



УДК 631.3.02:631.3.004.67

Н.Т. Кривочуров, Д.А. Медведев
N.T. Krivochurov, D.A. Medvedev

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ ПОСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДЕТАЛИ

THE USE OF MODERN MATERIALS IN THE RESTORATION OF MACHINE PARTS BY A METHOD OF ADDITIONAL PART SETTING

Ключевые слова: головка блока цилиндров двигателя КамАЗ, восстановление, постанковка дополнительной ремонтной детали, прессовое соединение, клеевое соединение с зазором.

Улучшение качества ремонта машин при снижении его себестоимости – главная задача ремонтного производства. В структуре себестоимости капитального ремонта машин 60-70% затрат приходится на покупку запасных частей. Затраты на ремонт техники в настоящее время составляют почти 60 млрд руб., или 10% от всей выручки за произведенную сельскохозяйственную продукцию. Снижение себестоимости ремонта машин возможно при сокращении затрат на запасные части путем восстановления изношенных деталей. Одним из способов восстановления является способ постанковки дополнительной ремонтной детали (ДРД). Однако при восстановлении данным способом требуется обработка деталей с высокой чистотой и точностью, что усложняет технологию восстановления. Проведено исследование возможности замены при восстановлении деталей способом постанковки ДРД, прессового соединения на соединение с зазором с фиксацией ремонтной детали с помощью анаэробного клеевого состава. Проведено исследование механической прочности клеевого соединения при различной величине зазора (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 мм) при комнатной температуре и после температурных воздействий (100 и 150°C). Показано, что при увеличении зазора до 0,15 мм прочность клеевого соединения практически не изменяется и сопоставима с прочностью прессового соединения. Прочность соединения после воздействия температуры 150°C понижается на 15-18%. Таким образом, установлено, что прочностные характеристики клеевого соединения сопоставимы с прочностью прессового соединения и после воздействий температу-

ры могут обеспечить прочность и герметичность соединения. Замена прессового соединения клеевым позволит упростить технологию восстановления.

Keywords: KamAZ engine cylinder head, restoration, settingf additional repair part, press joint, adhesive open joint.

Improvement of machinery repair quality at lower prime cost is the main task of repair activity. In the overhauling costs of machinery, from 60 to 70% account for the purchase of spare parts. The cost of machinery repair is currently almost 60 billion rubles, or 10% of the total revenue for agricultural products. Reducing the cost of machinery repair is possible by reducing the cost of spare parts by restoring worn parts. One of the recovery methods is the method of setting an additional repair part. However, this method of recovery requires processing of parts with high surface finish and accuracy which complicates the recovery technology. This paper discusses the possibility of replacing, when restoring a part by the method of setting an additional repair part, press joint for adhesive open joint. The mechanical strength of the adhesive joints with different gaps was studied (0.05; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30 mm) at room temperature and after temperature effects (100°C and 150°C). It is shown that when the gap increases to 0.15 mm, the strength of the adhesive joint practically does not change and is comparable with the strength of the press joint. The strength of the joint after exposure to a temperature of 150°C is reduced by 15...18%. It has been found that the strength characteristics of the adhesive joint are comparable with the strength of the press joint and after the effects of temperature can ensure strength and tightness of the joint. The replacement of press joint by adhesive joint will simplify the technology of recovery.

Кривочуров Николай Тихонович, к.т.н., доцент, зав. каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Медведев Денис Александрович, магистрант, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: den30071982@ya.ru.

Krivochurov Nikolay Tikhonovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Medvedev Denis Aleksandrovich, master's degree student, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: den30071982@ya.ru.

Введение

Улучшение качества ремонта машин при снижении его себестоимости – главная задача ремонтного производства. В структуре себестоимости капитального ремонта машин 60-70% затрат приходится на покупку запасных частей. Затраты на ремонт техники в настоящее время составляют почти 60 млрд руб., или 10% от всей выручки за произведенную сельскохозяйственную продукцию [1].

