

Итак, основной принцип построения системы управления "Интеграл PCNC" — это использование промышленного компьютера с программируемым многоосевым контроллером движения, в результате чего достигается высокая надежность и современные технические возможности мирового уровня:

- количество интерполируемых осей — до 32;
- одновременное управление аналоговыми и цифровыми приводами (прямое ШИМ-управление);
- применение двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных, шаговых;
- создание собственного алгоритма сервоуправления;
- использование круговых энкодеров, оптических линеек, резольверов, абсолютных датчиков;
- виды интерполяции — линейная, круговая, спиральная, сплайновая, режим PVT (position—velocity—time);
- функция просмотра кадров вперед (Lookahead);
- управление механизмами с инверсной кинематикой (роботы, гексаподы, триподы);
- компенсация переменного люфта, коррекция погрешности ШВП (одномерная, двухмерная) и неортогональности осей;

- кодирование технологических программ в формате ISO;
- параметрическое программирование;
- возможность создания собственных G-функций;
- Basic-подобный язык программирования PLC-программ.

Операторы, имеющие даже небольшой опыт работы с персональным компьютером, через два-три дня в полной мере осваивают систему "Интеграл PCNC". Таким образом, не требуется затрачивать значительные средства на обучение персонала, при этом подготовку и контроль управляющих программ можно производить на обычном офисном компьютере.

Металлорежущие станки с системой "Интеграл PCNC" установлены в механических цехах ОАО "Каменский стеклотарный завод" (Ростовская обл.), ОАО "Вати-Авто" (г. Волжский), ООО "Флакс" (г. Орел), ОАО "СВЕТ" (г. Можга), ОАО "Импульс" (г. Иваново) и др. Система "Интеграл PCNC" активно используется предприятиями и фирмами, специализирующимися на модернизации станков.

УДК 631.3.004.67(075.8)

Направления совершенствования курса "Технология и организация восстановления деталей"

В. П. ИВАНОВ, д-р техн. наук, проф., тел.: 8 (10-375-214) 55-1047
Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

Определены содержание, структура и методические особенности курса восстановления деталей, цель которого — обеспечить будущего специалиста знаниями, достаточными для разработки процесса восстановления любой детали высокого технического уровня.

Совершенствование материала курса предполагает определение места восстановления деталей в процессах ремонта машин, описание исходных и ремонтных заготовок, их механической и термической обработки в соответствии со схемой процесса восстановления деталей. Представлены выбор процессов восстановления отдельных деталей и технологическая унификация этих процессов. Предложено изложение восстановления свойств деталей. Рассмотрены принципы организации восстановительного производства.

Ключевые слова: ресурс машин, ремонт, восстановление деталей, исходная заготовка.

Необходимость ремонта машин. Ограниченные мощности машиностроительного производства и государственные запасы материалов и топлива не

могут обеспечить расширенное воспроизводство парка машин. Наряду с совершенствованием машиностроения, требует своего развития ремонтное производство, которое восстанавливает исправное состояние и ресурс машин, при этом сберегает много овеществленного (прошлого) и живого (настоящего) труда.

Ресурсы составных частей машин при их эксплуатации не совпадают как между собой, так и с ресурсом машины в целом. Машина, спроектированная в виде множества взаимодействующих равносильных элементов, не может реализовать это свойство в различных условиях эксплуатации. Замена отказавших элементов при ремонте или упрочнение малоресурсных элементов уравнивают ресурс машины с ресурсом ее составных частей.

Преждевременная замена машины в эксплуатации приводит к потере ее недоамортизированной стоимости. Ремонт позволяет использовать сохра-

нившуюся потребительскую стоимость машины в виде ее остаточной долговечности.

Ремонт машин, совмещенный с их модернизацией путем использования агрегатов более совершенной конструкции, позволяет сблизить сроки физического и морального износа, повысить технический уровень техники или приспособить ее к новым запросам потребителя.

Ремонт машин экономически целесообразен. Состояние примерно четверти деталей ремонтного фонда позволяет их дальнейшее использование без восстановительных работ. Около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15—30 % от цены новых деталей. Восстановление деталей позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и владельцам техники сократить время простоя машин в ремонте, повысить качество их технического обслуживания и улучшить показатели использования и надежности. Около 85 % деталей утрачивают работоспособность при износах, не превышающих 0,2—0,3 мм, что подтверждают значительные размеры ремонтного фонда деталей, подлежащих восстановлению.

