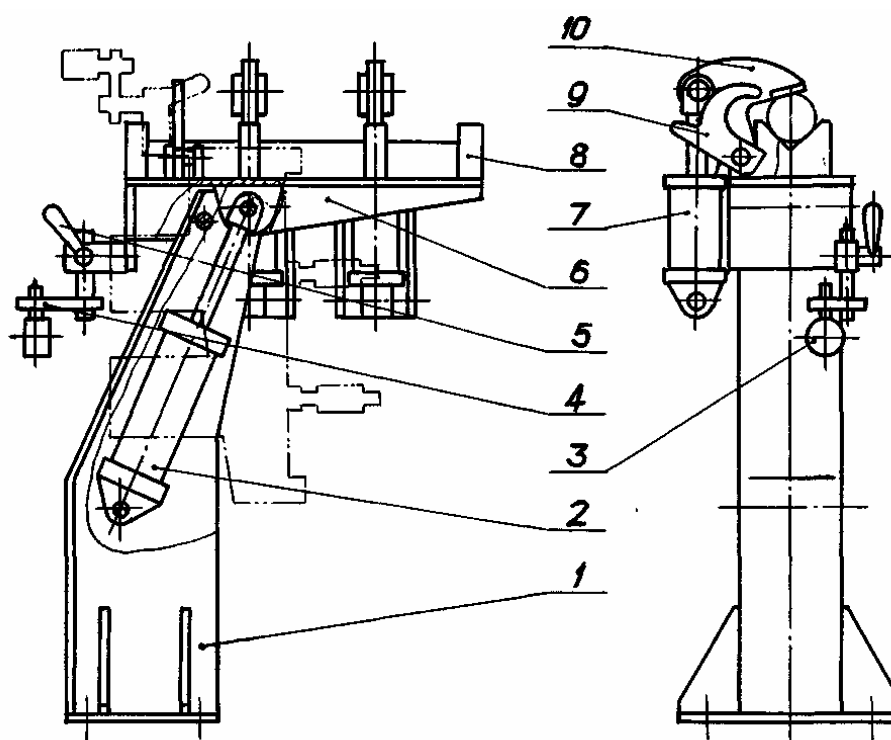


Рис. 2.76. Схема станда для узловой сборки коленчатого вала с маховиком и сцеплением: 1 – корпус; 2 и 7 – пневмоцилиндры; 3 – индикаторная головка; 4 – стойка; 5 – рукоятка; 6 – поворотная рама; 8 – призма; 9 – захват; 10 – рычаг

Примеры оборудования для непоточной общей сборки следующие: станд универсальный ОПР-989 служит для сборки двигателей; станд ОР-13664 – для сборки ведущих мостов с рессорами; станд ОПР-689 – для разборки и сборки передних и задних мостов автомобилей.

Для перемещения собираемых объектов при поточной сборке используют эстакады и конвейеры. По эстакаде изделия перемещают вручную, например, эстакаду ОПР-996 применяют для сборки двигателей. Конвейеры обеспечивают механическое перемещение собираемых изделий (рис. 2.77).



Рис. 2.77. Фотография сборки двигателей с использованием тележечного конвейера

Наибольшие удобства и наилучшее использование производственной площади обеспечивает цепной вертикально-замкнутый тележечный конвейер. На каждой тележке конвейера установлен сборочный стенд с возможностью вращательного перемещения собираемого изделия. Сборщики находятся на участке пола, который движется вместе со стендами. Холодная ветвь цепи с тележками проходит под полом.

2.6.4. Резьбосборочное оборудование

В качестве резьбозавертывающих средств используют электромеханические гайковерты собственного изготовления или промышленные одношпиндельные гайковерты с электро- или пневмоприводом. Электрогайковерты питаются переменным током с частотой 200 Гц. Для затяжки резьб с помощью ударно-вращательных импульсов применяют механизмы, которые делятся на частоударные (16 – 40 ударов в секунду) и редкоударные (до 3 ударов в секунду). Редкоударные гайковерты производят затяжку за 4 – 15 ударов. При затяжке частоударными гайковертами энергия меняется от удара к удару в течение 100 – 200 периодов, а у редкоударных инструментов энергия отдельного удара не изменяется во времени.

Повышения производительности труда добиваются применением многошпиндельных гайковертов. Эти устройства обладают большой массой, их вес уравнивают противовесами с помощью канатов и блоков.

Около 20 % резьбовых соединений агрегатов требуют затяжки моментом, значение которого установлено Руководством по капитальному

ремонту. Это относится к сборке клеммовых соединений, опор подшипников и др.

При ручной сборке ограничение момента затяжки обеспечивается применением специальных ключей, которые бывают предельными и динамометрическими.

Ключи предельного типа (рис. 2.78) используются для быстрой затяжки резьбовых соединений с точно заданным крутящим моментом. В этих ключах связь между рукояткой и шпинделем разрывается при достижении необходимого момента затяжки. Стрелочные динамометрические ключи (рис. 2.79) имеют упругий элемент и шкалу со стрелкой, значения момента затяжки считывают по шкале. Цифровые динамометрические ключи (рис. 2.80) применяются для контроля затяжки ответственных резьбовых соединений.



Рис. 2.78. Фотография предельного ключа

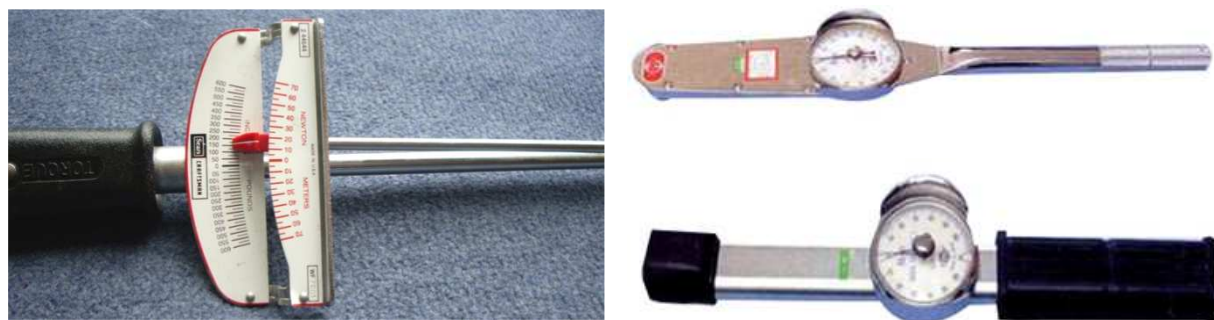


Рис. 2.79. Фотографии стрелочного динамометрического ключа



Рис. 2.80. Фотография цифрового динамометрического ключа

Схема электромеханического гайковерта для сборки ответственных резьбовых соединений приведена на рисунке 2.81. Гайковерт содержит электродвигатель 1 с упругой муфтой 10, планетарный двухступенчатый редуктор со шпинделем 6. Корончатые колеса 7 и 8 обеих ступеней редуктора подвижные. Для измерения крутящего момента на шпинделе используется колесо 7, имеющее на периферии коническое отверстие, в которое наконечником входит стержень 5. Усилие предварительного сжатия пружины 4 регулируется. Угол поворота колеса 7 и перемещение стержня 5 пропорциональны крутящему моменту на шпинделе. При заданном значении этого момента стержень воздействует на конечный выключатель 3, включен-

ный в цепь управления гайковертом. Колесо 8 в неподвижном положении фиксируется колодочным тормозом 2 с электромагнитным приводом.

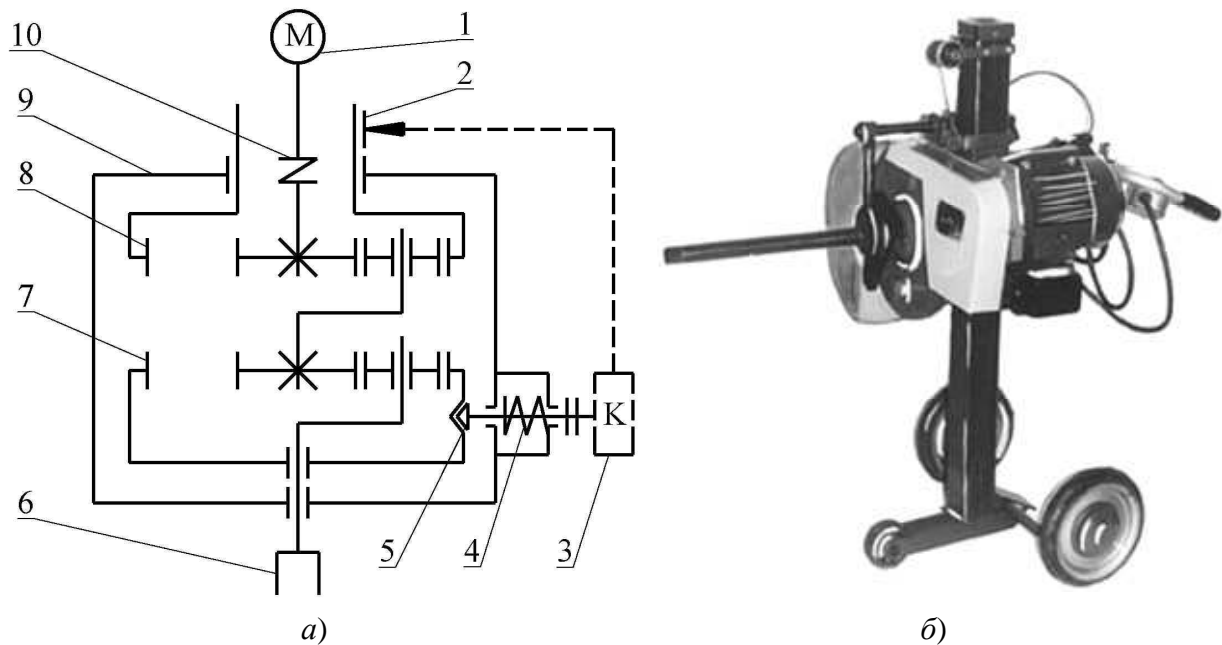


Рис. 2.81. Схема (а) и общий вид (б) электромеханического гайковерта: 1 – электродвигатель; 2 – тормоз колодочный; 3 – конечный выключатель; 4 – пружина; 5 – конический стержень; 6 – шпиндель; 7 и 8 – колеса корончатые; 9 – корпус; 10 – муфта

При работе гайковерта его шпиндель соединяют с гайкой или головкой болта и при заторможенном колесе 8 включают электродвигатель. Планетарный редуктор при этом имеет одну степень свободы и передает момент от двигателя на заворачиваемую деталь. Во время затягивания резьбы колесо 7 под действием передаваемого момента, проворачиваясь, выдвигает стержень 5 и воздействует на конечный выключатель 3, от которого преобразованный сигнал поступает на колодочный тормоз. Последний освобождает колесо 8, а редуктор приобретает две степени свободы. В этом режиме поток мощности между двигателем и шпинделем разрывается, колесо 8 вращается вхолостую, а шпиндель останавливается.

Резкий разрыв потока мощности между двигателем и шпинделем после достижения требуемого момента затяжки в сочетании с малой инерционностью гайковерта обеспечивает момент затяжки собираемых деталей, регламентируемый Руководством по капитальному ремонту в части сборки автомобильных двигателей.

Перспективно применение двухприводных гайковертов. Низкомоментный привод с высокой частотой вращения ($200 - 300 \text{ мин}^{-1}$) обеспечивает

свободное навинчивание резьбовой детали, а высокомоментный – затяжку соединения с малой частотой (до 20 мин^{-1}) до нормированного момента.

2.6.5. Прессосборочное оборудование

На оборудовании, развивающем сборочное усилие до 2,5 кН, применяют пневмоприводы с диаметрами цилиндров до 250 мм, а при больших значениях этого усилия – гидроприводы с диаметрами цилиндров 63 – 125 мм.

Повышение прочности соединений с натягом обеспечивает теплопрессовая сборка. Прочность посадок, полученных нагреванием перед сборкой охватывающей детали или охлаждением охватываемой, в 2,0 – 2,5 раза выше прочности соединений, полученных без нагрева. Объясняется это тем, что в первом случае микронеровности при формировании соединения не разрушаются, а деформируются и соединяются друг с другом.

Сборка с нагревом рекомендуется для соединений, у которых предусмотрены значительные натяги, а также в случае, когда охватывающая деталь выполнена из материала с высоким коэффициентом линейного расширения, а узел в агрегате подвержен воздействию повышенной температуры. Если такие соединения собрать без нагрева, то при эксплуатации прочность их значительно снижается. Например, в процессе сборки нагревают зубчатый венец (перед установкой на маховик) и поршень (перед установкой в него поршневого пальца), а седло клапана охлаждают в жидком азоте (перед установкой в блок или головку цилиндра).

Стенд для теплопрессовой сборки шатунно-поршневых групп (рис. 2.82) предназначен для нагрева поршней и сборки их с шатунами и поршневыми пальцами. Механизированы технологические переходы: нагревание поршней до $90 \text{ }^\circ\text{C}$, перемещение их на сборочную позицию, взаимное ориентирование деталей, сборочное перемещение поршневого пальца. Переходы, выполняемые вручную: загрузка поршней в лоток, предварительное базирование деталей при сборке, снятие собранного узла, установка стопорных колец поршневого пальца.

Механизмы стенда (питатель 7, отсекающий 10, лоток 4, нагреватель 3, прессосборочный механизм 6) установлены на корпусе 2, а электро- и пневмоаппаратура – внутри него. Запас деталей хранится на стеллаже. Питатель выполнен в виде гравитационного лотка. Отсекающий подает при помощи пневмоцилиндра 9 поршни в зону нагрева и сборки. Поверхность лотка нагревается трубчатыми электронагревателями (ТЭНами), а температура контролируется датчиком.

Прессосборочный механизм состоит из пневмоцилиндра 8 и корпуса с опорными элементами. Пневмоцилиндры отсекающего и прессосборочного механизма включаются пневмокранами с педальным приводом.

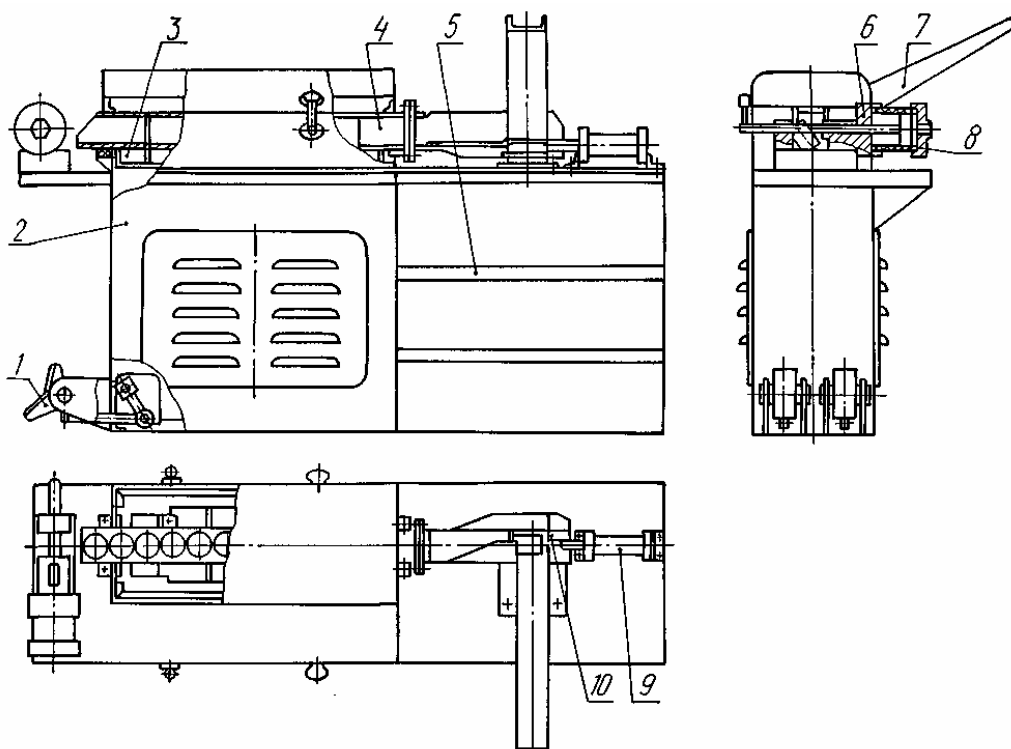


Рис. 2.82. Схема станда для сборки шатунно-поршневых групп: 1 – педальный привод; 2 – корпус; 3 – нагреватель; 4 – лоток; 5 – стеллаж; 6 – прессосборочный механизм; 7 – питатель; 8 и 9 – пневмоцилиндры; 10 – отсекабель

Перед началом работы включают трубчатые электронагреватели и подают сжатый воздух. На лоток питателя устанавливают комплект поршней (8 ед.). Поршни поочередно досылаются в нагретый лоток с помощью пневмоцилиндра. На лотках помещается 24 поршня. В отверстие прессосборочного механизма (в котором движется шток пневмоцилиндра) после выдержки 10 мин через окно укладывают поршневой палец. В соответствующую ячейку днищем вниз устанавливают нагретый поршень. В него вкладывают шатун. Сквозь отверстия в деталях вставляют центрирующую оправку до касания в торец поршневого пальца. Нажатием на педаль включают пневмоцилиндр сборочного механизма, шток которого перемещает поршневой палец в бобышки поршня. Центрирующая оправка выходит из поршня, но остается в левой части корпуса. Собранную шатунно-поршневую группу извлекают из сборочного механизма вручную. Производительность станда – 400 сборок в смену.

Для отдельного нагрева поршней перед сборкой шатунно-поршневых групп применяют электрическую установку ОКС-7543. Стенд ОР-13794 используют для выпрессовывания и запрессовывания направляющих втулок клапанов головок цилиндров ЯМЗ-338НБ и ЯМЗ-240Б, а стенд ОР-13181 – для запрессовывания гильз в блок цилиндров СМД-60.

2.7. Диагностическое, контрольное и испытательное оборудование

2.7.1. Назначение оборудования

Диагностическое оборудование необходимо для определения технического состояния агрегатов без их разборки. Задачами диагностирования являются поиск места и определение причин отказа (неисправности) и остаточного ресурса. На ремонтном заводе агрегаты диагностируют при поступлении их на разборочно-очистной участок (приремонтное диагностирование) и перед отправкой на склад сбыта (послеремонтное диагностирование). В первом случае определяют необходимый объем ремонтных работ и метод ремонта (обезличенный или необезличенный), во втором – качество ремонта (послеремонтный ресурс). Диагностическое оборудование применяют также для контроля качества восстановленных деталей перед установкой их в агрегат.

Контрольное оборудование служит для измерения значений основных показателей (частоты вращения валов, усилий и моментов, приложенных к деталям, линейных или угловых размеров и перемещений, жесткости деталей, температуры, расхода и давления сред и многих других) в процессе ремонта агрегатов, в т. ч. при восстановлении деталей.

Испытательное оборудование служит для приведения отремонтированных агрегатов или машин в движение, приложения нагрузки в эксплуатационном режиме и измерения при этом основных параметров. На стадии приемо-сдаточных испытаний по результатам осмотра, прослушивания и измерений принимается решение об исправности изделия и пригодности его к эксплуатации. Функции испытаний в большинстве случаев выполняют стенды для обкатки агрегатов или машин.

2.7.2. Диагностическое оборудование для определения технического состояния агрегатов

Диагностическое оборудование (средства) могут быть в виде стационарных и передвижных стендов и комплектов переносных приборов.

С помощью стендов измеряют, например, тягово-экономические показатели транспортных средств, определяют техническое состояние цилиндро-поршневых групп, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, топливной аппаратуры, трансмиссии, колесных и стояночных тормозов, рулевого управления, гидравлических систем, измеряют углы установки управляемых колес и др.

Используют следующие приборы (рис. 2.83):

– осциллографы для снятия индикаторных диаграмм;

- анализаторы вибраций для определения частот, виброскоростей и виброускорений;
- спектрометры для определения содержания металла в масле;
- датчики быстропротекающих процессов для определения износа подшипников и поршневых колец, давления газов в цилиндре и др.;
- инфракрасные бесконтактные датчики для измерения температуры деталей;
- торсиометры для определения момента на выходных валах механизмов и др.

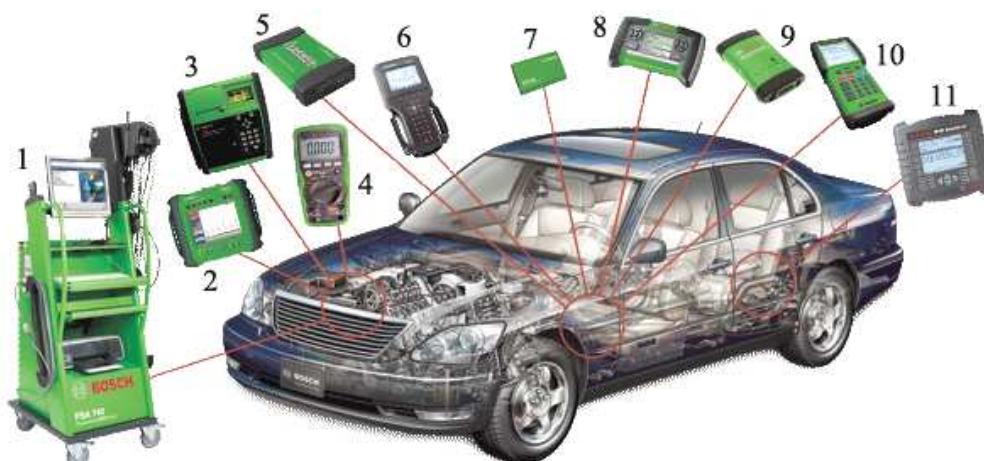


Рис. 2.83. Общая схема применения различных средств для диагностирования узлов автомобиля: 1 – универсальный комплекс для диагностирования систем двигателя FSA 750; 2 – тестер систем двигателя KTS 340; 3 – прибор с осциллографом FSA 450 для диагностирования систем двигателя; 4 – цифровой электрический мультиметр MMD 302; 5 – прибор Carman Scan Wi для диагностирования исполнительных механизмов ходовой части автомобиля; 6 – прибор Hi-scan Pro с осциллографом, мультиметром и импульсным генератором для диагностирования электронных систем и электрических цепей автомобиля; 7 – системный тестер (сканер) KTS 530 для диагностирования электронных систем управления автомобиля; 8 – портативный системный тестер KTS 200; 9 – прибор BSA 4211 для измерения усилия на педаль; 10 – прибор Autoboss V30 для диагностирования блоков управления автомобиля; 11 – прибор BFT 100 для диагностирования элементов тормозной системы

При диагностировании измеряют ряд величин, что связано с выбором способов и соответствующих средств. По применению диагностических средств методы диагностирования подразделяются на органолептические (субъективные) методы и инструментальные (объективные) методы. Органолептические методы основаны на использовании органов чувств человека. Инструментальные методы диагностирования классифицируются по используемым физическим процессам.

Используемые способы диагностирования агрегатов представлены на рисунке 2.84.



Рис. 2.84. Классификация методов диагностирования агрегатов

Кинематический способ диагностирования основан на измерении относительного перемещения деталей в пределах зазоров соединений как в неработающем, так и в работающем агрегате.

Изменение зазоров в трущихся парах при работе агрегата согласуется с классической кривой изнашивания, состоящей из участка приработки, эксплуатационного и аварийного изнашивания. По значению зазора можно легко установить остаточный ресурс соединения.

Прибор КИ-13933 (рис. 2.85) служит для определения зазоров в кривошипно-шатунном механизме двигателя внутреннего сгорания. Предел и погрешность измерения составляют 8 и 0,02 мм соответственно. Сведения, полученные при измерении зазоров, используют для оценки состояния соединений кривошипно-шатунной группы.

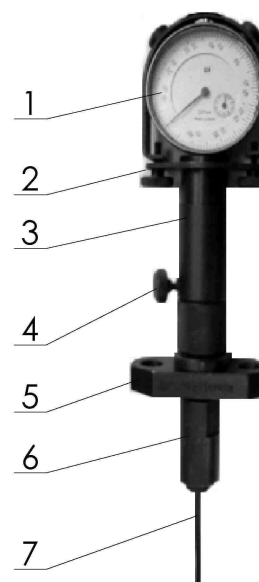


Рис. 2.85. Фотография прибора КИ-13933 (ГОСНИТИ): 1 – индикатор; 2 – крепежная скоба; 3 – механизм подачи струны; 4 – винт; 5 – пластина для крепления прибора; 6 – направляющая; 7 – струна

Динамический способ диагностирования двигателей внутреннего сгорания основан на использовании функциональной зависимости ускорения коленчатого вала двигателя вблизи его номинальной частоты вращения при полном открытии дросселя или полной подаче топлива от мощности двигателя. Диагностическим параметром является время разгона коленчатого вала.

Непосредственно угловое ускорение вращающейся детали определяют приборами ИМД-2М, ИМД-Ц, КИ-11331, КИ-13009, КИ-13940 (Россия), JK-1 (Чехия), DS-205 (Германия). Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала вырабатывает электрические импульсы от зубьев венца маховика или зубчатого колеса, устанавливаемого на время диагностирования на вал отбора мощности.

Виброакустический способ диагностирования основан на измерении параметров упругих колебаний корпусной детали, возникающих при ударе с ней вращающихся деталей. Способ применяют для оценки состояния подшипников качения и скольжения, зубчатых передач, шлицевых соединений, кривошипно-шатунных и газораспределительных механизмов, форсунок двигателей и др.

Энергия удара шариков о кольца подшипника и, соответственно, амплитуда колебания зависят от зазора в соединении. Эти колебания фиксируются пьезоэлектрическими датчиками, преобразующими механические колебания в электрические. Значение зазора косвенно определяют по амплитуде сигнала, моменту (фазе) его появления и частоте. Датчик воспринимает колебания, поступающие одновременно от всех соединений одновременно. Сигналы разделяют частотным, временным и амплитудным способами.

На рисунке 2.86 представлен переносной виброакустический анализатор Vibxpert II. На мониторе прибора (рис. 2.86, а) отображен спектр огибающей подшипника качения, имеющего дефект наружного кольца. Результаты диагностирования анализируются при помощи программного обеспечения Omnitrend (рис. 2.86, б). На рисунке 2.87 представлены примеры проведения виброакустической диагностики агрегатов с помощью переносных виброакустических анализаторов.

Техническое состояние работающего двигателя определяют на испытательном стенде, который имеет упругие опоры. Скоростной и нагрузочный режимы работы двигателя таковы, что в спектрах шума и вибрации проявляются практически все источники шума. Обычно это средние частоты вращения коленчатого вала и нагрузки. Датчик крепится на двигателе жестко, а для уменьшения погрешности измерений его масса

должна быть минимальной. Место установки датчика определяют экспериментально из расчета, чтобы контролируемый источник шума проявлялся в наибольшей степени.

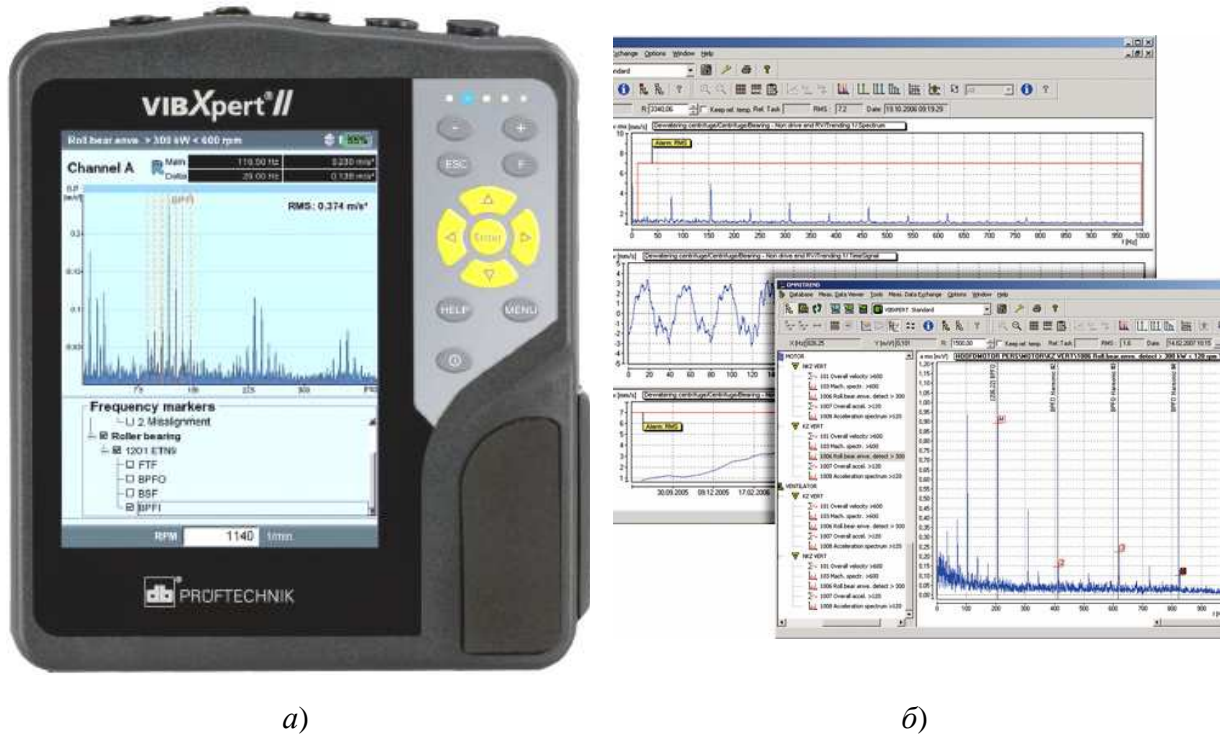


Рис. 2.86. Общий вид виброакустического анализатора Vibxpert II (а) и интерфейс программы Omnitrend (б) для обработки данных виброакустического контроля



Рис. 2.87. Примеры проведения виброакустической диагностики агрегатов (датчики приборов установлены на корпусе агрегатов)

Частотные полосы и уровни вибрации, характеризующие неисправности, например, двигателей ЗИЛ-130, определены экспериментально и представлены в таблице 2.14.

