

РЕМОНТНЫЙ ЦИКЛ АГРЕГАТОВ МАШИН

В.П. Иванов

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Предложен ремонтный цикл агрегатов машин с ограничением числа ремонтов и нанесения покрытий, обеспечивающий пропорциональность наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата.

Введение. Долговечность машин в последнее время существенно повысилась за счет использования новых материалов и применения более совершенного оборудования. Рекламная политика их изготовителей, требующая загрузки своего производства с получением максимального дохода, нацелена на то, чтобы, спустя определенный срок службы, произведенная машина была утилизирована или продана в «третьи» страны, а вместо нее приобретена новая машина. Это обусловило практически исключение капитального ремонта полнокомплектных машин и сокращение объемов ремонта агрегатов. Большинство владельцев техники экономически заинтересовано в ремонте агрегатов с восстановлением их деталей при полном использовании их остаточной долговечности.

Основная часть. Содержание машин в работоспособном состоянии предполагает выполнение их технического обслуживания и ремонта. Техническое обслуживание продлевает время пребывания машины в работоспособном состоянии за счет выполнения заправочных, очистных, смазочных и крепежно-регулирующих работ. Ремонтные работы предусматривают замену составных частей, достигших предельного состояния или близких к нему с сопутствующими работами (очисткой, разборкой, сборкой, обкаткой, окрашиванием и испытаниями). Текущий ремонт агрегата не восстанавливает его ресурс. Капитальный ремонт обусловлен наличием у большинства деталей остаточного ресурса после достижения ими предельного состояния, он восстанавливает ресурс агрегата. Наибольшее влияние на надежность отремонтированных агрегатов оказывает качество восстановления таких групп деталей: неподвижных; вращающихся; движущихся поступательно; участвующих в преобразовании движений. Ресурсы деталей по статической прочности значительно превышают их ресурсы по усталостной прочности и износостойкости. Отсутствие трущихся элементов в большинстве неподвижных деталей (в т.ч. корпусных), большая статическая прочность и жесткость обуславливают их большую долговечность, превышающую амортизационную наработку. Долговечность трущихся деталей значительно ниже, что обуславливает их замену до капитального ремонта агрегата. Ряд недолговечных деталей (вкладыши ко-

ленчатого вала, поршневые кольца, поршни, уплотнения и др.) подлежат при капитальном ремонте замене новыми деталями, хотя предложены процессы, позволяющие восстановить некоторые из них со значительной эффективностью.

Традиционно остаточный ресурс агрегатов определяют путем измерения диагностических параметров с использованием статистических уравнений [1]. Интерес представляет зависимость послеремонтной наработки агрегатов от значений основных структурных показателей, измеренных при ремонте агрегатов, что позволяет объективно определить остаточный ресурс. Был проведен трудоемкий промышленный эксперимент [2], в результате которого изучалось влияние точности основных геометрических параметров деталей и соединений на послеремонтную наработку двигателей. Были выделены такие параметры, в наибольшей мере влияющие на послеремонтную наработку L двигателей: несоосность средней коренной опоры блока цилиндров относительно крайних (x_1 , мм), несоосность средней коренной шейки коленчатого вала относительно крайних (x_2 , мм), зазоры в коренных (x_4 , мм) и шатунных (x_3 , мм) подшипниках коленчатого вала, зазор между гильзой и поршнем (x_5 , мм), нецилиндричность трущейся поверхности гильзы цилиндра (x_6 , мм), непараллельность осей отверстий шатуна (x_7 , мм/100 мм), неперпендикулярность осей юбки поршня и отверстия под поршневой палец (x_8 , мм/100 мм). Области определения параметров ограничены слева минимальными значениями, установленными нормативной документацией на восстановление деталей, а справа – максимальными значениями, выявленными при их измерении. Между указанными величинами установлена степенная зависимость

$$L = 0,0052x_1^{-0,541}x_2^{-0,417}x_3^{-0,732}x_4^{-0,919}x_5^{-0,608}x_6^{-0,340}x_7^{-0,299}x_8^{-0,316}, \text{ тыс. км.} \quad (1)$$

Степень влияния факторов при изменении их в пределах шага варьирования (0,01 мм или 0,01 мм на 100 мм длины) на послеремонтную наработку агрегата образует ряд $x_4 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5 \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_6 \rightarrow x_8 \rightarrow x_7$, а при изменении их в пределах области определения, как отношение максимальной наработки агрегата к минимальной, имеет вид $x_5 \rightarrow x_4 \rightarrow x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_7 \rightarrow x_8 \rightarrow x_2 \rightarrow x_6$. Послеремонтная наработка агрегатов изменяется до четырех раз при варьировании факторов-аргументов в пределах их области определения. Если значения указанных факторов выдерживаются в нормативных пределах, то разброс наработки сокращается в два-три раза. Наибольшее влияние на долговечность отремонтированных двигателей оказывают начальные зазоры в трущихся соединениях и наименьшее влияние – параметры формы и расположения поверхностей. Геометрические параметры восстановленных деталей не должны уступать соответствующим параметрам новых деталей. Технический уровень участков ремонтного производства должен обеспечить неукоснительное выполнение нормативных значений геометрических параметров восстанавливаемых деталей.