Место восстановления деталей в процессах ремонта машин. Восстановление деталей — технологический процесс возвращения им материала вместо изношенного и (или) доведения до нормативных значений эксплуатационных свойств и геометрических параметров. Восстановление деталей является частью ремонта машин (рис. 1), но составляет его основу. Трудоемкость восстановления деталей составляет 30—50 % от общей трудоемкости ремонта машин, однако и наибольшую долю экономического эффекта дает именно восстановление этих деталей. Разделы по восстановлению деталей введены в курсы ремонта машин, например [1, 2].

Восстановление изношенных деталей в системе вторичного производства машин является приро-

доохраным и ресурсосберегающим производством. На изготовление, например, одного коленчатого вала автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,8 л расходуют 57 кг металла, 183 МДж энергии, масса отходов при этом равна 2,5 кг. При восстановлении эти величины имеют значения примерно в двадцать раз меньшие, соответственно, 2,6 кг, 9,5 МДж и 0,12 кг. Только за счет исключения металлургического процесса при восстановлении одной тонны стальных деталей экономят 180 кВт·ч электроэнергии, 0,8 т угля, 0,8 т известняка и 175 м³ природного газа.

Необходимость совершенствования курса. Глубокое усвоение теории восстановления деталей — предпосылка повышения технического уровня восстановительного производства путем разработки новых процессов и оборудования или выбора лучших технических решений из действующих. Знания необходимы при изучении процессов ремонта машин, проектировании производственных участков, организационной и технологической подготовке восстановительного производства. Ряд положений этого курса полезны специалистам машиностроительного производства для организации процессов упрочнения изготавливаемых деталей. Изучение восстановления деталей как одной из важных прикладных дисциплин играет важную роль в творческом развитии студента, а совершенствование полученных знаний необходимо для будущего служебного роста молодого специалиста.

Совершенствование курса обусловлено двумя причинами. Первая — материал существующих учебных изданий в неполной мере отражает научные разработки, а также средства и процессы, применяемые в производстве. Вторая — приобретает опыт нового изложения изучаемых проблем.

В разное время обобщенный материал научного и производственного характера издавался в виде справочников [3—10]. Работа [11] преследовала

цель обеспечения специалистов восстановительного производства современными сведениями, которые включают:

- структуру, задачи, роль и организацию этого производства;
- новые материалы для нанесения покрытий и источники тепла;
- внедренные и перспективные способы создания ремонтных заготовок, их термическую и механическую обработку;

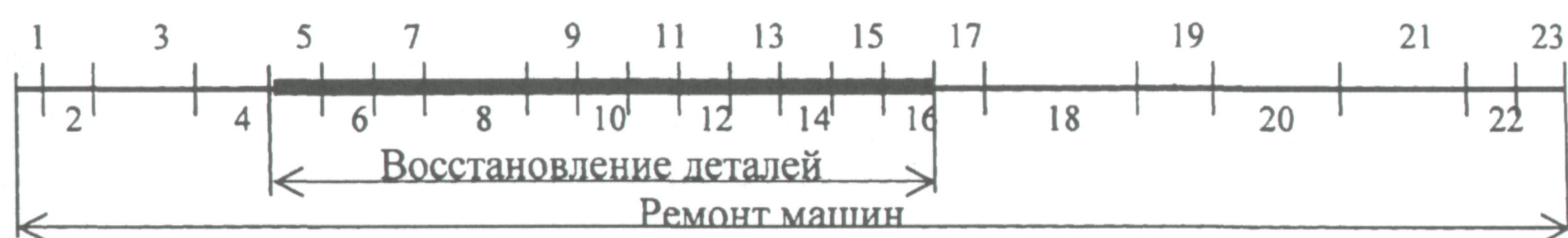


Рис. 1. Операции восстановления деталей в процессе ремонта машин: 1 — приемка машин в ремонт; 2 — диагностирование агрегатов; 3 и 4 — разборка и очистка машин, агрегатов и узлов; 5 и 6 — очистка и определение технического состояния деталей; 7 — предварительная механическая обработка; 8 — нанесение покрытий, закрепление дополнительных ремонтных деталей и объемное пластическое деформирование; 9, 10, 11 и 12 — соответственно термическая, черновая механическая, термическая (химико-термическая) и чистовая механическая обработки; 13 — поверхностное пластическое деформирование; 14 — отделка поверхностей; 15 — очистка от технологических загрязнений; 16 и 17 — контроль и комплектование деталей; 18, 19, 20, 21 и 22 — соответственно сборка, окрашивание, обкатка, испытания и контроль агрегатов (машины); 23 — сдача машин заказчику

- выбор способа восстановления детали;
- основы маркетинговой и технологической подготовки производства к освоению восстановления деталей;
- современные методы создания оборудования и оснастки в собственном вспомогательном производстве.

