

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

А.С. Ухалин, В.В. Горшков

В работе рассмотрены способы восстановления корпусных чугунных деталей, предложен новый нетрадиционный способ ремонта. Особое внимание уделено эффективности полимерных материалов, используемых при восстановлении агрегатов. Объектом исследования являются герметизирующе-сварные соединения, образуемые при восстановлении корпусных деталей агрегатов.

При ремонте автомобильной техники в полевых условиях актуальной проблемой является качественное восстановление деталей с наименьшими трудозатратами и расходом материальных и энергетических ресурсов.

Корпусные детали составляют около 20% по количеству и до 45% по весу и стоимости от остальных групп деталей автомобилей и определяют надежность работы агрегатов и машин в целом.

В ходе эксплуатации и боевых действий корпусные детали агрегатов и узлов автомобильной техники, изготовленные преимущественно из чугуна, получают повреждения такие как трещины и пробоины (18% при эксплуатации, 14% от боевых повреждений), устранение которых связано с применением сложных и трудоемких технологий, таких как сварка чугуна.

Основываясь на данных [1, 2] трещины и пробоины классифицируются по размерам и форме.

Максимальная длина трещины достигает 200 мм (короткие - до 150 мм), длинные более 150мм. Корпусные детали, имеющие трещины длиной более 200 мм выбраковываются.

Максимальная площадь пробоины – 50см² (небольшая – до 25 см², большая более 25см²). Агрегаты, имеющие пробоины общей площадью более 50см² выбраковываются.

Классификация трещин и пробоин по форме представлена на рисунке 1.

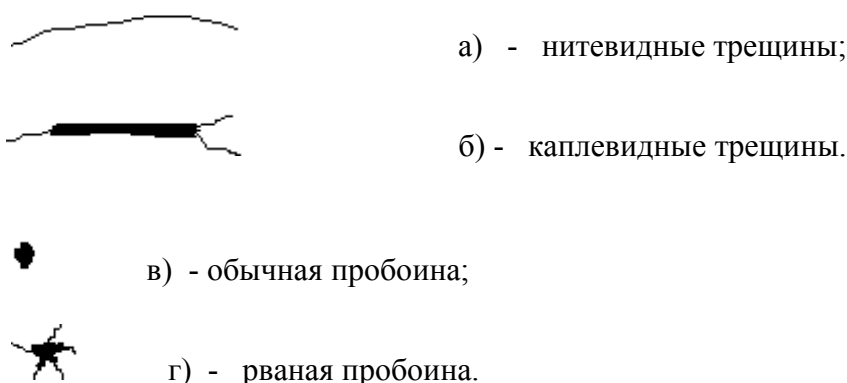


Рисунок 1– Классификация трещин и пробоин

В условиях интенсивного старения автомобильной техники, из-за недостатка средств для ее обновления, в целях уменьшения трудоемкости работ, проводимых при восстановлении техники, актуальной проблемой становится разработка новых нетрадиционных технологий заделки трещин и пробоин, что позволит широко использовать их для восстановления корпусных деталей, сократить сроки ремонта и в ряде случаев - обеспечить выполнение задач с использованием АТ.

Восстановление чугунных деталей сваркой — трудный процесс, обусловливаемый химическим составом чугуна, его структурой и особыми механическими свойствами.

По химическому составу чугун — сплав железа с углеродом, содержащий некоторое количество кремния, марганца, фосфора, серы и других примесей. Обычно в чугуне содержится от 2 до 3,6% углерода.

Механические свойства чугуна во многом зависят от того, в каком состоянии находится углерод. Если большая часть углерода содержится в связанном состоянии в виде цементита (Fe_3C), то такой чугун имеет более светлый цвет, очень тверд, хрупок и не поддается механической обработке. Его часто называют белым, он почти не применяется для изготовления деталей. Наиболее широкое применение получил серый чугун. В нем большая часть углерода находится в структурно-свободном состоянии, в виде пластических включений графита. Серый чугун достаточно мягок, легко поддается обработке.

