

По данным качества продукции нефтяных скважин центробежные насосы перекачивают нефтепродукты с содержанием 250...450 мг/л механических примесей, представленные на треть продуктами коррозии, остальные – частицами горных пород, причем, гранулометрический состав на 80% по массе представлен частицами размером не более 100 мкм. При этом 30...40% отказов центробежных насосов приходится на механические примеси.

Во время работы насоса с подачей 100 л/мин при загрязненности масла 0,005% в течение года (2000 часов) через него будет проходить 480 кг загрязнений. Очевидно, что такая масса твердой примеси имеет значительное влияние на эксплуатационные характеристики насоса.

Исследованиями установлено, что при повышении количества примеси выше предусмотренных норм в несколько раз увеличивается износ пар трения, при этом улучшение очистки рабочих жидкостей позволяет увеличить срок службы насосов в 10 раз, гидроаппаратуры – в 5...7 раз.

Отказа гидроприводов станков в 75% случаев прямо или косвенно связаны с загрязнением рабочей жидкости из-за неудовлетворительных условий хранения, транспортировки, заправки и эксплуатации. Выполнение надлежащих требований к чистоте гидравлической жидкости позволяет повысить надежность станочных гидроприводов и уменьшить затраты при эксплуатации в среднем на 50%. Повышение тонкости фильтрации рабочей жидкости в гидросистеме станка с 25 до 5 мкм повышает ресурс работы в 2...5 раз. Но при этом фильтрация гарантирует наибольший эффект лишь при систематическом соблюдении требований по типам используемых гидравлических жидкостей, правилам их хранения и транспортировки, качества очистки и герметизации гидросистем, регламентам их эксплуатации [2].

Практика показывает, что значительное число летных аварий связано с отказом гидравлической системы самолета. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, повышенная загрязненность рабочих жидкостей в 70...90% случаев является причиной отказов гидросистем самолета, а в 20,5% случаев – отказов газотурбинных двигателей. Кроме того, загрязнение воды приводит к снижению долговечности агрегатов в 1,5...3 и более раз.

Приведенные выше примеры обосновывают актуальность задачи гидромашиностроения по разработке устройств для очистки гидравлических жидкостей от механических частиц примеси. Важными показателями этих устройств должны быть: простота конструкции, высокая надежность и безотказность, отсутствие потребности в дополнительном техническом обслуживании. Ресурс работы устройств должен быть гарантировано выше ресурса работы основного оборудования.

Литература

1. Удлер, Э.И. Средства фильтрации для мобильных машин и механизмов, эксплуатируемых при пониженных температурах / Э. И. Удлер[и др.]// Тез.докл. международной конференции. – Тюмень, 1996.
2. Логвинов Л. М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости / Л. М. Логвинов. – М.: ЦНТИ «Поиск», 1992. – 91 с.

УДК 621.81

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Огородник И.А., к.т.н., Гречихин Д.С.¹, Василевский П.Н.²

¹ООО «Себрис», ²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

На процессы утраты работоспособности машин оказывает влияние большое количество технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов. Модели этих процессов могут быть разработаны на основе изучения связей эксплуатационных свойств деталей, узлов, механизмов и машины в целом с условиями и технологией изготовления деталей и сбор-

ки машины, а также с условиями и режимами ее эксплуатации. Большинство этих связей можно отнести к связям наследственного типа. При этом различают технологическую наследственность, обусловленную последовательностью технологических операций, режимами обработки деталей, качеством контроля и регулировки механизмов, и эксплуатационную, обусловленную последовательностью и интенсивностью эксплуатационных воздействий на узлы и механизмы машины в процессе ее работы, периодичностью и качеством ремонтных работ [1].

Уменьшение сроков службы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) после капитального ремонта также связано с явлением технологической и эксплуатационной наследственности в деталях, таких как нарушения микротвердости, геометрических параметров, уменьшения усталостной прочности и др.