Технико-экономический критерий способа восстановления детали учитывает соотношение стоимости восстановленной детали, цены новой детали и их долговечности

$$C_v \leq k_d C_n, \quad (2)$$

где C_v – стоимость восстановленной детали; C_n – цена новой детали; $k_d = D_v/D_n$ – коэффициент долговечности; D_v и D_n – долговечность восстановленной и новой деталей.

Выражение (2) должно быть дополнено ограничением пропорциональности наработки восстановленных деталей межремонтному пробегу агрегата. Современное состояние науки и практики позволяет существенно повысить износостойкость поверхностей восстановленных деталей из расчета, чтобы указанное ограничение удовлетворялось. Нанесение покрытий при восстановлении трущихся поверхностей деталей связано с образованием на этих поверхностях материала нового химического, структурного и фазового состава, отличного от материала основы. Это открывает перспективы существенного повышения износостойкости восстановленных поверхностей различных деталей за счет насыщения поверхностного слоя легирующими элементами (углеродом, азотом, бором или их сочетанием), образования упрочняющей фазы с последующими закалкой и отпуском. Состав исходного материала покрытия согласуют с составом упрочняющей фазы.

Исходя из рассмотрения стоимости и послеремонтной наработки агрегатов с использованием новых и восстановленных деталей предлагается ремонтный цикл, включающий один капитальный, два средних и несколько текущих ремонтов

$$BЭ - T - T - C - T - T - K - T - T - C - T - T - Cп,$$

где BЭ – ввод в эксплуатацию; T – текущий ремонт по результатам диагностирования при техническом обслуживании; C – средний ремонт; K – капитальный ремонт; Cп – списание.

Предложенный ремонтный цикл ограничивает число восстановлений и ремонтов. Восстановительное покрытие на одну поверхность наносят один раз. Средний ремонт агрегатов предполагают использование комплекта восстановленных или изготовленных деталей в условиях авторемонтного завода [3] с восстановлением параметров формы и расположения отверстий под подшипники в корпусных деталях.

Выводы. Технический уровень предприятий должен быть доведен до уровня машиностроения из расчета обеспечения геометрических параметров восстановленных деталей, не уступающим соответствующим параметрам новых деталей. Предложенная структура ремонтного цикла агрегатов с ограничением числа трудоемких ремонтов и нанесения покрытий обеспечивает пропорциональность наработки восстановленных деталей

межремонтному пробегу агрегата с полным использованием остаточной долговечности деталей.

Литература

1. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
2. Иванов, В.П. Влияние качества ремонта двигателей на их долговечность / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк // Вестник государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2012. – № 3. – С. 30 – 34.
3. Иванов, В.П. Комплект деталей для ремонта двигателя ЗМЗ-53 / В.П. Иванов, В.Ф. Титов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 9. – С. 48 – 49.

УДК 669.15

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЛИСТОВ СТАЛИ 40X

В.В. Ивашко, С.Р. Ларичков

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Приведены результаты механических испытаний термически упрочненных листовых образцов стали 40X с применением печного и скоростного нагрева.

В последнее время особое внимание уделяется разработке режимов термической обработки тонкостенных изделий, толщина которых не превышает 3 мм. Термообработка такого вида деталей требует повышенного внимания для защиты поверхностных слоев от окисления и обезуглероживания. В этой связи применение скоростных методов нагрева (индукционного, электроконтактного) позволяет уменьшить или исключить окисление и обезуглероживание, измельчить зеренную структуру и повысить комплекс механических свойств. Образцы размером 3x10x100 мм, вырезанные из листов стали 40X, нагревали в печи при температурах 750, 800, 850, 900 и 950 °С в течение 30 мин и закаливали в воде. После нагрева до 850 – 950 °С и последующей закалки в воде твердость листов стали 40X составляет 58-60 HRC. При достижения такой твердости механические свойства листов теряют стабильность, а пластические свойства резко снижаются. Поэтому для дальнейших исследований закаленные образцы стали 40X подвергали дополнительному отпуску при температуре 220 °С в течение 1,5 часа. Результаты механических испытаний образцов, претерпевших закалку в воде и последующий отпуск при температуре 220 °С, показали, что после закалки с температуры 750 °С и последующего отпуска при температуре 220°С 1,5 часа временное сопротивление на разрыв составляет 1888