При подготовке материала были использованы опыт работы передовых ремонтных заводов СНГ и материалы последних научно-технических конференций на темы восстановления деталей, в том числе в Москве (ВНИИТУВИД "Ремдеталь", Киеве (Ассоциация технологов-машиностроителей Украины, Санкт-Петербурге (НПФ "Плазмацентр"), Новополюцке (ПГУ), Минске (БНТУ, БАТУ), Кишиневе (МГАУ) и Кировограде (КТУ).

Особенности ремонта машин в различных отраслях промышленности прослеживаются в источниках [12—16]. Ремонтное производство с течением времени изменяет свою специализацию. Оно переходит от ремонта полнокомплектных машин к ремонту их агрегатов и сборочных единиц (цилиндропоршневых групп, коленчатых валов с маховиком и сцеплением и др.), восстановлению деталей (в том числе малоресурсных деталей — поршней, вкладышей коленчатого вала и др.) и к выпуску комплектов деталей для текущего ремонта агрегатов. Комплекты восстановленных деталей применяют в эксплуатационных хозяйствах при средних или текущих ремонтах агрегатов. Содержание публикаций последнего времени, учитывающих особенности изменяющейся специализации ремонта машин, направлено на восстановление типовых деталей [17, 18].

Содержание курса. Лекционный курс состоит из нескольких разделов. Вначале рассматривают производство по восстановлению деталей (его материальную базу — средства производства, предметы труда — ремонтный фонд деталей и технологические процессы — функции средств производства и исполнителей над предметами труда). В последующих разделах показывают исходные и ремонтные заготовки производства, механическую и термическую обработку последних. Необходимы разделы по выбору процессов восстановления отдельных деталей, технологической унификации и восстановлению отдельных свойств деталей с измерением величин, которыми характеризуются восстановленные свойства и параметры. Последний раздел посвящают организации восстановительного производства, в том числе созданию и внедрению системы менеджмента качества.

Лабораторные занятия включают работы по определению технического состояния деталей ремонтно-

го фонда, нанесению восстановительных покрытий, лезвийной и абразивной обработке заготовок, пластическому деформированию поверхности восстанавливаемых элементов и измерению деталей.

Практические занятия, способствующие усвоению лекционного курса, включают расчеты режимов различных видов обработки заготовок и выбор средств измерений.

Методические особенности курса. Следование основного материала большинства учебных изданий не соответствует следованию технологических процессов в реальном производственном процессе. Часто, например, описание восстановления деталей следует за описанием процессов сборки агрегатов, а их окрашивание — после обкатки и т. д. Такое представление материала оставляет на долгие годы после изучения дисциплины превратное представление у специалиста о следовании операций в действующем производстве. Доля учебного материала по различным операциям восстановления деталей должна соответствовать доле их трудоемкости в заводских технологических процессах.

Целесообразно изменить глубину классификации деталей ремонтного фонда. Классификация элементов деталей уменьшает в последующем объеме технологической подготовки восстановительного производства за счет широкого использования модульных технологических процессов.

В курсах деталей машин [19] на основе многолетнего опыта проектирования и использования машин определены основные критерии работоспособности деталей и их расчета: прочность (статическая и циклическая), жесткость и виброустойчивость, износная, тепловая и коррозионная стойкость. При восстановлении детали достигают нормативных значений функциональных и ресурсных свойств (показателей). Функциональные показатели характеризуют исправность детали (соответствие их параметров нормативным значениям). Имеется группа ресурсных показателей, которые определяют степень восстановления ресурса. При восстановлении деталей, в том числе и их элементов, доводят до нормативных значений следующие физико-механические свойства и геометрические параметры:

- чистоту поверхностей;
- износостойкость трущихся элементов;
- статическую прочность элементов;
- усталостную (циклическую) прочность детали;
- жесткость упругих деталей;
- герметичность стенок и стыков;
- коррозионную стойкость;
- взаимное расположение и форму элементов;
- точность линейных и угловых размеров;
- шероховатость рабочих поверхностей;