При восстановлении изношенных деталей предусматривается использование части уже работавших деталей, износ которых не достиг предельной величины. Изношенные детали сохраняют «память о предшествовавшем периоде эксплуатации в виде определенного распределения износа по поверхностям трения, пластических деформаций локальных объемов материала, усталостной прочности и других повреждений, связанных с видом интенсивностью и продолжительностью нагрузочных воздействий. В зависимости от величины накопленных повреждений эти детали оказывают влияние на условия работы и нагруженность отдельных узлов и механизмов машины после ремонта. От величины частично изношенных деталей в значительной степени зависит долговечность узлов, агрегатов, двигателей и машины в целом.

Известно, что макрогеометрия деталей машин во многом определяет надежность работы узлов и механизмов. Искажение геометрической формы, связанное с технологией изготовления и сборки, условиями работы (температурные и упругие деформации) и качеством ремонтных работ, приводит к нарушению правильного расположения осей и поверхностей, возникновению вследствие этого очагов повышенного износа или задиров, пластических деформаций и других форм интенсивного разрушения рабочих поверхностей. Значительно повышается вероятность поломки деталей типа осей, валов и подшипников из-за перегрузок.

Основными деталями, влияющими на долговечность двигателей, являются коленчатый вал, блок цилиндров и гильзы цилиндров.

В результате исследований, установлено, что основными дефектами отремонтированных блоков является нарушение перпендикулярности осей цилиндров и оси коленчатого вала, несоосность опор коренных подшипников.

Причиной возникновения вышеуказанных дефектов является деформация блоков цилиндров после их механической обработки, которая возникает в период эксплуатации двигателей до первого капитального ремонта. В последующее время блоки цилиндров не деформируются, лишь только изнашиваются [2].

У всех блоков цилиндров при поступлении двигателей в первый капитальный ремонт необходимо восстановить плоскостность верхней и нижней поверхности блока, соосность коренных отверстий, перпендикулярность осей цилиндров к оси коленчатого вала, параллельность распределительного и коленчатого валов и расстояние между ними.

Однако наиболее распространенным дефектом в отремонтированных блоках является неперпендикулярность осей цилиндров к оси коленчатого вала. Величина неперпендикулярности равна, в среднем 0,08 мм на длине 100 мм и в отдельных случаях достигает 0,14 мм при допуске 0,03 мм.

Перекосы поршней оказывают большое влияние на износ цилиндров, увеличивая его особенно сильно в продольной оси двигателя. При тех значениях неперпендикулярности осей цилиндров к оси коленчатого вала, которые наиболее часто встречаются в отремонтированных блоках (0,08 мм на длине 100 мм), износ цилиндров в двигателе увеличивается на 20-25% по сравнению с двигателями, данные отклонения которых находятся в допустимых пределах.

Следовательно, и межремонтный срок службы таких двигателей будет на 20-25 % меньше, чем срок службы двигателей отремонтированных без перекосов поршней в цилиндрах.

Только несоблюдение технических условий при ремонте двигателей является причиной недостаточного срока их службы.

Неперпендикулярность осей цилиндров к оси коленчатого вала вызывает перекосы поршней, что способствует появлению дополнительных усилий на стенки цилиндров, которые приведут к повышенным удельным давлениям, что отразится на износе цилиндропоршневой группы и сопряжений шатунная шейка-подшипник.

Рассматривая шатун, как балку, жестко закрепленную одним концом, при затяжке шатунных блоков, если перекосящий суммарный зазор, возникает момент, который изгибает шатуны на величину

$$f_m = A(\alpha_{\Delta\Sigma} - \Delta_k)$$

где $\alpha_{\Delta\Sigma}$ — суммарный перенос поршня в цилиндре, вызванный увеличивающимися звеньями; Δ_k — возможная величина компенсации переноса за счет зазоров; A — переданное число, равное отношению длины шатуна к условной величине 100 мм.

