

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ФРУЦКИЙ В. А.

*(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой;
г. Новополоцк, Республика Беларусь)*

Раскрыты вопросы разработки технологии ремонта корпусов двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Рассмотрена конструкция корпуса двигателя, выделены наиболее ремонтпригодные зоны. Рассмотрены процессы, вызывающие деформацию либо разрушение отдельных частей корпуса двигателя. Рассмотрены рекомендации по восстановлению исходных размеров и механических свойств поверхностей двигателя, с учетом различных типов материалов.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, отказ, корпус двигателя, трещина скол, ремонт-восстановление, сопряжение.*

Введение. Из-за сложившейся политико-экономической ситуацией вопросы ремонта и восстановления уже имеющегося автомобильного парка заслуживают особого внимания. Все чаще в литературе и высказываниях ведущих специалистов указывается на важность развития стратегий [1], направленных на различные приемы, повышающие сроки эксплуатации, ремонтпригодность и наработку на отказ основных узлов и механизмов. Представляется перспективной разработкой технологий ремонта деталей автомобилей, технологий их восстановления.

В условиях союзного государства была отработана технология восстановления корпусов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (рисунок 1) [2–4].

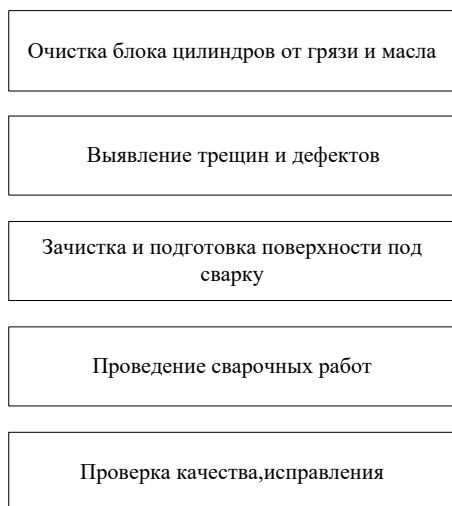


Рисунок 1. – Общая технология заварки дефектов

Цель работы – разработка технологии ремонта блока цилиндров и головки блока цилиндров двигателей, выполненных из литейного алюминия с восстановлением исходных технико-эксплуатационных характеристик различных зон корпуса блока цилиндров.

Анализ исследований. ДВС работает в условиях резких перепадов температур и воздействия как внешних, так и внутренних физико-механических факторов (например: повышенная температура и детонация). Имеют ошибки при ремонте и эксплуатации, сопровождаемые появлением дефектов. Выявлению этих дефектов посвящено множество работ [4–9].

Анализ мест появления трещин (по плоскости прилегания блока цилиндров к ГБЦ между водяными и масляными каналами; в зонах вкручивания болтов головки блока; между каналами циркуляции моторного масла и рубашкой охлаждения; между седлом и форкамерой; и т.д.) показал, что трещины, как правило, появляются в труднодоступных местах, что сопряжено с определенными технологическими неудобствами.

Результаты исследований. Для проведения исследований воспользовались блоком цилиндров автомобиля ВАЗ. Блок выполнен из литейного сплава АК12М2МгН (АЛ25) с химическим составом:

Таблица 1. – Состав литейного алюминиевого сплава в %

Si	Mg	Cu	Mn	Ni	Ti
11...13	0,8...1,3	1,5...3,0	0,3...0,6	0,8...1,3	0,05...0,2

При этом в качестве термообработки применяется режим не полного искусственного старения с ускоренным охлаждением. В результате образуется пересыщенный твердый раствор с небольшим упрочнением вследствие наличия дендритной ликвации с низкой концентрацией легирующих элементов. При этом необходимо предотвратить закаливание материала корпуса из-за возможного образования дефектов.

В последнее время стало развиваться направление ремонта алюминиевых корпусных деталей сваркой трехфазной дугой в аргоновой защитной атмосфере [10]. Выбор этого метода основан на анализе негативных явлений, выявленных в процессе термического воздействия на алюминиевые сплавы: сюда входят высокие коэффициенты теплопроводности и линейного расширения, что требует интенсивного нагрева детали и, следовательно, мощного источника сварочного тока. Это приводит к чрезмерному нагреву и короблению детали. При этом допуски осности посадочных отверстий не должны превышать 0,05 мм. Такую технологию можно осуществить лишь применяя общий подогрев изделия, что связано с определенными технологическими трудностями и снижением производительности.