Параметры виброакустического контроля двигателя ЗИЛ-130

Среднегеометрическая частота фильтра, Гц	Предельный уровень вибрации, дБ	Причины, вызывающие повышенные вибрации
31,5	87	Повышенный дисбаланс двигателя в сборе
50	87	Неодинаковое протекание рабочих процессов в отдельных цилиндрах
63	86	Разные массы поршней и шатунов
125	77	Стук цилиндро-поршневой группы
250	70	Стук цилиндро-поршневой группы
315	70	Стук шатунных подшипников
800	73	Дефекты распределительных шестерен
1250	70	Стук цилиндро-поршневой группы
1600	70	Дефекты распределительных шестерен
2000	71	Неисправности клапанного механизма
4000	70	Неисправности клапанного механизма
6300	64	Неисправности клапанного механизма

Пневматический способ диагностирования основан на оценке герметичности замкнутых полостей (топливных баков, радиаторов, камеры сгорания, уплотнительных устройств агрегатов трансмиссий).

В качестве диагностических параметров чаще используют время снижения давления воздуха при заданных пределах изменения давления или расход среды через течь. Точная оценка герметичности, особенно при малых утечках, обеспечивается пневмокалибратором, схема и общий вид которого приведены на рисунках 2.88 и 2.89.

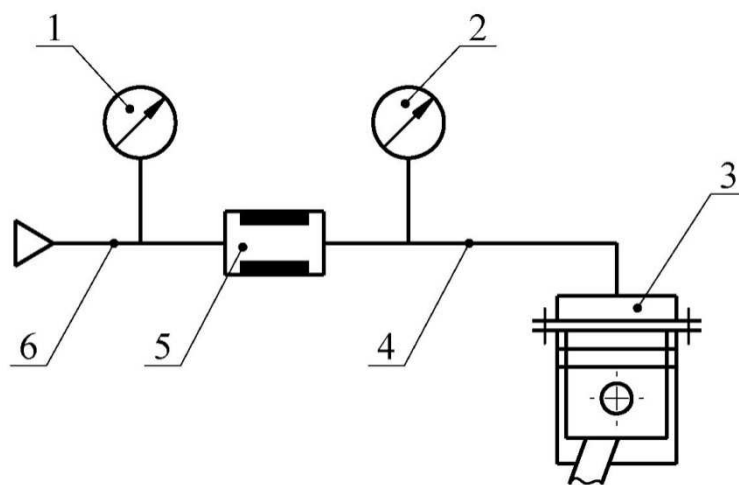


Рис. 2.88. Схема пневмокалибратора: 1 и 2 – манометры; 3 – диагностируемый объект; 4 – измерительная магистраль; 5 – калиброванное отверстие; 6 – воздушная магистраль

Воздух под установленным давлением, которое поддерживается регулятором давления, поступает в магистраль 6. Давление подаваемого воздуха контролируется манометром 1. В пневматическую сеть установлено калиброванное отверстие 5. Трубопровод 4 соединяет пневмокалибратор с проверяемым объектом 3 (например, с цилиндром двигателя). Давление в трубопроводе 4 измеряется манометром 2. Это давление зависит от величины утечек из проверяемого объекта.

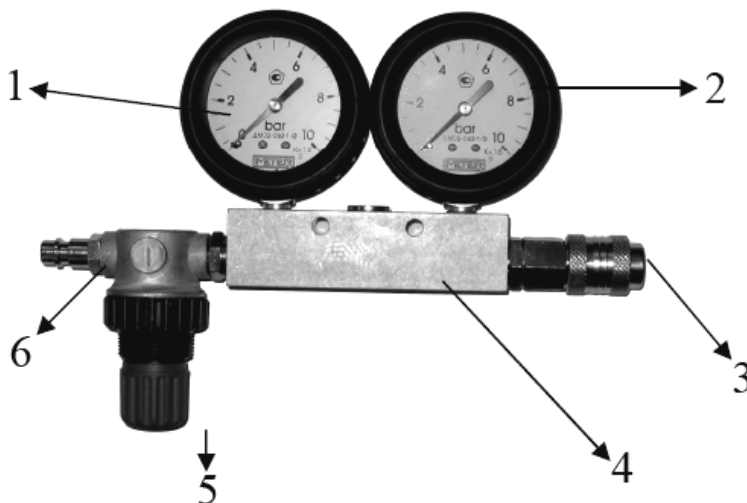


Рис. 2.89. Общий вид пневмокалибратора: 1 – манометр контроля входного давления; 2 – манометр контроля утечек; 3 – быстросъемная муфта; 4 – корпус; 5 – регулятор давления; 6 – входной штуцер

Энергетический способ диагностирования основан на оценке состояния изделий путем измерения вырабатываемой, передаваемой или потребляемой ими энергии. Чаще применяется для определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания в виде тормозных или бестормозных испытаний. В первом случае используют обкаточно-тормозные стенды. Во втором случае нагрузку создают выключением части цилиндров с дросселированием отработавших газов или масла в гидросистеме агрегата. Установившаяся частота вращения коленчатого вала является оценкой мощности двигателя. После проверки каждого цилиндра определяется средняя частота вращения, которая является диагностическим параметром.

Способы диагностирования *по параметрам рабочих процессов* основаны на получении информации об изменении параметров топливоподачи, газообмена, сгорания, смазки, охлаждения и других в зависимости от регулировок и износа составных частей агрегата.

Например, по индикаторной диаграмме зависимости давления газов в цилиндре двигателя определяют момент воспламенения рабочей смеси, плотность надпоршневого пространства и др.

Способы диагностирования *по параметрам работавшего масла* основаны на анализе его физико-химических свойств, изменившихся под действием рабочих процессов. При нарушении правильности функционирования соединений деталей увеличивается содержание и размер частиц в масле и изменяется их морфология (рис. 2.90).

Подвижные соединения диагностируют по концентрации частиц изнашивания в масле (калориметрическим, спектральным и магнитным способами), размеру частиц изнашивания (методами аналитической феррографии и седиментометрическим), массовой доле, размеру и морфологии частиц изнашивания (микроскопическим способом).

Тепловой способ диагностирования основан на регистрации теплового излучения с длиной волны от 0,76 мкм до 1 мм термометрическими чувствительными элементами и преобразовании параметров поля в электрический или другой сигнал с последующей индикацией и документированием.

Необходимым условием применения теплового способа является отличие локальной температуры объекта от температуры окружающей среды, которое создается с помощью внешнего источника (пассивный тепловой контроль), или за счет функционирования агрегата (активный тепловой контроль).

Пассивный тепловой контроль применяют для объектов, температура поверхности которых во всех точках одинакова. Такими объектами могут быть различные детали. При их нагреве внешним источником (лампой накаливания, лазером, плазмотроном) тепловой поток, который распространяется вглубь объекта, испытывает дополнительное тепловое сопротивление в месте дефекта. В результате в этом месте наблюдается локальное повышение температуры. При механическом цикловом нагружении в области внутреннего дефекта выделяется тепловая энергия вследствие трения и пластического деформирования, что повышает температуру объекта в области дефекта. Таким образом, способом тепловой дефектометрии обнаруживают трещины, поры, раковины и различные примеси.

Активный тепловой контроль применяют для объектов, у которых возможно аномальное выделение теплоты в месте потенциального дефекта. Работающие агрегаты являются объектами теплового диагностирования.

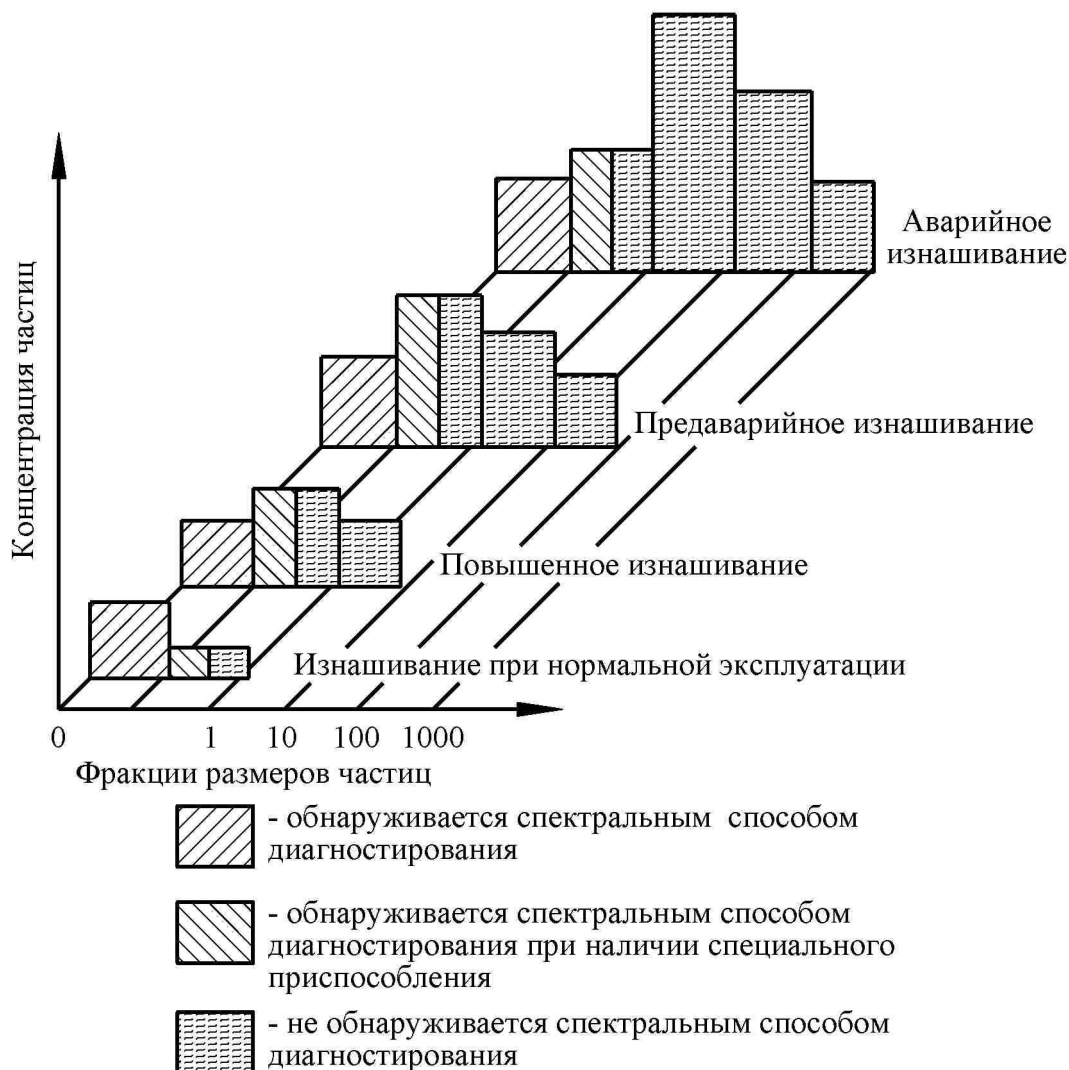


Рис. 2.90. График изменения концентрации и размера частиц износа в зависимости от состояния агрегата

При тепловом диагностировании используют бесконтактные и контактные методы измерения температуры. Для бесконтактного измерения температуры применяются тепловизоры (рис. 2.91). Для контактного измерения температуры применяются контактные термометры и термокарандаши (рис. 2.92).

При контроле температуры термокарандашом материал его стержня наносят в виде штрихов на контролируемую поверхность. При достижении температуры, указанной на корпусе карандаша, происходит расплавление нанесенного материала.

Оптические способы диагностирования основаны на осмотре доступных поверхностей изделия и используют информацию, полученную с помощью оптического излучения длиной волны 0,40 – 0,76 мкм.



Рис. 2.91. Фотография тепловизионной камеры FLIR B620-660 (а) и тепловизионного снимка (б)

Для обнаружения дефектов поверхностей в труднодоступных местах, в том числе внутри механизмов, используют эндоскопы (рис. 2.93). Эндоскопы бывают жесткой и гибкой конструкции.



Рис. 2.92. Фотография термокарандаша Tempilstik

Эндоскоп ЭЖО 16.1600 (эндоскоп жесткий охлаждаемый) имеет диаметр цилиндрической части 22 мм, длину 1505 мм, обеспечивает угол зрения 40° в направлении бокового осмотра под углом 90° к оси эндоскопа.

Цистоскопы диаметром 8 мм используют для осмотра полостей с глубиной погружения 200 мм при увеличении изображения до 2 раз.

Бронхоскопы позволяют осматривать глубокие полости с углом обзора $162 - 180^\circ$, обеспечивая при этом изменение направления осмотра от 45° до 115° .

Мини-эндоскопы имеют диаметр рабочей части менее 2 мм и передают изображение по волоконному световоду, который заканчивается линзовым окуляром.

С помощью оптических способов выявляют задиры, трещины, сколы, изломы, прогары, эрозию, обрывы и другие повреждения. Например, с помощью устройства с гибким волоконным световодом можно оценить состояние днищ поршней, тарелок клапанов, зубчатых передач и подшипников через отверстия, соответственно, под свечи, форсунки или для залива масла.

Мотор-тестор КИ-5524 предназначен для комплексного диагностирования карбюраторных двигателей. С его помощью измеряют параметры (в скобках приведены их значения): частоту вращения коленчатого вала (0 –

1000 и 0 – 5000 мин⁻¹), напряжение в сети электрооборудования (0 – 20 В), сопротивление в сети электрооборудования (0 – 100 Ом и 0 – 1000 кОм), силу тока в сети электрооборудования (0 – 100 и 0 – 1000 А), угол замкнутого состояния контактов (0 – 90 °), давление топлива (0 – 0,005 МПа), расход топлива (100 – 1000 см³/мин).

Переносное устройство КИ-13671 служит для измерения расхода газов, прорывающихся в картер, при диагностировании цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания. Пределы измерения 0 – 500 л/мин, цена деления шкалы 3,3 л/мин. Масса устройства 0,38 кг.

Расход топлива измеряют с помощью устройства КИ-12371 в комплекте с электронными средствами при диагностировании двигателей внутреннего сгорания. Пределы измерений 5 – 25 и 12 – 63 л/ч. Основная приведенная погрешность 2,5 %. Расходомер топлива КИ-8955 содержит имитатор нагрузки КИ-5653. С помощью устройства КИ-13943 проверяют топливные фильтры.

На стенде КИ-8877 диагностируют турбокомпрессоры двигателей ЯМЗ-238НБ, а на универсальном стенде КИ-968 – агрегаты электрооборудования.

Стенд диагностический тормозной КИ-8944 предназначен для одновременной проверки тормозов автомобиля с нагрузкой на ось до 1,5 тс. Измеряемые параметры и их значения: тормозная сила на колесе (0 – 500 кгс), усилие на тормозной педали (0 – 70 кгс), время срабатывания тормозного привода (0 – 9,99 с). Стенд диагностический тормозной



а)



б)

Рис. 2.93. Фотографии видеоэндоскопов jProbe PX-2005 (а) и Hawkeye Classic (б)

КИ-8964 предназначен для одновременной проверки тормозов автомобиля с нагрузкой на ось до 5 тс. Измеряемые параметры и их значения: тормозная сила на колесе (160 – 1600 кгс), усилие на тормозной педали (7 – 70 кгс), время срабатывания тормозного привода (0 – 9,99 с). Стенд КИ-8945 служит для диагностирования переднего управляемого моста автомобиля, а стенд КИ-4998 – для проверки тормозов грузовых автомобилей.

Стенд КИ-13944 для диагностирования тракторных гидравлических коробок передач определяет состояние их гидравлической системы, а устройство КИ-13605 проверяет предохранительные муфты путем измерения крутящего момента при их срабатывании.

2.7.3. Диагностическое оборудование для контроля качества восстановленных деталей

Дефекты вызывают изменение одной или нескольких физических характеристик материала детали – плотности, электропроводности, магнитной проницаемости и др. Исследование изменений характеристик материалов и обнаружение дефектов, являющихся причиной этих изменений, составляет физическую основу методов неразрушающего контроля. Неразрушающий контроль – контроль свойств и параметров объекта, при котором не нарушается пригодность объекта к использованию и эксплуатации.

Для контроля качества восстановленных деталей наибольшее применение нашли следующие методы неразрушающего контроля:

- визуальный измерительный;
- капиллярный;
- ультразвуковой;
- магнитопорошковый;
- вихретоковый.

Неразрушающий контроль всегда начинают с проведения *визуального и измерительного контроля*. Его проводят с использованием оптических систем и формированием пучков световых лучей, отраженных от поверхности изделия. При визуальном и измерительном контроле используются: микроскопы, эндоскопы, линзы, радиусные шаблоны, измерительные щупы, угломеры и др.

По сравнению с другими методами неразрушающего контроля визуальный контроль легко применим и относительно недорог. Для получения информации об объекте используется излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение. Это единственный неразрушающий метод контроля, который может выполняться без какого-либо специ-

ального оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств (рис. 2.94).



Рис. 2.94. Фотографии комплектов для визуального измерительного контроля ВИК-1 (а) и КВК-1 (б)

Капиллярный метод контроля (контроль проникающими веществами) основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка (цветного, люминесцентного, контрастного). Разновидностями капиллярного метода контроля являются цветной и люминесцентный.

Суть капиллярного контроля заключается в проникновении индикаторной жидкости под действием капиллярных сил в трещину и последующем извлечении ее из трещины (также под действием капиллярных сил) с целью получения информации об этой трещине (ширина, протяженность и т. д.) и, в конечном итоге, об опасности этой трещины для безаварийной работы всего узла и механизма в целом.

Последовательность технологических операций капиллярного контроля:

- подготовка объекта к контролю;
- заполнение полостей дефектов пенетрантом;

- удаление избытка пенетранта с контролируемой поверхности;
- нанесение проявителя и проявление дефектов;
- обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля;
- окончательная очистка объекта от дефектоскопических материалов.

Этапы капиллярного контроля показаны на рисунке 2.95, где схематически изображена деталь 1 с дефектом 2, имеющим выход на поверхность П. Чтобы выявить дефект (трещину), на очищенную поверхность П детали наносится индикаторная жидкость (пенетрант) 3, которая заполняет трещину под действием капиллярных сил (рис. 2.95, б).

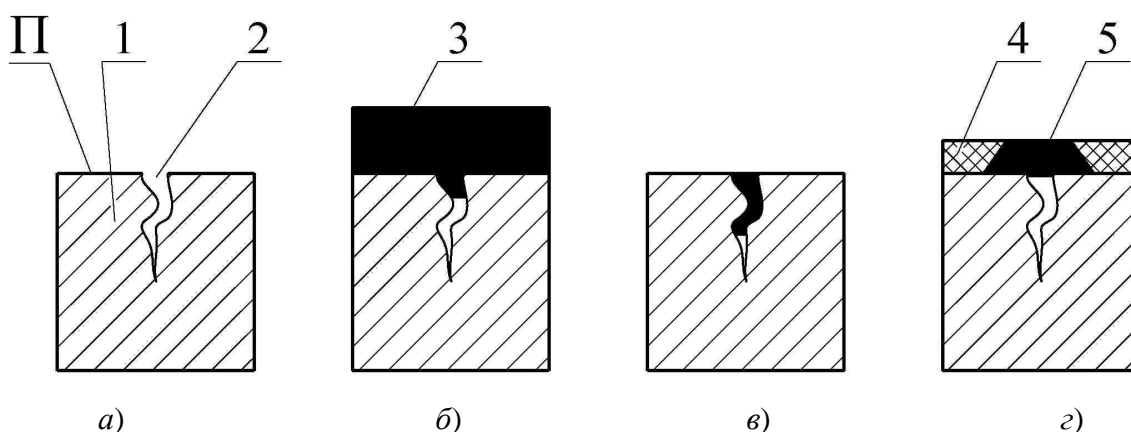


Рис. 2.95. Последовательность операций при капиллярной дефектоскопии: а – дефект в изделии, б – нанесение пенетранта, в – удаление пенетранта с поверхности П, г – нанесение проявителя и проявление; 1 – изделие, 2 – дефект, 3 – пенетрант, 4 – проявитель, 5 – след дефекта

Пенетрант – капиллярный дефектоскопический материал, обладающий способностью проникать в несплошности объекта контроля и идентифицировать эти несплошности. Пенетранты содержат красящие вещества (цветной метод) или люминесцирующие добавки (люминесцентный метод), или их комбинацию.

Следующая операция – удаление пенетранта с поверхности изделия П (рис. 2.95, в). Если пенетрант остается на бездефектной поверхности, то он дает ложную информацию, как будто на поверхности есть трещина или другой дефект. Однако главное, чтобы пенетрант 3 остался в трещине 2. Затем на поверхность П, с которой удален излишек пенетранта, наносится проявитель 4 (рис. 2.95, г). Капиллярные силы извлекают пенетрант 3 из трещины 2 в слой проявителя. При этом пенетрант окрашивает часть белого проявителя над дефектом (след дефекта) 5, что и позволяет обнаружить трещину.

Проявитель – дефектоскопический материал, предназначенный для извлечения пенетранта из капиллярной несплошности с целью образования четкого индикаторного рисунка на поверхности контроля.

Общий вид модульной линии капиллярного контроля цветным методом представлен на рисунке 2.96, люминесцентным методом – на рисунке 2.97.



Рис. 2.96. Общий вид модульной линии капиллярного контроля (цветной метод) DPIS

Капиллярным методом контроля выявляются только дефекты, имеющие выход на поверхность изделия. Чтобы пенетрант не вымывался из дефекта, глубина дефекта должна быть значительно (в 10 раз) больше его ширины. Капиллярный метод контроля позволяет обнаруживать дефекты производственно-технологического и эксплуатационного происхождения, трещины шлифовочные, термические, усталостные, волосовины, закаты и др. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной форм.



Рис. 2.97. Общий вид модульной линии капиллярного контроля (люминесцентный метод) MAGNAFLUX серии ZA915

Ультразвуковой метод контроля основан на способности ультразвуковых волн отражаться от границы раздела двух сред, обладающих разными акустическими свойствами. Ультразвуковая дефектоскопия – поиск дефектов в материале изделия ультразвуковым методом контроля, т.е. путем излучения и принятия ультразвуковых колебаний, и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы с помощью ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвук представляет собой упругие колебания материальной среды с частотой колебания более 20 кГц. Для ультразвукового контроля используется более высокая частота – от 0,5 до 5 МГц. Ультразвуковые волны не изменяют траектории движения в однородном материале, их отражение происходит от раздела сред с различными удельными акустическими сопротивлениями. Чем больше различаются акустические сопротивления, тем большая часть звуковых волн отразится и вернется к приемнику при прохождении фронта волны через границу раздела. Поскольку дефекты в металле часто содержат воздух, имеющий на несколько порядков большее удельное акустическое сопротивление, чем сам металл, то ультразвуковые волны практически не выходят за дефект.

Существует несколько способов получения ультразвуковых колебаний. Наиболее распространенным является способ, основанный на пьезоэлектрическом эффекте некоторых кристаллов (кварца, сегнетовой соли) или искусственных материалов (титаната бария). Этот эффект заключается в том, что если на противоположные грани пластины, вырезанной из кристалла, подавать разноименные заряды, то она будет изменять свои размеры в такт изменению знака зарядов. Изменяя знаки электрических зарядов с частотой более 20 кГц, получают механические колебания пьезоэлектрической пластины той же частоты, передающиеся в виде ультразвука.

Для ввода ультразвуковых колебаний в контролируемый материал используют специальные приборы – пьезоэлектрические преобразователи. Они могут также принимать ультразвуковые колебания, отраженные от дефекта материала, которые фиксируются на экране дефектоскопа. Излучение ультразвука производится с помощью резонатора (рис. 2.98), который преобразует электрические колебания в акустические с помощью обратного пьезоэлектрического эффекта и вводит их в исследуемый материал (рис. 2.99). Отраженные сигналы, попавшие на пьезопластину из-за прямого пьезоэлектрического эффекта, преобразуются в электрические, которые регистрируются прибором.

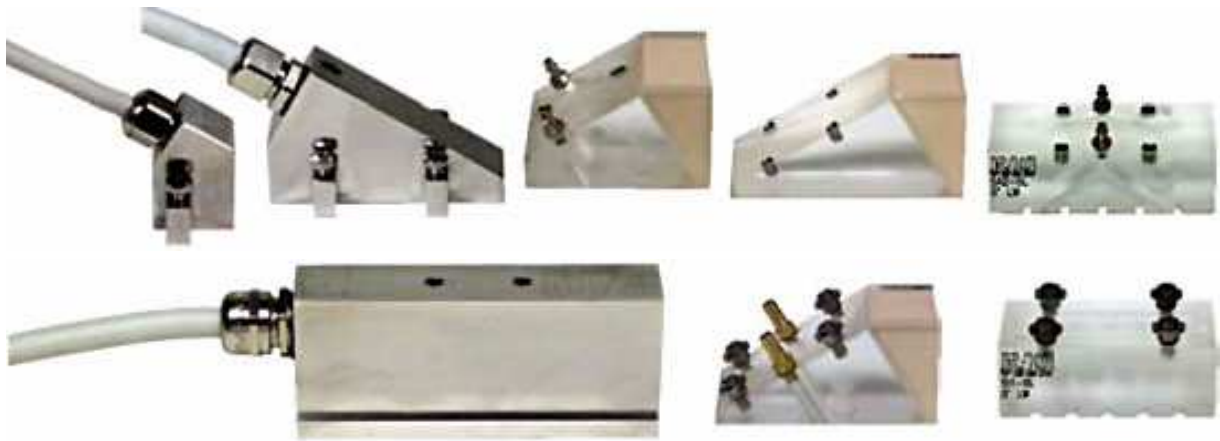


Рис. 2.98. Фотографии пьезоэлектрических преобразователей

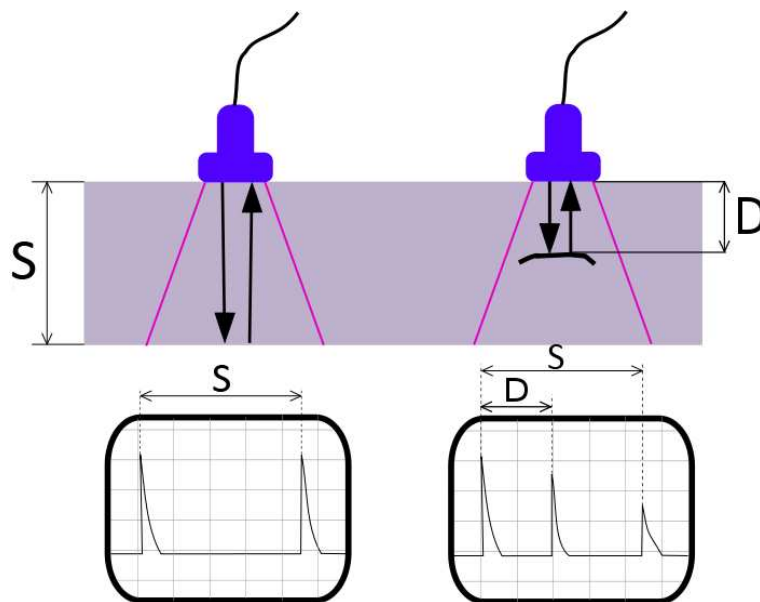


Рис. 2.99. Схема ультразвуковой дефектоскопии:
 S – толщина детали; D – расстояние до дефекта

Ультразвуковой метод контроля применяют для поиска трещин, непроваров, шлаковых включений, пор в сварных швах, а также расслоений в листовом металле.

Ультразвуковые дефектоскопы, применяемые в ремонтном производстве, представлены на рисунке 2.100.

Вихретоковый метод контроля основан на регистрации и анализе изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки, возникающего при пропускании через нее переменного тока, с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в поверхностном слое контролируемого изделия. Вихретоковый преобразователь представляет собой устройство, состоящее из одной или нескольких

катушек индуктивностей, предназначенных для возбуждения в объекте контроля вихревых токов с последующим преобразованием зависящих от параметров объекта контроля характеристик электромагнитного поля в сигнал преобразователя.



