В.П.Иванов, *доктор технических наук, профессор*
Полоцкий завод «Проммашремонт»
УДК 621.81.004.67

Совершенствование организации восстановления деталей

Предложена новая концепция подготовки ремонтного производства на основе восстановления свойств элементов изношенных деталей. Методологический принцип концепции заключается в использовании ограниченного числа модульных технологических процессов к восстановлению неограниченного числа деталей.

Приведено содержание технологических модулей восстановления основных свойств элементов деталей. Использование результатов работы обеспечивает уменьшение трудоемкости и сроков технологической подготовки ремонтного производства.

A new concept of the preparation for repair production has been suggested. It is based on restoration of the characteristics of wear and tear components (parts). Methodological principle of the conception is the possibility of using limited number of modulus technological processes and at the same time restoration of unlimited number of components.

A content of technological modulus of restoration of basic characteristics of component elements is cited. Using the results of the work can ensure decreasing labor consumption and periods of technological preparation for repair production.

Суть восстановления изношенных деталей состоит в возвращении им утраченной части материала из-за изнашивания и значений свойств, изменившихся за время эксплуатации. К таким свойствам относятся чистота, взаимное расположение, форма, размеры и шероховатость рабочих поверхностей, износостойкость трущихся элементов, усталостная прочность и жесткость детали, прочность материала детали, герметичность и объем внутренних полостей, масса детали и ее распределение относительно осей вращения и инерции. Значения восстанавливаемых свойств определены нормативной документацией, они являются ограничениями, которые обеспечивают не менее чем 80%-ную послеремонтную наработку детали от наработки нового изделия. Качество восстановления деталей обеспечивается полностью в том случае, когда значения всех параметров, установленных нормативной документацией, как для целых деталей, так и для их элементов, выдерживаются.

Однако практика ремонта показывает, что в количественном отношении в рамках нормативов выдерживается менее половины значений свойств восстанавливаемых деталей. Наибольшее их количество (до 70%) выдерживается при централизованном восстановлении деталей, которое наиболее оснащено и отличается высокой организованностью. Если выполняют нормативные требования к форме, размерам и шероховатости при обработке шеек валов, то с нормативной точностью обрабатывают не более 60% отверстий. Полностью обеспечивают требования к соосности шеек и отверстий и параметрам биения, но параметры параллельности и перпендикулярности элементов выдерживают частично. Остаточная загрязненность поверхностей деталей превышает допустимую в 5 раз и более. Динамическая и смешанная неуравновешенность вращающихся частей превышает нормативную до 1,5-2 раз. Жесткость не восстановленных упругих элементов составляет 60-70% от нормативных значений.

Качество и эффективность восстановительного производства зависят от его организации и оснащенности средствами ремонта. Цель работы заключалась в изыскании резервов повышения эффективности этого производства путем разработки модульных технологий по восстановлению свойств деталей.

Таблица. Наименование, виды нагрузок и характер повреждений деталей и восстанавливаемые свойства

Элементы деталей			*Восстанавливаемые свойства*
Наименование	*Виды нагрузок*	*Характер повреждений*	
Стенки	Удары, гидростатическое давление, вибрации	Пробоины, трещины	Прочность, герметичность
Шейки	Моменты и поперечные силы, переменные по величине и направлению	Износ, усталостные трещины	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость, усталостная прочность
Торцы трущиеся	Осевые силы	Износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Стыки	Усилие смыкания деталей	Деформации	Плоскостность, параметры расположения
Бобышки с гладкими отверстиями	Поперечные силы, переменные по величине и направлению	Деформации, износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Отверстия резьбовые	Усилие затяжки, вибрации	Деформации, износ, разрушение резьбы	Форма, размеры, шероховатость
Резьбы наружные	Усилие затяжки, вибрации	Деформации, износ, разрушение резьбы	Форма, размеры, шероховатость
Конические фаски	Осевые силы, переменные по величине	Износ, наклеп	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Зубья	Контактные нагрузки	Питинговый износ, разрушение	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость, усталостная прочность
Кулачки, эксцентрики	Поперечные силы	Износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость,
Шлицы	Силы, нормальные поверхностям	Износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Упругие элементы	Вибрационные нагрузки	Изменение размеров, усталостные трещины, потеря жесткости	Размеры, усталостная прочность, жесткость

Концентрация и специализация производства внутри ремонтного завода в настоящее время достигаются за счет выделения участков по централизованному восстановлению отдельных деталей [1] и типизации процессов восстановления деталей, которая основана на их классификации [2]. Более глубокая и эффективная унификация процессов и средств на стадии подготовки и организации ремонтного производства достигается за счет преобразования классификации деталей в классификацию их восстанавливаемых элементов. Многообразие восстанавливаемых объектов при этом существенно сокращается, а организация производства изменяется за счет перехода от централизованного восстановления отдельных деталей или их типовых групп к множеству модульных технологий по восстановлению свойств элементов деталей.