Величина прогиба шатуна, рассматривая его, как консольную балку, выражается уравнением

$$f_m = \frac{ML^2}{2EJ};$$

где: M — момент, изгибающий шатун; L — длина шатуна; E — модуль упругости; J — момент инерции.

В результате упругого изгиба шатуна поршня будет оказывать давление на стенки цилиндра и в точках A и B возникнут реакции R_A и R_B .

Тогда значение момента можно выразить $M = R \cdot h_{ю}$, где $h_{ю}$ — высота юбки поршня, подставляя значение получим:

$$R_A = \frac{f_m \cdot 2EJ}{L^2 \cdot h_{ю}};$$

или

$$R_A = A(\alpha_{\Delta\Sigma} - \Delta_k) \frac{2EJ}{L^2 \cdot h_{ю}}.$$

Для шатунов двигателей одной модели величина $\frac{2EJ}{L^2 \cdot h_{ю}} = C$ является постоянной. Тогда уравнение можно записать

$$R_A = C \cdot A(\alpha_{\Delta\Sigma} - \Delta_k).$$

Как видно из уравнения, дополнительное усилие на стенки цилиндра пропорционально величине перекося.

Перекося, вызываемый неперпендикулярностью осей цилиндров ($\alpha_{\Delta\delta}$), зависит от угла поворота коленчатого вала, следовательно, и перекося $\alpha_{\Delta\Sigma}$ будет иметь переменное значение, достигая наибольшей величины при нахождении поршня в ВМТ [3].

Доказано, что надежность работы группы коленчатого вала и его подшипников в первую очередь зависит от несоосности коренных опор блока цилиндров и биения коренных шеек вала.

При повышенной несоосности коренных опор блока или биения коренных шеек происходит упругая деформация вала и перегружение подшипников. Это приводит к поломке вала из-за усталостных явлений, а также к ускоренному износу и разрушению вкладышей подшипников.

При несоосности, выходящей за пределы технических условий, запас прочности коленчатого вала резко уменьшается достигая 30-50%.

Исследование причин поломок коленчатых валов в данных дизелях показывает, что они распределяются следующим образом: 3% — из-за отслоений на шейках; 11,4% — из-за продольных трещин на шейках по разьему или вблизи разьема; 85,6% — поломки по галтелям с выходом на щеку или на шейку.

Поломки по галтелям коленчатого вала возникают главным образом из-за несоосности опор блока и биения коренных шеек и носят усталостный характер [4, 6].

Совокупность технологических факторов, влияющих на суммарную погрешность обработки, и их влияние на формируемую точность обработки восстанавливаемых поверхностей деталей зависят от используемого технологического метода обработки резанием и схемы технологического базирования. Суммарная погрешность расточной операции при восстановлении цилиндров блока двигателя

$$\Delta_{\Sigma_1} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{н}} + \sqrt{\Delta_{\text{м}_1}^2 + \Delta_{\text{с}}^2 + \Delta_{\text{н}}^2 + \Delta_{\text{у}}^2},$$

где $\Delta_{\text{ст}}$ — геометрическая погрешность расточного станка типа 2А78Е; $\Delta_{\text{н}}$ — погрешность от радиального износа расточных резцов; $\Delta_{\text{м}_1}$ — мгновенное рассеивание размеров при расточке цилиндров; $\Delta_{\text{с}}$ — погрешность от упругих деформаций системы станок-приспособление-инструмент-деталь; $\Delta_{\text{н}}$ и $\Delta_{\text{с}}$ — погрешности от наладки расточных резцов на размер и установки блок-картера.

Схематизация операций расточки цилиндров блока позволила выявить технологические факторы, существенно влияющие на заданную точность обработки, и провести исследования основных закономерностей их проявления при выполнении соответствующих технологических операций.

Основа разработки технологических методов по приведению к минимуму составляющих элементарных погрешностей и выполнению технических требований чертежа

$$\Delta_{\Sigma_1} \leq \text{ТД}_в,$$

где $\text{ТД}_в$ — допуск на размер восстановленных цилиндров блока двигателя.