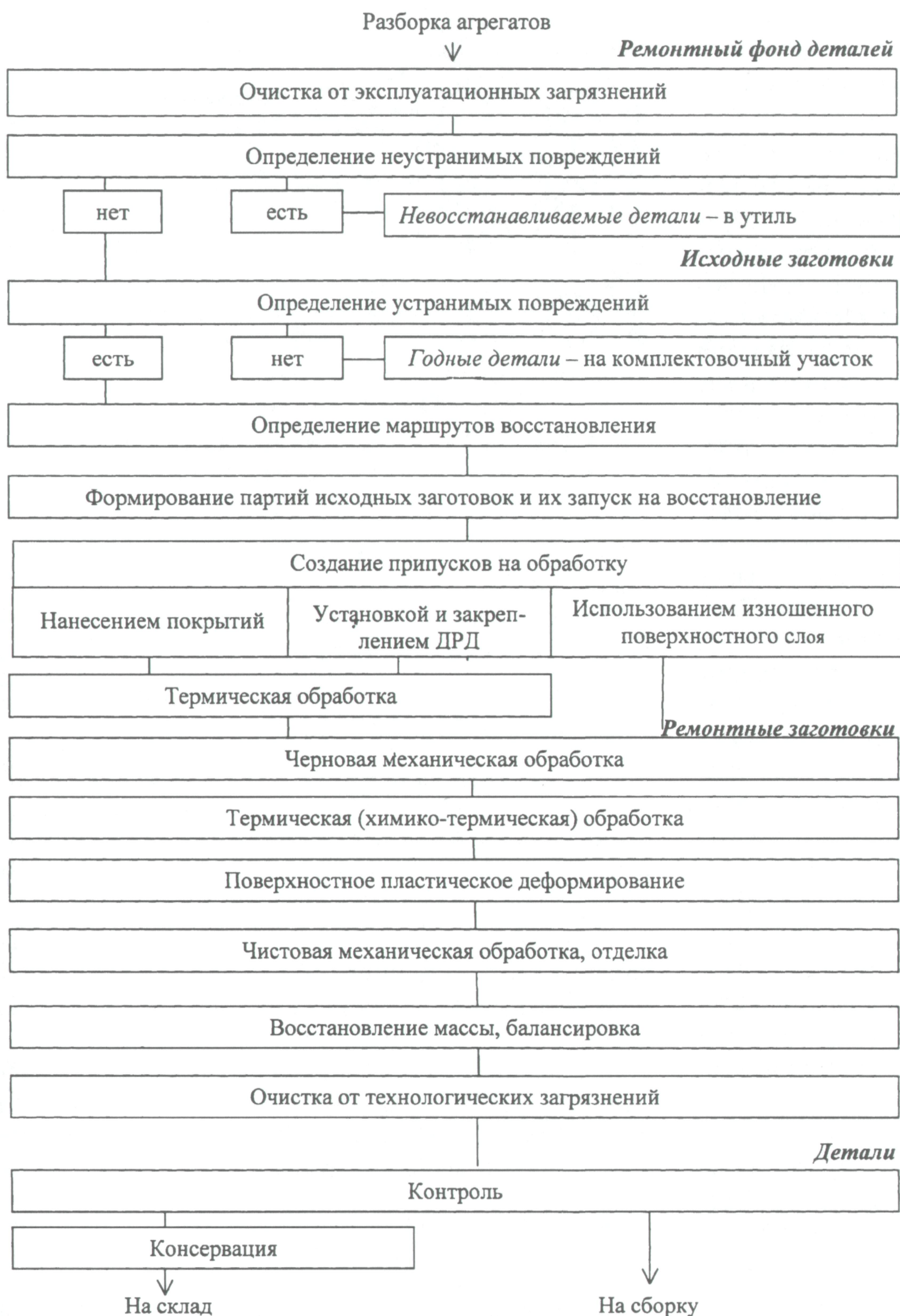


Рис. 2. Схема технологического процесса восстановления деталей

- значение массы детали и ее распределение относительно осей вращения и инерции.

Упорядочению частей курса способствует рассмотрение многооперационного процесса восстановления деталей (рис. 2). Они поступают на восстановление с загрязнениями, изношенными поверхностями, израсходованной усталостной прочностью, измененной массой, уменьшенной жесткостью, утраченной герметичностью, деформированными и другими измененными свойствами и параметрами.

