

УДК 621.436.004.67

# СБЕРЕЖЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ И СОПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ

В.П. ИВАНОВ, д.т.н. (ОАО Полоцкий завод «Проммашремонт»)

При создании деталей и их сопряжений в них закладывается способность в течение заданной наработки выполнять служебную функцию. Долговечность элементов как специфичный ресурс ремонта частично или полностью расходуется при использовании машины по назначению. На долговечность деталей влияют физико-механические свойства их материала и рабочих поверхностей, точность изготовления, уравновешенность и условия эксплуатации. Ряд деталей агрегатов способен выдержать наработку более одного межремонтного цикла. Например, детали газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания, его поршневые пальцы и шатуны выдерживают более пяти межремонтных циклов.

Детали агрегатов в своем большинстве приходят на восстановление, имея запас остаточной долговечности, использование которой составляет основной источник экономической эффективности ремонта машин. Япония удовлетворяет потребность в запасных частях на 40% путем восстановления изношенных деталей, США, Германия и Австрия - на 30...35%, а СССР в 1990 году удовлетворял эту потребность на 18%. Восстановление изношенных деталей в нашей республике сокращает использование дорогих запасных частей, поступающих главным образом из-за рубежа, и частично решает проблему импортозамещения.

Однако остаточная долговечность деталей может быть частично или полностью утрачена при ремонте техники вследствие их разрушения или нанесения трудоемких повреждений при разборке, необоснованном отнесении деталей к разряду утильных при определении их технического состояния, значительного теплового воздействия и деформирования при создании припуска на обработку, растачивании или шлифовании через один и более ремонтный размер, отсутствии производственных мощностей и опыта для устранения некоторых повреждений, неоптимальной приработки сопряжений агрегатов.

Основные мероприятия по сбережению остаточного ресурса деталей и сопряжений при их восстановлении следующие: применение механизированных средств разборки; нахождение в ремонтном фонде деталей, размеры которых находятся в полях допусков, установленных нормативно-техническими документами; пересмотр требований Руководств по капитально-

му ремонту машин об обязательной замене ряда деталей на новые; расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей; применение концепции восстановления деталей с учетом значений их повреждений; применение принципов необезличенного ремонта; обоснованный выбор технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей; ресурсосберегающая приработка сопряжений.

Сохранность деталей при разборке обеспечивается: применением специализированных стенов для узловой разборки сопряжений со статическим приложением разборочного усилия; учетом деталей; внедрением системы оплаты труда за сданные неразрушенные детали на посты определения их технического состояния и сортировки. Легче разбираются хорошо очищенные сборочные единицы, при этом детали меньше повреждаются. Повреждение деталей при разборке агрегатов проявляется в виде обломов фланцев, трещин в толстостенных корпусных деталях, вмятин в тонкостенных деталях, забоин на точных поверхностях, изогнутости осей деталей - тел вращения (валов, клапанов), срыва резьбы, деформации стыковых плоскостей и др. Такие повреждения увеличивают расход запасных частей до 15% или объем восстановительных работ - до 20%.

При создании типоразмерного ряда механизмов для разборки прессовых сопряжений учитывают, что фактическое разборочное усилие превышает расчетное сборочное до двух раз. Для разборки сопряжений усилием до 6,83 кН эффективно применение пневматических механизмов с диаметром цилиндра до 160 мм, использующих сжатый воздух под давлением 0,39 МПа. При превышении потребного усилия разборки целесообразно применять гидравлические приводы с диаметром цилиндра не менее 63 мм при питании их маслом под давлением 7,85 МПа. Рекомендация обоснована расчетом и сопоставлением эксплуатационных затрат на работу пневмо- и гидромеханизмов. При малых значениях усилия привода, например 2,35 кН, эксплуатационные затраты на гидравлические устройства в 1,7 раза больше, чем на пневматические, при значении усилия привода 12,8 кН они примерно равны, а при дальнейшем увеличении усилия разборки затраты на эксплуатацию пневмоприводов превышают соответствующие затраты на гидроприводы.

