

УДК 621.791.927

Блохина И. О.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ни в одной отрасли народного хозяйства страны с массовым применением современных машин нельзя избежать огромной потребности в запасных частях для работающих машин. Из-за больших цен на новую технику и плохого финансового положения товаропроизводителей поступление новых машин для замены выбракованной техники резко сократилось. Поэтому доля отремонтированной техники увеличилась. В этих условиях резко возрастает потребность в запасных частях, которую промышленность удовлетворяет лишь на 50–70 %. Многие детали машин теряют свои служебные свойства по причине износа на десятки и даже сотые доли миллиметра. Поэтому часто в металлолом отправляют детали, имеющие еще достаточный ресурс долговечности. Статистический анализ свидетельствует, что в среднем только 20 % деталей тракторов, требующих капитального ремонта, подлежат выбраковке, 25–40 % являются вполне годными для дальнейшей эксплуатации, а остальное можно восстановить. Такое соотношение состояния деталей характерно и для многих других видов машин, требующих капитального ремонта. Следует особо отметить, что из деталей, поступивших на восстановление, 65 % имеют износ рабочих поверхностей меньше 0,15 мм, 30 % – 0,15–0,5 мм и износ только 5 % деталей больше 0,5 мм. Даже не специалисту очевидно, что восстановление изношенных деталей позволяет значительно сократить расходы новых запасных средств и общественного труда, способствует охране окружающей среды благодаря исключению этапов, связанных с производством деталей [1].

Технологическая цепочка (изношенная деталь – сталеплавильный агрегат – машиностроительный завод – запасная часть) длительна и дорогостоящая. При переплавке скрапа безвозвратные потери металла составляют меньше 40 %. Короче и прогрессивнее технологическая цепочка: изношенная деталь – ремонтный завод – запасная часть.

Рассмотрим характерный пример. Для изготовления коленчатого вала массой 140 кг тракторного двигателя используют заготовку из легированной стали массой 340 кг, т. е. потери металла на все виды обработки составляют 200 кг. А на полное восстановление изношенного вала требуется всего 8 кг наплавочной проволоки, при том число операций по обработке восстановленного вала в 3–5 раз меньше, чем при изготовлении нового.

Себестоимость восстановления детали обычно составляет 30–50 % и, как правило, не превышает 60–70 % преysкурантной цены новой, а ресурс первой зачастую значительно выше, чем второй.

Экономическая эффективность восстановления рассчитана специалистами при сопоставлении двух вариантов. Первый – поставка в полном объеме новых деталей, изготовленных из металла изношенных деталей и дополнительного, компенсирующего потери при металлургических переделах, формировании заготовок, механической и термической обработках. Второй вариант – поставка восстановленных деталей, на которые расходуется меньше 10 % их массы металла [2].

Анализ номенклатуры восстановленных деталей показывает, что экономически выгодно восстанавливать 85–130 деталей двигателя. Однако с учетом отпускной цены на девять-десять главных деталей двигателя (блок цилиндров, коленчатый вал, гильзу, поршень, шатун, распредвал, клапан, головку блока, поршневой палец) расходуется 65–80 % средств от общей суммы затрат на покупку новых деталей. Эта небольшая номенклатура деталей

определяет расходы на ремонтно-эксплуатационные нужды. Именно для этих деталей необходимо в первую очередь разрабатывать технологические процессы восстановления, поскольку они оказывают решающее влияние на ресурс двигателя. В основу оценки различных методов восстановления положено изучение особенностей старения деталей в условиях эксплуатации.

Рассмотрим научно обоснованные технологии восстановления коленчатых валов автотракторных двигателей. Коленчатый вал является наиболее ответственной деталью двигателя, работающего в условиях знакопеременных нагрузок. При эксплуатации изнашиваются шейки вала и подшипники.

Сопряжение шейки вала – подшипник работает в условиях гидродинамической смазки. Однако стабильность режима гидродинамического трения часто нарушается и возникает полужидкостное, а иногда и полусухое трение, например, в период пуска, остановка, кратковременных перегрузок двигателя. В таких условиях резко возрастает скорость изнашивания рабочих поверхностей вала и подшипника.

Для сопряжения шейки вала-подшипник решающее влияние на износ оказывают абразивные и металлические частицы. Это подтверждает тот факт, что шейки коленчатого вала изнашиваются быстрее, чем подшипники, хотя поверхность последних значительно мягче.

При абразивном изнашивании происходит микропластическая деформация поверхностных слоев металла и вследствие ее цикличности возникают усталостные явления, в результате которых деформированные слои разрушаются [3].