К элементам деталей относятся шейки, бобышки с отверстиями, стенки, стыки, торцы и др. (табл.). Наибольшее количество элементов деталей, например у двигателя внутреннего сгорания, приходится на внутренние цилиндры (около 30%). Наружные цилиндрические поверхности составляют 14%, поверхности сложного профиля (конические и сферические) — 5%. На внутренние и наружные резьбы приходится соответственно 12 и 2%. Внутренние полости трех процентов деталей должны быть герметичными. На трущиеся торцы приходится 15% поверхностей и на уплотняемые стыки — 18%. Эти распределения вместе с характеристиками повреждений, необходимыми свойствами восстановленных поверхностей и их точностью дают представление о количестве и видах оборудования и оснастки для нанесения покрытий и последующей их обработке. Каждому виду элементов соответствуют характерные нагрузки, повреждения и способы восстановления. Наибольшее число повреждений деталей связано с износом трущихся поверхностей и накоплением усталостных трещин в материале элементов. Имеются деформации элементов и их разрушение. Реже наблюдается потеря герметичности стенок и стыков.

Новая концепция технологической подготовки процессов восстановления деталей предусматривает разработку модулей восстановления свойств элементов разнотипных деталей, из которых образуют технологии восстановления конкретных деталей. Каждый модуль технологии представляет собой связное множество технологических операций, необходимых для восстановления одного свойства отдельного элемента детали. Системный эффект от применения такого подхода заключается в уменьшении трудоемкости и сроков технологической подготовки производства. Основной методологический принцип концепции заключается в использовании ограниченного количества модульных технологических процессов к восстановлению неограниченного числа деталей.

Содержание технологических модулей восстановления основных свойств деталей следующее.

До 70% элементов деталей достигают предельного состояния в результате естественного изнашивания при длительной эксплуатации. Износостойкость поверхностей восстанавливают нанесением износостойких покрытий, термической или химико-термической обработкой и поверхностным пластическим деформированием. Для повышения послеремонтной наработки агрегатов необходимо обеспечить высокую износостойкость трущихся поверхностей их деталей в условиях абразивного изнашивания. Условия, обеспечивающие повышение износостойкости в этом случае, сводятся к увеличению трущейся поверхности и измельчению структуры материала, наличию в структуре твердых мелкодисперсных включений карбидов и нитридов.

Для износостойких покрытий применяют: металлы (Fe, Cr, Ni, Al, Ti) и сплавы на их основе; самофлюсующиеся сплавы систем Ni-Cr-B-Si-C и Fe-Cr-B-Si-C; оксиды Al_2O_3, ZrO_2, TiO_2, Cr_2O_3, SiO_2, CaO, YO, MgO; карбиды вольфрама в смеси с кобальтом, самофлюсующимися сплавами и интерметаллидами Al, Ti, Ni; карбиды хрома и титана в смеси с самофлюсующимися сплавами, интерметаллидами Al, Ti, Ni и никельхромистыми сплавами; тугоплавкие металлы W, Mo, Nb, Ta в чистом виде и в смеси с самофлюсующимися сплавами; керметы на основе смесей BN-NiCrAl, Mg-ZrO_2-NiCr, MgO-ZrO_2 с Al и Ni, графита с Al_2O_3, Ni с алюминидом никеля, ZrO_2 с алюминидом никеля [3]. Износостойкие покрытия наносят наплавкой, напылением, электролитическим осаждением и другими способами.

Для повышения износостойкости трущихся поверхностей в ремонтном производстве широко применяют закалку с отпуском и улучшение, реже — цементацию, азотирование и цианирование.

Усталостные повреждения валов, деталей подвесок и кузовов проявляются в виде микротрещин, которые могут превратиться в трещины. Наибольшему усталостному разрушению подвергаются шейки коленчатых валов. Остаточный предел выносливости деталей зависит от времени их эксплуатации и ремонтного размера шеек. Предельно изношенные валы по сравнению с новыми деталями имеют относительный остаточный предел выносливости 0,77-0,94. Новые коленчатые валы, например двигателя Д-50, шлифованные сразу под четвертый ремонтный размер, теряют 9,7% предела выносливости [4].