Поврежденная деталь ремонтного фонда в результате технологических воздействий на нее исполнителей и средств восстановления на пути своего превращения в годную деталь последовательно пребывает в состояниях детали ремонтного фонда, исходной и ремонтной заготовок и восстановленной детали. При этом изменяются значения геометрических параметров, химический состав поверхностных слоев, их структура (в том числе дислокационная) и внутренние напряжения в них.

Исходная заготовка представлена в виде очищенной детали ремонтного фонда с устранимыми повреждениями. Исходная заготовка в общем случае превращается в ремонтную заготовку путем создания припусков на восстанавливаемых поверхностях и путем устранения трещин, а ремонтная заготовка — в восстановленную деталь в результате термической и механической обработки. Очередность технологических операций в процессе восстановления детали подчинена накоплению и усилению необходимых свойств детали под влиянием вложенных материалов и энергии в заготовку.

При рассмотрении операций создания ремонтных заготовок и их обработки выделены группы прогрессивных процессов. Заготовки следует оберегать от чрезмерных вложения тепла и

прилагаемых сил и моментов при обработке. Получают распространение плазменные, электронно-лучевые, электроискровые, лазерные и вакуумно-конденсационные процессы. Пластическое деформирование материала заготовки обладает уникальной особенностью обходиться при восстановлении большого количества параметров и свойств без вложения дополнительного материала в заготовку, в отличие от способов нанесения покрытий, установки и закрепления дополнительной ремонтной детали (ДРД).

Восстановление свойств деталей представлено процессами с использованием механической и термической обработки и большой номенклатуры материалов.

В учебной литературе недооценивается роль и объемы технологической подготовки ремонтно-восстановительного производства, которая требует больших материальных, трудовых и энергетических затрат на создание системы средств технологической оснастки (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. человеко-часов, что соответствует более чем полугодовому объему трудоемкости основного производства.

Содержание задачи выбора способа восстановления детали следующее: из числа возможных типов и видов технологических операций, образующих процесс, найти такую их последовательность, которая обеспечивает установленные ограничения по производительности и качеству с наименьшими затратами.

При выборе варианта технологического процесса одновременно ведут поиск как новых, так и оптимальных технических решений. Связное множество операций процесса восстановления детали выбирают из графа (рис. 3), составленного из вершин и дуг. Каждый горизонтальный ряд вершин графа — это i -тое подмножество однотипных технологических операций. Каждый тип операций состоит из $j = (m_1, m_2, \dots, m_k)$ их видов. Так, например, покрытие может быть нанесено наплавкой, напылением, химическим или электрохимическим способами и др. Виды технологических операций находятся из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии, использования новых материалов и различных физических эффектов или их сочетаний. В граф включают лишь те операции, которые обеспечивают установленные ограничения по качеству и производительности восстановления деталей. Длина каждой дуги графа определяется отнесенными к одной детали затра-