Определялась возможность расширения множества повторно применяемых деталей за счет отбора из ремонтного фонда тех деталей, значения параметров которых находятся в пределах установленных допусков, тем более, что годная деталь ремонтного фонда обходится производству в 3...5% от цены новой детали завода-изготовителя, восстановленная - в 10...30%, а приобретенная - в 110...200%. Были обследованы детали ремонтируемых автомобильных двигателей ЗМЗ-53-11: поршни, поршневые пальцы, вкладыши коренных и шатунных шеек коленчатого вала и втулки распределительного вала. Для обследования и измерений были представлены 1000 поршней, 700 поршневых пальцев, 1200 вкладышей коленчатого вала и 300 втулок распределительного вала, что в несколько раз превышало минимальное количество изделий в группе, необходимое для обеспечения точности результатов, соизмеримых с погрешностью применяемых средств измерений. Измерения производились с помощью приспособлений и мерительного инструмента на постах определения технического состояния соответствующих деталей. Диаметры отверстий во втулках распределительного вала измерялись в запрессованном положении в блоке цилиндров. Результаты измерений представлены на рисунке, где зависимости  $r(b)$  представляют собой интегральные функции распределений.

Средние значения доли годных деталей и стандартные ошибки их определения следующие: поршней -  $0,165 \pm 0,021$ , поршневых пальцев -  $0,171 \pm 0,032$ , шатунных вкладышей коленчатого вала -  $0,258 \pm 0,053$  и втулок распределительного вала -  $0,190 \pm 0,041$ . Дополнительно следует отметить, что доля годных накладок ведомых дисков сцепления составляет 25...30%.

Оснащение постов определения технического состояния деталей необходимыми средствами и организация сопутствующих слесарных работ, обеспечивают выявление множества деталей с размерами, формой поверхностей и их взаимным расположением, удовлетворяющих требованиям к годным изделиям, что в конечном итоге приводит к сокращению затрат на ремонт. Наличие множества деталей с допустимыми износами объясняется меньшей наработкой отремонтированных агрегатов по сравнению с новыми, различной износостойкостью поверхностей деталей, разными условиями эксплуатации и присутствием деталей, установленных на агрегат перед сдачей его в капитальный ремонт. Названные работы экономически выгодны, начиная с небольших объемов ремонта - 1...1,6 тыс. агрегатов в год. При объемах ремонта 6,3 тыс. двигателей ЗМЗ-53-11 в год экономический эффект от реализации мероприятия обеспечивает уменьшение себестоимости ремонта на 15...20%.

Число освоенных операций на отдельных заводах, применяемых для восстановления деталей, как правило, не превышает десятка (электродуговая и газовая сварка и наплавка, пайка, точение, шлифование). Расширение множества способов нанесения покрытий (га-

зопорошковой и электромагнитной наплавкой, электролизом, напылением, намораживанием, электроискровой обработкой, лазером, электронным лучом и др.) и их механической обработки (сверхтвердыми материалами, абразивами из хромистотитанистого электрокорунда и др.) позволяет увеличить количество восстанавливаемых деталей, даже за счет тех, которые, согласно руководству по капитальному ремонту, подлежат замене на новые, например, поршней и вкладышей коленчатого вала. Развитие материальной базы ремонта позволяет устранять с меньшими затратами и трудоемкие повреждения, например, трещины, проходящие через нагруженные элементы деталей.