Усталостную прочность восстанавливаемых деталей повышают наклепом. Применяют следующие виды механического упрочнения поверхностей деталей: обкатывание, дробеструйную обработку, центробежную обработку, чеканку, алмазное выглаживание. Механическое упрочнение рекомендуется и для повышения усталостной прочности элементов деталей, при

восстановлении которых наносят наплавочные и гальванические покрытия.

Трещины, в зависимости от места их расположения и скорости роста, делятся на опасные и неопасные. Детали с опасными повреждениями подлежат выбраковке. Шлифование шеек карбюраторных двигателей приводит к удалению поверхностных слоев с усталостными повреждениями, а нанесение покрытий и проточек — к разгрузке наиболее напряженных слоев металла. Все это приводит к восстановлению их ресурса. Шлифование шеек коленчатых валов дизельных двигателей не позволяет полностью удалить разрушенные слои металла в зоне галтелей, поэтому полностью восстановить их ресурс не удается.

Трещины, отнесенные к разряду безопасных, подлежат разделке абразивным кругом и притуплению острых кромок. Образовавшиеся канавки подвергаются наклепу.

Усталостную прочность повышают также наплавкой цилиндрической части шеек и их галтелей проволоками разного химического состава из расчета, чтобы твердость покрытия составляла соответственно 50-56 и 20-24 HRC. Сочетание высоких износостойкости и усталостной прочности достигается при нанесении покрытий с изменяющимися твердостью и составом по его толщине. Покрытие, при его нанесении, растет от восстанавливаемой поверхности к периферии, поэтому послойный синтез его включает последовательное решение трех задач: получение зоны прочного соединения покрытия с основой; получение из дешевых материалов вязкого среднего слоя с высокой усталостной прочностью; создание твердого износостойкого наружного слоя, участвующего в трении, сложного химического состава. Зону галтелей после обработки покрытия полезно обкатать роликами.

Перед установкой и приваркой дополнительных ремонтных деталей в виде стальных закаленных полуколец на шейки коленчатых валов из высокопрочного чугуна необходимо выполнить разгружающие выточки на галтелях в плоскости, перпендикулярной плоскости кривошипа.

В ходе пластического деформирования значительное количество трещин, находящихся в поверхностном слое, смыкается, а объем этого слоя становится более цельным. Пластическое деформирование изменяет дислокационную структуру поверхностного слоя, выравнивает значения физико-механических свойств различных участков поверхности и подавляет местные растягивающие напряжения вновь созданными сжимающими напряжениями, которые повышают предел усталостной прочности элемента детали. Аналогичное влияние оказывает процесс выхаживания при шлифовании. Его необходимо заканчивать раньше, чем будет снят натяг в технологической системе от действия сил шлифования.

Если восстановление усталостной прочности и износостойкости достигают путем поверхностного упрочнения, то восстановление жесткости деталей связано с их объемным упрочнением. Жесткость восстанавливают у деталей (пружин, торсионов, рессорных листов), выполняющих функцию упругих элементов. Для восстановления жесткости деталей применяют механическую, (химико)термическую и комбинированную обработку.

Повреждения, приводящие к нарушению прочности стенок корпусных деталей, представляют собой трещины, разрывы и пробоины. Для их устранения применяют сварку, установку и закрепление дополнительных ремонтных деталей и установку фигурных вставок.

Восстановление герметичности стенок в холодном состоянии возможно с помощью клеевых композиций. Получили распространение анаэробные материалы, которые не содержат растворителей и способны отверждаться без доступа кислорода воздуха. Материалы выпускаются фирмами «Локтайт корпорейшен» (США), «Три Бонд» (Япония), «Ловелл и Ко» (Великобритания). Анаэробные материалы выпускаются и в России под названиями: Анатерм, Унигерм и Вал. Эти вещества представляют собой многокомпонентные составы, способные длительное время оставаться в исходном состоянии без изменения свойств и быстро отверждаться при температуре 15-35 °С без доступа воздуха с образованием прочного мономера.

Взаимное расположение, форму и размеры элементов восстанавливают созданием припусков на изношенных поверхностях и их обработкой.

Соосность шеек валов и отверстий под подшипники, определяемая путем измерения биения этих поверхностей относительно базовых, обеспечивается совместной обработкой этих элементов в одном переходе или одном установе.

Нормативные значения параметров расположения обеспечивают обоснованным выбором технологических баз при механической обработке восстанавливаемых элементов. Точность взаимного расположения поверхностей будет достаточной, если совмещены технологические и измерительные базы. В качестве баз необходимо выбирать поверхности наибольшей площади, а точные взаимосвязанные поверхности следует обрабатывать на одних и тех же технологических базах. Однако приведенное требование не всегда выполнимо.