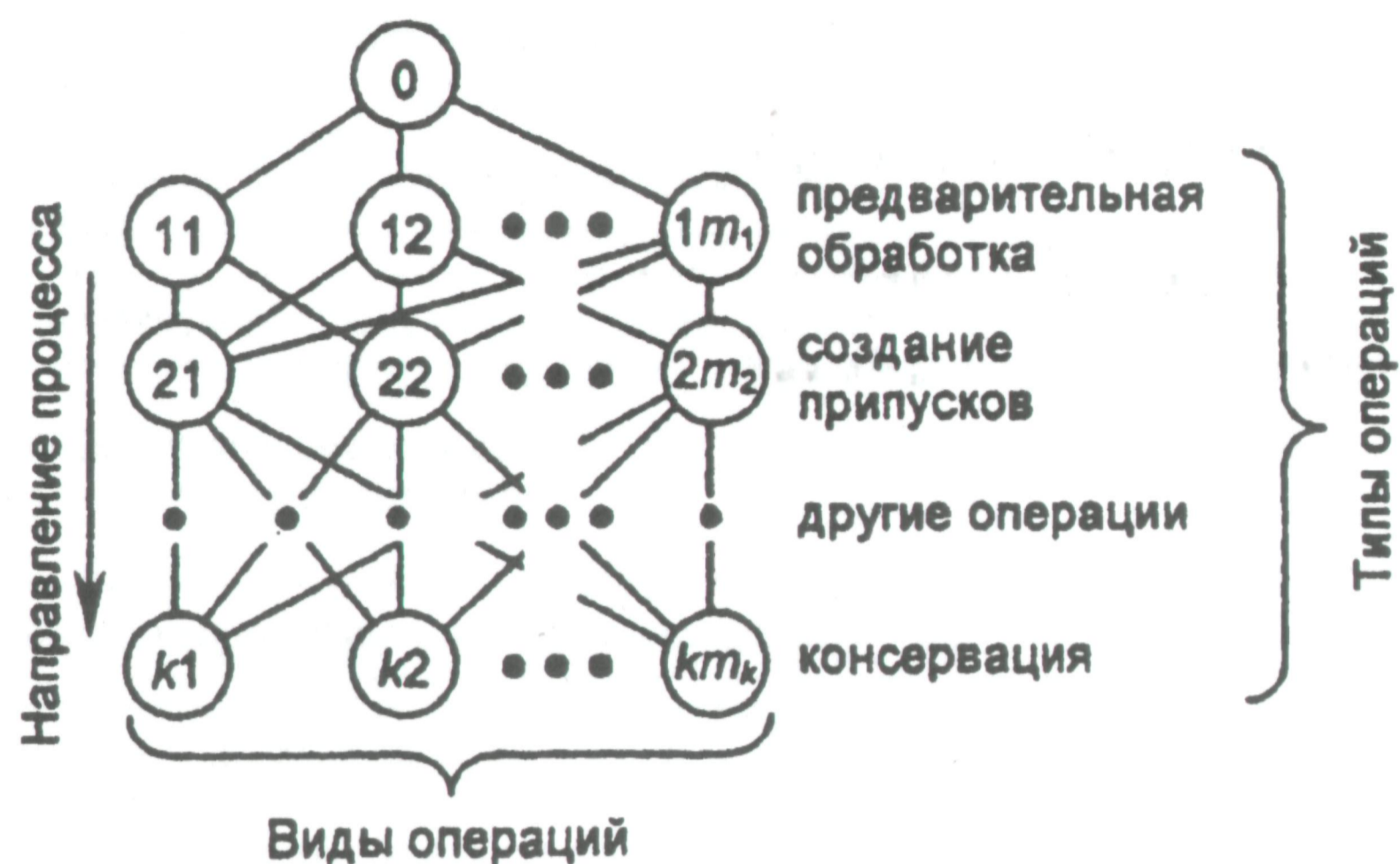


Рис. 3. Граф вариантов технологического процесса восстановления детали: $i = 1 \dots k$ — типы операций; m_1, m_2, \dots, m_k — количество видов операций каждого типа

тами на подготовку и выполнение последующей операции.

Таким образом, множество вершин графа соответствует множеству образующих его операций, а множество дуг — затратам на подготовку и выполнение последующих операций.

Связное подмножество вершин, взятых по одной из каждого ряда графа, определяет один вариант технологического процесса. Число таких вариантов достигает произведения $m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_k$. Несовместимость некоторых операций между собой сокращает количество вариантов процесса.

Оптимизация задачи выражается в поиске кратчайшего пути из вершины O в одну из вершин нижнего яруса графа, а, соответственно, подмножество вершин на этом пути определяют оптимальный состав операций технологического процесса. Кратчайший путь L_{i+1} между указанными вершинами определяют путем решения рекуррентного уравнения в каждой вершине графа

$$L_{i+1} = \min_{\text{по всем вершинам графа}} [L_{(i+1)-1} + L_i],$$

где L_i — затраты на выполнение i -той операции при условии, что соответствующий участок графа выбран оптимальным образом; L_{i+1} — затраты, отнесенные к $i+1$ операциям; $L_{(i+1)-1}$ — затраты, отнесенные к присоединению $(i+1)$ -той операции процесса к i его операциям.

Выбранные на графе направления движения из его вершин обуславливают оптимальные сочетания операций на предыдущих шагах с операцией на последующем шаге. Расчеты при этом ведутся от вершин нижнего их ряда к вершине O , а в вершины графа вносят значения L_{i+1} .

С применением приведенного способа оптимизации ведут также разработку СТО, поскольку эле-

менты графа определяют как процессы, так и устройства, изменяющие одни и те же предметы труда.

Геометрическая точность элементов детали обеспечивается их механической обработкой. Сначала обеспечивают точность взаимного расположения поверхностей детали. При этом в первую очередь обеспечивают нормативные относительные повороты (параллельность или перпендикулярность), а во вторую очередь — относительные расстояния. Затем восстанавливаемым элементам придают правильную форму и точность размеров. В заключение создают необходимую шероховатость поверхностей без изменения достигнутых ранее значений параметров формы и расположения.