Основной путь снижения себестоимости ремонта машин – сокращение затрат на запасные части. Частично этого можно добиться за счет совершенствования технологических процессов разборки и сборки машин. Однако главный резерв – восстановление изношенных деталей. Кроме того, восстановление деталей – один из основных путей экономии материально-сырьевых и энергетических ресурсов, решения экологических проблем.

В настоящее время практически отсутствуют технологии восстановления базовых деталей двигателей, что ведет к значительным затратам на восстановление работоспособности машин. Как показывает практика работы моторного участка Барнаульского автоцентра КамАЗ, почти 50% головок блока цилиндров (ГБЦ), попадающих в ремонт, выбраковывается. Из них до 25% имеют такие дефекты, как трещины (в том числе в таких труднодоступных для ремонта местах, как отверстие под форсунку). Устранение указанного дефекта позволит значительно снизить затраты на ремонт.

Анализ показал, что восстановление возможно только одним способом – постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД). Данный способ отличается от других способов восстановления простотой технологического процесса и применяемого оборудования. Однако при использовании

способа постановки ДРД на головке цилиндров, изготовленной из алюминиевых сплавов, возникает ряд трудностей технологического характера:

1) невозможность реализации большого натяга в соединении;

2) необходимость механической обработки запрессованной втулки, что требует повторной установки ГБЦ на станок, выверки и обработки.

Расчетные усилия запрессовки при различных значениях натяга в соединении приведены в таблице. Проведенные расчеты показывают, что для предотвращения смятия втулки в момент её запрессовки, толщина стенки даже при натяге 0,02-0,03 мм должна составлять не менее 10 мм.

Таблица

**Расчетные параметры
продольно-прессовой посадки**

Натяг, мм	Удельное контактное давление, МПа	Усилие запрессовки, кН
0,01	2,939	6,23
0,02	5,979	12,67
0,03	8,818	18,69
0,04	11,76	24,93
0,05	14,70	31,16

Известно [2], что для обеспечения прочности и герметичности соединения необходимо сопрягаемые поверхности обрабатывать с шероховатостью не менее $R_a=1,25-0,32$ мкм, обеспечивая посадку $H7/j6$. Для размера восстанавливаемой поверхности допуск отверстия должен быть 25 мкм, а допуск наружного диаметра ДРД – 16 мкм. Учитывая свойства алюминия и его сплавов, соблюдение таких параметров при обработке является труднодостижимым. Расширение поля допуска на посадку нежелательно, так как может привести, с одной стороны, к невозможности обеспечения герметичности, с другой, – к повышению нагрузки на восстанавливаемую деталь в процессе запрес-

совки, что может вызвать дальнейшее увеличение трещины.

Устранить данные недостатки можно путем постановки ДРД с зазором и фиксацией её при помощи клеевого состава. Это позволяет убрать из технологического процесса прессовочную операцию, а также не требуется последующая, после сборки соединения, механическая обработка. Следовательно, сокращается время ремонта ГБЦ. В работах [3-6] приводятся сведения об успешном применении клеевых и композиционных материалов при восстановлении деталей нефтепромышленного оборудования, корпусных и других деталей сельскохозяйственной техники.

Однако условия работы ГБЦ характеризуются нагревом в процессе работы и вибрациями, что требует использования таких клеевых составов, которые способны удовлетворительно работать в заданных условиях.

На сегодняшний день на рынке представлен широкий выбор клеевых составов от российских и зарубежных производителей. Наиболее современным креплением соединения «вал-втулка» являются анаэробные фиксаторы, они заполняют зазоры между сопрягаемыми деталями и повышают прочность соединения. Анаэробные клеи обладают хорошей термостойкостью и работают при температуре от $-55...+230^{\circ}\text{C}$, способны работать при давлении жидкостей до 60 МПа.