На Полоцком заводе "Проммашремонт" разработаны и впервые в Беларуси внедрены процессы и средства для восстановления наиболее сложных в технологическом отношении малоресурсных деталей: поршней и вкладышей коленчатого вала [1-3]. Процесс восстановления поршня включает: очистку, точение головки и канавок, создание технологических баз, изготовление, установку и закрепление дополнительной ремонтной детали (ДРД) в зоне канавок под кольца, точение канавок, копирное шлифование юбки, разворачивание отверстия под поршневой палец. Здесь способ установки и закрепление ДРД сочетается со способом ремонтных размеров. ДРД применяют для выполнения канавок номинальной ширины под поршневые кольца. Отверстие под поршневой палец разворачивают под ремонтный размер, а юбку шлифуют до предыдущего ремонтного (номинального) размера. По приведенной технологии на заводе восстанавливали в год до 50 тыс. поршней.

Вкладыши коленчатых валов карбюраторных двигателей допускают одно растачивание под ремонтный или номинальный размер на станках повышенной точности Одесского станкозавода. При исчерпании такой возможности на рабочие поверхности сталеалюминиевых вкладышей, выполненных из материала АО-20-1 или АО-6, наносят гальванические покрытия из антифрикционных сплавов Pb-Sn-Sb или Pb-Sn-Cu из борфтористоводородных электролитов. Подобранные составы растворов и режимы осаждения позволяют наносить покрытия со скоростью до 1,35 мкм/мин. Производительность процесса зависит от объема используемых ванн и толщины покрытий. В 2...3-х ваннах объемом 350...370 л можно наносить покрытия толщиной 120 мкм на поверхности 500...600 вкладышей в смену. Восстановленные комплекты вкладышей эксплуатируются на двигателях ЗМЗ-53-11 в хозяйствах Витебской области с февраля 1998 г. Нарботка этих вкладышей не уступает наработке новых деталей. Имеются предложения по восстановлению изношенных вкладышей подшипников пайкой или напылением.

Следует отметить, что восстановление малоресурсных деталей увеличивает затраты живого труда на 12,8 чел-час (применительно к ремонту автомобильного двигателя с рабочим объемом 4,8 л), но тем не менее

приносит экономический эффект. Затраты на восстановление поршней составляют 10...30% от стоимости новых деталей, для вкладышей это соотношение равно 10...50%.

Действующая концепция восстановления изношенных деталей предполагает, как правило, бинарный принцип определения каждого повреждения (оно есть или его нет) и однозначность технологии его устранения. При этом, всесторонне состояние восстанавливаемых элементов не учитывается, а технология построена на устранении повреждения с наибольшим значением его характеристики, что в большинстве случаев сопряжено с повышенным расходом труда и производственных ресурсов. Дифференцированное назначение совокупности технологических воздействий по устранению повреждений с учетом характеристик этих повреждений даже при многовариантной восстановительной технологии обеспечивает уменьшение потребления производственных ресурсов.

В ряде случаев целесообразно введение ремонтных размеров с минимальным ремонтным интервалом на те элементы деталей, для которых они не предусмотрены. Рациональному использованию общего ремонтного припуска за весь срок службы способствует правка длинных деталей (коленчатых и распределительных валов, осей коромысел и др.), применение адаптивных схем базирования [4] и повышение точности обработки.

Внедрение элементов необезличенного ремонта направлено на полное использование остаточного ресурса деталей за счет сохранения взаимного расположения поверхностей деталей, достигнутого в результате их приработки и эксплуатации, и использовании стабилизации внутренних напряжений в материале деталей. Такой ремонт не увеличивает массу дисбаланса вращающихся деталей и сохраняет значения параметров зацепления шестерен.

При определении условий применения необезличенного ремонта двигателей установлено [5], что сохранение комплектов деталей уменьшает на 38...42% объем механических и балансировочных работ. Основан, исходя из остаточной долговечности, стоимости и состояния деталей и сборочных единиц, сохраняемый при ремонте их комплект. Область эффективного применения обезличенного ремонта ограничена объемами ремонта 4...6,3 тыс. двигателей в год. Необезличенный ремонт стимулирует заказчика беречь ремонтный фонд и поощряет сдачу его в ремонт в состоянии, пригодном для восстановления, потому что из ремонта будет получен тот же экземпляр машины, который был сдан в ремонт. В обезличенный ремонт сдают в настоящее время только 4% двигателей, требующих первого ремонта, а 80% двигателей сдают в состоянии металлолома и не менее чем в третий ремонт.