Восстановление износостойкости поверхностей включает выбор материала покрытия и способа его нанесения, выбор термической и механической обработки, использования приработочных материалов. При этом учитывают совместимость материалов трущейся пары, обеспечивают необходимые состав и строение их поверхностных слоев и низкое сопротивление сдвигу на границе раздела трущихся тел. Последнее требование выражается правилом положительного градиента механических свойств по глубине поверхностного слоя.

Повреждения, приводящие к нарушению прочности стенок корпусных деталей, представляют собой уменьшение их толщины из-за изнашивания, трещины, разрывы и пробоины по причине усталости или аварийных нагрузок. Применяют установку и закрепление накладок, и ДРД и сварку трещин.

Восстановление герметичности (непроницаемость стенок) основано на использовании герметизирующих (разделительных) материалов, которые заполняют поры в стенках. Разделительные материалы исключают контакт несовместимых сред — герметизируемой и окружающей. Стык уплотнения представлен неоднородным телом с градиентом деформационно-прочностных характеристик [20].

Восстановление усталостной прочности и жесткости детали рассмотрено как процесс наклепа ее материала, при этом усталостная прочность восстанавливается поверхностным пластическим деформированием, а жесткость — объемным.

Измерения свойств и параметров деталей. Соответствие действительных значений параметров деталей их нормативным значениям — одно из условий получения деталей высокого качества, что, в свою очередь, обеспечивает нормативную послеремонтную наработку агрегатов, собранных из таких деталей. При обработке заготовок выбирают средство измерений в зависимости от вида и погрешности измеряемой линейной величины. Используют методы выбора: по коэффициенту уточнения (запасу точно-

сти); на основе информационной теории измерительных устройств; безошибочности контроля.

Следует отметить, что в производстве практически не определяют химический состав и структуру восстановительных покрытий и не измеряют параметры расположения поверхностей деталей, а, следовательно, и не управляют ими. В учебной литературе необходимо привести описание соответствующих средств.

Упрочнение деталей рассматривается как средство уравнивания наработки их и ремонтируемого агрегата. Необходимость упрочнения возникает в том случае, когда наработка детали меньше нормативной и отстает от наработки деталей агрегата. Упрочнение деталей состоит в повышении долговечности элементов этой детали за счет повышения износостойкости, твердости, усталостной прочности, коррозионной стойкости и других свойств. В общем случае под упрочнением детали понимают повышение значений ее геометрических параметров или физико-механических свойств, которые являются определяющими для обеспечения надежности ремонтируемого агрегата. Все многообразие способов упрочнения деталей сведено в три группы: нанесение износостойких покрытий; образование износостойких слоев; пластическое деформирование материала. Операции упрочнения входят в состав процессов изготовления или восстановления деталей.

При рассмотрении видов унификации процессов восстановления деталей преимущество отдано модульному принципу как наиболее эффективному в технико-экономическом отношении.

Организация производства. Восстановительное производство достигает наибольшей производительности и наименьшего расхода ресурсов в результате его надлежащей организации, которая предполагает распределение работ и производственных ресурсов между предприятиями, цехами, участками и рабочими местами, расстановку рабочих и оборудования и налаживание их взаимодействия, формирование производственной структуры и руководство процессами.

Под организацией производства понимают систему мероприятий в составе подготовки, планирования и управления предприятия, которая обеспечивает ритмичный выпуск продукции нормативного качества с необходимой производительностью, надлежащими условиями безопасного труда, без загрязнения окружающей среды и с минимальным расходом производственных ресурсов.

Задачи организации производства в пространстве состоят в обеспечении наибольших объемов выпуска продукции, сокращении транспортной работы по

перемещению ремонтного фонда, материалов, полуфабрикатов и товарных изделий и уменьшению потерь энергии. Предприятие с большими объемами производства позволяет себе иметь разнообразное оборудование с широкими технологическими возможностями и более эффективно решать социальные задачи.

Основные принципы организации производства во времени следующие: дифференциация или концентрация операций, непрерывность и гибкость. Соблюдение этих принципов обеспечивает полное использование производственных возможностей предприятия и его частей.

В курсе должны быть приведены условия повышения объемов восстановления деталей на одном предприятии за счет концентрации производства, его специализации и кооперации с другими предприятиями. Нормативное качество восстановления деталей достигается организацией индустриального производства с внедрением системы менеджмента качества.