Следует отметить, что все производители анаэробных клеевых материалов в технических характеристиках приводят данные, которые носят исключительно информативный характер и рекомендуют при внедрении продукта в технологический процесс проводить необходимые испытания.

Целью работы является исследование влияния на прочность геометрических параметров гладкого цилиндрического соединения деталей из алюминиевого сплава, соединенных с помощью анаэробного фиксатора.

Экспериментальная часть

Для фиксации соединений при восстановлении деталей и ремонте сопряжений широко используются анаэробные клеевые составы [4]. Анаэроб-

ный клей – это жидкий или пастообразный состав, который при отсутствии кислорода и наличии контакта с металлами образует прочный полимерный слой.

Металл является необходимым компонентом, благодаря которому анаэробная композиция из жидкого состояния превращается в твердый полимер. Так как металлы отличаются друг от друга электронным строением, то они обладают и различной способностью к взаимодействию с компонентами клеевого состава. По этому свойству их можно условно разделить на «активные» и «пассивные». Активные поверхности ускоряют полимеризацию из-за присутствующих ионов металлов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах. На активных поверхностях отверждение при комнатной температуре с набором 50-70% от максимальной прочности происходит за 1-3 ч. На пассивной поверхности для отверждения требуется 5-7 ч. Алюминий относится к металлам с «пассивными» свойствами, что требует экспериментальной проверки механических характеристик соединения.

Одним из производителей промышленных клеев и герметиков является компания Henkel, которая выпускает продукцию Loctite, по данным [6] обладающую хорошими физико-механическими. Их применение эффективно для использования при ремонте сельскохозяйственной техники. Одним из продуктов вал-втулочных фиксаторов Loctite является фиксатор высокой прочности, общего назначения Loctite 638. Данный фиксатор предназначен для склеивания цилиндрических деталей с зазором до 0,25 мм с обеспечением высокой прочности и полимеризацией при комнатной температуре.

По ГОСТ 14759-69 [7] прочность клеевых соединений определяют при испытании на сдвиг. Испытания по оценке прочности клеевого соединения проводились на цилиндрических образцах, имитирующих соединение ДРД с отверстием под форсунку ГБЦ. Для испытаний из алюминиевого сплава Д16Т были подготовлены цилиндрические образцы соединения с разными зазорами от 0,05 до 0,3 мм с шагом 0,05 мм (рис. 1).



Рис. 1. Форма образцов для проведения исследования

Подготовка поверхности, технология склеивания образцов производились в соответствии с нормативно-технической документацией на клеевой материал. Склеенные образцы выдерживались до полной полимеризации клеевого материала.

Для определения прочности при сдвиге клеевых соединений [8] была использована испытательная машина Р-10, позволяющая проводить испытания на растяжение и измерять величину нагрузки с погрешностью не более $\pm 1\%$ от измеряемой величины.

Для оценки влияния температуры на прочность соединения образцы подвергались нагреву до 100 и 150°C с последующим охлаждением до комнатной температуры и испытывались на разрывной машине.

Результаты и их обсуждение

Как и предполагалось, величина зазора оказывает существенное влияние на прочность клеевого соединения. Приведенные на рисунке 2 данные показывают, что образцы с зазорами 0,05 мм показали наибольшую прочность клеевого соединения. С увеличением зазора более 0,15 мм прочность резко снижается. Сравнивая полученные значения усилия разрыва с расчетными значениями усилия запрессовки можно отметить

Если сравнить полученные значения прочности клеевого соединения с прочностью соединения с натягом, то можно отметить близкие значения.

Учитывая сложность обеспечения сборки прессового соединения с натягом более 0,03 мм, следует отметить, что клеевое соединение обеспечивает такие же механические свойства, как и прессовое. Но при этом технологически клеевое соединение выполнить гораздо проще.