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.100. Фотографии ультразвуковых дефектоскопов: Epoch 1000 (а), Epoch 4 plus (б), OmniScan (в), Power Station (г)

Интенсивность и распределение вихревых токов в объекте контроля зависят от его геометрических размеров, электрических и магнитных свойств материала, наличия в материале нарушений сплошности, взаимного расположения преобразователя и объекта контроля. Глубина проникновения вихревых токов в материал объекта контроля зависит от проводимости и магнитной проницаемости данного объекта. Изменения этих величин

могут приводить к появлению соответствующих индикаций на экране дефектоскопа при проведении контроля.

В основе вихретокового метода контроля используют принцип электромагнитной индукции. Переменный ток, проходя с заданной частотой по катушке индуктивности, создает вокруг нее магнитное поле (рис. 2.101, *а*).

Когда вихретоковый преобразователь находится над токопроводящей деталью, то магнитное поле, генерируемое катушкой индуктивности, возбуждает в исследуемом материале вихревые токи, текущие по замкнутому контуру (рис. 2.101, *б*).

Вихревые токи в объекте контроля протекают по пути наименьшего сопротивления, формируя зону их протекания. С углублением в проводящий материал амплитуда вихревых токов уменьшается и происходит сдвиг по фазе относительно токов на поверхности. Несплошности материала или изменение его толщины изменяют направление движения вихревых токов и, как следствие, значение и фазу детектируемого напряжения на катушке датчика. Если в объекте контроля присутствует дефект, то он препятствует свободному течению вихревых токов, и магнитная связь нарушается. В случае расположения несплошности (дефекта) в зоне протекания вихревых токов происходит изменение их траектории, конфигурации и плотности (рис. 2.101, *в*), что влечет за собой изменение суммарного магнитного потока и, соответственно, напряжения на катушке индуктивности. Изменение полного сопротивления катушки свидетельствует о присутствии дефекта в материале. Определяя падение и сдвиг по фазе напряжения на катушке, можно определить параметры и классифицировать несплошности в контролируемом объекте.

Таким образом, любые несплошности, которые изменяют вихревые токи в контролируемой области, регистрируются датчиком и рассматриваются как возможные дефекты в материале.

Чувствительность вихретокового метода контроля определяется величиной зазора между контролируемым объектом и катушками преобразователя, а также глубиной проникновения электромагнитного поля в материал объекта контроля. При этом вихревые токи распространяются только в пределах поверхностного и подповерхностного слоев, которые прилегают к преобразователю. Учитывая электромагнитную природу данного процесса, наличие прямого электрического контакта с контролируемым образцом не требуется, т.е. вихретоковый контроль можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит на расстоянии, достаточном для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметров до нескольких миллиметров).

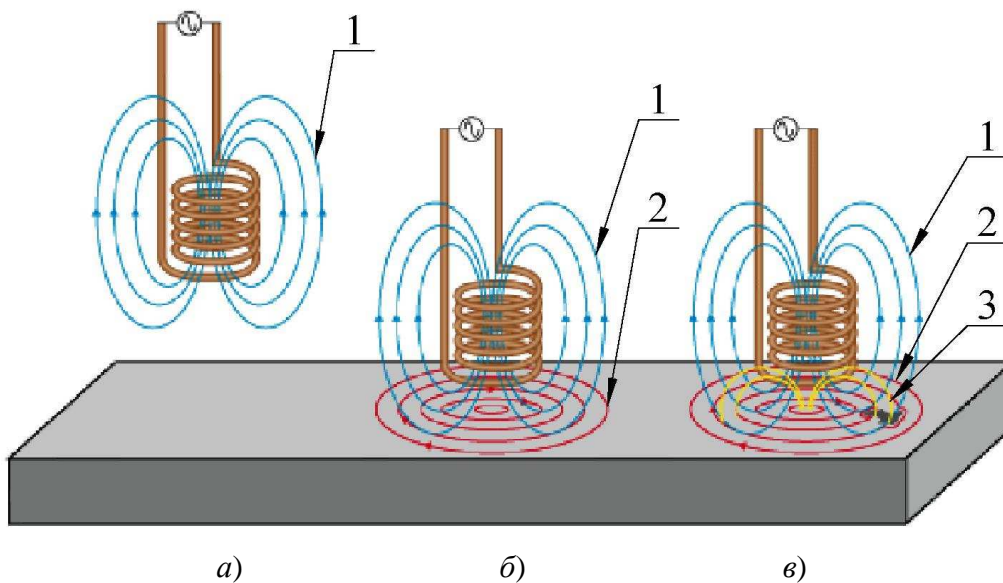


Рис. 2.101. Схема вихретокового контроля: *а* – создание магнитного поля вокруг катушки индуктивности; *б* – возникновение вихревых токов в объекте контроля; *в* – изменение траектории вихревых токов в объекте контроля вследствие наличия дефекта; 1 – магнитное поле вокруг катушки индуктивности; 2 – вихревые токи в исследуемом материале; 3 – изменение траектории, конфигурации и плотности вихревых токов

Вихретоковый контроль применяется для контроля образцов с малыми размерами по толщине (до нескольких миллиметров). При значительно большей толщине образцов, а также вследствие слабой проницаемости материала объекта контроля зона контроля ограничивается тонким поверхностным слоем контролируемого материала. Вихретоковый способ контроля также применяется с целью обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов сплошности электропроводящих материалов. Этим способом обнаруживаются только поверхностные и подповерхностные (на глубине 2 – 3 мм) дефекты. Способ позволяет выявлять нарушения сплошности (трещины, коррозионные повреждения, поры, расслоения и др.) на различных деталях, в том числе имеющих покрытия.

Вихретоковые дефектоскопы, используемые в производстве, приведены на рисунке 2.102.

Магнитопорошковый метод контроля основан на явлении притяжения частиц магнитного порошка в местах выхода на поверхность контролируемого изделия магнитного потока, связанного с наличием нарушений сплошности материала. В намагниченных изделиях из ферромагнитных материалов нарушения сплошности (дефекты) вызывают перераспределение магнитного потока и выход части его на поверхность (магнитный поток дефекта). На поверхности изделия создаются локальные магнитные полюсы, притягивающие частицы магнитного порошка, в результате чего место дефекта становится видимым.



Рис. 2.102. Фотографии вихретоковых дефектоскопов: Nortec 500 (а), Nortec 2000 dual (б), ВД-70 (в), OmniScan MX ECA (г)

Магнитопорошковый метод контроля предусматривает следующие технологические операции:

- подготовку изделия к контролю (очистка от покрытий, мешающих смачиванию или намагничиванию изделий);
- намагничивание изделия;
- нанесение на изделие магнитного порошка или суспензии;
- осмотр изделия;
- выбраковку;
- размагничивание.

Метод служит для выявления дефектов типа тонких поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности: волосовин, трещин (закалочных, усталостных, шлифовочных, сварочных, литейных и т.п.), расслоений, непроваров стыковых сварных соединений, флокенов, закатов, надрывов и др. Метод позволяет контролировать изделия из ферромагнитных материалов (с максимальной относительной магнитной проницаемостью не менее 40) любых размеров и форм, если их магнитные свойства дают возможность намагничивания до степени, достаточной для создания магнитного поля дефекта, необходимого для притяжения частиц магнитного порошка.

Оборудование для магнитопорошкового контроля, применяемое в производстве, приведено на рисунке 2.103.



Рис. 2.103. Фотографии оборудования для магнитопорошкового контроля: Magwerks MV-3446 (а), Magwerks PSF-1006 (б)

2.7.4. Контрольные средства

В производстве применяют много универсальных средств для контроля параметров обрабатываемых заготовок и сборочных единиц. Среди них приборы для измерения параметров зубчатых колес, точности кинематических систем, шероховатости, формы и расположения поверхностей и др. Ряд средств централизованно изготавливают для предприятий ремонтной отрасли, описание некоторых из них приведено ниже.

При восстановлении деталей используют, например, стенды 70-8735-1026 и 70-8735-1028 для комплексного контроля коленчатых валов, стенд КИ-3340 для измерения биения торца и цилиндрических поясков относительно внутренней поверхности гильз цилиндров, стенд 70-8734-1015 – для измерения радиуса $62,5 \pm 0,03$ мм кривошипа коленчатого вала.

Стенды КИ-13801 (ЯМЗ-238НБ), КИ-12304 (ЗМЗ-53 и ЗИЛ-130) служат для гидравлических испытаний головок цилиндров двигателей с производительностью 15 – 20 ч⁻¹, а стенды КИ-5372А (ЗМЗ-53) и КИ-17908 (ЯМЗ-238НБ) для гидравлических испытаний блоков цилиндров двигателей с производительностью 6 – 10 ч⁻¹. На стенде КИ-8847М проверяют герметичность соединения «клапан – седло». Стенд КИ-13658 необходим для контроля масляных каналов блоков цилиндров на герметичность под давлением 0,8 МПа.

Ряд средств предназначен для контроля сборочных единиц. Приборы 70-8019-1501 и 70-8019-1502 служат для измерения радиального зазора в подшипниках качения и монтажной высоты конических подшипников. На устройстве КИ-13641 проверяют термостаты. Стенд КИ-13769 служит для контроля уплотнений коленчатого вала двигателя ЯМЗ-238 после его установки в блок цилиндров. Угловой зазор в шарнире карданного вала измеряют на стенде КИ-16307. Частоту вращения ротора центрифуги измеряют с помощью прибора КИ-1308В.

Прибор КИ-13901 предназначен для измерения прогиба карданных валов, устройство КИ-13918 необходимо для проверки натяжения ремней вспомогательных агрегатов (водяного насоса, компрессора, генератора и др.), а с помощью динамометрического устройства КИ-13923 измеряют усилия на рычагах управления тракторов и комбайнов. Стенд КИ-3079 служит для измерения бокового зазора в главной передаче трактора ДТ-75.

2.7.5. Обкаточно-испытательные средства

Обкатка готовит агрегат или машину к предстоящей эксплуатации. Испытания необходимы для подтверждения соответствия отремонтированной техники установленным техническим и договорным требованиям. Машину или агрегат испытывают после их обкатки.

Обкатывают и испытывают тепловые и электрические двигатели, редукторы, рулевые механизмы, гидравлические приводы агрегатов, масляные, водяные и топливные насосы, карбюраторы, форсунки, генераторы и многие другие агрегаты. Испытывают также машины в сборе.

На стенде КИ-5278М испытывают масляные насосы и фильтры двигателей внутреннего сгорания. Отрезок измеряемой частоты вращения шпинделя составляет 170 – 2000 мин⁻¹. Стенд КИ-17910 служит для испытания полнопоточного фильтра в сборе (давление в сети 0,5 МПа). Стенды ОР-8899М и КИ-13799 необходимы для обкатки и испытания водяных насосов.

Один из распространенных обкаточно-тормозных стендов КИ-2139Б (КИ-5543) для обкатки двигателей внутреннего сгорания включает электрическую балансирующую машину АКБ 82-4 с фазным ротором, установочные элементы и механизм передачи крутящего момента (рис. 2.104). Электромашина может работать как в режиме двигателя, так и в режиме генератора (тормоза). Пределы регулирования частоты вращения ротора электромшины в первом режиме $500 - 1400 \text{ мин}^{-1}$, во втором – $1600 - 3000 \text{ мин}^{-1}$. Развиваемая мощность стенда в режиме двигателя 55 кВт, в режиме генератора – 150 л. с.

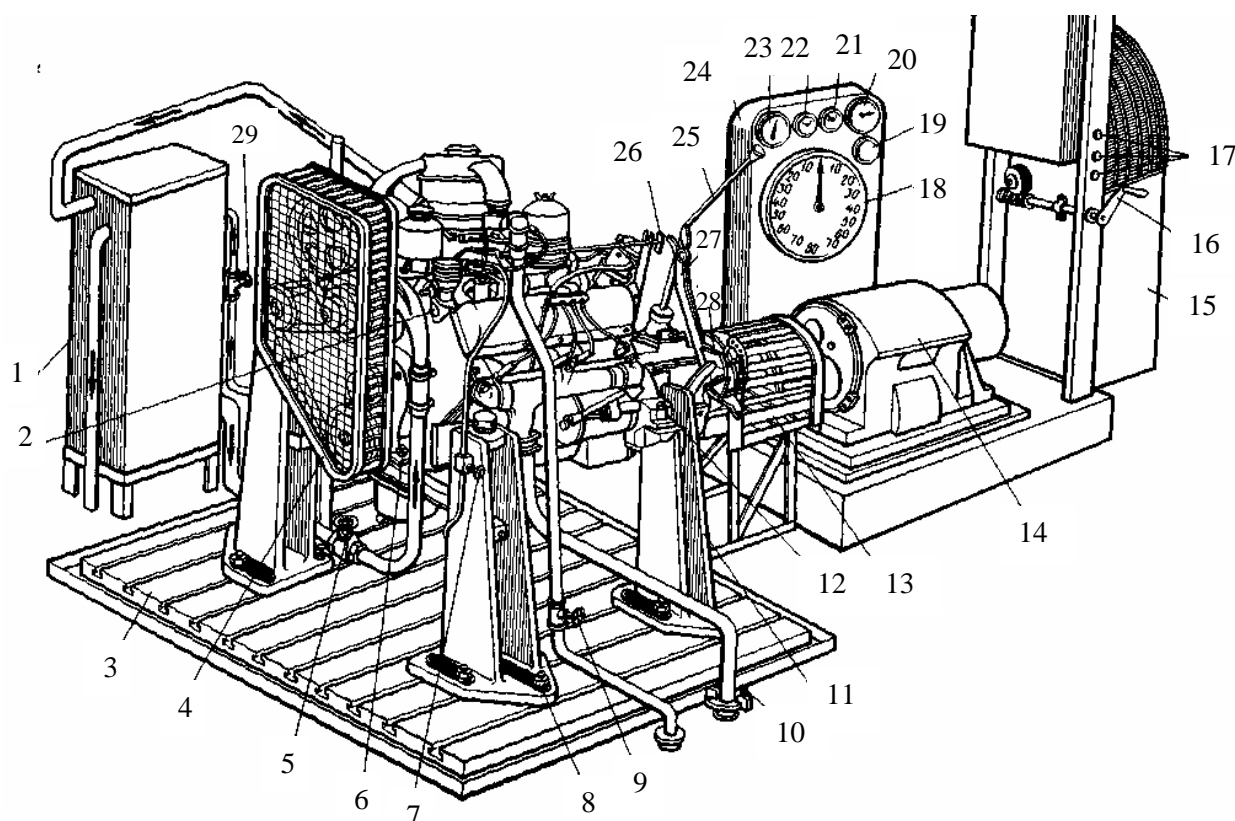


Рис. 2.104. Схема стенда для обкатки и испытания двигателей: 1 – бак; 2 – двигатель; 3 – плита; 4 и 13 – решетки; 5, 9 и 29 – вентили; 6, 8 и 12 – элементы крепления двигателя; 7 – кран; 10 – элементы крепления газоотводной трубы; 11 – стойка; 14 – электромашина; 15 – реостат; 16 – рукоятка управления реостатом; 17 – кнопки; 18 – шкала; 19 – сигнализатор; 20 – тахометр; 21 и 22 – термометры; 23 – манометр; 24 – корпус; 25 – рычаг коробки передач; 26 – тяга; 27 – рычаг ручного тормоза; 28 – педаль

Стенд серии КС-276-03 (рис. 2.105) позволяет выполнять обкатку и испытание двигателей внутреннего сгорания в трех режимах: холодная обкатка, горячая обкатка без нагрузки, горячая обкатка под нагрузкой. Принцип нагружения двигателя – динамический (циклический разгон и торможение инерционных масс). Частота вращения коленчатого вала составляет

1000 – 3250 мин⁻¹. Наибольшая развиваемая мощность двигателем на стенде КС-276-03 – 270 кВт.

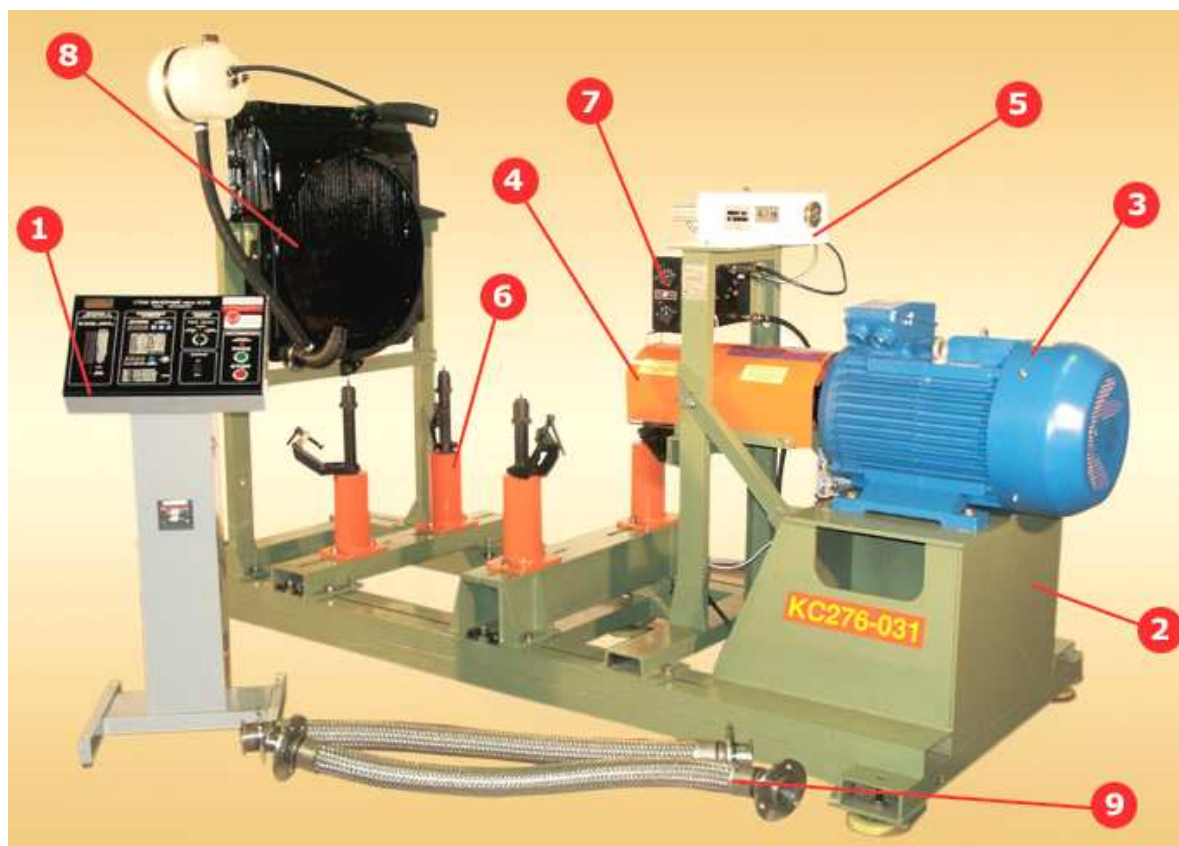


Рис. 2.105. Фотография стенда КС-276-03 для обкатки и испытаний двигателей внутреннего сгорания: 1 – пульт управления; 2 – рама; 3 – электродвигатель; 4 – кожух; 5 – механизм управления подачей топлива; 6 – опора винтовая; 7 – блок электропневматический; 8 – система охлаждения; 9 – шланг для удаления выхлопных газов

Стенд КИ-35503 (рис. 2.106) является обкаточно-испытательным стендом нового поколения и предназначен для проведения обкатки и приемосдаточных испытаний при капитальном и текущем ремонтах двигателей внутреннего сгорания. Стенд обеспечивает холодную обкатку, горячую обкатку без нагрузки, горячую обкатку с нагрузкой, испытания двигателей. Стенд состоит из следующих элементов: силового электрошкафа, устройства для измерения крутящего момента, жидкостного реостата, балансирной электромашины, основания на виброопорах для бесфундаментной установки, направляющих и стоек для установки испытуемых двигателей, бака для горючего, системы охлаждения воды, системы охлаждения масла, жаропрочных гибких шлангов для удаления выхлопных газов, системы автоматизации, комплекта деталей для установки двигателя на стенд.



Рис. 2.106. Фотографии стенда КИ-35503 для обкатки и испытания двигателей

Обкатка и испытание двигателей на этом стенде полностью автоматизированы. Нагрузка регулируется электронным блоком системы автоматического управления (контроллером). Управление режимами обкатки, измерение и контроль параметров ведется при помощи компьютера. Компьютерное управление обеспечивает (рис. 2.107):

- непрерывный контроль процесса с удаленного рабочего места;
- полную автоматизацию работы стенда;
- мгновенную и безаварийную остановку испытания при превышении заданного значения измеряемых величин;
- сбор измеренных данных, их архивирование, обработку, печать протоколов, запись на жесткий диск компьютера.

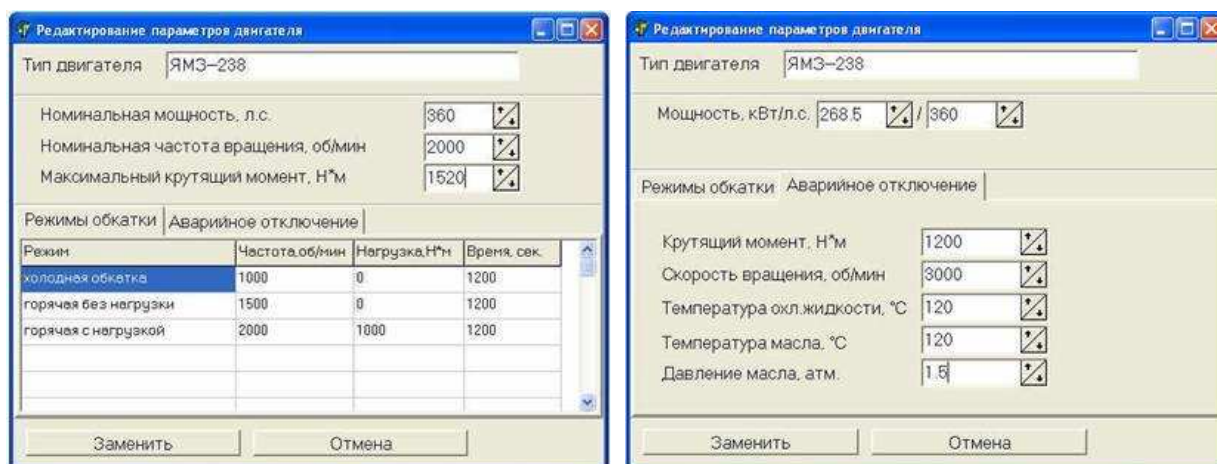


Рис. 2.107. Интерфейс управления и контроля стенда КИ-35503

На стенде КИ-13692 обкатывают и испытывают нагнетатели воздуха двигателя, на стенде КИ-14257 – редукторы пусковых двигателей, на стенде КИ-5527 – пусковые двигатели, а на стенде ОПР-7227 – автомобильные компрессоры.

Стенд КИ-17917 для обкатки и испытания ведущих мостов тракторов К-700 и К-701 обеспечивает шесть режимов нагрузки с поочередным торможением правой и левой полуосей. Стенд КИ-17918 служит для обкатки и испытания коробки передач тракторов К-700, К-701, а стенд КИ-12313 – для испытания амортизаторов.

Насос гидроусилителя руля автомобилей различных марок обкатывают и испытывают на стенде 70-7871-1506, гидромуфты – на стендах КИ-13646 и КИ-13649, гидроаккумуляторы и механизмы переключения передач тракторов К-700 и К-701 – на стенде КИ-13743.

На обкаточно-тормозном стенде КИ-5540 обкатывают и испытывают тракторы.

2.8. Поточно-механизированные линии

2.8.1. Определение, предпосылки создания поточно-механизированных линий

Поточно-механизированная линия (ПМЛ) – это система основного и вспомогательного технологического и подъемно-транспортного оборудования, специализированного по выполнению операций технологического процесса и расположенного в порядке его следования. ПМЛ обеспечивает непрерывность технологического процесса, позволяет его механизировать. Главной ее частью обычно является конвейер – механизм для транспортирования изделий.

На ПМЛ разбирают и очищают машины и агрегаты, восстанавливают детали, собирают и окрашивают агрегаты и машины.

Низкая цена, высокая производительность и достаточное качество восстановления деталей достигаются при использовании специального оборудования. Это оборудование, например, позволяет получить заданную точность механической обработки (5 – 6 квалитеты для валов) и, как следствие, достичь нормативного ресурса деталей. Специальное оборудование создают с использованием последних достижений теории и практики ремонта, его выпускают небольшими партиями, поэтому оно дорогое. Для эффективного использования этого оборудования необходима его полная

загрузка, которая достигается увеличением объемов производства путем его концентрации и специализации.

ПМЛ по восстановлению деталей организуют на основе предметной специализации. Если ПМЛ служит для восстановления деталей одного типа (корпусные, валы, гильзы и др.), то ее создают из переналаживаемого оборудования, а если на ПМЛ восстанавливают детали одного вида (наименования), то ее оснащают переналаживаемым оборудованием. На ПМЛ наносят восстановительные покрытия (кроме гальванических), закрепляют ДРД, выполняют механическую и термическую обработку заготовок, их пластическое деформирование, очистку от технологических загрязнений и контроль. Очистные работы и определение технического состояния деталей ремонтного фонда выполняют вне ПМЛ на соответствующем участке.

Использование ПМЛ, оснащенных специализированным или специальным точным и производительным оборудованием, позволяет:

- обеспечить нормативные показатели, а также стабильность структуры и свойств наносимых покрытий;
- достичь высокой производительности труда;
- добиться при достаточных объемах производства снижения себестоимости продукции.

Создание ПМЛ предполагает использование новых средств и процессов для создания ремонтных заготовок, термической и механической их обработки, а также средств перемещения восстанавливаемых объектов. При этом получает развитие принцип *дифференциации* операций как разделение технологического процесса на большое количество технологических операций и переходов. Чем на большее число частей разделен технологический процесс, тем меньше требования к квалификации рабочих и тем выше производительность труда, однако в этом случае предъявляются более высокие требования к организации производства.

2.8.2. Детали, восстанавливаемые на поточно-механизированных линиях

На ПМЛ целесообразно восстанавливать 12 – 15 % наименований основных деталей, оказывающих наибольшее влияние на долговечность или безопасность отремонтированных агрегатов (табл. 2.15). Трудоемкость их восстановления составляет 35 – 40 % от общей трудоемкости восстановления всех деталей, а масса составляет 75 – 85 % от массы агрегатов.

Централизованное восстановление ряда деталей на ПМЛ было организовано на ряде заводов по проектам ЦОПКТЬ ГОСНИТИ (Рязань), НПО «Авторемонт» (Саратов), ПТИ «Сельхозтехпроект» (Минск) и самих заводов. Например, на Полоцком заводе «Проммашремонт» (б. ордена Трудового Красного Знамени Полоцкий авторемонтный завод) действовали однопредметные ПМЛ по восстановлению блоков цилиндров двигателей ГАЗ-51, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М, головок цилиндров, гильз цилиндров двигателей ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМХ-451М, стальных и чугунных коленчатых валов, распределительных валов, шатунов двигателей ГАЗ-51, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24 и УМЗ-451М, поршневых пальцев, клапанов и толкателей.

Таблица 2.15

Детали, подлежащие восстановлению на ПМЛ

Детали	Характеристика деталей		
	лимитирующие ресурс агрегата	влияющие на безопасность агрегата	массовые
Корпусные детали (блок цилиндров, картер редуктора, станина станка)	+	–	–
Головки цилиндров	+	–	–
Валы коленчатые и распределительные	+	–	–
Валы трансмиссионные	+	–	–
Гильзы цилиндров	+	–	+
Шатуны, коромысла	+	–	+
Клапаны, толкатели	+	–	+
Колеса зубчатые	+	–	+
Распылители, гильзы и плунжеры форсунок	+	–	–
Опорные катки	+	+	+
Звенья гусениц	+	+	+
Крестовины кардана	+	+	+
Шкворни, цапфы	+	+	–
Лемеха, сошники	+	–	+

2.8.3. Предпосылки создания поточно-механизированных линий

При определении целесообразности создания и внедрения ПМЛ рассматривают себестоимость восстановления детали, имеющей наибольшее число повреждений, и определяют минимальные объемы выпуска. Эту целесообразность определяют на основании анализа следующих данных:

– соотношения между затратами на создание ПМЛ, оборотного ремонтного фонда и его перевозку, с одной стороны, и снижением себестоимости восстановления деталей за счет увеличения объема восстановления, с другой стороны;

– соотношения между затратами на организацию ПМЛ по восстановлению деталей заданной номенклатуры и на их производство заводом-изготовителем;

– влияния срока службы восстановленных деталей на послеремонтную наработку агрегатов, составными частями которых они являются.

Допустимое расстояние перевозки деталей ремонтного фонда увеличивается при создании ПМЛ. Источники экономического эффекта при этом заключены в применении более совершенной организации и технологии, что приводит к снижению себестоимости восстановления и повышению долговечности деталей.