Выбор связного множества базирующих поверхностей при механической обработке восстанавливаемых поверхностей подчинен следующему принципу. Во-первых, технологические базы на данной операции совпадают с измерительными базами для определения линейных и угловых размеров. Во-вторых, обработанные поверхности в данном установе используются в качестве измерительных баз для определения параметров расположения в пос-

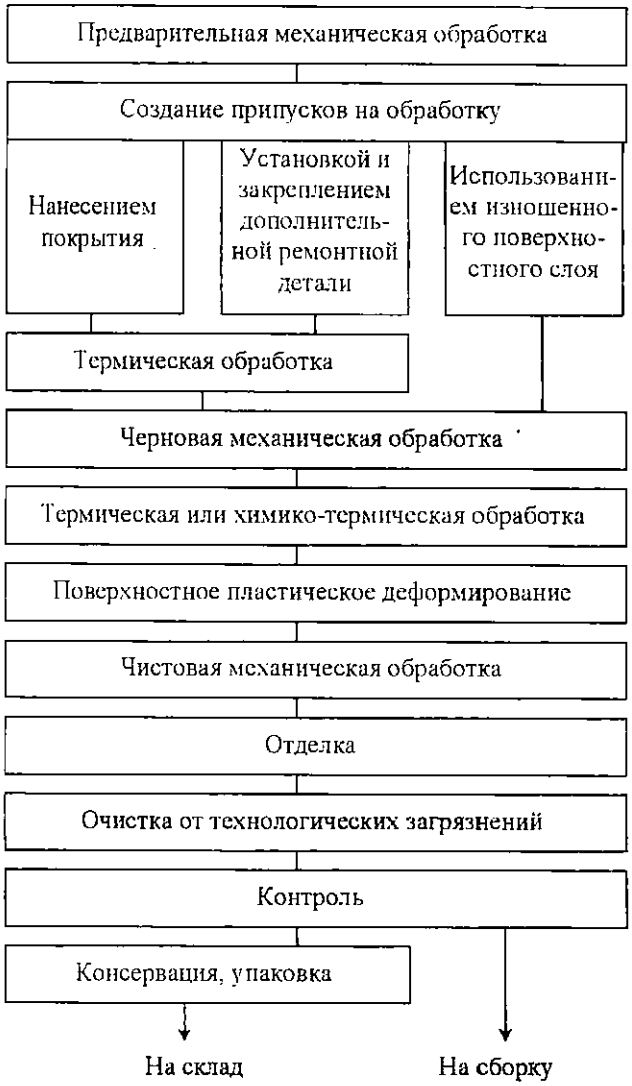

Рис. Схема технологического процесса восстановления детали

ледующем установе. Указанное множество баз может быть выбрано из графа отношений основных поверхностей ремонтной заготовки [5]. Следует учесть, что при восстановлении деталей обеспечивают необходимую точность параметров взаимного расположения поверхностей двух групп. Первую группу поверхностей обрабатывают при ремонте, а вторую группу поверхностей обработали ранее при изготовлении детали и при ремонте оставляют без изменения.

Плоскостность, цилиндричность и другие параметры формы элементов достигаются постепенным ее уточнением путем разделения процесса на операции и переходы. Большое значение имеет применение исправных и хорошо отрегулированных станков. Последнее условие определяется состоянием шпиндельных подшипниковых узлов, направляющих и их клиньев. Точные станки должны быть изолированы от вибраций оборудования, расположенного рядом, путем установки на массивные фундаменты или виброопоры.

Прямолинейность и параллельность осей деталей, а в некоторых случаях и их размеры, восстанавливают правкой. Технологическое воздействие применяют для устранения остаточных деформаций изгиба, коробления или скручивания. Направление действующей силы, как правило, совпадает с направлением требуемой деформации и в большинстве случаев перпендикулярно оси детали. Правят валы, шатуны, оси, клапаны, тяги, рычаги, рамы, кронштейны и другие детали. Правку, как и другие виды пластического деформирования, ведут без нагрева и с нагревом.

При черновой механической обработке снимают основную часть операционного припуска. Если условно разделить этот вид обработки на две части, то в первой части ее обеспечивают нужное взаимное расположение поверхностей детали, а во второй — форму ее геометрических элементов.

В результате чистовой обработки достигают заданную точность размеров и шероховатость поверхностей, близкую к нормативной.