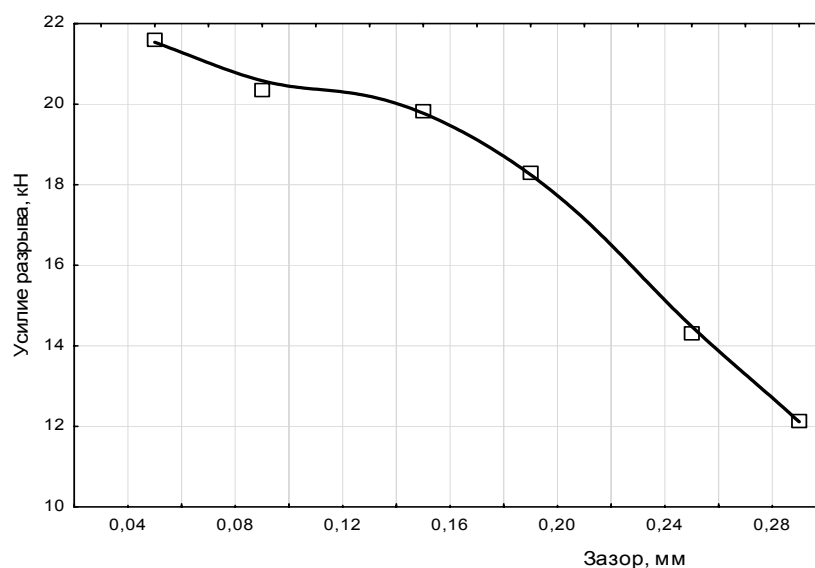


Рис. 2. Зависимость прочности клеевого соединения от величины зазора в сопряжении

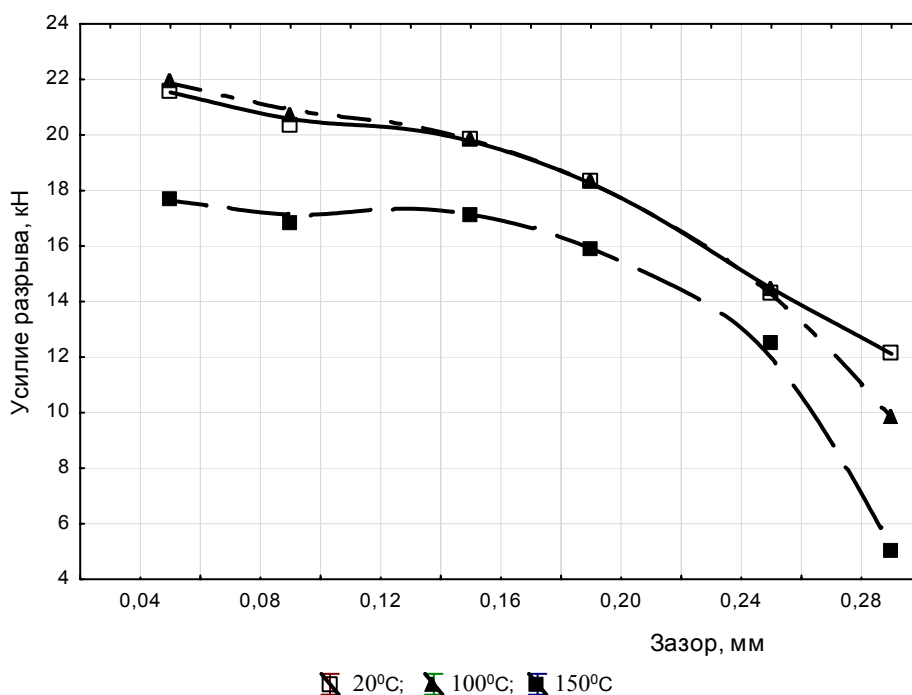


Рис. 3. Зависимость прочности клеевого соединения от величины зазора в сопряжении и температуры

Результаты исследования влияния температуры нагрева соединения на его механические свойства показали практически отсутствие изменения механических свойств при нагреве до 100°C (рис. 3). Однако нагрев соединения до температуры 150°C привел к существенному (на 15-18%) снижению прочности соединения.