Предлагаем применить комбинированный вариант. В качестве источника применить трехфазную дугу, состоящую из нескольких независимых и зависимых дуг, горящих в определенной последовательности. Этот способ может применяться как для тонкостенных деталей, так и для изделий с толщиной стенки до 40 мм. При этом есть возможность обеспечения малоамперной дуги в параметрах 6...12 А для удаления окисной пленки, образующейся на поверхности изделия. Таким образом, оксидная пленка удаляется при реализации так называемого механизма «катодного распыления», который реализуется при наличии обратной полярности сварочного тока. Однако данная технология слабо реализуема без дополнительных тепловложений, чего хотелось бы избежать, исходя из вышеозначенных причин.

Выход из данной ситуации видится в предварительном местном нагреве под сварку в пламени газовой горелки; индукционным разогревом и нагревом при помощи электросопротивления. К огромным отрицательным воздействиям первого способа можно отнести весьма интенсивное окисление свариваемой поверхности вследствие прямого воздействия открытого пламени, что может привести к локальным изменениям химического состава материала. Что недопустимо.

В случае индукционного нагрева за счет мощных электромагнитных полей возникает быстрый разогрев. Однако этот метод можно использовать на стадии предварительной подготовки изделия к сварочному процессу. Кроме того, изделие должно находиться внутри индуктора, что тоже осуществимо с трудом.

Местный нагрев при помощи электросопротивления может быть осуществлен при помощи «термоковриков» применяемым при монтаже трубопроводов [11]. В этом случае возможно избежать излишнего окисления свариваемой поверхности, быстрой и регулируемой на всех стадиях термопередачей. И также немаловажным является факт возможности проведения общего старения сварочного шва, что также позитивно скажется на изделие в целом.

Однако, по мнению автора, после проведения сварочных работ физико-эксплуатационные параметры изделия в целом не вернуться на уровень нового изделия. Для повышения данных параметров и продления времени безаварийной работы предлагается дополнить технологию восстановления корпусов низкотемпературной термомеханической обработкой (НТМО). Среди известных технологий низкотемпературной термомеханической обработки [7] предлагается использовать следующую: заварка — естественное старение — холодная деформация — искусственное старение. При производстве процесса сварки и уменьшении тепловведений от внешнего источника в определенной степени произойдет закалка сварочного шва, затем при выдержке изделия при комнатной температуре (для повышения прочности изделия) проводим естественное старение. При этом пересыщенный твердый раствор, образовавшийся при закалке, обладает термодинамическим неравновесием и вводя в технологию процесс естественного старения мы,

тем самым, приближаем фазовую структуру сварочного шва к равновесному состоянию. При этом по литературным данным [12] при пластической деформации 5–10 % и дальнейшей выдержке изделия при температуре 120...130 °С, σ_B ремонтной зоны увеличится на 10...12 %, $\sigma_{0,2}$ шва увеличится на 12...15 %, что сопоставимо с данными нового изделия.

Согласно справочным данным [13] к сплавам системы Al–Si–Cu–Mg целесообразно прикладывать пластические деформации в диапазоне 0...10 %.

Таблица 2. – Показатели прочности соединения при деформации %

Показатель прочности	0	2	4	6	8
σ_B , МПа	186	200	210	188	190
$\sigma_{0,2}$, МПа	166	180	182	174	172

Таким образом пик прочностных показателей для сварочных швов, примененных на материалах данной системы приходится на процент пластических деформаций 2...4 %. При этом, согласно рекомендациям [13–15] для увеличения прочностных характеристик материала рекомендуется прилагать знакопеременное нагружение одинаковой амплитуды.

Таблица 3. – Показатели прочности соединения при различной продолжительности естественного старения, ч.

Показатель прочности	0	6	12	24	48
σ_B , МПа	186	186	189	191	192
$\sigma_{0,2}$, МПа	166	168	169	170	172

Таким образом после 12 часов естественного старения прочностные показатели увеличились на 1 %, за время старения до 12 часов прочностные характеристика увеличились менее чем на 1 %. При интервале 24 эти данные соответственно 2 % и 1 %.

Затем после завершения процесса пластического воздействия предлагается применить процесс искусственного старения, заключающийся в местном нагреве ремонтируемой области до 150–200 °С и выдержку 5...15 часов (в зависимости от толщины изделия).