Большое значение на долговечность сопряжений оказывает правильно организованная их приработка.

Например, минимальное значение зазора между вкладышем и шатунной шейкой коленчатого вала двигателя ЯМЗ-238НБ равно 76 мкм, а максимальное - 126 мкм (допуск посадки - 50 мкм). При увеличении этого зазора на 200 мкм появляется стук шатунного подшипника и двигатель снимается с эксплуатации. За время приработки зазор в подшипниках должен увеличиваться на минимальную величину, а в лучшем случае не измениться.

Процесс приработки сопряжений должен обеспечить упругопластическое деформирование микровыступов поверхностей в сочетании с разрушением когезионных связей в тонком поверхностном слое металла. Это возможно при образовании на поверхности трения хорошо закрепленного, но менее прочного слоя, чем основной металл. Подобный эффект возможен при нанесении на основную поверхность слоя пластичного мягкого металла или в результате взаимодействия смазки с основным металлом. Первый способ обеспечивается нанесением прирабочных покрытий, второй - реализуется в избирательном переносе. Необходимые условия избирательного переноса [6]: материал поверхности не должен наклепываться, но иметь способность к сдвигообразованию; отсутствие оксидных пленок в зоне трения; способность частиц, отделившихся с одной поверхности, схватываться с сопряженной поверхностью; сами частицы должны обладать высокой пластичностью. Наиболее подходящим материалом, способным при трении не окисляться, не наклепываться, легко восстанавливаться из оксидов и прочно адсорбировать смазочный материал, является медь. Внедрена обкатка ремонтируемых двигателей на масле с растворимой, содержащей медь присадкой, обеспечивающей режим избирательного переноса. Присадку в виде моноолеата меди С17 Н33 СООСн получают на заводе в результате взаимодействия оксида меди с олеиновой кислотой. Прирабатываемость вкладышей к шейкам коленчатого вала и стабилизация момента его проворота достигаются в два раза быстрее, чем в условиях традиционной обкатки.

Внедрение предложенных технических решений на заводах ремонтной отрасли обеспечивает экономию запасных частей на один ремонтируемый агрегат в размере 5...40 млн руб.

## Литература

1. Иванов В.П., Титов В.Ф. Ремонт поршней двигателя ЗМЗ-53 //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1993.- N10. С. 23-24.
2. Пат. 707 (ВУ), МКИ В23 Р6/00. Способ восстановления канавок поршней. //Иванов В.П., Титов В.Ф., Сухоруков В.Ф. - Заявка N 45; Заявлено 22.12.92; Зарегистрировано 03.01.95.
3. Степанова Л.И., Пуровская О.Г., Иванов В.П., Подосетников М.В. Восстановление вкладышей подшипников скольжения путем гальванического осаждения многокомпонентных сплавов //Современные мате-

риалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Тематический сб.- Новополоцк, 1999.- С. 182.

4. Степанов А.Г. Оптимизация восстановления коленчатых валов ремонтными размерами // Состояние и перспективы восстановления, упрочнения и изготовления деталей: Материалы науч.-практ. конф. - М., 1999.- С. 188-194.

5. Иванов В.П. Организация необезличенного ремонта машин // Весті Академіі аграрных навук Рэспублікі Беларусь, 1999.-N 1. - С. 89-91.

6. Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенков В.Ф. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей. - М.: Колос, 1995.- 175 с.