Следует отметить, что, несмотря на снижение прочности, после выдержки соединения при температуре 150°C, усилие, требуемое для сдвига соединения, остается достаточно большим. Можно предположить, что данный способ восстановления позволит обеспечить высокий ресурс ГБЦ даже при отсутствии натяга между основной и дополнительной деталью. Однако для обеспечения гарантированной работоспособности предлагаемого способа восстановления желательно в дальнейшем провести испытания в условиях рядовой эксплуатации.

Проведенное исследование показало, что использование для фиксации соединения состава Loctite 638 позволяет изменять величину зазора от 0,05 до 0,15 мм, что даст возможность вести обработку деталей с меньшей чистотой, используя менее точное оборудование, по сравнению с обработкой под посадку с натягом.

Выводы

1. Увеличение зазора в сопряжении основной и дополнительной деталей более 0,15-0,20 мм ведет к значительному снижению прочности клеевого соединения.
2. Нагрев клеевого соединения до 100°C не оказывает существенного влияния на его прочность. Увеличение температуры до 150°C приводит к снижению прочности на 15-18%.
3. Для предлагаемой технологии восстановления рекомендуемый допуск на величину зазора составляет 0,10 мм, а величина зазора – от 0,05 до 0,15 мм.

Библиографический список

1. Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин (состояние и перспективы). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
2. Румянцев С.И., Боднев А.Г., Бойко Н.Г. и др. Ремонт автомобилей / под ред. С.И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 327 с.
3. Воронова Н.В. Внедрение нанотехнологий при проведении ремонта нефтепромыслового и глубинно-насосного оборудования в ОАО «Тат-

нефть» // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 9. – С. 216-223.

4. Башкирцев Ю.В., Клубничкин Е.Е., Никишина О.С. Использование клеевых составов при ремонте // Сельский механизатор. – 2011. – № 3. – С. 34-35.

5. Демин В.Е. Совершенствование технологии восстановления сопряжений опор корпусных деталей с подшипниками качения применением композиционных анаэробных материалов (на примере корпуса КП трактора Т-150К): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2007. – 16 с.

6. Панин А.А. Восстановление деталей машин и оборудования термостойким клеевым составом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2008. – 17 с.

7. ГОСТ 14759-69. Клеи. Метод определения прочности при сдвиге. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.

8. ГОСТ 28840-90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 6 с.

References

1. Chernoiyanov V.I., Golubev I.G. Vostanovlenie detaley mashin (Sostoyanie i perspektivy). – М.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2010. – 376 с.

2. Rumyantsev S.I., Bodnev A.G., Boyko N.G. i dr. Remont avtomobiley: pod red. S.I. Rumyantseva. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Transport, 1988. – 327 s.

3. Voronova N.V. Vnedrenie nanotekhnologiy pri provedenii remonta neftepromyslovogo i glubinno-nasosnogo oborudovaniya v OAO «Tatneft» // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012. – Т. 15. No. 9. – S. 216-223.

4. Bashkirtsev Yu.V., Klubnichkin Ye.Ye., Nishkina O.S. Ispolzovanie kleevykh sostavov pri remonte // Selskiy mekhanizator. – 2011. – No. 3. – S. 34-35.

5. Demin V.Ye. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya sopryazheniy opor korpusnykh detaley s podshipnikami kacheniya primeneniem kompozitsionnykh anaerobnykh materialov (na primere korpusa KP traktora T-150K): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Saratov, 2007. – 16 s.

6. Panin A.A. Vosstanovlenie detaley mashin i oborudovaniya termostoykim kleevym sostavom: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – М., 2008. – 17 s.

7. GOST 14759-69. Klei. Metod opredeleniya prochnosti pri sdvige. – М.: Izd-vo standartov, 1984. – 6 s.

8. GOST 28840-90 Mashiny dlya ispytaniya materialov na rastyazhenie, szhatie i izgib. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. – М.: IPK Izdatelstvo standartov, 2004. – 6 s.