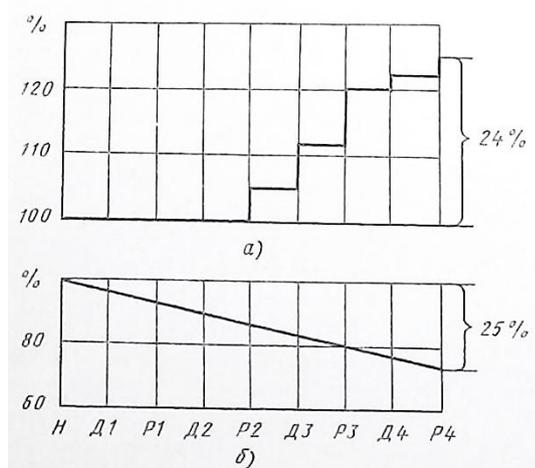


Рис. 1. Графики изменения предела выносливости (а) и износа (б) шеек коленчатого вала в зависимости от его дополнительных (Д) и ремонтных (Р) размеров

Результаты измерения износа показали, что коренные шейки изнашиваются в 1,6 раз быстрее, чем шатунные.

Обычно изношенные коленчатые валы ремонтируют перешлифованием на ремонтные размеры (до 6 раз). Начиная с третьего ремонтного размера, износ коренных шеек увеличивается на 15–20 % по сравнению с новыми (рис. 1). Это связано с уменьшением поверхностной твердости. Средняя твердость коренных шеек нового коленчатого вала (51,1 HRC) соответствует нижней границе допуска на твердость закаленных шеек (ГОСТ 10158-62). Средняя твердость коренных шеек предельно изношенного вала в зоне наибольшего износа равна 44,1 HRC, а в зоне наименьшего – 54,3 HRC (рис. 2).

Таким образом, в зоне, где износ шеек незначителен, твердость практически не изменяется и находится в пределах допуска для новых валов (52–56 HRC). В зоне, где износ шеек значительный, твердость снижается на 10 HRC. Требование ГОСТа (при последнем ремонтном размере твердость шеек больше 45 HRC) не выполняется.

Для повышения ресурса коленчатого вала по износу необходимо повторно закалывать шейку вала, начиная со второго ремонтного размера. При индукционной закалке возникают деформации, которые при ремонте трудно устранить, поэтому этот метод не применяют.

Отличительной особенностью технологии является отсутствие деформации вала, что исключает применение рихтовки. Лазерное термоупрочнение практически используют как финишную операцию после шлифования шеек на ремонтный размер. Применение лазерного термоупрочнения позволяет значительно повысить ресурс коленчатого вала по износу. В процессе эксплуатации на шейке коленчатого вала обнаруживаются трещины. Согласно ранее действующим техническим требованиям это служит основанием для его обслуживания.

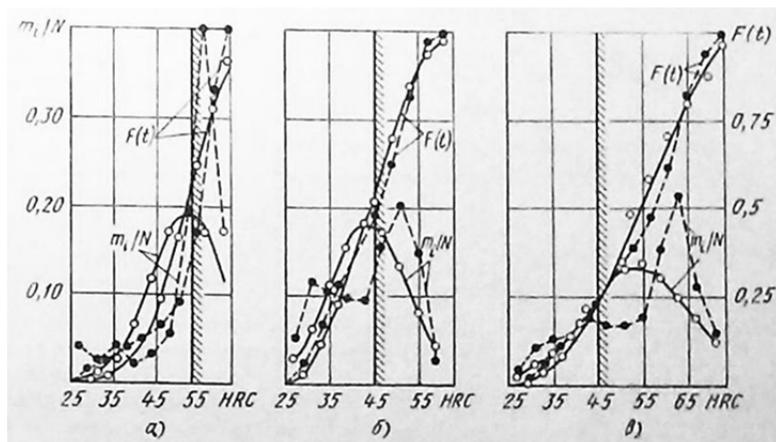


Рис. 2. Эмпирические (штриховые) и теоретические (сплошные) кривые распределения твердости коренных и шатунных шеек коленчатого вала:
а – нового, б, в – в зоне наибольшего и наименьшего износа соответственно

В случае применения методов, не связанных с дуговой наплавкой, возникает проблема обеспечения требуемой прочности сцепления покрытия с основным металлом. Разработанная методика, позволяющая оценивать минимальную прочность сцепления с заданной доверительной вероятностью.

Максимальные удельные нагрузки на шейку коленчатого вала дизельного двигателя составляют 25–30 МПа. При этом средняя прочность сцепления покрытия с основным металлом должна быть больше 59–83 МПа [4].