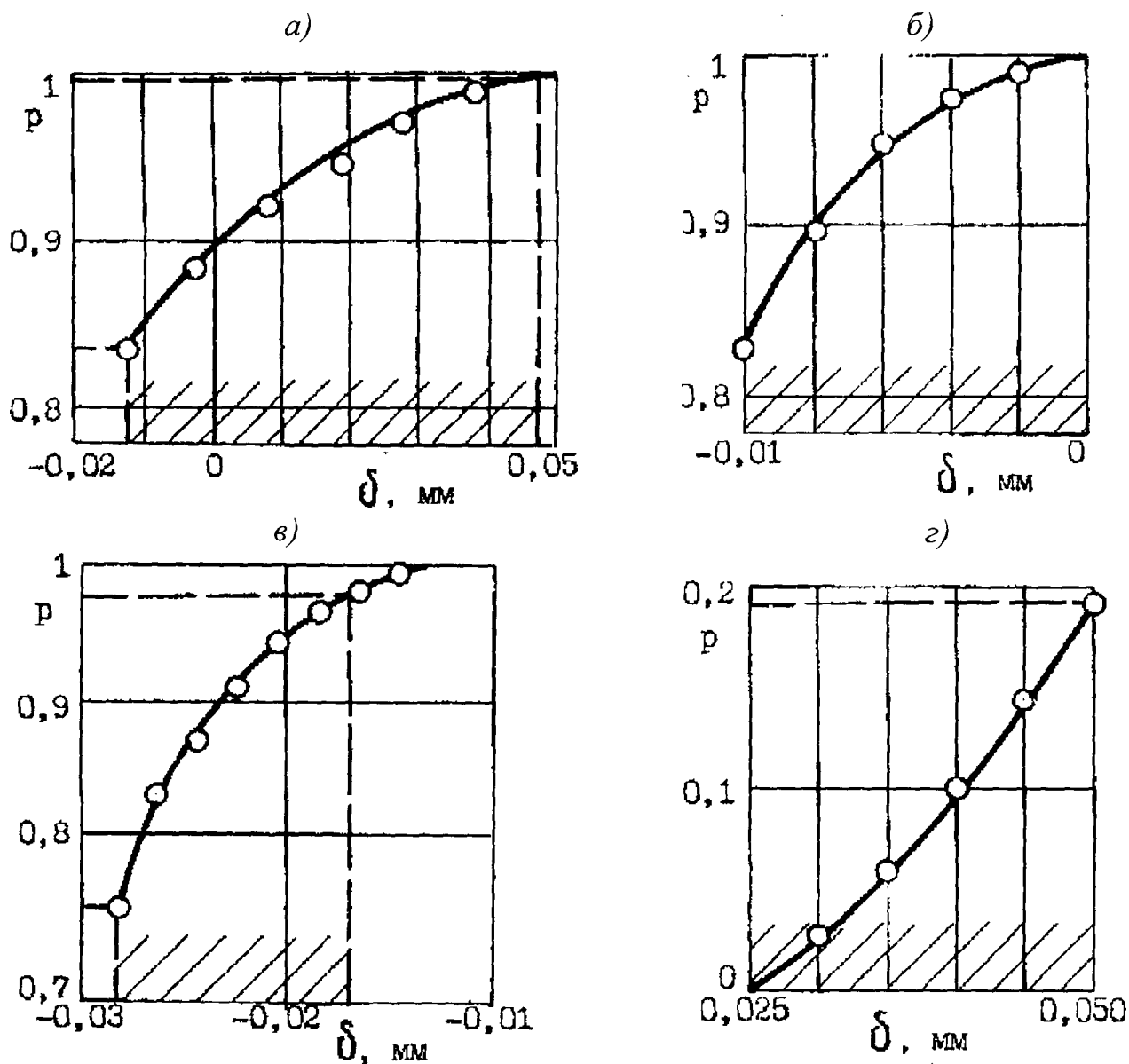


Рис. Интегральные распределения ( $p$ ) отклонений ( $\delta$ ) от номинальных или ремонтных размеров основных элементов исходных заготовок:

- а - поршня (диаметра юбки);
- б - поршневого пальца (диаметра рабочей поверхности);
- в - вкладышей (толщины);
- г - втулок распределительного вала (диаметра отверстий).