Объемы восстановления деталей увеличиваются при расширении области охвата потребителей. Эти объемы тем больше, чем больше машин в регионе и чем больше их годовая наработка. Значительные объемы восстановления легче обеспечить для многочисленных недолговечных деталей одного наименования при большом их расходе в эксплуатации. Увеличение массы восстанавливаемых деталей снижает величину целесообразного расстояния их перевозки. Особенно резкое снижение этого расстояния наблюдается для деталей большой массы, себестоимость восстановления которых небольшая. Однако большие эксплуатационные затраты, связанные с малой долговечностью деталей, восстановленных на комплексных участках, обуславливают увеличение расстояния перевозки деталей на их восстановление на ПМЛ.

Организация ПМЛ целесообразна в том случае, если количество техники в рассматриваемом регионе достаточно для создания крупносерийного или массового производства по восстановлению деталей. Это приводит к повышению качества восстановления деталей по сравнению с уровнем качества, который достигнут на комплексных участках.

Влияние межремонтных пробегов агрегатов, в которых находятся восстановленные детали, существенно сказывается на объемах восстановления этих деталей только при больших значениях коэффициентов их восстановления.

Восстановлению деталей на ПМЛ в условиях высокой концентрации производства подлежат наиболее изношенные и поврежденные дефицитные детали распространенных моделей машин с высокой плотностью распределения их в рассматриваемом регионе. Потребность этих деталей в эксплуатации и при ремонте техники особенно велика. Наибольшая эффективность ПМЛ достигается при создании специализированного производства по определенной группе деталей. Для этих групп деталей харак-

терными являются значительные затраты на замену их в эксплуатации и малые себестоимость восстановления и стоимость перевозки.

Такие массовые детали, как поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана и дифференциала, муфты и фланцы валов, шатуны, гильзы цилиндров, шкворни, колесные тормозные цилиндры и ряд других допускают экономически обоснованную перевозку их на расстояние 300...500 км. Для таких деталей может быть организована одна ПМЛ по их восстановлению в республике или крупном регионе.

Восстановлению на ПМЛ подлежат и более металлоемкие изделия. Допустимое расстояние перевозки карданных, коленчатых и распределительных валов, вилок и фланцев карданов, валов коробок передач и других деталей меньше примерно в два раза, чем в предыдущем случае. Ряд сборочных единиц, имеющих значительную массу (головки и блоки цилиндров, картеры коробок передач и редукторов), целесообразно восстанавливать на ПМЛ только при определенном сочетании повреждений.

Наконец, некоторые детали нерационально восстанавливать на ПМЛ, потому что даже в условиях значительной концентрации производства на специализированных предприятиях невозможно обеспечить себестоимость восстановленных деталей, которая была бы меньше стоимости изготовленных деталей. На заводе по капитальному ремонту машин следует сохранить восстановление простых деталей, имеющих низкую стоимость изготовления, но в результате изнашивания которых приходится восстанавливать значительную (более 1 дм²) рабочую поверхность. Это валы и оси шестерен масляных насосов, валики и оси педалей, оси блоков шестерен, штоки переключения скоростей, крышки подшипников и др.

Работу ПМЛ организуют, как правило, по типовой или модульной технологии.

На некоторых заводах предусмотрено серийное изготовление деталей на ПМЛ из приобретенных поковок или отливок. Это сокращает дефицит запасных частей взамен выбракованных. На ремонтном заводе, имеющем литейный и кузнечно-штамповочный участки, может быть налажено изготовление гильз цилиндров и уплотнительных колец под них, поршней, шатунов, коленчатых и распределительных валов, маховиков и их зубчатых венцов, шестерен масляного насоса, распределительных шестерен коленчатого и распределительного валов, втулок распределительного вала и направляющих клапанов, корпусов масляного и водяного насосов, маслоотражательных колпачков, дисков сцеплений нажимных и ведомых, рычагов сцепления и других деталей. Ремонтный завод на собственных литей-

ных мощностях может получить отливки поршней, маховиков, нажимных дисков сцеплений, различных дополнительных ремонтных деталей.

2.8.4. Пример поточно-механизированной линии

ПМЛ восстановления одной из основных деталей двигателя – коленчатого вала двигателя КамаЗ-53212 при годовой производительности 10 тыс. деталей имеет площадь 440 м², на ней работает 18 человек (рис. 2.108). Установленная мощность оборудования составляет 143 кВт. Срок окупаемости линии равен 2,4 года.

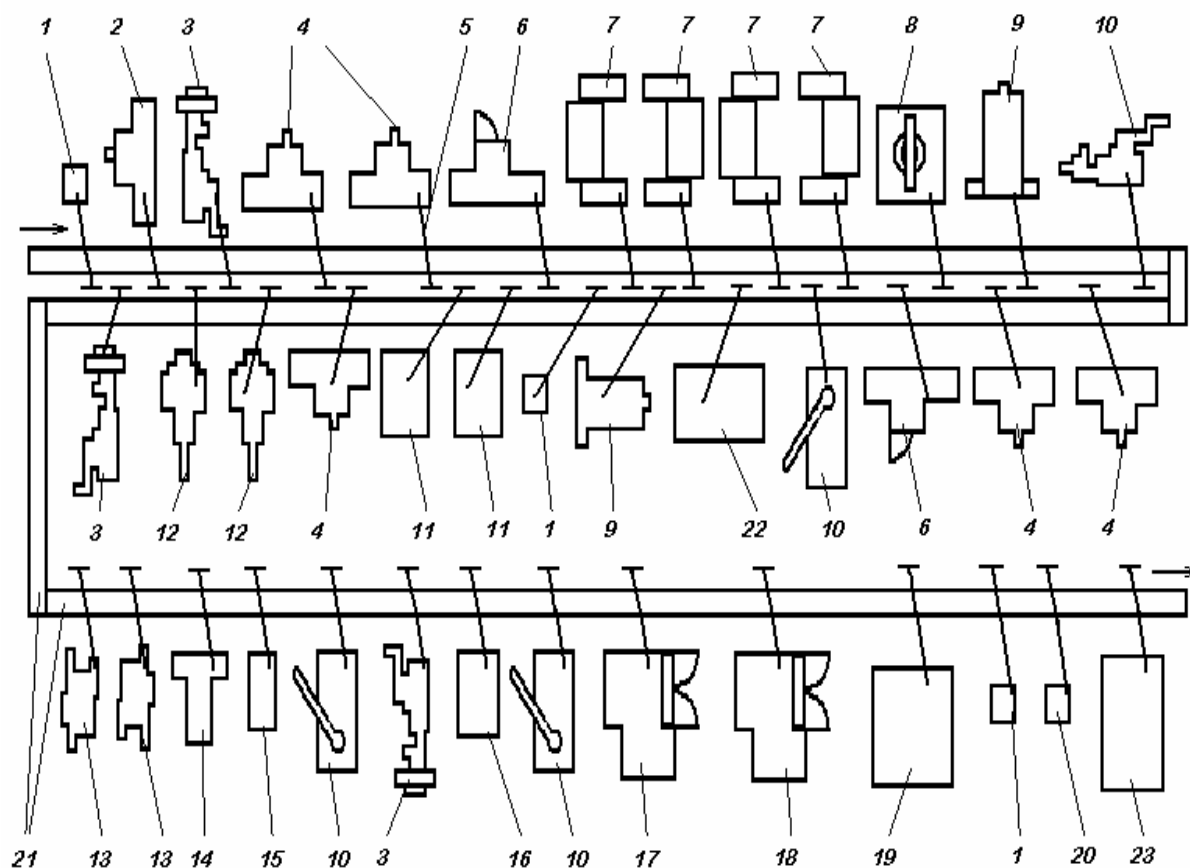


Рис. 2.108. Пример планировки ПМЛ восстановления коленчатых валов двигателей КамаЗ-53212: 1 – магнитный дефектоскоп МД-50П; 2 – пресс гидравлический П-6326; 3 – станок токарно-винторезный 16К20; 4 – станок круглошлифовальный ЗМ152; 5 – подъемник пневматический 12402; 6 – станок круглошлифовальный ЗВ423; 7 – станок наплавочный У-653М; 8 – печь электрическая шахтная СНОЛ 1,8.1,6.3,0/1000; 9 – пресс гидравлический П-6330; 10 – станок радиально-сверлильный 2М53; 11 – полуавтомат торцешлифовальный ЗТ161Е; 12 – станок горизонтально-фрезерный 6Р83Г; 13 – полуавтомат круглошлифовальный ХШ2-12Н; 14 – полуавтомат круглошлифовальный ХШ2-01; 15 – стенд сборочный 70-7362-1518; 16 – станок балансировочный КИ-4274; 17 – полуавтомат суперфинишный 3875К; 18 – полуавтомат полировальный 3835К; 19 – установка для очистки ОМ-3600; 20 – верстак слесарный ОРГ 5365; 21 – конвейер роликовый 12398; 22 – высокочастотный генератор ВЧГ-100/0,66УЧ; 23 – ванна консервации 04.04.084.00.000

ПМЛ включает оборудование для определения технического состояния деталей, нанесения покрытий, механической и термической обработки заготовок, очистки, контроля и консервации деталей. На ней выполняют следующие операции:

- выворачивание пробок масляных каналов;
- очистку от эксплуатационных и технологических загрязнений;
- определение технического состояния (в т. ч. выявление трещин);
- правку детали перед предварительной механической обработкой, после наплавки и после закалки;
- растачивание отверстий под подшипник для установки ДРД;
- запрессовывание ДРД;
- растачивание отверстия в ДРД и снятие фаски;
- точение шейки под шкив и шестерню, точение фланца;
- шлифование коренных шеек и шейки под сальник;
- шлифование шатунных шеек;
- установку графитовых стержней в масляные каналы;
- наплавку коренных и шатунных шеек, фланца, шейки под сальник и шпоночных пазов;
- нормализацию;
- точение шейки под шкив и шестерню (с подрезкой торца), фланца, шейки под сальник и канавок;
- шлифование черновое коренных и шатунных шеек и шейки под сальник;
- растачивание центровых отверстий;
- шлифование шеек под шкив и шестерню, фланца и торцов шеек;
- шлифование чистовое шейки под сальник;
- проверку отсутствия трещин;
- накатывание рифления на поверхности шейки под сальник;
- сверление заплавленных каналов и зенкерование фасок;
- закалку коренных и шатунных шеек;
- проверку вала на отсутствие трещин;
- фрезерование пазов под шкив и шестерню, калибрование резьбы;
- шлифование чистовое коренных и шатунных шеек;
- чистовое растачивание отверстий под подшипник и фаску;
- ввертывание пробок в масляные каналы;
- динамическую балансировку вала;

- суперфиниширование коренных и шатунных шеек;
- полирование коренных и шатунных шеек;
- контроль, консервацию и упаковку.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В какой последовательности протекают разборочные и очистные работы?
2. Какие виды работ выполняются с помощью разборочного оборудования?
3. Какая система очистных машин действует на ремонтных предприятиях?
4. Приведите классификацию источников питания для сварки.
5. Приведите состав оборудования на рабочем месте наплавки заготовок.
6. Какие особенности оборудования для электроконтактной приварки металлических материалов?
7. Как устроена гальваническая ванна?
8. Как обозначаются металлорежущие станки разных моделей?
9. Приведите принципы выбора металлорежущих станков.
10. Какие работы выполняются с помощью кузнечно-прессового и термического оборудования?
11. Как устроен кузнечный молот?
12. Приведите виды кузнечного инструмента.
13. На каких операциях применяют гидравлические, кривошипные и фрикционные прессы?
14. Приведите классификацию термического оборудования.
15. Какие Вы знаете виды сборочного оборудования?
16. Какое назначение оборудования для подачи и ориентирования заготовок?
17. Приведите назначение диагностических средств.
18. Объясните назначение и устройство обкаточно-испытательных стендов.
19. Приведите условия создания ПМЛ.
20. Виды высокоэффективной размерной обработки восстановленных деталей.
21. Приведите примеры оборудования для размерной обработки.

ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ

1. Классификация технологического оборудования промышленного изготовления и организация обеспечения им ремонтных предприятий.
2. Анализ системы очистных машин ремонтного производства и направления ее совершенствования.
3. Анализ повреждений деталей при разборке агрегатов и направления совершенствования разборочного оборудования.
4. Новые источники питания для сварки.
5. Совершенствование оборудования для электроконтактной приварки металлических материалов.
6. Повышение производительности и снижение расхода электрической энергии при электрохимическом нанесении покрытий.
7. Перспективы применения робототехнических комплексов при листовой штамповке.
8. Пути снижения расхода электрической энергии при работе термического оборудования.
9. Пути повышения точности и производительности сборки.
10. Анализ использования средств для предремонтного диагностирования и расширение области их применения.
11. Современное оборудование для диагностирования восстановленных деталей.
12. ПМЛ в ремонтном производстве.
13. Перспективы применения высокоэффективных процессов размерной обработки материалов в ремонтном производстве.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ

Студент должен знать:

- назначение, классификацию и устройство оборудования: разборочного, очистного, для нанесения различных покрытий, металлорежущего, кузнечно-прессового, сборочного, диагностического, контрольного и испытательного;
- системы обозначений металлорежущего, прессового и сварочно-наплавочного оборудования;
- основы выбора промышленного оборудования для конкретных производственных условий;
- условия создания ПМЛ.

Студент должен уметь:

- выбирать технологическое оборудование и оснастку промышленного изготовления для определения технического состояния исходных заготовок, нанесения покрытия, механической и термической обработки, пластического деформирования, измерения и контроля;
- готовить решение о целесообразности создания на предприятии ПМЛ.

РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА

Оценка знаний второго раздела проводится по результатам выполнения практического задания № 1 и ответов студентов на контрольные вопросы. Высокой оценки заслуживают те студенты, которые демонстрируют знания:

- назначения, устройства и классификации различных видов оборудования для разборки, очистки объектов, нанесения различных покрытий, металлорежущего, кузнечно-прессового, сборочного, диагностического, контрольного и испытательного;
- системы обозначения оборудования различных видов;
- основ выбора промышленного оборудования для конкретных производственных условий;
- условий создания поточно-механизированных линий в ремонтном производстве.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

До 80 % трудоемкости технологической подготовки производства приходится на проектирование и изготовление СТО. Большая их доля создается в собственном вспомогательном производстве.

Конструкторские бюро по проектированию СТО имеются в составе отдела главного технолога предприятия. Эти бюро проектируют, например, стенды для общей и узловой разборки и сборки агрегатов, машины для очистки деталей от прочных загрязнений, приспособления на металлорежущие станки, штампы для листовой штамповки, инструменты (резцы, фрезы, развертки и др.), пресс-формы для получения отливок из пластмасс и алюминиевых сплавов, стенды для балансировки деталей и испытания агрегатов, специальные приборы для измерения параметров расположения поверхностей, организационную оснастку (подставки, стеллажи, тару) и производственную мебель (столы, тумбочки) и многие другие средства.

Проектируют СТО по заказам предприятий, например, ПТИ «Сельхозтехпроект» в системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия, РУП «Транстехника» Министерства транспорта, однако основной объем проектных работ приходится на инженерные отделы заводов.

При освоении ремонта машин или при недостатке опыта проектирования СТО их создают отдельными экземплярами, хотя намного экономичнее проектировать всю систему этих средств и поочередно создавать ее части.

Проектирование СТО начинают с разработки *технического задания*, которое, по сути, является постановкой задачи. Техническое задание на разработку изделия готовит технолог. Оно включает технологические сведения об обработке и ее производительности, основные параметры и оценочные критерии создаваемого средства. В техническом задании, например, на проектирование приспособления для обработки резанием, приводят сведения операционной карты: модель станка, операционный эскиз, материал заготовки и его характеристику, базы, места приложения усилий закрепления заготовки, обрабатываемые поверхности, операционные размеры в начале и в конце обработки, параметры шероховатости, формы и расположения поверхностей, режимы обработки.

3.1. Проектирование единичных средств технологического оснащения

3.1.1. Проектирование приспособлений

Приспособления проектируют к токарным, сверлильным, расточным, шлифовальным, фрезерным и другим станкам. При разработке приспособлений необходимо иметь каталоги или паспорта этих станков.

Приспособление состоит из корпуса, опор, механизма закрепления заготовки в приспособлении, элементов закрепления приспособления на станке, устройств для установки, направления и контроля положения инструмента.

При проектировании приспособления изображают заготовку тонкими сплошными линиями (желательно в масштабе 1:1) и обозначают ее обрабатываемые поверхности и базы. Изображают опорные элементы приспособления и инструмент, установленный на резцедержателе, скалке или в шпинделе станка, в крайних положениях и устройства для его направления (например, кондукторные втулки) и поддержания (например, центра). Количество видов заготовки и расстояния между ними должны быть такими, чтобы можно было изобразить все элементы приспособления и дать представление об его устройстве и работе.

Опоры и устройства для закрепления ориентируют заготовку и лишают необходимого числа ее степеней свободы. Опоры бывают:

- цилиндрические со сферической, насеченной или плоской рабочими поверхностями;
- в виде пластин, шайб, призм, пальцев, оправок и центров с наружными и внутренними центрами;
- регулируемые подводные при обработке нежестких заготовок.

В зависимости от количества и видов лишаемых заготовкой степеней свободы ее технологические базы делят на установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие и двойные опорные. *Установочная* база лишает заготовку трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей. *Направляющая* база лишает заготовку двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси. *Опорная* база лишает заготовку перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. *Двойная направляющая* база лишает заготовку четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей. *Двойная опорная* база лишает заготовку двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей. Установочные базы должны

иметь наибольшую площадь, направляющие – наибольшую протяженность, а опорные – небольшие размеры.

Технологические базы по характеру проявления делятся на *скрытые* и *явные*.

В качестве технологических баз применяют:

- плоскую поверхность при обработке корпусов;
- два цилиндрических отверстия с параллельными осями и перпендикулярную к ним плоскую поверхность;
- центровые отверстия или фаски;
- наружные или внутренние поверхности вращения и перпендикулярную к их осям плоскую поверхность;
- наружные или внутренние цилиндрические поверхности с пересекающимися осями.

Продолжая разработку приспособления, на основании технико-экономического расчета выбирают вид привода для закрепления заготовки. Привод может быть ручной (резьбовой, эксцентриковый, клиновой, рычажный и др.) или механический (пневматический, гидравлический, электромагнитный и др.). К заготовке прикладывают силы резания и закрепления, реакции опор и силы трения. Из уравнений равновесия заготовки находят расчетное усилие закрепления. Усилие закрепления, обеспечиваемое приводом, получают путем умножения расчетного усилия на коэффициент запаса K

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.1)$$

где K_0 – коэффициент гарантированного запаса, равен 1,5; K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях, равен 1,2 при черновой обработке и 1,0 при чистовой обработке; K_2 – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента, изменяется от 1,0 до 1,8; K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании, при прерывистых точении и торцовом фрезеровании равен 1,2; K_4 – коэффициент, характеризующий непостоянство силы закрепления, изменяется от 1,0 до 1,3; K_5 – коэффициент, учитывающий эргономический фактор, при удобном расположении рукоятки и малом угле ее поворота равен 1,0, в противном случае – 1,2; K_6 – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, при установке на штыри равен 1,0, при установке на опорные пластины – 1,5.

Если в результате расчета коэффициент запаса K окажется меньше 2,5, то принимают $K = 2,5$.

Вычерчивают корпус приспособления, на котором размещены опоры и детали механизма закрепления заготовки. В качестве корпуса приспособления чаще применяют сварную сборочную единицу из листового, профильного и круглого проката или реже – отливку. Это обусловлено тем, что изготовление приспособлений – по сути единичное производство, для которого использование отливок (как правило, заказанных на других предприятиях) – дорогое мероприятие. Для выполнения отверстий под опоры и резьбу используют бобышки, жесткость корпусу придают применением ребер жесткости. На корпусе выполняют элементы для его установки на станке. Неподвижный корпус приспособления закрепляют на столе станка с помощью болтов с гайками. Головки болтов входят в Т-образные пазы стола. Часто на поверхности приспособления, соприкасающейся с поверхностью стола, устанавливают две призматические шпонки шириной, равной ширине паза стола. С их помощью быстро ориентируют приспособление относительно оси шпинделя. Корпус закрепленного приспособления не должен «свисать» со стола станка. Подвижный корпус, например, в виде планшайбы, устанавливают на коническую поверхность шпинделя станка и закрепляют. Если планшайбу устанавливают на наружную коническую поверхность, то ее крепят к фланцу шпинделя болтами. Если для установки планшайбы используют внутреннюю коническую поверхность шпинделя, то конус приспособления крепят с помощью шпильки, проходящей через отверстие шпинделя.

Погрешность установки заготовки не должна превышать допустимую. Погрешность установки заготовки в приспособлении ε_y как суммарное поле рассеяния размера обработки определяют по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \leq [\varepsilon_y], \quad (3.2)$$

где ε_6 – погрешность базирования, которая возникает при несовпадении измерительной и технологической баз; ε_3 – погрешность закрепления, возникающая из-за смещения измерительной базы относительно опор приспособления под действием сил закрепления; $\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения заготовки относительно режущего инструмента под влиянием неточного изготовления приспособления, его сборки и износа опор; $[\varepsilon_y]$ – допустимая погрешность установки заготовки, которая составляет часть допуска на размер.

Изображают инструмент, установленный на резцедержателе, скалке или в шпинделе станка, устройства для его направления (например, кондукторные втулки) и поддерживания (например, центра).

На рисунке 3.1 в качестве примера приведено спроектированное приспособление к сверлильному станку 2Н135 для одновременного сверления 24-х ступенчатых отверстий в накладке ведомого диска сцепления. Приспособление состоит из подвижной и неподвижной частей. В подвижную часть входит редуктор 2 с оправкой 1, шпиндельные узлы со сверлами 5 и кондукторная плита 6. Эта часть приспособления с помощью клеммового зажима крепится на плунжере шпиндельной бабки. Она перемещается вращением штурвала. Неподвижная часть приспособления, которую крепят к столу станка, – это подставка 7 под заготовку. В подставке имеются базирующие элементы для заготовки, отверстия под оправку 1 и для выхода сверл и стружки. Оправка ориентирует друг относительно друга подвижную и неподвижную части приспособления.

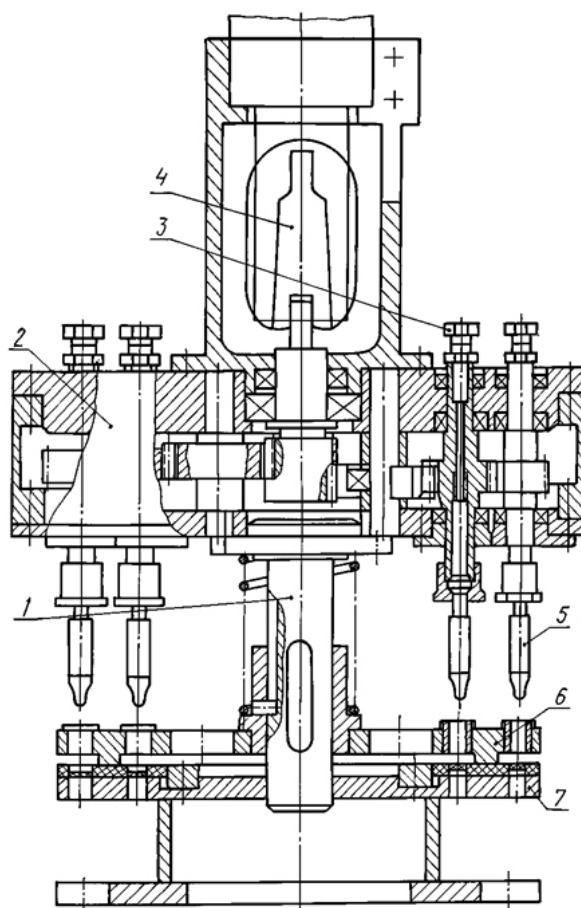


Рис. 3.1. Принципиальная схема приспособления для сверления отверстий в накладке ведомого диска сцепления: 1 – оправка; 2 – редуктор; 3 – болт; 4 – центр; 5 – сверло; 6 – кондукторная плита; 7 – подставка

Вращение шпинделя станка передается ведущему валу редуктора посредством конической оправки 4 с лапкой. Далее вращение без изменения частоты передается через зубчатые колеса на 24 шпинделя приспособле-

ния. В каждом шпинделе имеется осевое отверстие, в котором установлено сверло, промежуточный стержень и болт 3 с контргайкой. Сверло фиксируется от поворота разрезными втулками с гайками. Кондукторная плита 6 установлена на оправке со шпонкой. Между кондукторной плитой и корпусом установлена пружина.

Рабочая часть каждого сверла выполнена из твердосплавной пластины, заточенной для получения ступенчатого отверстия. Частота вращения сверл 250 мин^{-1} . Глубину ступеней обработанных отверстий регулируют вращением болтов 3. При регулировке на подставку устанавливают металлическую модель детали, изготовленную по размерам накладки сцепления. Подвижная часть приспособления при регулировке находится в крайнем нижнем положении, а каждое сверло перемещают до его касания с моделью.

Для обработки накладки сцепления необходимо включить привод шпиндели станка, поднять с помощью штурвала подвижную часть приспособления до выхода оправки из отверстия приспособления, установить заготовку, опустить подвижную часть головки до касания сверлами заготовки и в течение 10 с произвести их подачу вручную.

3.1.2. Проектирование стендов (технологических машин)

В зависимости от функционального назначения стенды (технологические машины) бывают разборочные, для определения технического состояния объектов, для нанесения покрытий (металлических, полимерных, лакокрасочных), механической обработки несложных поверхностей, сборочные, обкаточные, испытательные (для водяных и масляных насосов, усилителей рулевого механизма и др.), для контроля герметичности внутренних полостей, сушильные и др. Несмотря на то что проектируемые стенды различны по устройству и назначению, можно определить общую последовательность их проектирования.

При проектировании стенда изображают тонкими сплошными линиями ремонтируемый объект (желательно в масштабе 1:5) и обозначают его элементы, взаимодействующие со стендом (базовые поверхности, приводные валы и др.). На чертеже изображают опоры стенда, касающиеся технологических баз объекта. Количество видов и разрезов изделия должно быть такими, чтобы иметь представление о его устройстве и работе и можно было выполнить рабочие чертежи всех элементов стенда.

При изображении стенда показывают ремонтируемый объект в рабочих (начальном и последующих) положениях на опорах стенда. Определяют скорость и мощность перемещения ремонтируемого (восстанавливаем-

мого) объекта. Выбирают механизмы, с помощью которых будут выполняться технологические переходы, приведенные в операционной карте. К таким механизмам относятся, например, двигатели различных видов (электрические, пневматические, гидравлические и др.) и тормоза, механизмы для закрепления, механизмы для технологического перемещения, устройства для подачи материалов и другие.

Вычерчивают корпус станда, на котором расположены опорные элементы и установлены механизмы.

Корпус станда, как правило, выполняют в виде сборочной единицы из листового и профильного проката. Крепежными элементами являются резьбовые отверстия, выполненные в листах, профилях или в приваренных бобышках. Плоские направляющие выполняют в приваренных толстолистовых деталях. Учитывают, что корпус в ряде случаев должен быть закреплен на полу с помощью фундаментных болтов.

Для испытательных и обкаточных средств выбирают нагружающее устройство. Для стандов, с помощью которых наносят покрытия, принимают устройства для подготовки и перемещения материала.

Предусматривают меры по защите рабочего от вредных или опасных факторов (механических, тепловых, шумовых, химических и других воздействий) путем установки кожухов, щитков и экранов, блокировки перемещений при открытых люках и дверцах, использования вентиляции, светофильтров и др.

Двигатели, передающие и исполнительные механизмы устанавливают на раме (корпусе) и производят оптимизацию конструкции. Предусматривают подвод производственных ресурсов и отвод отходов.

Выполняют эргономическую проработку изделия. Органы управления должны находиться в зонах досягаемости рук и ног рабочего, усилия на рычаги и педали не должны превышать установленных значений, а показания приборов должны легко читаться. Стенд должен быть приспособлен к возможностям и особенностям человека.

Стараются, чтобы конструкция станда была композиционно целостной и пропорциональной. Учитывают категории композиции – тектонику и объемно-пространственную структуру. Тектоника – это зримое отражение работы конструкции и материала объекта в его форме. Объемно-пространственная структура определяется взаимосвязью всех элементов машины как между собой, так и с внешней средой.

На рисунке 3.2 представлен пример разработанного станда. Настольный гайковерт предназначен для завинчивания гаек шатуна с моментом

68 – 75 Нм перед механической обработкой нижней головки. Технические характеристики гайковерта представлены в таблице 3.1.