Для каждого типового элемента детали разрабатывают технологии восстановления его свойств. Пределы изменения значений режимов устанавливают в зависимости от значений размеров элемента. Полученные технологии являются модулями, они образуют процесс восстановления конкретной детали (рис.). У детали обычно восстанавливают несколько элементов, каждый из которых характеризуется рядом свойств.

Каждая часть технологического модуля занимает свое определенное место в общем процессе восстановления детали.

Сначала ведут предварительную механическую обработку восстанавливаемых элементов для придания им правильной геометрической формы и обеспечения равномерной толщины будущих покрытий.

Затем следуют операции по созданию припусков на обработку элементов детали путем нанесения покрытий или установки и закрепления дополнительных ремонтных деталей, или пластического деформирования материала.

Все технологические операции, связанные с тепловложением в материал детали, должны быть объединены в одной части технологического процесса и отделены от последующих операций термической обработкой для снятия внутренних напряжений, уменьшения размера зерна материала и стабилизации формы и размеров детали.

Черновая обработка обычно лезвийная, она выполняется на токарных, расточных и фрезерных станках. Реже она бывает абразивной.

Поверхностная термическая или химико-термическая обработка служит для обеспечения высокой износостойкости трущихся поверхностей.

Чистовая обработка для шеек валов — это, в большинстве случаев, абразивная обработка, а для отверстий — тонкое растачивание и хонингование.

Элементы деталей, воспринимающие знакопеременную нагрузку, после чистовой обработки проходят операцию поверхностного пластического деформирования.

Назначение отделочных операций (полирования, суперфиниширования, хонингования) заключается в снятии разупрочненного, в результате механической обработки, слоя и обеспечении требуемой шероховатости поверхности.

На обработанных деталях находятся технологические загрязнения (стружка, зерна абразивного инструмента, остатки СОЖ, полировальные пасты и др.), которые способны в течение нескольких часов работы вывести из строя систему смазки отремонтированного агрегата или агрегат в целом. Детали, направляемые на сборку, должны быть очищены от этих загрязнений. Особое внимание уделяют очистке масляных каналов и внутренних полостей. Общую очистку от технологических загрязнений ведут в проходных струйных или погружных машинах.

Операция контроля заключается в установлении соответствия состояния восстановленной детали требованиям технической документации (чертежа, карты технического контроля). Контрольная операция оснащена средствами для измерения геометрических параметров, значений физико-геометрических свойств и других характеристик.

Консервационную защиту деталей до 3-5 дней обеспечивают технические моющие средства, применяемые для очистки деталей от технологических загрязнений. Для более длительного хранения (это относится к деталям, предназначенным для продажи) необходима специальная консервация маслами, промасленной бумагой, парафинсодержащими и другими материалами.

В соответствии с технологическим процессом восстановления детали предполагается перестановка технологического оборудования с изготовлением комплекта оснастки блочно-модульного строения [6, 7].

Внедрение концепции модульных технологических операций по восстановлению свойств деталей обеспечивает:

— безусловное достижение нормативного качества восстановления деталей за счет учета всех свойств деталей и восстановления их значений;

— уменьшение трудоемкости работ за счет объективного определения технического состояния деталей, выполнения самого необходимого объема работ по их восстановлению и исключения повторения ряда операций;

— учет повреждений исходных заготовок и планирование объемов восстановления деталей;

— уменьшение производственной площади восстановительного производства за счет сокращения числа участков восстановления деталей, оптимизации их планировок и внедрения модульной технологической оснастки.

Литература

1. Какуевицкий В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей. – Москва: Транспорт, 1993. – 176 с.

2. Ремонт автомобилей: Учебник для вузов / Л.В.Дехтеринский, К.Х.Акмаев, В.П.Апсин и др.; Под ред. Л.В.Дехтеринского. – Москва : Транспорт, 1992. – 295 с.

3. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А.Витязь, В.С.Ивашко, А.Ф.Ильющенко и др. Минск: Бел. навука, 1998. – 583 с.

4. Лялякин В.П. Методы повышения ресурса деталей дизельных двигателей при их восстановлении: / Дисс. в виде науч. доклада... д.т.н.: 05.20.03. – Москва: ВНИИТУВИД «Ремдеталь», 1996. – 54 с.

5. Иванов В.П. Повышение качества ремонта блоков цилиндров автомобильных двигателей // Двигателестроение. – 1990. – № 11. – С. 41-42

6. Иванов В.П. Система исполнительных устройств ремонтно-технологического оборудования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1996. – № 9. – С. 24-26

7. Коробко В.И., Иванов В.П. Блочно-модульное проектирование системы средств технологического оснащения ремонтного завода // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1994. – № 3-4. – С. 18-20