Таблица 4. – Показатели прочности соединения при различных вариантах технологии восстановления

Вариант	Технология ремонта	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа
1	Сварка+естественное старение + ХД + искусственное старение	212	192
2	Сварка+ искусственное старение + ХД	189	169
3	Сварка+ искусственное старение + ХД + искусственное старение	202	189

Так при 1-м варианте воплощения технологии прирост показателей прочности составил 14 %. При 2-м варианте реализации технологии прирост – 1 %. При 3-м варианте – 7 %.

Выводы. В статье указано на важность развития стратегий, которые отдают предпочтение ремонтируемым изделиям. Замечено, что в существующих на данный момент литературных источниках, особенностям ремонта блока и головки цилиндров двигателей уделялось недостаточного внимания, тогда как данный элемент двигателя вполне ремонтпригоден.

При рассмотрении конструкции блока цилиндров выделены наиболее ремонтпригодные зоны.

При анализе способов восстановления работоспособности узла по критериям сохранения прочности изделия была выявлена следующая технология ремонта:

- предварительная мойка;
- расточка / хонингование блока цилиндров;
- гильзование чугунного или алюминиевого блока цилиндров;
- расточка / хонингование постели коленвала;
- шлифование плоскости блока цилиндров;
- заварка — естественное старение — холодная деформация — искусственное старение;
- механическая обработка;
- газотермическое напыление;
- опрессовывание блока и головки блока цилиндров;
- шлифование головок блока цилиндров;
- правка рабочей фаски седла клапана;
- притирание клапана;
- установка футорки под свечу.

В качестве непосредственного способа заварки дефектов выбран способ восстановления деталей сваркой трехфазной дугой в аргоновой защитной атмосфере с применением местного подогрева на основе элементов электросопротивления.

Было отмечено, что наилучшие прочностные характеристики при естественном старении достигаются в течении 12–24 часов и выбор продолжительности этой операции зависит от технических возможностей предприятия.

Отмечено, что процесс холодной деформации наиболее эффективен при приложении 2...4%пластического деформирования, при этом диаграмма нагружения должна иметь циклический знакопеременный характер.

В результате проведенных исследований можно получить деталь физико-эксплуатационные свойства которого на 10...15% превосходят ожидаемые после обычного ремонта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Schwab K.M. COVID-19: The Great Reset / К.М. Schwab, Т. Malleret // 2020 World Economic Forum. Forum publishing. – 2020 – 212 p.
2. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич В.П. «Технология и оборудование сварки плавлением». Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1997.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: «Машиностроение», 2004.
4. Piezo-Injektoren. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.audi-technology-portal.de/de/antrieb/tdi-motoren/piezo-injektoren/?c=image:506>.
5. Основные дефекты и причины их появления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5332569/page:85/>
6. Пилипенко, С.В. «Восстановление работоспособности соединения «игла-корпус» распылителя форсунок дизельных двигателей» / С.В. Пилипенко, О.П. Штемпель, В.А. Фруцкий, В.В. Кострицкий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – С. 65–72.
7. Сплавы алюминия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/17546/alju-minij-i-ego-splavy-3/>.
8. Холодная молекулярная сварка [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://studfile.net/preview/8850773/page:31/>.
9. Пути совершенствования технологий ремонта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-sovershenstvovaniya-tehnologii-remonta-detaley-i-soedineniy-sostavami-hms-holodnaya-molekulyarnaya-svarka/viewer>.
10. Сварка алюминиевых сплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/2846/svarka-aljuminievyh-splavov>.
11. Нагреватели для термообработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rem-teh.ru/catalog/nagrevateli-dlya-termoobrabotki/>.
12. Лукин В.И., Арзамасов В.Б., Иода А.А. // Влияние пластической деформации на свойства алюминиевого сплава ВАД15 и его сварных соединений. «Сварочное производство», № 11, 1999 г. Стр.78.
13. Справочник авиационные материалы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://viam.ru/reference_book.
14. С. В. Пилипенко, В. А. Фруцкий, М. В. Конон «Теплофизические свойства газотермических ремонтных покрытий валов под посадку подшипника.»// Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. - 2019. - № 11. – С. 57–62.
15. Электронный научно-технический журнал « Труды ВИАМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://viam-works.ru/ru/>.
16. Фазовые превращения в сплавах системы Al-Mg-Si-Cu при искусственном старении. Анастасия Анисимова Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ»), Москва. 2023 г. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/82/381/39436.php>.