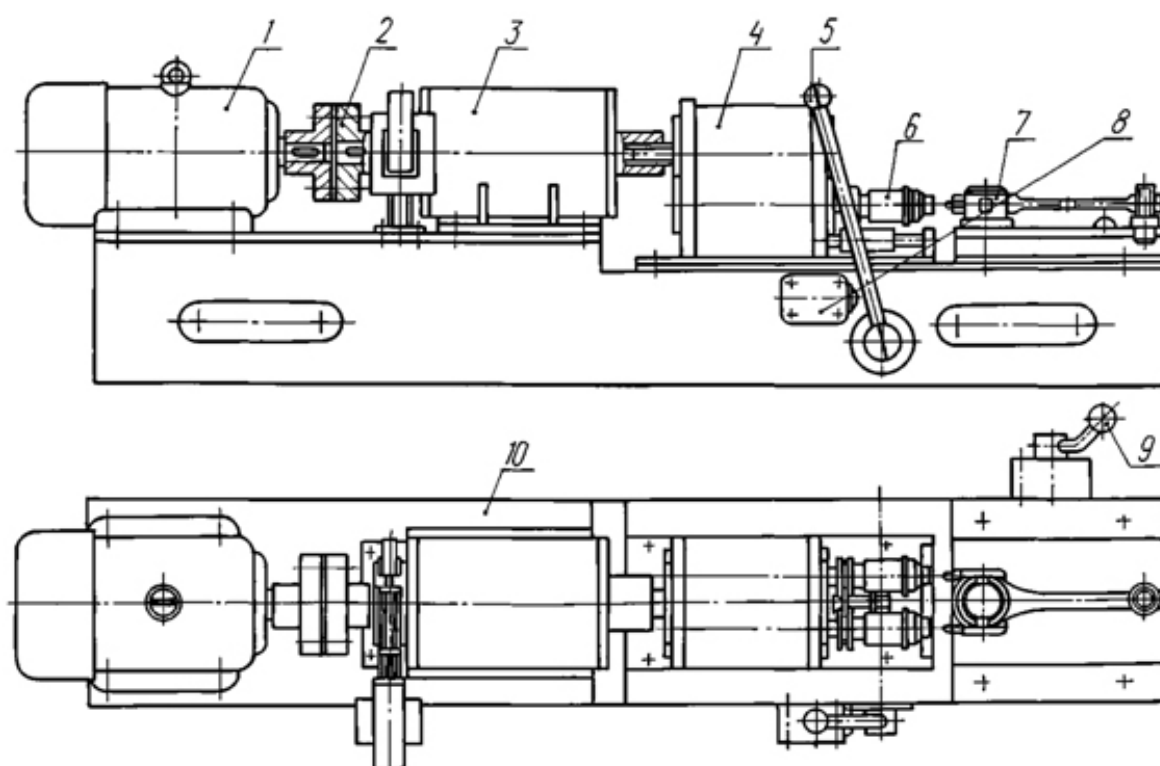


Рис. 3.2. Схема гайковерта для шатуна: 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – делитель момента; 5 и 9 – рукоятки; 6 – ключ; 7 – опорный механизм; 8 – конечный выключатель; 10 – основание

Таблица 3.1

Технические характеристики гайковерта

Наименование характеристики	Значение
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Максимальная частота вращения шпинделей, с	14,4
Передаточное число редуктора	21
Габаритные размеры, мм:	
– длина	1450
– ширина	405
– высота	400
Масса, кг	120

Гайковерт состоит из основания 10, электродвигателя 1 с муфтой 2, планетарного редуктора 3 с устройством для ограничения крутящего момента, делителя момента 4 с двумя шпинделями и ключами 6, опорно-зажимного механизма 7.

Механизм гайковерта, создающий тарированный момент затяжки, включает в себя электродвигатель с муфтой и планетарный двухступенчатый редуктор со специальным ограничивающим устройством.

Делитель момента с помощью цилиндрического дифференциала распределяет момент на равные части между шпинделями, в которые установлены подпружиненные торцовые ключи. Смыкание их с гайками производится рукояткой 5. Она взаимодействует с конечным выключателем 8, при помощи которого определяется момент подачи напряжения на электродвигатель.

Шатун с наживленными на болты гайками устанавливаются на две оправки. Для установки кривошипной головки используют цанговую оправку 7 с приводом от пневмоцилиндра.

Поворотом рукоятки 9 подают сжатый воздух. Оправка ориентирует крышку шатуна относительно его тела без радиального смещения в направлении стыка. Торцовые ключи с помощью рукоятки 5 надевают на гайки. Одновременно с этим включается и электродвигатель. В зависимости от соотношения моментов трения в резьбах частоты вращения шпинделей могут быть различными, однако крутящие моменты одинаковы. После достижения необходимого момента затяжки обеих гаек происходит кинематическое разъединение потока мощности между электродвигателем и выходными валами планетарного редуктора. Рукоятки 5 и 9 возвращают в исходное положение. Шатун освобождается от ключей оправки.

Применение двухшпиндельного гайковерта сокращает основное время сборки в 1,7 раза по сравнению со сборкой одношпиндельным гайковертом и контролем момента затяжки динамометрическим ключом.

3.1.3. Проектирование специальных средств измерений

В производстве проектируют и изготавливают специальные средства для измерения линейных размеров и параметров расположения.

Методика проектирования жестких калибров (пробок и скоб) изложена в курсах нормирования точности и технических измерений.

С помощью других средств собственного изготовления измеряют следующие параметры:

- отклонение от соосности двух или более поверхностей, которое определяется параллельным смещением осей друг относительно друга или их перекосом;
- радиальное биение – разность наибольшего и наименьшего расстояний от проверяемой поверхности тела вращения до оси вращения. Параметр включает величину несоосности и погрешности формы в поперечном сечении;

– торцовое биение – разность между наибольшим и наименьшим расстояниями от торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной оси вращения. Параметр измеряют на заданном (чаще наибольшем) радиусе торцовой поверхности;

– отклонение пересекающихся осей от правильного относительного расположения, выраженное отклонением от заданного угла между осями или величиной непересечения, определяемой как кратчайшее расстояние между осями;

– отклонение скрещивающихся осей от правильного расположения, которое выражается отклонением угла между осями и базовыми поверхностями, а также отклонениями заданного расстояния между осями;

– непараллельность оси вращения и плоскости – разность наибольшего и наименьшего расстояний между осью вращения и заданной плоскостью на определенной длине;

– неперпендикулярность поверхностей – отклонение угла между ними. Если поверхности расположены под углом друг к другу, отличным от прямого, то определяются отклонения от этого угла.

Отклонения от соосности шеек, их радиальное и торцовое биение поверхностей измеряют с помощью рычажно-зубчатой головки на штативе при вращении вала в неподвижных центрах или на призмах с упором в торец. Соосность опор корпусной детали и биения их торцов относительно поверхности опор измеряют с помощью индикаторной скалки, вращающейся в крайних опорах детали.

С помощью прибора (рис. 3.3), например, измеряют диаметральные размеры юбки поршня в двух сечениях с ручным поворотом детали относительно ее оси. Перед измерениями детали на опорные элементы 2 прибора устанавливают эталон поршня, имеющий форму образцового цилиндра номинального диаметра, а стрелки индикаторов при этом совмещают с нулевыми значениями шкал. Затем снимают эталон и устанавливают измеряемую деталь. Измеряют размеры детали сначала в положении, при котором ось поршневого пальца горизонтальна (положение 1), а затем в процессе поворотов детали вокруг ее оси в одну и другую сторону на угол примерно 45° (положения 2 и 3). Значение размера в правом сечении, отстоящем от ее торца на 5 мм, в положении 1 определяет диаметр юбки. Показания левого индикатора в этом положении детали определяют значения конусообразности юбки, а разность показаний каждого индикатора в положении 1, 2 и 3 – ее эллипсообразность.

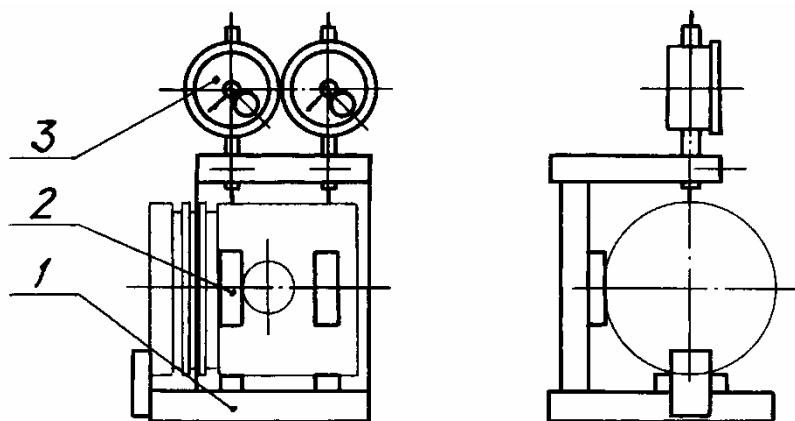


Рис. 3.3. Схема прибора для измерения размеров, эллипсообразности и конусообразности юбки поршня: 1 – основание; 2 – опоры; 3 – индикаторы

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Проектирование приспособления

Цель работы – приобрести навыки разработки приспособления для металлорежущего станка.

Техническое задание на разработку приспособления выдает преподаватель. Оно содержит чертеж детали, на котором приводят ее материал, размеры и параметры шероховатости, формы и расположения поверхностей, сведения операционной карты (модель станка, последовательность переходов, параметры и режимы обработки, операционный эскиз), объемы производства, технологические базы, места приложения усилий закрепления.

Студенты проектируют приспособления на токарные, сверлильные, расточные, шлифовальные и фрезерные станки. Необходимо иметь каталоги или паспорта этих станков.

Порядок выполнения задания. На миллиметровой бумаге формата А1 изображают тонкими сплошными линиями заготовку (желательно в масштабе 1:1) и обозначают ее обрабатываемые поверхности. Количество видов заготовки и расстояния между ними должны быть таковы, чтобы можно было изобразить все элементы приспособления и дать представление о его устройстве и работе.

Отмечают базовые поверхности, выбирают и изображают соответствующие опоры приспособления. Отмечают точки приложения усилий закрепления к заготовке на ее изображении и показывают зажимы. Рассчитывают усилие механизма закрепления.

Далее на основании технико-экономического расчета принимают решение о том, какой вид механизма закрепления заготовки будет исполь-

зован: ручной (эксцентриковый, клиновой, винтовой и др.) или механический (электромагнитный, пневматический, гидравлический и др.).

В крайних положениях изображают инструмент, взаимодействующий с заготовкой. При необходимости показывают направляющие элементы инструмента, например, кондукторные втулки для сверл.

Наконец, элементы приспособления связывают с корпусом приспособления. В качестве него чаще используют сварную деталь из листового и профильного проката, а реже – отливку. Для выполнения отверстий под опоры и резьбу используют бобышки, жесткость корпусу придают использованием ребер. Учитывают, что корпус должен быть закреплен на столе, реже – на шпинделе станка. Корпус закрепленного приспособления не должен «свисать» со стола станка.

Конструктор расчетом показывает, что допустимая погрешность установки заготовки составляет часть допуска на размер заготовки, а детали приспособления прочные, жесткие и износостойкие.

Содержание отчета: название и цель работы, сведения технического задания, эскизное изображение приспособления, расчеты, поясняющие целесообразность выбора вида привода и подтверждающие работоспособность приспособления.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Проектирование станда

Цель работы – приобрести навыки разработки станда для выполнения заданной технологической операции.

Техническое задание на разработку станда выдает преподаватель. Оно содержит чертеж ремонтируемого объекта, операционную карту и объемы производства. В операционной карте указана последовательность и режимы переходов, измерительные средства, инструмент и другие сведения.

Студенты проектируют станды для разборки и сборки агрегатов, обкаточно-испытательные (для водяных и масляных насосов, усилителей рулевого механизма и др.), для контроля герметичности внутренних полостей, нанесения восстановительных покрытий, механической обработки сложных поверхностей и другие.

Порядок выполнения задания. На миллиметровой бумаге формата А1 изображают тонкими сплошными линиями ремонтируемый объект (желательно в масштабе 1:5) и обозначают его элементы, взаимодействующие со стандом (базовые поверхности, валы и др.). Количество видов

объекта и расстояния между ними должны быть таковы, чтобы можно было изобразить все элементы станда и иметь представление о его устройстве и работе.

Выбирают механизмы, с помощью которых будут выполняться технологические переходы, приведенные в операционной карте. К таким механизмам относятся, например, двигатели различных видов (электрические, пневматические, гидравлические и др.) и тормоза, механизмы для закрепления, механизмы для технологического перемещения, устройства для подачи материалов и другие.

Отмечают базовые поверхности изделия. Если предусмотрены технологические перемещения, то изображают его крайние положения. На чертеже изображают опоры станда, касающиеся технологических баз объекта.

Показывают подвижные элементы механизма закрепления, непосредственно взаимодействующие с ремонтируемым объектом, в крайних положениях. Изображают этот механизм. Теперь ремонтируемый объект изображен в своих крайних положениях на опорах станда в закрепленном состоянии.

Далее изображают остальные механизмы, с помощью которых выполняют технологические переходы. Вычерчивают корпус станда, на котором расположены опорные элементы и установлены механизмы станда.

Корпус станда, как правило, выполняют в виде сборочной единицы из листового и профильного проката. Крепежными элементами являются резьбовые отверстия, выполненные в листах, профилях или в приваренных бобышках. Плоские направляющие выполняют в приваренных толстолистовых деталях. Жесткость корпусу придают приваренные ребра. Учитывают, что корпус должен быть закреплен на полу с помощью фундаментных болтов.

Предусматривают защиту рабочего от механических, тепловых, лучистых, шумовых, химических и других воздействий.

Стараются, чтобы конструкция станда была композиционно целостной и пропорциональной.

Содержание отчета: название и цель работы, сведения технического задания и операционной карты, эскизное изображение станда, расчеты, подтверждающие работоспособность станда.

3.2. Проектирование системы средств технологического оснащения ремонтного завода

3.2.1. Организация проектирования

Для каждого предприятия, характеризующегося специализацией и производственной мощностью, существуют оптимальные множества видов

СТО и их количество. При проектировании СТО их рассматривают как систему (рис. 3.4). Это означает, что проектируемые объекты, функции которых подчинены общей цели, находятся в связях и отношениях как друг с другом, так и с внешней средой, представляют собой целостное множество. Системный подход к проектированию СТО обеспечивает:

- рассмотрение частей СТО на любом структурном уровне без пропусков и повторений. Это важно для многоэтапной и многовариантной оптимизации, поочередной модернизации их и перекомпоновки при смене предмета труда;

- подчинение проектирования СТО цели технологической готовности производства;

- определение функции цели в виде минимума затрат прошлого (овеществленного), настоящего (живого) и будущего труда на создание и функционирование системы СТО;

- выявление системного эффекта в виде разности затрат, с одной стороны, на создание комплекса единичных машин и, с другой стороны, на создание системы их упорядоченного множества;

- наличие обратной связи как разницы в стоимостном выражении между входами и выходами системы для принятия промежуточных решений;

- учет ограничений, выраженных сроками подготовки производства, объемами выпуска и показателями качества.

Приведенный подход к разработке и созданию системы СТО завода обеспечивает экономически обоснованное и технически оправданное множество типов технических устройств и их модулей. Это уменьшает затраты труда и времени на создание техники, упрощает ее обслуживание и ремонт, позволяет ее переналадку при смене ремонтируемых объектов.

Для удовлетворения спектра потребностей в технологических переходах над ремонтируемыми объектами проектные работы СТО ведут на трех системных уровнях:

- вначале разрабатывают для каждого типа технологических переходов базовый исполнительный агрегат путем его структурного синтеза. Этот агрегат предназначен для выполнения технологического перехода, значение главного параметра которого соответствует модальному (наиболее часто встречаемому) значению функции спроса на агрегаты данного типа;

- затем в результате параметрического синтеза из каждого базового агрегата образуют ряд однотипных агрегатов с измененными значениями главного параметра. Этот ряд агрегатов способен выполнить все технологические переходы данного типа;

– и в заключение разрабатывают компоновки технологических машин, включающие исполнительные агрегаты, выбранные из их типоразмерных рядов.

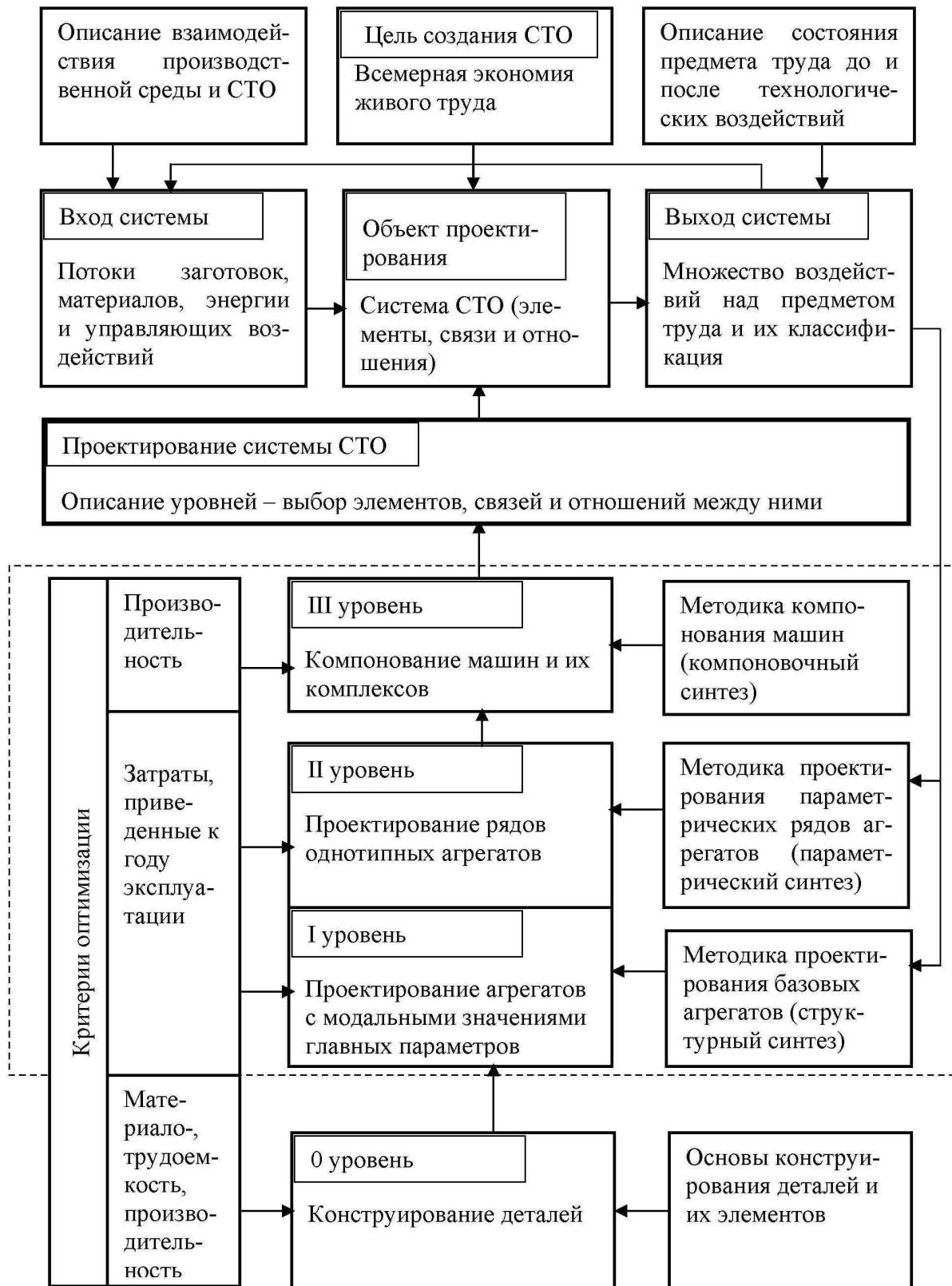


Рис. 3.4. Блок-схемы проектирования системы СТО предприятия

Для удовлетворения спектра потребностей в технологических переходах над ремонтируемыми объектами проектные работы СТО ведут на трех системных уровнях:

- вначале разрабатывают для каждого типа технологических переходов базовый исполнительный агрегат путем его структурного синтеза. Этот агрегат предназначен для выполнения технологического перехода, значение главного параметра которого соответствует модальному (наиболее часто встречаемому) значению функции спроса на агрегаты данного типа;

- затем в результате параметрического синтеза из каждого базового агрегата образуют ряд однотипных агрегатов с измененными значениями главного параметра. Этот ряд агрегатов способен выполнить все технологические переходы данного типа;

- и в заключение разрабатывают компоновки технологических машин, включающие исполнительные агрегаты, выбранные из их типоразмерных рядов.

3.2.2. Методы поиска новых устройств

Один из распространенных методов поиска технических решений – это малоэффективный метод «проб и ошибок» в виде случайного перебора всевозможных вариантов устройств и технологических воздействий и их сочетаний с использованием интуиции и опыта разработчика. Метод проб и ошибок является врожденным методом мышления человека.

Литература по техническому творчеству и изобретательству содержит описание десятков логических и эвристических методов поиска новых объектов и процессов. Наиболее эффективные и применяемые из них следующие:

- метод «контрольных вопросов» позволяет генерировать новые идеи и решения, сформулировать их с помощью наводящих вопросов. Применяется в форме монолога, обращенного к самому себе, либо диалога изобретателей. Один из наиболее удачных списков вопросов принадлежит Дж. Эйлоарту;

- эвристический метод, описанный Дж. Диксоном, базирующийся на использовании интуиции, фантазии и смекалки, на абстрагировании от привычного хода мышления, нередко идущих вразрез с выводами формальной логики;

- метод «гирлянд случайностей и ассоциаций», основанный на сопоставлении схожих признаков случайных предметов и явлений;

– метод «музейного эксперимента», при котором древние методы и устройства служат аналогами для создания современных устройств. Метод учитывает действие философского закона «отрицания отрицания»;

– метод биоанalogии, учитывающий тот факт, что принципы или элементы растительного или животного мира являются прообразами устройств в технике;

– «мозговой штурм» (мозговая атака, совещание пиратов) – оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать как можно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастических. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике. Предложен А. Осборном после попытки усовершенствовать метод «проб и ошибок»;

– синектика – метод, предложенный В. Дж. Гордоном как разновидность «мозгового штурма». Он отличается от метода А. Осборна обсуждением проблемы постоянными группами людей разных специальностей с использованием специальных приемов психологической настройки, применением некоторых видов аналогий и так называемых операционных механизмов. Синектика – методика психологической активизации творчества. При синектическом штурме допустима критика, которая позволяет развивать и видоизменять высказанные идеи. Этот штурм ведет постоянная группа, ее члены постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения;

– «морфологический анализ» (метод многомерных диаграмм), разработанный Ф. Цвикки. Здесь интуитивный поиск вариантов устройств заменяется интуитивным поиском классов и координатных осей. При этом синтезируются как известные, так и новые варианты, которые при простом переборе могут быть упущены. Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы, причем независимо от того, что в исходной задаче речь идет только об одной конкретной системе, обобщаются изыскания на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дается ответ на более общий вопрос;

– метод организующих понятий, разработанный Ф. Ханзенем. Согласно этому методу устанавливают множество понятий и определяют их отличительные признаки. После классификации и сопоставления элементов решений разрабатывают руководящие материалы с последующей комбинацией признаков различных организующих понятий и решений;

– метод «матриц открытия», разработанный А. Модем. Этот метод, как и метод Ф. Цвикки, преследует цель систематического исследования всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерности строения (морфологии) объекта. Однако он гораздо проще и при потере некоторой информации ограничивает количество рассматриваемых вариантов приемлемым числом;

– алгоритм решения изобретательских задач, разработанный Г.С. Альтшуллером, включает уяснение условий задачи, преодоление привычных представлений об объекте и психологической инерции, системный подход, определение идеального конечного результата, использование типовых приемов решения. Это технология творчества, основанная на идее о том, что «изобретательское творчество связано с изменением техники, развивающейся по определенным законам» и что «создание новых средств труда должно, независимо от субъективного к этому отношения, подчиняться объективным закономерностям». Алгоритм содержит девять этапов решения: переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой задаче; учет имеющихся ресурсов пространства, времени и полей, которые можно использовать при решении задачи; определение образа идеального решения и физического противоречия, мешающего достижению этого решения; продолжение поиска решения, основанного на использовании ресурсов вещества и полей с наименьшими затратами; использование опыта, имеющегося в информационном фонде алгоритма; изменение задачи за счет снятия первоначальных ограничений; проверку качества полученного ответа по критерию затрат на преодоление физического противоречия; определение возможности максимального использования ресурсов найденного решения; анализ решения. На основе алгоритма Г.С. Альтшуллера в Минске разработана компьютерная программа «Изобретающая машина»;

– стратегия семикратного поиска Г.Я. Буша, элементами которой являются: анализ проблемной ситуации; анализ функций аналогов; формулирование изобретательской задачи; генерирование и конкретизация идей; оценка альтернатив и выбор рациональных вариантов; упрощение и определение использования объекта.

Приведенные методы отличаются друг от друга как сложностью, так и эффективностью поиска. Однако обнаруживается аналогия в структуре и элементах этих методов. Во-первых, процесс решения делится на ряд эта-

пов, во-вторых, наблюдается определенная последовательность этапов, содержащаяся в методах.

А.И. Половинкин выдвинул гипотезу о построении обобщенного метода, содержащего единую последовательность наиболее общих этапов, которой подчинено расположение этапов в рассмотренных методах. Алгоритм обобщенного метода содержит массивы информации: список требований, предъявляемых к техническим решениям; фонд физических эффектов; фонд технических решений, включающий последние наиболее эффективные и запатентованные; список поисковых процедур; список методов оценки и выбора вариантов технических решений. Обобщенный метод имеет наиболее полную методическую завершенность, однако в полном объеме его база данных не опубликована. Этот пробел в литературе по техническому творчеству в некоторой мере восполняют работы В.Н. Глазунова

В связи с непрерывным развитием науки и техники методы поиска новых технических решений должны отражать происходящие процессы и развиваться. Применительно к алгоритму А.И. Половинкина возможными путями развития являются: обновление массивов информации; разработка эффективных поисковых процедур и эвристических приемов; оптимизация состава процедур на всех этапах алгоритма; комплексная формализация процедур; перенос алгоритма на электронные носители и создание соответствующей человеко-машинной программы. Однако обобщенный алгоритм трудоемок, а при введении ограничений на создание новых устройств он вырождается в один из ранее рассмотренных частных методов.

Стремление формализовать поиск новых устройств заставляет выбирать подходящий метод из числа логико-эвристических. Наиболее подходящим является морфологический анализ Ф. Цвикки. Трудности применения метода заключаются в сложности выделения наиболее эффективного варианта из синтезируемых устройств.

3.2.3. Проектирование базовых исполнительных агрегатов (модулей) средств технологического оснащения

Постановка задачи *структурного синтеза* агрегата – из числа существенных признаков исполнительного или вспомогательного агрегата синтезировать структуру этого агрегата, выполняющего заданную технологическую функцию и обеспечивающего минимальные затраты, приведенные к одному технологическому переходу. Существенные *признаки агрегата* –

это составляющие агрегат элементарные механизмы, их связи и отношения между собой. В структуре агрегата каждый из его признаков необходим, а все вместе они достаточны для обеспечения заданной функции агрегата. *Заданная функция* – это предписанный технологический переход (основной или вспомогательный) над ремонтируемым объектом.

На стадии структурного синтеза одновременно ведут поиск как новых, так и оптимальных технических решений.

Решение базируется на графовом представлении возможных вариантов структуры агрегата и выборе из них оптимальной структуры с применением аппарата динамического программирования.

Различные структуры агрегата (рис. 3.5) описываются графом Γ , множество вершин которого p соответствует множеству элементарных механизмов, а множество дуг l – приведенным затратам на создание и эксплуатацию последующего механизма.

$$\Gamma = (p, l). \quad (3.3)$$

Граф, построенный на идеях «морфологического анализа», состоит из k горизонтальных рядов вершин, каждый из которых представляет множество исполнений механизма одного вида.

Варианты механизмов агрегата находят из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и движения, разных конструкциях элементов и их взаимного расположения. Большое количество вариантов агрегата получают за счет сочетаний как известных, так и новых его частей.

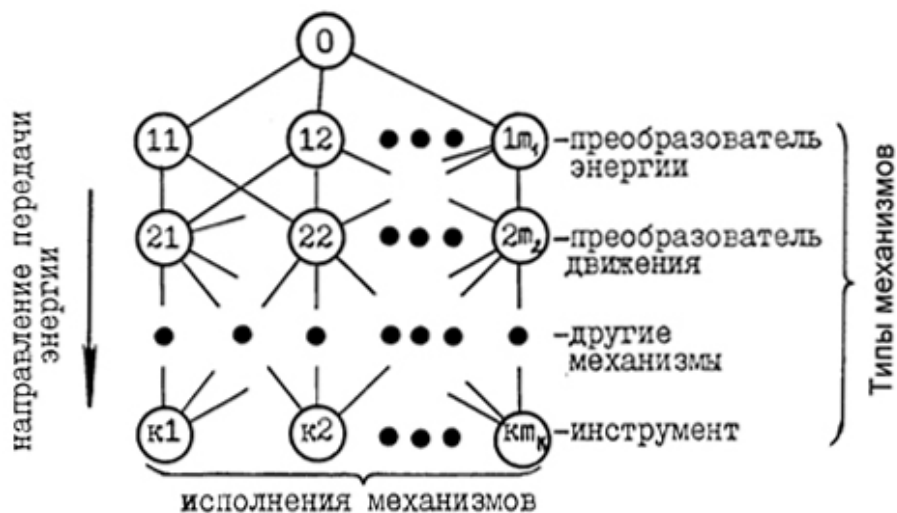


Рис. 3.5. Граф структур исполнительного агрегата: 1, 2, ..., k – типы механизмов; m_1, m_2, \dots, m_k – количество видов механизмов 1-го, 2-го, k -того типа, соответственно

Подмножество вершин, взятых по одной из каждого ряда графа, определяет одно исполнение агрегата. Несовместимость некоторых механизмов между собой сокращает количество вариантов агрегата. Множество сочетаний механизмов агрегата W , находящихся в конъюнктивно-дизъюнктивных связях «И – ИЛИ» выражается соотношением

$$W \subseteq \{(p_{11} \cup p_{12} \cup \dots \cup p_{1m_1}) \cap (p_{21} \cup p_{22} \cup \dots \cup p_{2m_2}) \cap \dots \\ \dots \cap (p_{k1} \cup p_{k2} \cup \dots \cup p_{km_k})\}, \quad (3.4)$$

число таких исполнений достигает значения m_1, m_2, \dots, m_k .