Анализируя в целом размерную цепь блока цилиндров двигателя, необходимо обратить внимание на то, что большинство размеров блоков отсчитывается от оси опор коренных подшипников коленчатого вала. Этот основной принцип был использован при выборе схемы технологического базирования при расточке цилиндров. В однорядном шестицилиндровом блоке двигателя ось коренных подшипников коленчатого вала совпадает с плоскостью разъема крышек опор. Это позволяет использовать плоскости разъема крышек для базирования блоков двигателей при расточке цилиндров на станке ОС-8207 как основную технологическую базу [7].

Перевод восстановления корпусных изношенных деталей на индустриальную основу предусматривает использование поточно механизированных линий, оснащенных специальными высокопроизводительными станками модели ОС-8207.

Специальный вертикальный отделочно-расточной станок производства Одесского станкостроительного объединения предназначен для расточки шести отверстий $\varnothing 81,88^{+0,04}$ мм однорядного шестицилиндрового блока цилиндров двигателя.

Расточку шести отверстий цилиндров блока проводили под третий ремонтный размер $\varnothing 83,0^{+0,04}$ мм при использовании в качестве базы плоскости разъема под масляный картер двигателя (основная база) и двух отверстий $\varnothing 19^{+0,023}$ мм с расстоянием между осями $574 \pm 0,012$ согласно монтажному чертежу технологической наладки завода-изготовителя.

Анализ измерений отверстий блока цилиндров показал, что расточенные отверстия имеют отклонения от заданной точности со смещением 0,06...0,80 мм.

Отклонения от заданной точности при расточке объясняются двумя причинами: 1) нарушением межцентровых размеров технологического базирования блока цилиндров двигателя при поступлении на ремонт; 2) несоответствием межосевых размеров между шпинделями расточного станка и фиксаторами для технологических отверстий в приспособлении (цилиндрическая и ромбическая формы штырей) [5].

Точность работы станков оценивается по коэффициентам исполнения T_n и смещения E [10].

Коэффициент исполнения является величиной безразмерной и определяется по формуле

$$T_n = \frac{\delta}{\sigma K S},$$

где δ — допуск на проверяемый размер; K — коэффициент, зависящий от вида распределения погрешностей обработки на станках; S — среднее квадратическое отклонение распределения погрешностей.

Коэффициент T_n характеризует рассеяние размеров заготовок, обработанных на каждом станке, и позволяет оценить, насколько рассеяние размеров деталей обеспечивает выполнение заданных допусков.

Коэффициент смещения

$$E = \frac{\bar{x} - L_{cp}}{\delta} = \frac{\varepsilon}{\delta}, \quad 10.32$$

где \bar{x} — выборочное среднее единовременной выборки, извлекаемой для оценки точности работы станка; L_{cp} — среднее значение изменяемого размера.

Коэффициент смещения E является величиной безразмерной. Им можно оценить степень совпадения выборочного среднего размера \bar{x} со средним размером L_{cp} , заданным по чертежу, определить смещение уровня настроенности процесса. С помощью коэффициентов T_n и E находят возможную долю q % дефектных деталей, которые могут появиться при неудовлетворительной настройке работы станка.

Для выполнения расчетов определяют: среднее квадратическое отклонение распределения погрешностей расточки S , выборочное среднее единовременной выборки \bar{x} , среднее значение измеряемого размера с учетом установленного допуска δ (L_{cp}).

При обработке деталей на станках рассеяние погрешностей, как правило, подчиняется закону нормального распределения. В этих условиях принимается $K = 1$.

При оценке результатов расчетов необходимо иметь в виду, что если $T_n = 1$, $E = 0$, возможный брак продукции $\approx 0,03\%$; если $T_n > 1$ — точность работы станков повышена; если $T_n < 1$ — понижена.

Возможная доля брака q является обобщенным показателем качества и функций от величины $T_n(K)$ и E . Расчет выполняем для первого цилиндра блока двигателя.