Значение курса. Технический уровень восстановительного производства является характеристикой его технического совершенства. Этот показатель оценивают путем сопоставления достигнутых значений установленных показателей с их базовыми значениями. Только то производство достигает высокого технического уровня, которое располагает разнообразными современными процессами и оборудованием для их реализации и оптимально организовано.

Изучение и использование современных СТО, технологических процессов и форм организации будут способствовать повышению технического уровня и эффективности восстановительного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ремонт машин** / Под ред. Н. Ф. Тельнова. М.: Агропромиздат. 1992. 560 с.
2. **Курчаткин В. В., Тельнов Н. Ф., Ачкасов К. А.** и др. Надежность и ремонт машин / Под ред. В. В. Курчаткина. М.: Колос. 2000. 776 с.
3. **Воловик Е. Л.** Справочник по восстановлению деталей. М.: Колос. 1981. 351 с.
4. **Молодык Н. В., Зенкин А. С.** Восстановление деталей машин: Справочник. М.: Машиностроение. 1989. 480 с.
5. **Черноиванов В. И.** Организация и технология восстановления деталей. М.: Агропромиздат. 1989. 336 с.
6. **Батищев А. Н., Голубев И. Г., Лялякин В. П.** Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. М.: Информтехиздат. 1995. 296 с.
7. **Усков В. П.** Справочник по ремонту базовых деталей двигателей. Брянск. 1998. 589 с.
8. **Черноиванов В. И.** Восстановление деталей машин. М.: ГОСНИТИ. 1995. 279 с.
9. **Поляк М. С.** Технология упрочнения: Технологические методы упрочнения: В 2 т. Т. 1. М.: Л. В. Т. Скрипт. Машиностроение. 1995. 852 с.
10. **Поляк М. С.** Технология упрочнения: Технологические методы упрочнения: В 2 т. Т. 2. М.: Л. В. Т. Скрипт. Машиностроение. 1995. 688 с.
11. **Пантелеенко Ф. И.** [и др.] / Восстановление деталей машин: Справочник / Под ред. В. П. Иванова. М.: Машиностроение. 2003. 676 с.
12. **Пекелис Г. Д., Гельберт Б. Т.** Технология ремонта металлорежущих станков. Л.: Машиностроение. 1984. 240 с.
13. **Гвинтовкин И. Ф., Стояненко О. М.** Справочник по ремонту летательных аппаратов. М.: Транспорт. 1977. 312 с.
14. **Балякин О. К.** Технология судоремонта: Учеб. для вузов. М.: Транспорт. 1983. 264 с.
15. **Дорожкин Н. Н., Гимельфарб В. Н.** Восстановление деталей сельскохозяйственных машин. Мн.: Ураджай. 1987. 140 с.
16. **Черновол М. И.** Восстановление и упрочение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб пособие. Киев: УМК ВО. 1989. 256 с.
17. **Схиртладзе А. Г.** Технология восстановления корпусных деталей // Технология металлов. 2001. № 12. С. 30—33.
18. **Схиртладзе А. Г.** Технология восстановления гладких и шлицевых валов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2002. № 5. С. 18—21.
19. **Иванов М. Н.** Детали машин: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк. 1984. 336 с.
20. **Пинчук Л. С.** Герметология. Мн.: Навука і тэхніка. 1992. 216 с.



УТИЛИЗАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 620.193.8

Биоповреждения в авиационной технике

Г. А. КОПЫЛОВ, В. Д. КОВАЛЕВ, Н. В. БАЛАНДИНА

Ставропольское высшее военное авиационное инженерное училище им. маршала авиации В. А. Судца

Проводится анализ влияния микроорганизмов на коррозионные процессы в конструкциях и материалах. Обосновывается необходимость определенных мероприятий для предотвращения биоповреждений. Предлагается использовать электроочиститель в качестве уничтожения микроорганизмов.

Ключевые слова: биоповреждения, коррозия, микроорганизмы, бактерии, грибы.

Одним из главных эксплуатационных показателей авиационной техники является ее долговеч-

ность. Последняя же связана непосредственно с ее сохраняемостью, которая зависит от эффективности мероприятий по защите конструкций от коррозии, старения и влияния биоповреждений. Известно [1], что большинство процессов коррозии металлов и старения полимеров связано с воздействием микроорганизмов. Бактерии, грибы, актиномицеты инициируют и стимулируют процессы коррозии и старения продуктами своей жизнедеятельности, а при прямом или комбинированном воздействии (совместно с другими факторами сре-