Определим длину каждого ребра графа как затраты на создание и эксплуатацию последующего механизма, отнесенные к одному технологическому переходу. Расчет ведут для модального значения гистограммы потребностей (рис. 3.6) в агрегатах данного типа.

Подмножество вершин на кратчайшем пути из вершины O в одну из вершин нижнего ряда вершин графа соответствует оптимальной структуре агрегата. Этот путь определяют с помощью принципа оптимальности Р. Беллмана, используя свойство аддитивности целевой функции по составным частям агрегата. При этом находят направления движения из каждой вершины графа с помощью рекуррентного соотношения

$$L_{i+1} = \min(\text{по всем вершинам графа}) [l_{(i+1)-1} + l_i], \text{ руб} \quad (3.5)$$

где i – шаги решения; l_i – приведенные затраты на технологический переход (далее: затраты), отнесенные к i механизмам агрегата, при условии, что соответствующий участок графа выбран оптимальным образом, руб.; L_{i+1} – затраты, отнесенные к $i+1$ механизмам, руб.; $l_{(i+1)-1}$ – затраты, отнесенные к присоединению $(i+1)$ -го механизма агрегата к i его механизмам, руб.

Выбранные на графе направления движения из его вершин обозначают стрелками. Эти связи обуславливают оптимальные сочетания механизмов на предыдущих шагах с механизмом на последующем шаге. Расчеты при этом ведут от вершин нижнего ряда к вершине O . В вершины графа вписывают значения l_{i+1} .

Двигаясь из вершин O графа в найденных направлениях через одну из вершин каждого яруса графа, находят сочетания механизмов агрегата, характеризующиеся, при прочих равных условиях, наименьшими затратами, отнесенными к одному технологическому переходу. Соответствующее значение целевой функции читают в верхней вершине графа.

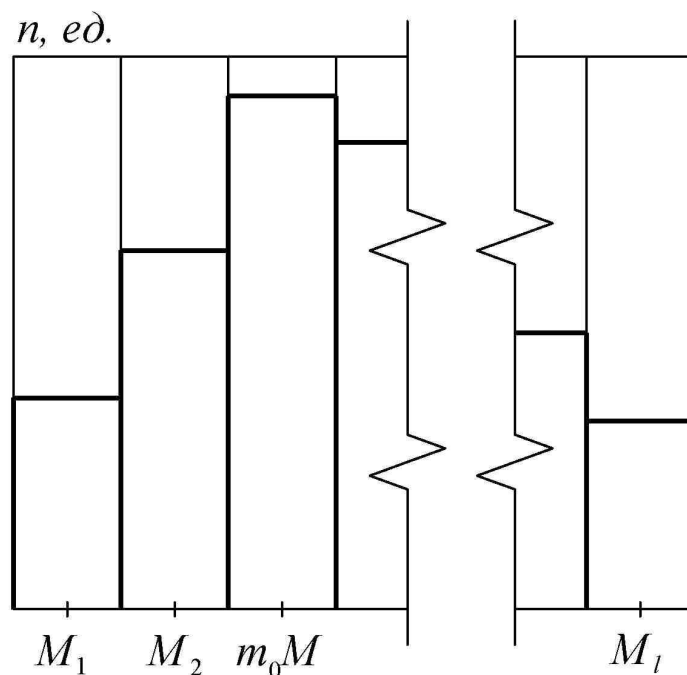


Рис. 3.6. Гистограмма распределения количества n однотипных технологических переходов со значениями параметра M_1, M_2, \dots, M_i ; m_0M – модальное значение главного параметра

Спроектированный агрегат способен выполнять самостоятельную функцию, он имеет стыковую поверхность с крепежными элементами для его установки на станине оборудования. Таким образом, агрегат превращается в *модуль*, который многократно применяют в технологических машинах, выполняющих различные операции. После производственной апробации технологические модули подлежат заводской стандартизации.

Ниже приведен пример разработки технологического модуля для очистки деталей от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений в растворах синтетических моющих средств.

Комплект очищаемых деталей двигателя включает блок цилиндров, шатуны, поршни, коленчатый и распределительный валы, крышки, картеры и другие детали. Для очистки применяют водный раствор Лабомид-101 или Лабомид-203 при температуре 80 – 90 °С. Массовая доля очистных средств составляет 20 – 30 г/л.

Технологический модуль образуется из шести типов устройств (табл. 3.2), выполняющих функции подачи деталей в зону очистки, технологического перемещения деталей в рабочей камере, подогрева раствора, взаимодействия раствора с деталями, активации очистного раствора и его регенерации.

Таблица 3.2

Морфологическая матрица составляющих устройств технологического модуля для очистки деталей

Наименования составляющих устройств или их признаков	Координаты вершин	Затраты, доли БВ
Подача деталей в зону очистки:		
– конвейером;	2а	0,01
– транспортером;	2б	0,03
– кран-балкой;	2г	0,04
– вручную	2д	0,11
Виды движения деталей в рабочей камере:		
– прямолинейное горизонтальное;	3а	0,12
– возвратно-поступательное в вертикальной плоскости;	3б	0,25
– маятниковое вокруг горизонтальной оси;	3г	0,14
– вращательное вокруг горизонтальной оси	3д	0,09
Способ подогрева раствора:		
– паровыми теплообменниками;	4а	0,38
– подачей пара в раствор;	4б	0,46
– ТЭНами;	4г	0,25
– пленочными нагревателями	4д	0,19
Виды взаимодействия раствора с деталями:		
– статическое;	5а	0
– струйное;	5в	0,48
– вихревое	5д	0,36
Виды активации очистного раствора:		
– лопастным винтом;	6а	0,43
– ротором-активатором;	6в	0,34
– наложением ультразвуковых колебаний	6д	0,68
Виды регенерации очистного раствора:		
– отстаиванием;	7а	0,18
– коагуляцией;	7б	0,14
– флотацией;	7г	0,12
– фильтрованием	7д	0,08

Устройство каждого типа может быть выполнено в различных видовых исполнениях. Сведения морфологической матрицы представлены в виде графа (рис. 3.7), который формирует 2304 варианта модуля. Значения затрат приведены в долях базовой величины (БВ).

Оптимизационные расчеты начинаем с определения путей движений из вершин предпоследнего 6-го яруса графа, поскольку ниже его 7-го яруса значения затрат l_i формально равны нулю.

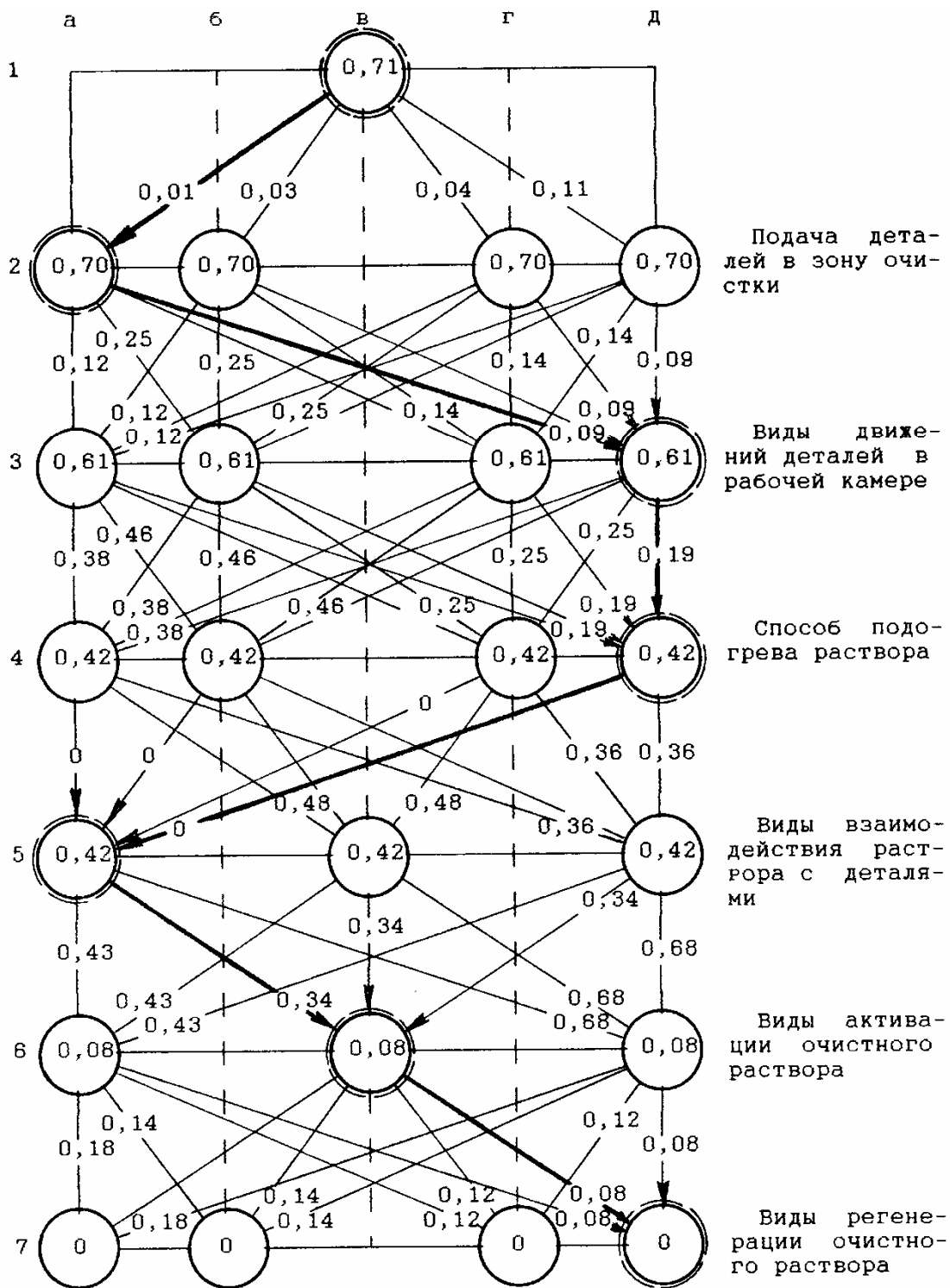


Рис. 3.7. Граф составляющих устройств технологического модуля для очистки деталей от маслогрязевых и асфальтосмолистых загрязнений в растворах моющих средств

Сравниваем между собой пути, выходящие из вершин ба, бв и бд. Все самые короткие пути из указанных вершин ведут в вершину 7д. Все дуги, ведущие в эту вершину, ориентируем стрелками, а в вершины 6-го яруса вписываем значение функции цели $l_{j+1} = 0,08$ БВ.

Аналогично, все самые короткие пути из всех вершин 5-го яруса проходят через вершину бв, из вершин 4-го яруса – через вершину 5а, из вершин 3-го яруса – через вершину 4д и из вершин 2-го яруса – через вершину 3д. Из вершины 1в возможны четыре пути движения, но самый короткий из них ведет через вершину 2а. Отмеченные короткие пути из вершин ярусов обозначаем стрелками, а в вершины графа вписываем соответствующие значения функции цели l_{i+1} .

Теперь легко находится самый короткий путь из вершины 1в в одну из вершин 7-го яруса. Этот путь можно прочесть, если двигаться из вершины 1в в направлении ориентированных дуг. Кратчайший путь проходит через вершины 1в – 2а – 3д – 4д – 5а – бв – 7д. Значение функции затрат равно 0,71 БВ. Прохождение кратчайшего пути через вершину 5а соответствует очистке деталей без движения их в очистном растворе, что весьма эффективно в межсменное время при отключенной подаче тепла на нагрев раствора. Эту возможность нельзя использовать в течение рабочей смены. Поэтому мысленно исключаем из графа вершину 5а и связанные с ней дуги. После повторения расчета получаем сочетание вершин графа: 1в – 2а – 3д – 4д – 5д – бв – 7д. Это сочетание описывается конструктивными признаками: комплект деталей на очистку подают конвейером, устройство для перемещения деталей в рабочей камере обеспечивает их вращение вокруг горизонтальной оси, нагрев технологического раствора производится пленочными нагревателями, вихри раствора взаимодействуют с очищаемыми деталями, раствор активирован роторами-активаторами, его регенерируют с помощью механических фильтров. Новое значение функции затрат на очистную операцию равно 1,05 БВ.

Принципиальное устройство разработанного технологического модуля приведено на рисунке 2.6.

3.2.4. Проектирование типоразмерных рядов исполнительных агрегатов

Параметрический синтез исполнительных агрегатов СТО как стадия проектирования учитывает тот факт, что технологические переходы одного типа описываются различными значениями основного параметра (массой перемещаемого ремонтируемого объекта, моментом вращения и др.). Агрегаты, входящие в типоразмерные ряды, служат для выполнения одноименных переходов, поэтому для них возможно выделение одного главного параметра, с которым связаны существенные характеристики этих агрегатов.

Постановка задачи построения оптимального типоразмерного ряда (ОТР) агрегатов – построить их ряд с такими значениями главного параметра, чтобы удовлетворялась потребность в этих агрегатах с наименьшими затратами. Задачу решают путем составления различных рядов значений главного параметра агрегатов без пропусков и повторений и выбора из этого множества тех значений параметра, которые обеспечивают минимальные затраты на создание и эксплуатацию агрегатов ряда.

На стадии параметрического синтеза сохраняют конструктивную схему устройства, тем самым ограничивают множество его исполнений и обеспечивают преемственность.

Исходными данными для решения данной задачи являются результаты решения предыдущей задачи синтеза оптимальной структуры агрегата, а также гистограмма спроса на агрегаты с различными значениями главного параметра, сведения о затратах на создание и эксплуатацию агрегатов при различных значениях главного параметра, производительность агрегатов.

ОТР агрегатов находят следующим образом.

Строят интегральную функцию спроса в координатах «главный параметр – потребность» (рис. 3.8). Функция представляет собой сумму технологических переходов n_i в год, выполняемых агрегатами со значениями главного параметра, не превосходящими значение M_i ($i = 1...l$, l – число дискретных значений главного параметра).

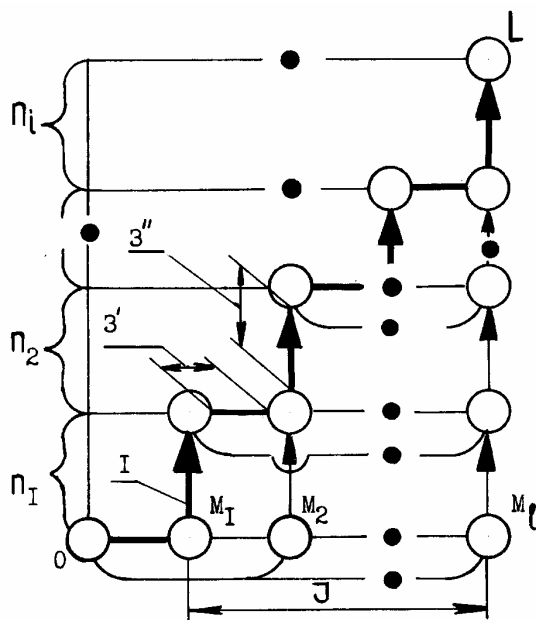


Рис. 3.8. Схема интегральных гистограмм спроса (I) и предложения на ряды агрегатов с различными значениями главных параметров: n_1, n_2, \dots, n_l – потребность в агрегатах, выраженная годовым количеством технологических переходов, выполняемых этими агрегатами; M_1, M_2, \dots, M_l – значения главного параметра; J – отрезок значений главного параметра; z' – затраты на ввод в эксплуатацию агрегатов; z'' – затраты на эксплуатацию агрегатов (технологическая себестоимость); O и L – начальная и конечная вершины кумуляты

Кумулята начинается в вершине O и заканчивается в вершине L . Процентное отличие любых двух значений главного параметра, отложенных на оси абсцисс, должно быть соразмерено с точностью экономических

расчетов, сопутствующих проектированию механизмов. Это отличие должно в 2...3 раза превосходить относительную величину экономического допуска расчетов эффективности проектируемых механизмов. Так, например, использование метода удельных показателей дает ошибку прогноза себестоимости механизмов до 50 %, балльного метода – до 20 %, метода корреляционного анализа – до 10 %, а методов, основанных на изучении парка деталей СТО, – до 5 %.

Агрегат со значением главного параметра M_i может выполнять все функции агрегатов с предыдущими значениями главного параметра.

В выбранных координатах строят множество различных рядов агрегатов, удовлетворяющих функции спроса. Этому условию соответствуют кумуляты, начинающиеся в точке O , оканчивающиеся в точке L и расположенные внутри контура, ограниченного кумулятой спроса, горизонталью и вертикалью, проходящими, соответственно, через точки O и L . Вершины перегибов графа определяют значения главного параметра, входящие в ряд. Максимальное число таких рядов, образованных из агрегатов с числом значений главного параметра l , равно 2^l . Горизонтальные ребра графа соответствуют затратам Z' на ввод агрегатов в эксплуатацию с фиксированными значениями главного параметра, вертикальные – затратам Z'' на эксплуатацию агрегатов.

Затраты Z' равны

$$Z' = k_1 \cdot K, \text{ руб} \quad (3.6)$$

где k_1 – доля капиталовложений, относящихся к году эксплуатации агрегатов; K – капиталовложения в агрегаты.

При расчете величины K учитывают фактор серийности – увеличение объема выпуска агрегатов с одним и тем же значением главного параметра приводит к уменьшению капиталовложений в отдельный агрегат.

Потребность во введенных агрегатах, выраженная количеством технологических переходов, определяют разностью между ординатой функции спроса и количеством переходов, выполняемых агрегатами с меньшими значениями главного параметра.

Затраты Z'' равны технологической себестоимости, связанной с эксплуатацией агрегатов.

Таким образом, длина пути из вершины O в вершину L определяет затраты на ввод в эксплуатацию и саму эксплуатацию ряда агрегатов, приведенные к одному году их использования.

Задача выбора ОТР сводится к поиску кратчайшего пути между вершинами O и L на координатной плоскости $(M; \Sigma n_i)$. Путь, соответствующий

ший минимальному значению $\sum Z'_i + \sum Z''_i$, определяют с использованием рекуррентного соотношения

$$Z_{j+1} = \min(\text{по всем узлам сети}) [Z_{(j+1)-j} + Z_j], \text{ руб} \quad (3.7)$$

где j – шаги решения; Z_{j+1} – затраты, соответствующие пути для $j+1$ шагов, считая от вершины L , руб.; Z_j – затраты, соответствующие пути движения для j шагов при условии, что этот путь выбран оптимальным образом, руб.; $Z_{(j+1)-j}$ – затраты, соответствующие $(j+1)$ -му шагу, руб.

В вершины вписывают соответствующие значения Z_{j+1} и стрелками указывают направления движения из этих вершин на ближайшем шаге.

По соображениям полного использования агрегатов в типоразмерном ряду, путь движения из каждой вершины графа, не принадлежащей диагонали OL , направлен вертикально в верхнюю вершину. Движение из вершины $(M_{l-1}, \Sigma n_i)$ возможно лишь по горизонтали вправо. Таким образом, неизвестными являются направления движения из остальных вершин диагонали OL , которых на одну меньше, чем значений главного параметра, используемых для построения дискретной кумуляты спроса.

После определения направления движения из первой вершины O становится известным кратчайший путь движения по сети вершин, который обеспечивает минимум приведенных затрат на ввод в действие и функционирование агрегатов ряда. Вершины перегибов найденного пути дают значения главного параметра агрегатов, составляющих ОТР. Полученные значения параметра должны быть согласованы с системой предпочтительных чисел.

Необходимость широкого рассмотрения всевозможных вариантов технических решений требует применения вычислительной техники. С целью сокращения трудоемкости расчетов при решении задач структурного и параметрического синтеза агрегатов и их рядов используют программы для персональных ЭВМ, которые находят кратчайшее расстояние между двумя заданными вершинами сети. Такими вершинами являются вершина O и одна из вершин нижнего яруса (рис. 3.5), вершины O и L (рис. 3.8).

Ниже приведен пример определения ОТР исполнительных агрегатов для разборки прессовых соединений ремонтируемых двигателей.

Исполнительный агрегат для разборки прессовых соединений представляет собой устройство для создания разборочного усилия с установочным элементом для разбираемой сборочной единицы.

Морфологическая матрица существенных признаков исполнительных агрегатов учитывает вид используемой энергии. Рассматривают приводы: пневматические, гидравлические и механические. Последний тип приводов

получил ограниченное распространение в маломощных установках, его эксплуатация сопряжена с большими затратами. Типоразмерный ряд исполнительных прессовых агрегатов целесообразно строить на базе одинарных пневматических или гидравлических цилиндров: одни участки ряда могут быть основаны на пневматических, другие – на гидравлических приводах.

Количество разбираемых соединений на одном ремонтируемом двигателе с рабочим объемом 4,8 л и усилия, необходимые для разборки соединений, приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Количество разбираемых прессовых соединений на одном ремонтируемом двигателе и соответствующие усилия

Усилие, кН	1,70	1,71	2,35	7,40	10,0	12,8	16,6	20,3	34,8	39,8
Количество, ед.	8	5	8	1	5	1	1	1	1	16

Функция спроса в исполнительных прессоразборочных агрегатах для участка с объемом разборки 25 тыс. двигателей в год, а также затраты на изготовление и эксплуатацию этих механизмов приведены в таблице 3.4. В таблице объединены статистически неразличимые значения усилий для разборки соединений.

Таблица 3.4

Годовая потребность в количестве разборок n_i прессовых соединений с усилием P_i и характеристика исполнительных агрегатов для этой цели

P_i , кН	n_i , 10 ³	Годовая производительность исполнительного агрегата, переходов в год		Стоимость исполнительного агрегата, приведенная к одному году эксплуатации, БВ		Эксплуатационные расходы на выполнение агрегатом 1 тыс. переходов, БВ	
		пневматического	гидравлического	пневматического	гидравлического	пневматического	гидравлического
1,71	325	1·10 ⁶	1·10 ⁶	11	8	1,14	1,42
2,35	200	1·10 ⁶	1·10 ⁶	12	9	1,27	1,49
7,40	25	1·10 ⁶	7·10 ⁵	21	10	1,51	1,69
12,80	150	8·10 ⁵	5·10 ⁵	32	11	1,63	1,75
16,60	25	5·10 ⁵	4·10 ⁵	36	12	1,88	1,85
20,30	25	4·10 ⁵	3·10 ⁵	49	25	2,00	1,91
39,80	425	3·10 ⁵	2·10 ⁵	52	34	2,22	2,12

В составленной схеме поиска ОТР исполнительных агрегатов (рис. 3.9) в каждое пересечение координат плоскости (D_i , Σn_i) помещены по две вершины, левая из которых определяет пневматический механизм, а правая – гидравлический. Движение по горизонтальным ребрам графа между четырьмя любыми его вершинами возможно четырьмя различными путями.

ми, т.е. независимо от того, какие агрегаты были введены ранее, в дальнейшем могут быть введены агрегаты любого из двух видов. Вертикальные ребра соединяют вершины, определяющие агрегаты одного вида; это необходимо для полного использования агрегатов этого вида, если они уже введены в эксплуатацию.

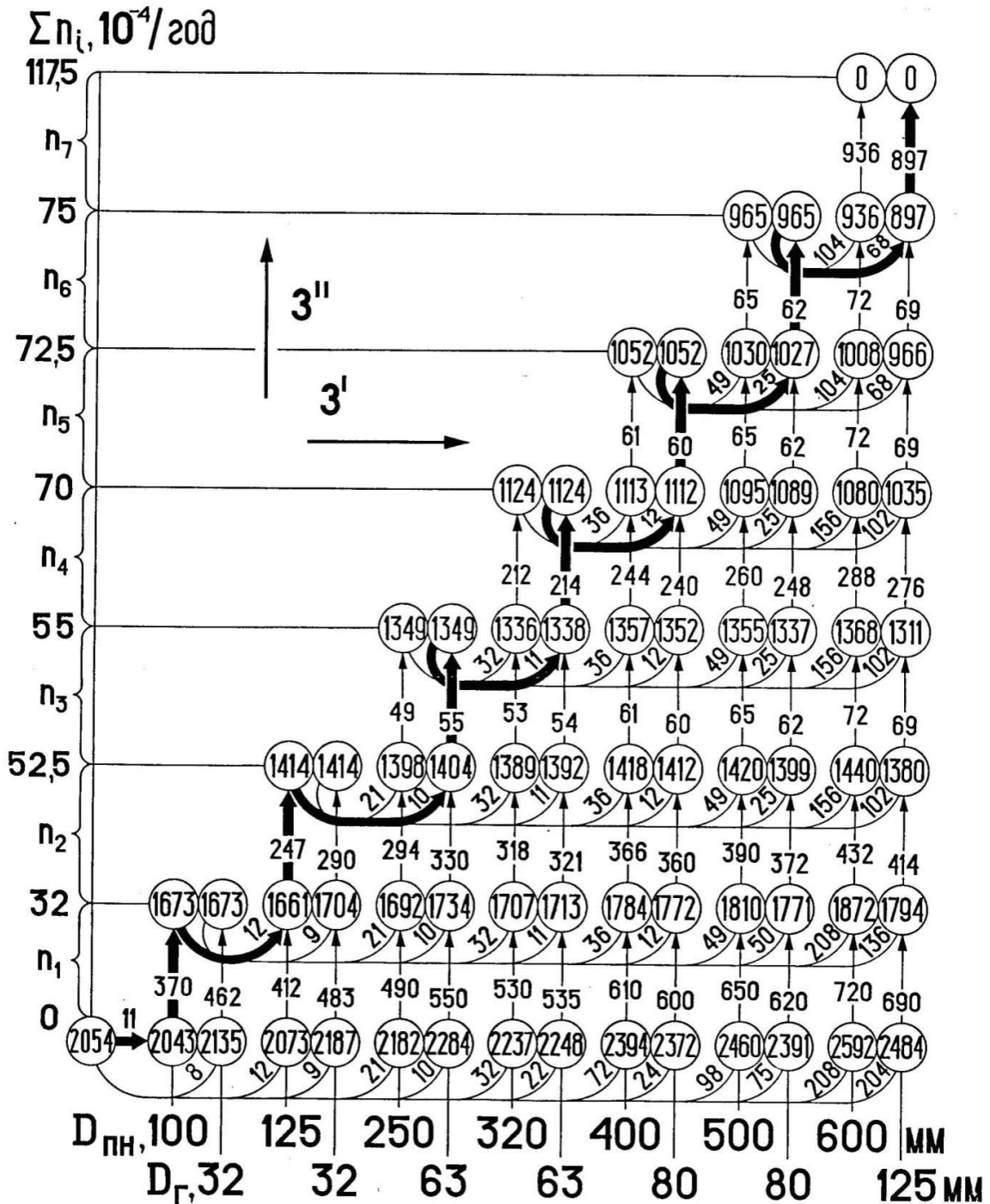


Рис. 3.9. Схема поиска оптимального типоразмерного ряда исполнительных механизмов для разборки прессовых соединений: $D_{пн}$ и $D_{г}$ – диаметры пневмо- и гидроцилиндров, соответственно

Из семи значений главного параметра и двух видов исполнительных механизмов могут быть образованы $4^7 = 16384$ различных типоразмерных рядов. Интервал параметрического ряда ограничен значениями 1,71 и 39,80 кН. Ряд пневматических цилиндров, удовлетворяющих функции спроса, включает механизмы с диаметром цилиндров от 100 до 630 мм при питании их сжатым воздухом под давлением 0,39 МПа. Функция спроса будет также удовлетворена использованием гидравлических цилиндров диаметром от 32 до 125 мм при питании их маслом под давлением 7,85 МПа.

При расчете капитальных вложений учитывают затраты на изготовление цилиндров, приобретение регулирующей и распределительной аппаратуры, фильтров и отстойников (для пневмоприводов), насосов и двигателей (для гидроприводов). Затраты на подачу сжатого воздуха учитывают в технологической себестоимости эксплуатации пневмоприводов.

ОТР исполнительных агрегатов составлен из всех дискретных значений главного параметра, при этом функция спроса на отрезке 1,71 – 2,35 кН удовлетворяется пневматическими механизмами, а на оставшемся отрезке 7,40 – 39,80 кН – гидравлическими. Количество агрегатов, установленных в разборочные машины, следующее: агрегатов с усилием 1,71 и 2,35 кН – по одному, остальных – по два. Полученное сочетание параметров в ОТР объясняется соотношением эксплуатационных затрат на действие пневматических и гидравлических приводов.