Среднее квадратическое отклонение, выраженное через размах переменной $R = X_{max} - X_{min}$, т.е. разность между наибольшим и наименьшим значениями, составляющими выборку, определяем по формуле

$$S_R = \frac{R}{d_n},$$

где d_n — коэффициент, зависящий от числа переменных в выборке (принимается в данном случае 3,077).

$$R = 83,72 - 83,05 = 0,67 \text{ мм};$$

$$S_R = \frac{0,67}{3,077} = 0,218; \quad T_n = 0,035.$$

Результаты расчета подтверждают, что точность операции расточки не соответствует требованиям чертежа по всем цилиндрам блоков, поступающих на восстановление с использованием технологических баз завода-изготовителя.

Дефектность восстановленных деталей, полученная в процессе расточки, обусловлена неудовлетворительной настройкой или недостаточной точностью работы станка [9,10].

Проверка специального вертикального отделочно-расточного станка полуавтомата ОС-8207 на соответствие нормам точности, указанным в паспорте к станку, подтвердила, что станок отвечает предъявляемым к нему требованиям.

В основу предложенной схемы технологического базирования взято базирование по поверхностям расточенных отверстий опор коренных подшипников на призматическую скалку и плоскости разъема крышек на ограничительные упоры.

Призма и ограничительные упоры закреплены на плиту, которая по своим параметрам соответствует нижней плоскости (плоскость разъема с поддоном картера) нового блока цилиндров двигателя.

Модернизация приемной платформы приспособления для загрузки блоков цилиндров на станке предусматривает использование новых баз при расточке цилиндров блоков с целью восстановления параметров согласно техническим условиям завода-изготовителя. В этом случае отпадает необходимость применения деформированных плоскостей разъема и нарушенных межосевых расстояний, которые являются основными причинами сверхдопустимых отклонений в размерной цепи блоков цилиндров.

Для оценки состояния контрольных параметров блоков двигателей, восстановленных по предложенной схеме технологического базирования, была расточена опытная партия блоков в количестве пятнадцати штук. Измерения выполнялись работниками технического контроля Дзержинского опытного завода «Ремдеталь».

В результате контрольных измерений установлено, что неперпендикулярность осей цилиндров к оси коленчатого вала составляет (0,02...0,03 мм) и только около 2 % неперпендикулярность осей 0,04 мм на длине 100 мм.

Межосевые расстояния не измерялись, так как использование шестишпиндельного станка гарантирует их размеры в соответствии с техническими требованиями.

Несоосность опор подшипников коленчатого вала находится в пределах допусков, предусмотренных чертежом, и составляет 0,02...0,04 мм.

Полученные контрольные параметры подтверждают, что опытная партия блока цилиндров, восстановленных по рекомендуемой схеме технологического процесса, соответствует техническим требованиям завода-изготовителя.

Необходимо иметь в виду, что перед операцией растачивания опор коренных подшипников должна быть шлифована верхняя поверхность блока цилиндров на станке АС321, но не менее 311,8 мм (по чертежу высота $312 \pm 0,12$ мм). За базу при шлифовании необходимо использовать предложенную автором схему базирования.

Ускоренные стендовые испытания, проведенные на Полоцком авторемонтном заводе и Городокском ремонтном заводе, двигателей с блоками восстановленными по рекомендованной технологии подтвердили возможность увеличения ресурса до 45...50 тыс. км. Экономическая эффективность составила 22,8 руб. на один двигатель в ценах 1985 года.

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 твердость и износостойкость трущихся поверхностей, сплошность материала, форма, размеры, взаимное расположение и шероховатость рабочих поверхностей,— усталостная прочность, жесткость и распределение массы детали относительно оси вращения. Многократно повторяющийся процесс восстановления детали должен быть построен оптимальным образом по критерию расхода производственных ресурсов (материальных, трудовых и энергетических) при учете установленных ограничений по производительности и качеству.