Для восстановления коленчатых валов дизельных двигателей непригодны газопламенное напыление, металлизация и другие методы, которые с заданной надежностью не обеспечивают необходимую прочность сцепления покрытия с основным металлом.

Рассмотрим два способа наплавки, которые используют для восстановления изношенных шеек валов двигателей СМД-14 и А-41. По первому способу предусматривается дуговая наплавка шеек порошковой проволокой ППЗХ2В8 диаметром 3,6 мм под флюсом АН-348. После предварительного шлифования наплавленных шатунных и коренных шеек проводят высокотемпературный отпуск. Валы выдерживают при 580–620 °С в течение 3–3,5 ч, затем вместе с печью охлаждают до 500 °С, а потом на воздухе. При этом твердость шеек больше 52 HRC, что соответствует требованиям, предъявляемым к новым деталям.

Второй способ – дуговая наплавка шеек проволокой 30ХГСА под флюсом АН-348А с предварительным подогревом шеек вала ТВЧ до 450 °С. Затем валы подвергают высокотемпературному отпуску, механической обработке, закалке ТВЧ и окончательному шлифованию шеек. Предел выносливости восстановленных коленчатых валов ниже, чем новых и предельно изношенных.

Предел выносливости восстановленных коленчатых валов двигателей А-41 и СМД-14 составляют соответственно 80 и 73 % предела выносливости нового.

Для повышения усталостных характеристик восстановленных коленчатых валов работаны и внедрены в ремонтное производство конструктивно-технологические мероприятия. Одно из них предусматривает наплавку цилиндрической части шейки и галтели проволоками разного химического состава.

Предусмотрена наплавка цилиндрической части шейки вала, исключая галтель. В этом случае можно использовать порошковую проволоку ПП-АН-122 или ПП-АН-128, а также проволоку Нп-30 ХГСА и смесь флюсов АН-348 и АНК-18.

После наплавки зону галтели шлифуют по радиусу, равному радиусу скругления нового вала, с углублением в тело шейки 0,4–0,5 мм. При этом наиболее напряженные слои металла удаляют, что повышает усталостные характеристики вала. С этой целью можно также производить дробеструйную обработку зоны галтели [4].

Как показали результаты усталостных испытаний, применение указанных мероприятий позволяет приблизить предел выносливости восстановленных коленчатых валов к пределу выносливости новых. В случае, когда использованы все ремонтные размеры для восстановления ресурса шеек коленчатого вала по износу, можно применить различные технологические процессы.

По результатам исследований рекомендованы электроконтактная припайка стальной ленты на сталь 50ХФА, дуговая металлизация порошковой проволокой ПП-ММ-2, плазменная наплавка проволокой Св-08 с добавкой порошка самофлюсующегося сплава.

Разработана и внедрена в производство технология восстановления изношенных шеек коленчатых валов ЗМЗ-53 приваркой стальных полуколец. Она включает шлифование шеек, нанесение разгружающих выточек на галтелях в плоскости, перпендикулярной плоскости кривошипа, постановку и приварку на шейке вала в зоне их стыка специальных полуколец. Ширин их меньше ширины шейки вала [4]. Предел выносливости восстановленного таким методом коленчатого вала находится на уровне прочности нового.

ВЫВОДЫ

Восстановление и упрочнение деталей – важный резерв экономии материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов. В процессе эксплуатации коленчатые валы теряют первоначальные свойства на 25 %, снижается предел выносливости и на 24 % увеличивается износ коренных и шатунных шеек при достижении предельных ремонтных размеров.

Разработана и внедрена технология упрочнения шеек коленчатых валов лучом лазера, которая позволяет в 1,9–2,6 раза повысить их износостойкость. Научно обоснованы конструкторско-технологические мероприятия, обеспечивающие упрочнение шеек коленчатых валов путем углубления зоны галтели и последующего упрочнения дробеструйной обработкой. Для коленчатых валов карбюраторных двигателей помимо обработки зоны галтели рекомендуется устанавливать и приваривать полукольца, применять электроконтактную пайку стальной ленты, а также дуговую металлизацию шеек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пресняков В. А. Разработка технологии упрочнения рабочих органов кукурузоуборочного комбайна / В. А. Пресняков, Д. А. Волков // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 1 (22). – С. 138–141.
2. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.
3. Фридман А. Е. Повышение долговечности коленчатых валов тракторных дизелей восстановлением: автореф. канд. техн. наук. / А. Е. Фридман. – М., 1986. – 19 с.
4. Денисов В. А. Обеспечение работоспособности и повышение долговечности восстанавливаемого коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53 : дис. канд. техн. наук / В. А. Денисов. – М., 1990. – 216 с.