При малых значениях главного параметра, например, 2,35 кН, эксплуатационные затраты на гидравлические устройства в 1,7 раза больше, чем на пневматические, при значениях главного параметра 12,8 кН эти затраты примерно равны, а при последующем увеличении усилия выпрессовывания затраты на эксплуатацию пневматических приводов становятся большими.

3.2.5. Система исполнительных агрегатов технологических машин

Система исполнительных агрегатов и их типоразмерных рядов, из которых образуются технологические машины, может быть оптимальной для конкретных условия производства (видов и объемов ремонтируемых изделий).

Пример результатов разработки базовых исполнительных агрегатов и типоразмерных рядов из них, из которых могут быть образованы средства ремонта двигателей при объемах ремонта 10 тыс. в год, представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Структуры и ОТР исполнительных агрегатов технологических машин
завода по ремонту агрегатов

Исполнительный агрегат		Основной параметр			ОТР
технологическая функция	структура	наименование	размерность	область определения	
1	2	3	4	5	6
Перемещение внутриоперационное	–	Масса предмета труда	кг	0,005–300	–
Базирование	Плита – пластики – штифты	Длина диагонали в плоскости базирования	мм	20–630	160 – 250 – 400 – 630
Закрепление	Пневмо- или гидроцилиндр	Диаметр цилиндра	мм	32–80 (гидр.) 100–250 (пневм.)	32 – 63 – 80 100 – 160 – 250
Создание очистного эффекта	Погружная ванна	Объем ванны	м ³	0,05–50	0,1 – 0,4 – 1 – 2,5 – 6,3 – 50
Регенерация очищающей среды	Сетчатый фильтр – перегородка – устройство очистки – отстойник – насос	Производительность регенерации	м ³ /ч	1,5–10	1,6 – 2,5 – 4 – 6,3 – 10
Нагреватель очищающей среды	Нагреватель электрический или паровой	Мощность нагревателя	кВт	2,5–16	2,5 – 4 – 6,3 – 10 – 16
Механическая активация очищающей среды	Ротор – привод – электродвигатель	Мощность активатора	кВт	0,7–3,5	1 – 2,5 – 4
Подача деталей на позиции сортировки, сборки и испытания	Вибробункер	Диаметр чаши	мм	160–630	160 – 250 – 400 – 630
Ориентирование деталей	Пневмовихревая ячейка	Диаметр рабочий	мм	5–16	6 – 8 – 10 – 16

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
Измерение параметров расположения	Корпус – оправки – индикаторы	Наибольший измеряемый размер	мм	50–630	160 – 250 – 400 – 630
Определение жесткости пружин	Корпус груз – узел сравнения	Максимальная сила сжатия	Н	0,3–700	1 – 10 – 100 – 1000
Определение течей	Механизм установки и поворота изделия – устройство заполнения пробным веществом – устройство индикации	Объем полости	м ³	0,001–0,01	0,001 – 0,01
Создание вращательно-го движения детали	Корпус – двигатель – редуктор – опорно-установочные элементы	Наибольшая масса перемещаемой детали	кг	4–250	10 – 63 – 100 – 250
Создание поступательного движения детали	Корпус-направляющие – двигатель – опорно-установочные элементы	Наибольшая сила перемещения, развиваемая агрегатом	Н	50–5000	100 – 630 – 1000 – 2500 – 4500 – 6300
Нанесение гальванического покрытия	Ванна гальваническая	Объем ванны	м ³	0,6–1,5	0,63 – 1 – 1,6
Приложение деформирующего усилия	Корпус – силовой механизм	Сила	кН	10–100	25 – 40 – 63 – 100
Определение величины и направления статического дисбаланса	Корпус – силовой механизм	Наибольшая масса балансируемой детали	кг	3–20	6,3 – 10 – 25

1	2	3	4	5	6
Испытание	Опорно-установочные элементы – привод – измерительные средства	Мощность	кВт	$1,1 \times 10^{-6}$ – 60	$1,1 \times 10^{-6}$ – – 1×10^{-3} – – $1,6 \times 10^{-2}$ – – 1 – 1,6 – 60
Межоперационное перемещение	Транспортирующее средство	Наибольшая масса объекта	кг	0,05–350	–

На ремонтных заводах разработаны базовые исполнительные агрегаты (модули) и типоразмерные ряды из них для перемещения, ориентирования, базирования и закрепления деталей, приложения сил и моментов, очистки деталей, измерения, определения течей и испытания и другие. Названные устройства применяют для выполнения 80 – 90 % технологических переходов. Базовые конструкции исполнительных агрегатов с небольшими дополнениями превращаются в модульные. Технологические функции разработанных средств модульного строения соответствуют модульной технологии, операции которой присутствуют в описании технологического процесса каждый раз, когда рассматриваемое средство находится в составе технологической машины.

Множество устройств блочно-модульного строения, входящих в ремонтно-технологическое оборудование, применено при технологической подготовке производства на ряде заводов. Некоторые из них следующие.

1. Типоразмерные ряды пневматических и гидравлических приводов с фильтрующей и распределительной аппаратурой применяют для закрепления и перемещения деталей и узлов при разборке, сборке и испытаниях объектов и обработке заготовок.

2. Погружные очистные машины с роторными активаторами, скоростные самоочищающиеся фильтры раствора входят в состав оборудования для очистки деталей и сборочных единиц.

3. Базовые конструкции многошпиндельных гайковертов с общим приводом разработаны для разборки резьбовых соединений. Эти конструкции могут быть использованы для одновременного отворачивания групп резьбовых соединений (головки цилиндров, масляного картера, крышки распределительных шестерен и др.).

4. Средства для измерения параметров расположения поверхностей создают на заводе. Государственной поверке в них подлежат только индикаторы.

5. Биения шеек и торцов валов относительно их оси вращения измеряют индикаторными стойками, а несоосность отверстий и биения торцов относительно их оси – индикаторными скалками. Типоразмерные ряды этих устройств учитывают наибольшие размеры изделий.

6. Настольные стенды, с помощью которых измеряют жесткость пружин клапанов и сцеплений. Их конструкции с измененными значениями главного параметра используют для определения состояния других пружин.

7. Стенды для определения течей в стенках корпусных деталей (блоках и головках цилиндров, впускных труб и газопроводов) составляют типоразмерный ряд. В качестве пробного вещества используют сжатый воздух, пузырьки которого служат индикатором трещин при погружении изделия в воду.

8. Тела вращения статически балансируют на осях, устанавливаемых на вращающиеся диски. Типоразмерный ряд устройств учитывает массу балансируемых деталей.

9. Для нанесения газотермических покрытий имеется несколько однотипных установок для создания ремонтных заготовок различных валов. Установки блочно-модульного строения для наплавки и электроконтактной приварки металлического материала созданы во ВНИИТУВИД «Рем-деталь».

Увеличение производственной мощности предприятия приводит к увеличению числа значений главного параметра в ОТР, однако в этом ряду всегда присутствует наибольшее значение этого параметра.

Последующее компонование технологических машин происходит путем извлечения необходимых агрегатов (модулей) из типоразмерных рядов и включения их в состав создаваемой машины. При этом добиваются наилучшего расположения этих агрегатов (модулей) на станине машины относительно друг друга.

3.2.6. Компонование технологических машин

Компонование технологической машины – это стадия проектирования, при которой образуют технологическую машину из основных и вспомогательных исполнительных агрегатов, соединительных и направляющих элементов. При компоновании технологической машины можно получить много ее вариантов, однако не все они равноценны. Ограничением проектного процесса выступает последовательность воздействий исполнительных агрегатов на ремонтируемый объект.

Литература по проектированию машин в своем большинстве содержит образование компоновок металлорежущих станков. Технологические машины ремонтного производства значительно отличаются от металлорежущих станков по видам, производительности и числу выполняемых функций, поэтому требуют отдельного подхода к их проектированию.

Компонование машин из агрегатов производится по критерию их производительности. Исполнительные агрегаты (модули), выбранные из ОТР, соединяясь при компоновочном синтезе тем или иным образом, определяют при заданных технологических режимах затраты времени на рабочие t_p и вспомогательные t_v переходы, а также время внецикловых потерь t_n , тем самым определяют производительность машины. Выбирают вариант технологической машины, выполняющей операцию из S технологических переходов с учетом их последовательности и предшествования по критерию наименьшего времени $\sum^S (t_p + t_v + t_n)$. Подобные задачи, например, в теории расписаний относят к классу задач упорядочения взаимосвязанных работ во времени.

Поставленную задачу решают путем образования и сравнения между собой всевозможных сочетаний исполнительных агрегатов машины.

При компоновочном синтезе технологической машины обозначают ее части с использованием координатно-блочной системы кодирования, которая учитывает:

- взаимное расположение координатных осей;
- последовательность присоединения блоков к станине и друг к другу;
- виды и направления перемещений блоков друг относительно друга в направлении координатных осей.

В принятой прямоугольной системе координат XYZ ось Z всегда вертикальна, ось X направлена относительно исполнителя справа налево, а ось Y – от машины к исполнителю. В отличие от принятых систем кодирования, рассматриваемая система координат ориентирована относительно горизонтальной плоскости и рабочего.

Код исполнительного агрегата в компоновке технологической машины определяет вид его движения относительно станины или сопряженного агрегата.

Станина является связующим элементом для всех блоков машины, она обозначается буквой C . Подвижные агрегаты нумеруют и обозначают теми же буквами, что и координатные оси, в направлении которых или вокруг которых происходят перемещения. Таким образом, X , Y , Z – блоки, перемещающиеся поступательно относительно осей OX , OY и OZ , соответ-

ственно, а x , y , z – блоки, вращающиеся относительно этих осей. Блок, неподвижный относительно станины, обозначается буквой H .

Составляют в кодированном виде одну из возможных компоновок машины в следующем порядке. Записывают код станины S , к которому добавляют нумерованные коды агрегатов, непосредственно взаимодействующих со станиной, с учетом видов и направлений их перемещений. К кодам этих агрегатов последовательно добавляют коды устанавливаемых агрегатов. Последними будут коды тех агрегатов, которые взаимодействуют с ремонтируемым (восстанавливаемым) объектом и осуществляют технологическое воздействие. Совокупность агрегатов должна быть достаточной для выполнения основных и вспомогательных переходов, составляющих технологическую операцию.

Возможные компоновки машин из выбранного множества исполнительных агрегатов могут быть получены путем последовательной замены каждого движения агрегата на пять остальных и перестановкой блоков (если это возможно).

Число рассматриваемых вариантов существенно сокращается до приемлемого числа путем нестрогого логического анализа работоспособности машины и исключения компоновок, которые невозможно реализовать.

Для оставшихся компоновок рассчитывают циклограммы технологических циклов. Компоновка с самым коротким циклом признается оптимальной.

Компоновки машин с горизонтальным расположением оси ремонтируемого объекта наиболее распространены и жизнеспособны, однако вертикальная компоновка позволяет уменьшить площадь, занятую оборудованием, более полно использовать высоту (объем) здания.

Ниже приведен пример компонования технологической машины – станда для закалки шеек коленчатого вала.

Стенд содержит станину, на которой установлены исполнительные агрегаты и высокочастотный индуктор (инструмент). Деталь при термической обработке вращается для исключения термических деформаций, а закалку ведут по одной шейке. Вспомогательные переходы исполнительных агрегатов следующие: установка детали с совмещением оси обрабатываемой шейки с осью приводного центра; закрепление детали с помощью пиноли; перемещение детали вдоль оси индуктора для совмещения шейки детали с рабочим пространством индуктора; ввод (вывод) шейки детали в (из) индуктор(а) в направлении, перпендикулярном предыдущему перемещению.

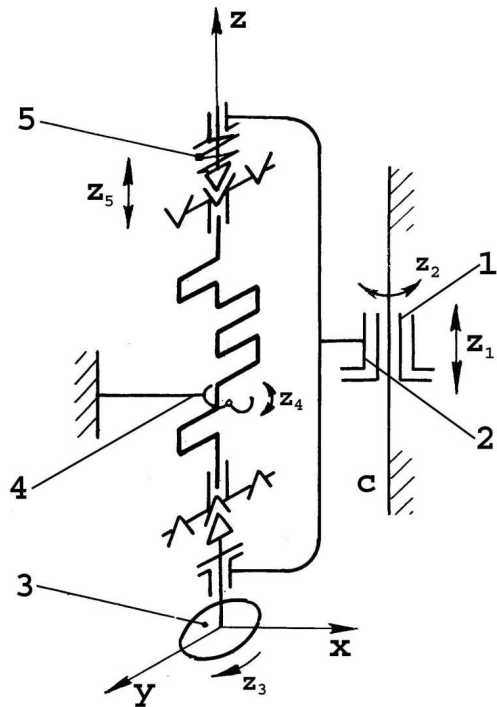


Рис. 3.10. Схема станда для закалки шеек коленчатого вала: С – станина; 1 – механизм осевого перемещения детали; 2 – механизм введения шейки вала в индуктор; 3 – механизм вращения детали; 4 – индуктор; 5 – пиноль

Схема станда представлена на рисунке 3.10. Блок Z_1 обеспечивает перемещение других блоков с деталью относительно станины вдоль оси индуктора. Блок z_2 обеспечивает введение обрабатываемой шейки в рабочее пространство индуктора. На блоке z_2 неподвижно установлены корпуса механизмов вращения детали и ее закрепления. Механизм вращения снабжен приводным центром z_3 , а механизм закрепления – подпружиненным центром Z_5 . Неподвижная часть индуктора закреплена на станине, а его подвижная часть z_4 соединена с неподвижной частью. Таким образом, все поступательные и вращательные перемещения происходят относительно вертикальной оси OZ . Структура станда может быть изображена в виде, представленном на рисунке 3.11.

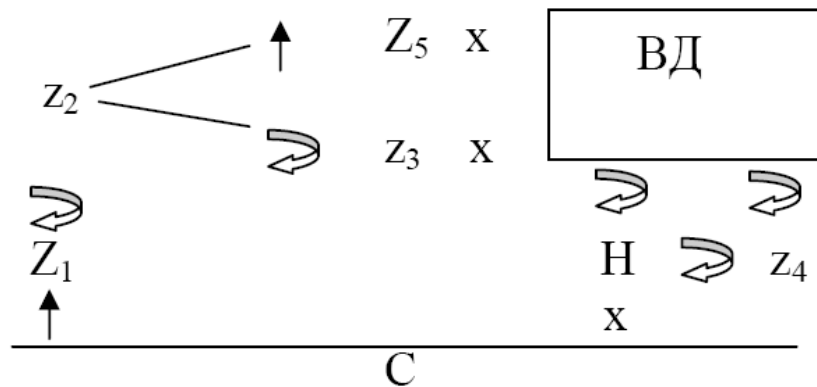


Рис. 3.11. Структурная схема станда для закалки шеек коленчатого вала: \uparrow , \curvearrowright и \times – соответственно, символы поступательного и вращательного перемещений и неподвижного закрепления блока; Н – неподвижный блок; ВД – восстанавливаемая деталь, С – станина

В координатно-блочном виде структурное выражение станда упрощается:

$$z_4 C Z_1 z_2 (z_3 \text{ и } Z_5). \quad (3.8)$$

Рассмотрим возможные варианты компоновок, обусловленные их ограничениями.

При вертикальном расположении оси детали (z_3 и Z_5) возможна замена движения блока z_2 на два равноценных его движения X_2 или Y_2 с поступательным перемещением детали в индуктор. Соответствующие компоновки следующие:

$$y_4 CZ_1 X_2 (z_3 \text{ и } Z_5), \quad (3.9)$$

$$y_4 CZ_1 Y_2 (z_3 \text{ и } Z_5). \quad (3.10)$$

Компоновка с горизонтальной осью детали получается использованием поступательных перемещений блоков X_1 или Y_1 вместо Z_1 :

$$x_4 CX_1 x_2 (x_3 \text{ и } X_5), \quad (3.11)$$

$$y_4 CY_1 X_2 (y_3 \text{ и } Y_5). \quad (3.12)$$

Таким образом, возможны отличные друг от друга пять компоновок машины. Машинное время термообработки детали при всех вариантах компоновки определяется только свойствами детали и мощностью высокочастотного генератора, оно не зависит от конструкции станда. Вспомогательное время на установку и технологическое перемещение заготовки (расчет не приводится) для пяти вариантов компоновок в порядке их рассмотрения имеет значения (с): 190, 190, 215, 220 и 220. Варианты компоновок (3.8) и (3.9) обеспечивают одинаковые и наименьшие значения вспомогательного времени, но более простой из них вариант (3.8) признается лучшим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Проектирование модуля средств технологического оснащения

Цель работы – приобрести навыки разработки базовых агрегатов (модулей) СТО. Модуль СТО – это агрегат, который многократно применяется в технологических машинах, выполняющих различные операции.

Техническое задание на разработку модуля выдает преподаватель. Оно содержит технологическую функцию модуля, значение его главного параметра и годовое число переходов, выбранные из гистограммы спроса на агрегаты данного вида.

Модули СТО проектируют при создании системы этих средств, обслуживающих все технологические операции, выполняемые при ремонте техники.

Порядок выполнения задания. Составляют множество возможных вариантов структуры агрегата, используя идеи «морфологического анали-

за» Ф. Цвикки, в виде графа. При этом определяют механизмы агрегата (двигатель, преобразователь движения, инструмент) и их возможные виды.

Определяют затраты, отнесенные к одному технологическому переходу, на создание и эксплуатацию каждого механизма, включенного в граф. Считают, что длина каждого ребра графа, связанного с последующим механизмом, равна этим затратам.

Находят кратчайший путь из верхней вершины графа в одну из вершин нижнего ряда вершин графа с применением аппарата динамического программирования (формула 3.5). Подмножество вершин на этом пути определяет оптимальную структуру модуля.

Выполняют эскиз полученного модуля.

Содержание отчета: название и цель работы, сведения технического задания, граф возможных вариантов модуля и его эскизное изображение.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Проектирования типоразмерного ряда исполнительных агрегатов

Цель работы – приобрести навыки проектирования типоразмерного ряда агрегатов СТО.

Техническое задание на проектирование типоразмерного ряда агрегатов СТО модуля выдает преподаватель. Оно содержит эскиз модуля, его технологическую функцию и гистограмму спроса на агрегаты данного типа.

Проектирование типоразмерных рядов агрегатов СТО следует за разработкой базовых агрегатов (модулей) СТО при создании системы средств, которые обслуживают все технологические операции, выполняемые при ремонте техники.

Порядок выполнения задания. Строят интегральную функцию спроса на агрегаты данного типа в координатах «главный параметр – потребность» (рис. 3.10), при этом агрегат со значением главного параметра M_i может выполнять все работы агрегатов с предыдущими значениями главного параметра. В выбранных координатах строят граф различных рядов агрегатов, удовлетворяющих функции спроса.

Длина горизонтальных ребер графа соответствует затратам на ввод в эксплуатацию агрегатов с фиксированными значениями главного параметра, а вертикальных – затратам на эксплуатацию агрегатов.

Таким образом, длина пути из вершины O в вершину L определяет затраты на ввод в действие и эксплуатацию ряда агрегатов, приведенные к одному году функционирования.

Находят кратчайший путь между двумя заданными вершинами с помощью уравнения (3.7). Вершины перегибов найденного пути дают значения главного параметра агрегатов, составляющих оптимальный типоразмерный ряд. Полученные значения параметра должны быть согласованы с системой предпочтительных чисел.

Содержание отчета: название и цель работы, сведения технического задания, интегральная функция спроса на агрегаты данного типа с графом возможных типоразмерных рядов агрегатов (на графе указывают кратчайший путь между заданными вершинами и значения главного параметра, составляющие оптимальный типоразмерный ряд значений параметров).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изложите основы проектирования и расчета точности приспособлений.
2. Приведите последовательность проектирования станков (технологических машин).
3. Как организовано проектирование СТО на заводе?
4. Приведите основные методы поиска новых технических решений.
5. В чем заключается проектирование базовых исполнительных агрегатов (модулей) СТО?
6. Изложите основы проектирования типоразмерных рядов исполнительных агрегатов СТО.
7. Приведите последовательность компонования технологических машин из агрегатов, выбранных из ОТР.
8. В чем заключаются преимущества создания системы исполнительных агрегатов технологических машин?

ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ

1. Обзор методов поиска новых технических решений.
2. Эволюция алгоритма решения изобретательских задач Г.С. Альтшуллера, использование и значение его для поиска новых технических решений.
3. Унификация и стандартизация СТО и их частей в ремонтном производстве и влияние этих мероприятий на технический уровень и эффективность СТО.
4. Основы проектирования системы СТО ремонтного завода.
5. Компонование технологических машин из составных частей.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ

Студент должен знать:

- порядок проектирования стендов, приспособлений и специальных средств измерений параметров расположения поверхностей;
- методы поиска новых технических решений при проектировании СТО;
- основы унификации и стандартизации элементов СТО;
- основы общей методики проектирования системы СТО;
- организацию проектирования СТО;
- методы проектирования базовых агрегатов и типоразмерных рядов агрегатов системы СТО;
- метод компонования технологических машин из агрегатов, выбранных из ОТР.

Студент должен уметь:

- разрабатывать приспособления для механической обработки заготовок и их контроля;
- разрабатывать стенды для разборки и сборки ремонтируемых агрегатов, машины для очистки изделий, стенды для нанесения покрытий на восстанавливаемые поверхности заготовок и испытания агрегатов;
- разрабатывать конструкции базовых агрегатов (модулей);
- разрабатывать типоразмерные ряды исполнительных агрегатов;
- компоновать технологические машины из агрегатов, выбранных из ОТР.

РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА

Знания студентов оценивает преподаватель на основании собеседования с ними по результатам выполнения практических занятий 2, 3, 4 и 5 и ответов на приведенные выше контрольные вопросы.

Для высокой оценки знаний необходимо обосновать преимущества проектирования системы СТО перед проектированием единичных технологических объектов, свободно владеть методами разработки конструкций базовых агрегатов (модулей), типоразмерных рядов исполнительных агрегатов и компонования технологических машин с использованием методов поиска новых технических решений.

4. СОЗДАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

4.1. Организация создания системы средств технологического оснащения

4.1.1. Понятие о технологической подготовке производства

Создание и дальнейшее совершенствование системы СТО происходит в результате *технологической подготовки* ремонтного производства. Эта подготовка представляет собой множество работ, которые приводят производство в состояние готовности к ремонту изделий определенной модели и комплектности, заданного объема, к установленному сроку, с установленными показателями качества и с наименьшими затратами.

Технологическая подготовка ремонтного производства требует больших материальных, трудовых и энергетических затрат на создание системы СТО. Например, силами вспомогательного производства ремонтного завода при освоении ремонта двигателя новой модели создают 100 – 200 единиц оборудования, которым почти полностью оснащены разборочно-очистной, комплектовочно-сборочный, окрасочный и испытательный участки. Несколько тысяч приспособлений расширяют технологические возможности приобретенного оборудования. Требуется еще большее число инструментов для обработки заготовок. Каждая технологическая операция требует создания контрольных средств для измерения параметров расположения деталей и функциональных характеристик сборочных единиц. Трудоемкость изготовления такого количества СТО составляет 50 – 350 тыс. чел.-ч, что соответствует более чем полугодовому объему трудоемкости основного производства.

Технологическая подготовка выполняется силами технологической и конструкторской служб и вспомогательного производства завода. Виды ремонтируемых объектов и объемы их выпуска, показатели качества и сроки подготовки являются ограничениями (они выполняются неукоснительно), а затраты на освоение ремонта техники являются параметром оптимизации (они должны быть наименьшими). Цель технологической подготовки ремонтного производства заключается в достижении его технологической готовности, признаки которой следующие:

- подготовлено производственное помещение с коммуникационными подводами энергетических и технологических ресурсов, вентиляцией, отоплением и освещением;
- установлены и введены в эксплуатацию СТО;
- имеется комплект технологической документации на все операции ремонта;

– отремонтирована первая партия изделий и доказана возможность достижения с заданной производительностью на всех операциях ремонта требований к продукции, установленных нормативно-технической документацией.

Основные работы технологической подготовки ремонтного производства: разработка технологической документации, подготовка помещения с инженерными сетями, приобретение, проектирование, изготовление, монтаж и испытания средств ремонта.

Технологическую подготовку ремонтного производства планируют на основании приказа директора или распоряжения главного инженера завода об освоении ремонта изделий с указанием сроков готовности производства. К приказу или распоряжению прилагают соответствующий план мероприятий. В этом плане выдерживают соответствие «предмет ремонта – технологическая операция – средства технологического оснащения – мероприятия – сроки – исполнители». Он включает подготовку производственной площади, проектирование СТО и изготовление их силами собственного вспомогательного производства, приобретение покупных средств ремонта, монтаж оборудования с подключением его к цеховым коммуникациям, испытание и ввод в эксплуатацию средств ремонта. Соответствие элементов плана выражается в подчинении мероприятий соответствующим срокам и необходимости обеспечения параметров предмета труда, установленных нормативно-технической документацией. Другими словами, исполнители выполняют предписанные мероприятия в установленные сроки. Мероприятия, в свою очередь, подчинены созданию и вводу в эксплуатацию средств ремонта, обеспечивающих такие воздействия на ремонтируемый объект, которые предусматривают достижение параметров, указанных в конструкторских документах.

Выборки мероприятий из общего плана образуют планы работ технологических и конструкторских бюро, инструментального участка, отделов главного механика и главного энергетика. Планы имеют 20–30 %-ный резерв на непредвиденные работы и на доработку средств ремонта по результатам испытаний. Месячные планы работ, утвержденные главным инженером завода, доводят до подразделений-исполнителей.

4.1.2. Структура и производственная мощность инструментального участка

Инструментальный участок (ИУ) изготавливает технологическое оборудование и оснастку по планам технологической подготовки производства, ремонтирует оснастку, а также ведет учет, заточку, хранение и

выдачу инструмента. В своем составе ИУ имеет заготовительное, сварочно-термическое, слесарное, механическое и заточное отделения, а также инструментально-раздаточные кладовые.

Работы по изготовлению СТО включают механические, сварочные и слесарно-сборочные работы.

Наибольшее число деталей, из которых состоят технологические машины, относится к трем подклассам классификатора ЕСКД: 713000 (~25 %), 715000 (~20 %) и 741000 (~40 %). Остальные детали распределены в десяти других подклассах этого классификатора.

Подкласс 713000 включает детали – тела вращения с наружной цилиндрической поверхностью. Подкласс 715000 – это тела вращения с наружной конической, криволинейной или комбинированной поверхностями. Подкласс 741000 состоит из плоскостных деталей с параллельными основными поверхностями. Большое количество плоскостных деталей объясняется спецификой ремонтного производства, в котором для изготовления СТО используется много листового проката.

Степенные зависимости трудоемкости T изготовления деталей трех подклассов в функции их массы M (кг) выражаются формулами (рис. 4.1):

– подкласс 713000

$$T_{713} = 16,26 \cdot M^{0,422}, \text{ мин}; \quad (4.1)$$

– подкласс 715000

$$T_{715} = 12,43 \cdot M^{0,396}, \text{ мин}; \quad (4.2)$$

– подкласс 741000

$$T_{741} = 21,33 \cdot M^{0,497}, \text{ мин}. \quad (4.3)$$

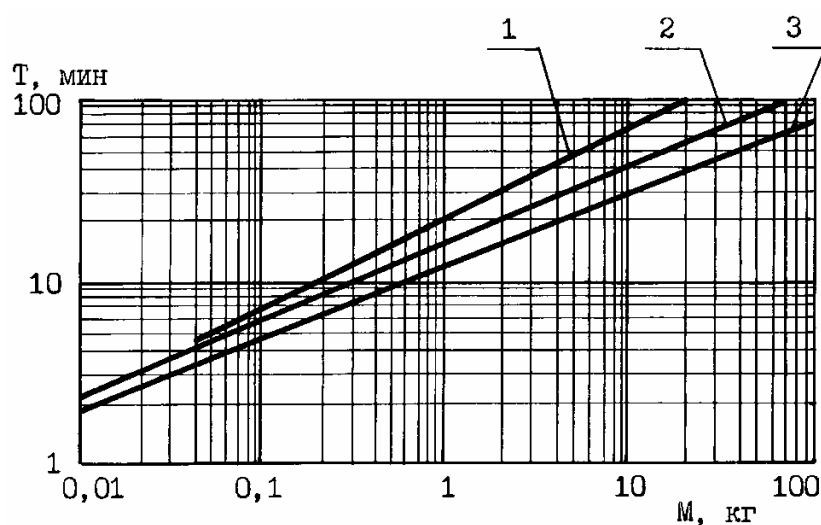


Рис. 4.1. Зависимость трудоемкости T изготовления деталей средств технологического оснащения от массы деталей M : 1 – подкласс 741000; 2 – подкласс 713000; 3 – подкласс 715000

Трудоемкость изготовления средства ремонта $T_{об}$ можно определить сложением трудоемкости изготовления деталей, его сборки и испытания по формуле

$$T_{об} = \frac{k_{сб} \cdot k_{исп} \cdot (\sum_1^{n_1} T_{713} + \sum_1^{n_2} T_{715} + \sum_1^{n_3} T_{741} + \sum_1^{n_{ост}} T_{ост})}{60}, \text{ ч} \quad (4.4)$$

где $k_{сб}$ и $k_{исп}$ – коэффициенты, учитывающие, соответственно, трудоемкость сборки и испытания технологической машины; n_1 , n_2 , n_3 и $n_{ост}$ – соответственно, количество деталей классов 713000, 715000, 741000 и остальных; $T_{ост}$ – трудоемкость изготовления деталей остальных подклассов.