Изношенная деталь ремонтного фонда на пути своего превращения в годную деталь в результате технологических воздействий на нее исполнителей и средств ремонта пребывает в состояниях исходной и ремонтной заготовок и восстановленной детали [11].

Выводы

1) Утвердившееся в ремонтном производстве мнение о том, что технологические базы основного производства не могут быть использованы при их восстановлении, находит подтверждение в случае применения специальных станков.

2) Установочные плоскости имеют коробление, а технологические отверстия изношены со значительными отклонениями межосевых расстояний между ними в недопустимых пределах.

3) Большое влияние на нарушение размеров между осями цилиндров блоков оказывает использование одношпиндельных алмазно-расточных станков модели 2Е78П, 2А76 при установке и расточке поодному цилиндру. Здесь погрешность установки не поддается регламентации.

4) Экспериментальные исследования технического состояния блоков цилиндров, поступающих на восстановление, показывают, что позиционное отклонение осей превышает пределы полей допусков, установленных техническими условиями завода-изготовителя.

5) Однорядные шестицилиндровые блоки цилиндров двигателей поступают на восстановление на поточно-механизованную линию и имеют значительные отклонения технологических баз: технологические отверстия и установочная плоскость, а также другие геометрические параметры.

6) Настройка станка QC-32Q7 проводилась при расточке цилиндров на новом блоке, что исключало появление значительных погрешностей, вызывающих отклонения от заданной точности.

Литература

1. Ящерицин П.И. Технологическая и эксплуатационная наследственность и ее влияние на долговечность машин / П.И. Ящерицын, Ю.В. Скорынин. - Минск: Наука и техника, 1978. – С. 66.
2. Щетинин, С.Ф. Износ и деформация базисных деталей автомобилей. - М.: НТИ Машиностроение, 1962. – С. 21.
3. Музычук, А.М. Исследование деформации блока цилиндров двигателей ГАЗ-51 и особенности его последующего ремонта: автореф. дис.... Кандидата технических наук. – Москва, 1963. – С. 29, 58.
4. Мишин, И.А. Долговечность двигателей. Л.: Машиностроение, 1976. – С.103, 138
5. Зуев, А.А. Технологические методы повышения качества восстановления корпусных деталей тракторов и сельскохозяйственных машин: автореф. дис. ... доктора технических наук. — Ленинград, 1985. - 42 с.
6. Лялякин, В.П. Методы повышения ресурса деталей дизельных двигателей при их восстановлении: автореф. дис.... доктора технических наук. - М., 1996. - 36 с.
7. Огородник, И.А. Использование специальных станков при восстановлении корпусных деталей // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. - №12. – С. 41.
8. Суслов, В.П. Пути повышения моторесурса капитально отремонтированных двигателей / В. П. Суслов, И.А. Огородник // Труды ГОСНИТИ. Т. 76, 1986. - С. 72.
9. Каплунов, Р.С. Контроль качества деталей типовых групп.- М.: Изд-во стандартов, 1977. – С. 6.
10. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под ред. А.К. Кутая / Ленинград: Машиностроение, 1974. – С. 884.
11. ванов, В.П. Основы выбора технологии и оборудования для восстановления деталей // Современные технологии в ремонтно-обслуживающем и машиностроительном производстве АПК. – Минск: БГАТУ, 2000. – С. 142.

УДК 501.22:621.763

ЛИТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И МЕДИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Андрушевич А.А.¹, к.т.н., доцент, **Калиниченко В.А.²**, к.т.н., доцент
¹БГАТУ, ²БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

При эксплуатации машин и оборудования, в частности сельскохозяйственной техники, важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты [1]. Одним из методов их уменьшения является повышение надежности узлов и агрегатов. В узлах трения данный аспект может быть решен с помощью выхода эксплуатационных свойств используемых материалов в режим «безизносного трения», реализация которого наиболее предпочтительна при идеальном выполнении принципа Шарпи [2]. Для повышения надежности, в том числе износостойкости, целесообразно