Суммарная трудоемкость $T_{ост}$ составляет около 20 % от трудоемкости изготовления деталей подклассов 713000, 715000 и 741000.

Погрешность расчетов трудоемкости изготовления технологического оснащения составляет 22, 15, 6 и 3 % при числе составляющих деталей, соответственно, 10, 25, 50 и 100 единиц. Такая погрешность расчета удовлетворяет оценке разработок до стадии технического проекта для СТО из любого числа деталей, а при оценке СТО с числом деталей более 50 – и на стадии рабочего проекта.

Общая трудоемкость технологической подготовки производства $T_{тпп}$ находится сложением составляющих

$$T_{тпп} = k_d \cdot \left(T_{ро} + T_{отс} + \sum_1^i T_{вос_i} + T_{сб} + T_{исп} \right), \text{ чел.} \cdot \text{ч.} \quad (4.5)$$

где $T_{ро}$, $T_{отс}$, $T_{вос_i}$, $T_{сб}$ и $T_{исп}$ – трудоемкости подготовки производства участков (рабочих мест) разборочно-очистных, определения технического состояния, восстановления деталей, сборочных и испытательных, соответственно; $i = 1 \dots n$ – количество восстанавливаемых деталей; k_d – коэффициент дополнительных работ.

Небольшая часть работ по подготовке производства (для окрашивания изделий, устранения дефектов, обнаруженных во время испытаний, и консервации) оказалась не рассмотренной. Работы по созданию СТО, выполняющие указанные операции, учитываются путем введения коэффициента k_d . Значение коэффициента по опытно-статистическим данным составляет 1,10 – 1,15.

Доля трудоемкости на создание разборочных средств составляет 3,1 – 6,6 % в общей трудоемкости изготовления средств ремонта, очистных – 6,5 – 7,8 %, для определения технического состояния деталей – 1,3 – 2,1 %, для нанесения покрытий и механической обработки заготовок – 51,2 – 64,9 %, комплекточных средств – 2,2 – 2,8 %, сборочно-балансировочных – 15,3 – 24,1 %, окрасочных – 0,5 – 0,8 % и обкаточно-испытательных – 5,2 – 5,8 %.

Мощность участка вспомогательного производства $N_{увп}$ выражается трудоемкостью СТО, выпускаемых за месяц, и определяется делением общей трудоемкости (4.5) на время, в течение которого должна быть проведена технологическая подготовка.

$$N_{увп} = \frac{T_{тпп}}{n_m}, \text{ чел. - ч/месяц} \quad (4.6)$$

где n_m – директивный срок подготовки производства, месяцев.

Списочную численность рабочих $n_{рс}$ участка вспомогательного производства определяют по формуле

$$n_{рс} = \frac{N_{увп}}{\Phi_{дрм}}, \quad (4.7)$$

где $\Phi_{дрм}$ – действительный фонд времени рабочего за месяц, ч.

Соотношение рабочих участка выбирается таким образом, чтобы одного слесаря обслуживали 1,5 – 2,0 станочника.

Парк металлорежущих станков инструментального участка в составе завода по капитальному ремонту агрегатов приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Металлорежущее оборудование инструментального участка

Наименование	Доля, %
Токарные	25 – 50
Сверлильные (в т.ч. половина радиальных)	8 – 12
Шлифовальные (в т.ч. плоскошлифовальные и один внутришлифовальный)	15 – 20
Координатно-расточные	5 – 7
Зубообрабатывающие (в т.ч. один зубодолбежный и один шевинговальный)	5 – 7
Фрезерные	15 – 20
Заточные	10 – 15
Электроэрозионные	2

Станки на чистовых операциях должны быть на 1 – 2 класса точнее оборудования, применяемого в основном производстве.

4.1.3. Порядок заказа и приобретения специального оборудования

Отношения между заказчиком (ремонтным предприятием) и изготовителем специального оборудования (станкостроительным заводом) регулируются заявками и протоколами согласования заявок, техническими заданиями и договорами.

Заказчик составляет заявку на проектирование и изготовление специального оборудования. Заявка включает описание заготовки и детали и

необходимую функцию этого оборудования, требования к уровню автоматизации и технологическим особенностям, устанавливает вид тока и напряжение, определяет срок исполнения.

Обсуждение заявки завершается составлением протокола, в котором уточняются конструктивные и точностные параметры, условия работы оборудования и технологические особенности. В результате подписания протокола станкозавод принимает заказ на изготовление специального станка и разрабатывает техническое задание на его разработку и изготовление. В техническом задании указывают назначение и производительность оборудования, данные о детали, содержание переходов, требования к базированию и точности обрабатываемых элементов, способ и порядок обработки.

После согласования технического задания составляется договор, в котором определяется его предмет, показатели качества оборудования, комплектность, условия и сроки испытания и поставки, цена, условия оплаты, гарантийные обязательства, форс-мажорные обстоятельства и арбитраж. Указывается состояние и количество заготовок, которые будут обработаны при настройке и испытаниях оборудования. Заготовки подготавливает заказчик.

После изготовления оборудования создают комиссию под председательством представителя заказчика для проведения сдаточно-приемочных испытаний и определяют их сроки.

Проводят испытания станка, по результатам которых составляют акт, содержащий такие сведения:

- соответствие комплектности станка техническому заданию;
- результаты проверки показателей точности: прямолинейности перемещений, параллельности поверхности стола направлению перемещений, относительного расположения осей шпинделей и их осевых и торцовых биений;
- результаты проверки станка на холостом ходу: плавность хода, правильность вращения валов, срабатывание кнопки «Стоп», проверка гидравлических систем и наличие течей, действие органов управления, мертвые ходы, скорости перемещений, температура наружных поверхностей, сопротивление изоляции и электрическая прочность, вибрации. Длительность испытаний на холостом ходу не менее 4 часов;
- результаты испытания станка под нагрузкой путем измерения размеров, формы и расположения поверхностей детали, указанных в техническом задании на изготовление оборудования;
- оценка качества изготовления частей оборудования и его внешней отделки. При необходимости станок частично разбирают;

- требования безопасности;
- комплектность;
- выводы и предложения.

При положительном исходе испытаний подписывается и утверждается акт, который является основанием для оплаты и отгрузки станка.

Заказчику со станком направляют сертификаты о происхождении, соответствия и карантинный. Изготовитель оформляет таможенные документы и оплачивает провоз станка до границы своего государства.

4.2. Экономическая эффективность использования средств технологического оснащения

4.2.1. Источники экономической эффективности и показатели использования средств технологического оснащения

Использование системы СТО обеспечивает:

- сокращение доли труда в технологическом процессе за счет потребления энергии и частичного или полного высвобождения людей;
- повышение производительности труда за счет применения многоинструментальных машин с высокими скоростями протекания рабочих процессов;
- повышение качества продукции за счет исключения субъективного фактора и строгого выдерживания режимов технологических операций;
- снижение расхода производственных ресурсов (материалов и энергии) за счет повышения КПД технологических объектов и уменьшения доли отходов материалов.

Основные показатели, с помощью которых оценивают СТО:

- уровень механизации и автоматизации производства;
- энерговооруженность труда;
- доля активной части основных фондов;
- технический и организационный уровни производства;
- интенсивность и производительность труда;
- рост фондоотдачи и прибыли;
- снижение себестоимости, трудоемкости и материалоемкости продукции.

4.2.2. Экономическая целесообразность внедрения средств технологического оснащения

При определении экономической целесообразности использования нового СТО сравнивают между собой затраты на одну технологическую операцию и обусловленные использованием нового и базового средств.

Новое средство – это спроектированное оборудование или другой объект, подлежащие внедрению. Базовое средство подлежит замене или представляет собой конкуренцию новому средству.

Отличающиеся затраты на использование нового и базового средств на одну технологическую операцию учитывают:

- основные и вспомогательные материалы за вычетом возвратных отходов;
- производственные ресурсы на технологические нужды;
- основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих;
- налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды, сборы и отчисления местным органам власти;
- износ инструментов;
- общепроизводственные и общехозяйственные расходы.

Затраты в разные моменты времени неравноценны и несравнимы между собой. Разновременные затраты приводят к одному расчетному году. За расчетный год принимают год внедрения нового средства. Затраты в разные годы приводятся к расчетному году путем их умножения на коэффициент дисконтирования

$$k_d = \frac{1}{(1 + E_n)^{t_n - t_p}}, \quad (4.8)$$

где E_n – ставка дисконта (норматив приведения разновременные затрат); t_n – порядковый номер года, затраты которого приводятся к расчетному году; t_p – расчетный год.

Норматив приведения по своей сущности близок к норме прибыли, которую устанавливает предприятие в качестве критерия рентабельности. Нижней границей этого норматива является ссудный банковский процент. При решении задач можно принимать $E_n = 0,25$.

Стоимость материалов P_m на выпуск товарной продукции за вычетом отходов определяют по формуле

$$P_m = \sum_1^n (H_{mi} \cdot C_{mi} \cdot k_{тр} - D_{oi} \cdot C_{oi}), \text{ руб} \quad (4.9)$$

где H_{mi} – норма расхода материалов i -того вида, руб.; $i = 1 \dots n$ – число видов материалов; C_{mi} – цена материала i -того вида, руб.; $k_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортные расходы; D_{oi} и C_{oi} – масса и цена возвратных отходов, руб.

Рассчитывают затраты, отнесенные к одной технологической операции и обусловленные расходом производственных ресурсов: электриче-

ской и тепловой энергии, сжатого воздуха, технологического холода, производственной воды, горючих, инертных и окислительных газов. Обоснованная норма расхода этих ресурсов, их учет и контроль потребления служат предпосылкой эффективности производства.

Основная заработная плата производственных рабочих Z_o равна

$$Z_o = T_c \cdot t_{\text{шк}} \cdot k_{\text{пр}}, \text{руб} \quad (4.10)$$

где T_c – часовая тарифная ставка рабочего, руб./ч; $t_{\text{шк}}$ – норма времени на операцию, ч; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент начисления премий.

Дополнительная заработная плата производственных рабочих Z_d равна

$$Z_d = \frac{Z_o \cdot H_d}{100}, \text{руб} \quad (4.11)$$

где H_d – норматив дополнительной заработной платы.

Отчисления в фонд социальной защиты

$$P_{\text{соц}} = \frac{(Z_o + Z_d) \cdot H_{\text{соц}}}{100}, \text{руб} \quad (4.12)$$

где $H_{\text{соц}}$ – норматив отчислений в фонд социальной защиты.

Возмещение износившихся инструментов $P_{\text{из}}$

$$P_{\text{из}} = \frac{Z_o \cdot H_{\text{из}}}{100}, \text{руб} \quad (4.13)$$

где $H_{\text{из}}$ – норма отчислений на износившиеся инструменты.

Общепроизводственные расходы включают амортизационные отчисления на оборудование и здания и расходы на эксплуатацию, обслуживание и ремонт оборудования.

Амортизационные отчисления A равны

$$A = \Phi_o \cdot k_{\text{до}} \cdot H_{\text{ао}} + \Phi_z \cdot F \cdot k_{\text{дз}} \cdot H_{\text{аз}}, \text{руб} \quad (4.14)$$

где Φ_o – первоначальная стоимость оборудования, руб.; $k_{\text{до}}$ – коэффициент дисконтирования, относящийся к оборудованию; $H_{\text{ао}} = 1/t_o$ – норма амортизации на полное восстановление оборудования; t_o – нормативный срок службы оборудования, лет; Φ_z – первоначальная стоимость одного квадратного метра площади здания, руб./м²; F – производственная площадь, отнесенная к установленному оборудованию, м²; $k_{\text{дз}}$ – коэффициент дисконтирования, относящийся к зданию; $H_{\text{аз}} = 1/t_z$ – норма амортизации на полное восстановление здания; t_z – нормативный срок службы здания, лет.

В расчетах учитывают долю амортизационных отчислений, отнесенных к одной технологической операции.

Ремонт и обслуживание оборудования производят по планово-предупредительной системе, сущность которой заключается в том, что ремонтно-обслуживающие работы выполняют в заранее установленные сроки по-

сле определенной наработки оборудования. Совокупность работ системы включает в себя периодически выполняемые: осмотр O , текущий T , средний C и капитальный K ремонты. Для металлорежущего и сварочного оборудования, например, наиболее распространена следующая структура ремонтно-обслуживающего цикла:

$$K - O - T - O - T - O - C - O - T - O - T - O - K,$$

с одним средним и четырьмя текущими ремонтами и шестью осмотрами.

При расчете затрат устанавливают межремонтные интервалы времени и стоимость каждого воздействия.

Базой для расчета общехозяйственных расходов $P_{\text{ох}}$ является основная заработная плата производственных рабочих, тогда

$$P_{\text{ох}} = \frac{Z_o \cdot H_{\text{ох}}}{100}, \text{ руб} \quad (4.15)$$

где $H_{\text{ох}}$ – норма общехозяйственных расходов.

Новое средство подлежит внедрению в том случае, когда затраты на выполняемую им технологическую операцию будут меньше соответствующего показателя заменяемого или конкурирующего средства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите цель и содержание технологической подготовки ремонтного производства.
2. Какое назначение инструментального участка и из каких отделений он состоит?
3. Как определяется производственная мощность инструментального участка?
4. Приведите источники экономической эффективности и показатели использования средств технологического оснащения.
5. Как определяют экономическую целесообразность внедрения нового СТО?

ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ

1. Роль технологической подготовки ремонтного производства в повышении его производственной мощности, качества выпускаемой продукции и эффективности.
2. Функции и роль инструментального участка в совершенствовании основных фондов предприятия.
3. Влияние показателей, характеризующих использования СТО, на себестоимость продукции.
4. Влияние СТО, изготовленных на заводе, на его экономические показатели.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ

Студент должен знать:

- основы технологической подготовки ремонтного производства;
- обоснование состава и производственной мощности инструментального участка – производственного подразделения, которое изготавливает СТО;
- порядок заказа СТО промышленного изготовления;
- методику расчета экономической эффективности от внедрения нового СТО.

Студент должен уметь:

- определять мероприятия по технологической подготовке ремонтного производства (на примере организации рабочего места);
- оформлять заказ на приобретение оборудования промышленного изготовления;
- принимать решение о приобретении или изготовлении СТО на основании технико-экономических расчетов их эффективности.

РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА И ДИСЦИПЛИНЫ

Текущая оценка знаний четвертого раздела производится по результатам опроса студентов. Высокой оценки достойны те студенты, которые свободно владеют:

- организацией технологической подготовки ремонтного производства, в результате которой предприятие переходит в состояние технологической готовности;
- организацией инструментального участка и обоснованием его производственной мощности;
- организацией заказа специального оборудования на станкостроительном заводе;
- методами расчета экономической эффективности внедряемых СТО.

Результаты рейтингового контроля знаний по четырем разделам дисциплины служат основой для определения предварительной оценки по всей дисциплине. Эта оценка определяется как среднее арифметическое четырех оценок по разделам с округлением до целого числа. По решению студента эта оценка может быть признана в качестве экзаменационной и выставлена в зачетную книжку и экзаменационную ведомость. Если студент считает, что он достоин более высокой оценки, то сдает экзамен на общих основаниях.

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине «Оборудование и оснастка для высокоэффективных процессов обработки материалов» студенты выполняют курсовой проект.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию, которое выдает преподаватель и утверждает заведующий кафедрой. При проектировании используется ремонтный чертеж детали, подготовленный на производственной практике, и операционная карта из курсового проекта по дисциплине «Технологии и оборудование восстановления деталей машин».

При выполнении курсового проекта ставится цель приобретения навыков проектирования СТО.

Студент разрабатывает техническое задание на проектирование СТО, определяет его производительность, выбирает и обосновывает структуру этого средства и вычерчивает его сборочный чертеж. Работоспособность разработанного объекта должна быть подтверждена расчетами. Затем разрабатывается кинематическая или пневматическая, или гидравлическая, или электрическая схемы СТО, производится описание его устройства и работы. В заключение принятые технические решения экономически обосновывают. Объем пояснительной записки составляет 50 – 70 листов.

При работе над проектом необходимо изучить в периодической литературе аналогичные СТО, выявить их недостатки и предложить технологические оборудование или оснастку более высокого технического уровня.

Примеры тем курсового проекта:

- Стенд для напыления шеек коленчатого вала.
- Стенд для электрошлаковой наплавки опорного катка трактора.
- Стенд для термопластического деформирования гильзы цилиндра.
- Дробеструйная установка.
- Приспособление для сверления всех отверстий в накладке ведомого диска сцепления.
- Стенд для обкатки и испытания водяного насоса.
- Стенд для измерения жесткости рессор.
- Прибор для измерения перпендикулярности осей коренных опор и отверстий под гильзы в блоке цилиндров двигателя.

Графическая часть проекта объемом 2 – 3 листа формата А1 содержит выбор и обоснование структуры СТО (стенда или приспособления, или инструмента, или средства измерений), его сборочный чертеж и кинематическую схему.

Студент защищает курсовой проект перед комиссией. По результатам защиты выставляется оценка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На каждом предприятии действуют сотни единиц технологического оборудования и тысячи приспособлений и инструментов. Знание их устройства, технологических возможностей и мер, обеспечивающих содержание их в работоспособном состоянии, – это один из признаков производственной компетентности специалиста.

Создание системы СТО на предприятии путем их приобретения и изготовления – очень дорогостоящее мероприятие. Многие предприятия в настоящее время по причине неплатежеспособности не могут заменить изношенное оборудование новым, поэтому полное использование возможности имеющегося технологического оборудования имеет большое значение. Каждый завод, заинтересованный в повышении эффективности своей деятельности, разрабатывает и реализует программу повышения технического уровня системы СТО. Программа разрабатывается на длительный период времени, части ее входят в годовые планы внедрения новой техники и организационно-технических мероприятий предприятия. Программа включает разделы по совершенствованию СТО всех производственных участков завода. Реализация мероприятий программы с целью обеспечения каждого нормативного требования к качеству ремонта (восстановления) изделий связана с начальным (на стадии технологической подготовки производства) и текущим (в процессе самого производства) расходом ресурсов. Даже небольшое ужесточение точности восстанавливаемых параметров требует модернизации или замены СТО, что требует вложения значительных финансовых средств.

Непрерывное обновление, пополнение и совершенствование СТО – это неисчерпаемый резерв повышения производственной мощности предприятия, качества выпускаемой продукции и снижения расхода производственных ресурсов (труда, материалов и энергии). Высокого технического уровня достигает то производство, которое располагает разнообразными современными технологиями и СТО для их реализации.

Правильный выбор покупаемого промышленного оборудования, использование современных и эффективных методов проектирования и создания СТО, изготовленных в собственном вспомогательном производстве, на основании сведений, изложенных в книге, будут способствовать повышению технического уровня и эффективности ремонтно-восстановительного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер; отв. ред. А.К. Дюнин. – АН СССР, Сиб. отд-ние. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. – 209 с.
2. Афанасиков, Ю.И. Проектирование моечно-очистного оборудования авторемонтных предприятий / Ю.И. Афанасиков. – М.: Транспорт, 1987. – 174 с.
3. Барташевич, А.А. Основы художественного конструирования: учебник для вузов / А.А. Барташевич. – Минск: Выш. шк., 1984. – 224 с.
4. Беленький, Р.Р. Унификация ремонтно-технологического оборудования в системе ремонта и технического обслуживания / Р.Р. Беленький, В.И. Черноиванов // Стандарты и качество. – 1981. – № 4. – С. 46.
5. Буш, Г.Я. Проблемные задачи и регуляторы поиска их решений / Г.Я. Буш. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 80 с.
6. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
7. Глазунов, В.И. Поиск принципов действия технических систем / В.И. Глазунов. – М.: Речной транспорт, 1990. – 110 с.
8. Глазунов, В.Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике / В.И. Глазунов. – М.: Речной транспорт, 1990. – 150 с.
9. Диксон, Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ, принятие решений / Дж. Диксон; пер. с англ. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
10. Иванов В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учебник / В.П. Иванов. – Минск: Издательство ЗАО «Техноперспектива», 2006. – 453 с.
11. Изобретающая машина. – Минск: IMLab, 1993. – 12 с.
12. Коробко, В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов, В.И. Семенов. – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 140 с.
13. Корсаков, В.С. Основы проектирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
14. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение. – Т. III-3: Технология изготовления деталей машин / А.М. Дальский [и др.]; под общ. ред. А.Г. Суслова. – 2000. – 840 с.

15. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение. – Т. III-7: Измерения, контроль, испытания и диагностика / В.В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В.В. Ключева. – 1996. – 464 с.
16. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В.Фролов (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение. – Т. IV-3: Надежность машин / В.В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В.В. Ключева. – 2003. – 592 с.
17. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение. – Т. IV-6: Оборудование для сварки / В.К. Лебедев [и др.]; под ред. Б.Е. Патона. – 1999. – 496 с.
18. Милютин, В.С. Источники питания для сварки: учеб. пособие / В.С. Милютин, В.А. Коротков. – Челябинск: Metallургия Урала, 1999. – 368 с.
19. Новиков, М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М.П. Новиков. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
20. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
21. Оборудование для ремонта автомобилей: справочник / П.С. Григорченко [и др.]; под ред. М.М. Шахнеса. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1978. – 384 с.
22. Орлов, П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие. В 2-х кн. Кн. 1 / П.И. Орлов; под ред. П.Н. Учаева. – изд. 3-е, и спр. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
23. Орлов, П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие. В 2-х кн. Кн. 2 / П.И. Орлов; под ред. П.Н. Учаева. – изд. 3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.
24. Пашкевич, М.Ф. Технологическая оснастка: учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / М.Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
25. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
26. Поточно-механизированные линии и ремонтно-технологическое оборудование для восстановления деталей: каталог. – М.: ГОСНИТИ, 1976. – 147 с.
27. Поточно-механизированные линии и оборудование для восстановления изношенных деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин. – М.: ЦНИИТЭИ, 1984. – 340 с.

28. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
29. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 944 с.
30. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / И.И. Болонкина [и др.]; под общ. ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с.
31. Ханзен, Ф. Основы общей методики конструирования / Ф. Ханзен. – Л.: Машиностроение, 1969. – 166 с.
32. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. – Москва – Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.
33. Экономика предприятия: учеб. пособие / В.П. Волков [и др.]; под общ. ред. А.И. Ильина. – 2-е изд., испр. – М.: Новое знание, 2004. – 672 с.
34. Эйлоарт, Д. Приемы настройки творческого инженерного коллектива / Д. Эйлоарт // Изобретатель и рационализатор. – 1970. – № 5. – С. 28 – 29, 40.
35. Gordon, W.I.I. Sinectics / W.I.I. Gordon. – New York: Harper and Brothers, 1961.
36. Osborn, A.F. Applied Imagination / A.F. Osborn. – New York, 1963.
37. Zwicky, F. Entdecken, Erfinden, Torschen im morphologischen Wettbewerb / F. Zwicky. – Munchen: Zurich, Knauer, 1966.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
БАЗОВАЯ ПРОГРАММА	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ И ПОТРЕБНОСТЬ В НИХ	12
1.1. Классификация и общая характеристика средств технологического оснащения ремонтного производства	12
1.1.1. Структура основных фондов предприятия.....	12
1.1.2. Классификация и характеристика средств технологического оснащения.....	13
1.1.3. Назначение технологического оборудования различных видов.....	16
1.1.4. Технологическая оснастка и ее характеристика	17
1.2. Потребность в средствах технологического оснащения и их использование.....	18
1.2.1. Потребность в оборудовании.....	19
1.2.2. Потребность в приспособлениях и инструменте	22
1.2.3. Показатели использования технологического оборудования	23
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	24
ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ	24
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ.....	25
РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА	25
2. ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	26
2.1. Разборочное и очистное оборудование	26
2.1.1. Разборочные и очистные работы.....	26
2.1.2. Разборочное оборудование	26
2.1.3. Очистное оборудование	31
2.1.4. Оборудование для установки агрегатов и их технологического перемещения.....	38
2.2. Оборудование для нанесения покрытий	39
2.2.1. Источники питания для сварки, наплавки, приварки и напыления.....	40
2.2.2. Станки для наплавки заготовок.....	44
2.2.3. Станки для электроконтактной приварки металлических материалов	61
2.2.4. Оборудование для напыления покрытий.....	65
2.2.5. Оборудование для нанесения электрохимических покрытий	70
2.3. Кузнечно-прессовое и термическое оборудование	76
2.3.1. Выполняемые работы	76
2.3.2. Кузнечные молоты, прессы и инструмент.....	76
2.3.3. Гидравлические, кривошипные и фрикционные прессы	81
2.3.4. Особенности нагрева заготовок.....	83
2.3.5. Термическое оборудование.....	84
2.4. Металлорежущее оборудование	90
2.4.1. Классификация и обозначение оборудования	90
2.4.2. Выбор металлорежущих станков	95
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 Выбор металлорежущего станка для обработки заготовок	95
2.5. Оборудование для электрофизической размерной обработки восстановленных заготовок.....	96

2.5.1. Назначение электрофизической размерной обработки восстановленных заготовок	96
2.5.2. Электроэрозионная размерная обработка	97
2.5.3. Электрохимическая размерная обработка.....	102
2.5.4. Ультразвуковая размерная обработка.....	105
2.5.5. Электронно-лучевая размерная обработка.....	107
2.5.6. Лазерная размерная обработка	109
2.6. Сборочное оборудование.....	112
2.6.1. Сборочный процесс и состав оборудования	112
2.6.2. Оборудование для подачи и ориентирования деталей.....	113
2.6.3. Оборудование для перемещения собираемых агрегатов и машин	114
2.6.4. Резьбосборочное оборудование.....	117
2.6.5. Прессосборочное оборудование.....	121
2.7. Диагностическое, контрольное и испытательное оборудование.....	123
2.7.1. Назначение оборудования.....	123
2.7.2. Диагностическое оборудование для определения технического состояния агрегатов	123
2.7.3. Диагностическое оборудование для контроля качества восстановленных деталей	134
2.7.4. Контрольные средства.....	144
2.7.5. Обкаточно-испытательные средства.....	145
2.8. Поточно-механизированные линии	149
2.8.1. Определение, предпосылки создания поточно-механизированных линий... ..	149
2.8.2. Детали, восстанавливаемые на поточно-механизированных линиях.....	150
2.8.3. Условия создания поточно-механизированных линий	151
2.8.4. Пример поточно-механизированной линии	154
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	156
ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ	157
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ.....	157
РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА	158
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	159
3.1. Проектирование единичных средств технологического оснащения.....	160
3.1.1. Проектирование приспособлений	160
3.1.2. Проектирование стандов (технологических машин).....	164
3.1.3. Проектирование специальных средств измерений.....	167
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 Проектирование приспособления	169
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 Проектирование станда	170
3.2. Проектирование системы средств технологического оснащения ремонтного завода	171
3.2.1. Организация проектирования	171
3.2.2. Методы поиска новых устройств	174
3.2.3. Проектирование базовых исполнительных агрегатов (модулей) средств технологического оснащения	177
3.2.4. Проектирование типоразмерных рядов исполнительных агрегатов	183
3.2.5. Система исполнительных агрегатов технологических машин.....	189
3.2.6. Компонование технологических машин.....	193
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 Проектирование модуля средств технологического оснащения	197

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 Проектирования типоразмерного ряда исполнительных агрегатов	198
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	199
ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ	199
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ.....	200
РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА	200
4. СОЗДАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	201
4.1. Организация создания системы средств технологического оснащения	201
4.1.1. Понятие о технологической подготовке производства.....	201
4.1.2. Структура и производственная мощность инструментального участка	202
4.1.3. Порядок заказа и приобретения специального оборудования	205
4.2. Экономическая эффективность использования средств технологического оснащения.....	207
4.2.1. Источники экономической эффективности и показатели использования средств технологического оснащения	207
4.2.2. Экономическая целесообразность внедрения средств технологического оснащения	207
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	210
ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕФЕРАТОВ	210
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ.....	211
РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ МАТЕРИАЛА РАЗДЕЛА И ДИСЦИПЛИНЫ	211
КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	212
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	213
ЛИТЕРАТУРА.....	214

Учебное издание

ИВАНОВ Владимир Петрович
КРЫЛЕНКО Александр Владимирович

**ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Учебное пособие

Редактор *А. Э. Цибульская*

Дизайн обложки *В. А. Виноградовой*

Подписано в печать 02.06.11. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 12,76. Уч.-изд. л. 11,69. Тираж 55 экз. Заказ 1063.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

ЛИ № 02330/0548568 от 26.06.2009

ЛП № 02330/0494256 от 27.05.2009

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.