При быстром охлаждении серого чугуна, расплавленного или нагретого до температуры выше $750^{\circ}C$, графит легко переходит в цементит (т.е. чугун отбеливается) и, кроме того, образуется закаленная структура в виде мартенсита и тростита. Относительное удлинение чугуна при разрыве практически равно нулю, поэтому при неравномерном нагреве или остывании почти всегда возникают большие внутренние напряжения и трещины.

В расплавленном состоянии чугун жидкотекуч и мгновенно переходит из жидкого состояния в твердое, минуя пластическое. Все эти свойства чугуна в большой степени затрудняют его сварку. Хуже всего поддается сварке чугун с крупными включениями графита и лучше сваривается чугун перлитного типа с мелким пластинчатым или сфероидальным графитом. Вот некоторые марки чугуна, из которого выполнены корпусные детали: блок цилиндров двигателя, корпус водяного насоса - СЧ 15-32, картера коробки передач и лебедки - СЧ 18-36, картера раздаточной коробки, коробки отбора мощности, бортовой передачи – СЧ 24-44.

Трудность работы с чугуном вызвала появление многочисленных способов ремонта корпусных деталей. Твердо рекомендовать какой-либо из них для восстановления определенных деталей весьма затруднительно, но наименее трудозатратным является использование в этих целях полимеров. Больше того, даже у одной корпусной детали со стенками различной толщины может быть различная структура чугуна [4].

Олигомерные композиции являются фактически универсальными ремонтными материалами, что и определяет возможность восстановления широкой номенклатуры автомобильных деталей с различными дефектами. Такая существенная особенность по сравнению с традиционными способами восстановления, а также значительное отличие свойств полимерных материалов и металлических деталей обуславливают необходимость дифференцированного подхода к устранению дефектов на деталях олигомерными композициями и разработки соответствующих способов восстановления деталей. Эти способы должны учитывать конструктивные особенности деталей (материал, назначение и конструкцию детали, условия работы и т.п.), их условия эксплуатации (температура, контакт с горюче-смазочными материалами и т.д.), свойства эпоксидных полимерных композиций и клеевых соединений.

С помощью клеев и герметиков можно быстро и качественно устранить повреждения (трещины, пробоины, сколы) в корпусных деталях агрегатов (блоках цилиндров двигателей, карбюраторах, картерах агрегатов и т.д.). Трещины на автомобильных деталях возникают в результате механических воздействий или в результате усталостного разрушения металлов. Олигомерными композициями можно успешно заделывать не только трещины механического происхождения, но и усталостного характера.

Применяются несколько способов заделки трещин, например, с использованием эпоксидной композиции. Трещины на чугунных деталях рекомендуется засверливать на концах сверлом диаметром 2-3мм. Целесообразно также осуществлять разделку кромок трещины под углом до $65-70^{\circ}$ на глубину $\frac{2}{3}$ толщины стенки. Заделка коротких трещин осуществляется нанесением только эпоксидной композиции, постановкой металлической или стеклотканевой заплаты.

Для усиления длинных трещин перед нанесением эпоксидной композиции их следует укрепить путем электросварки или постановки ввертышей. Чугун сваривают электродами ЦЧ-4, а ввертыши изготавливают из стали Ст.3 диаметром 8 мм, длиной 10 мм и нарезают резьбу М8×1.

Детали, имеющие пробоины, восстанавливают с помощью эпоксидных композиций, как правило, наложением заплат и реже путем заполнения пробоин.

При небольших пробоинах (диаметром до 25 мм) накладки изготавливают из стеклоткани, при диаметре более 25 мм на плоских стенках детали применяют металлические пластины. При больших по размеру пробоинах пластины могут быть укреплены винтами или с помощью дополнительных сверлений в стенке картера, куда проникает эпоксидная композиция и после отверждения обеспечивает прочную заделку пробоины.

В случае сохранения обломков корпуса они могут быть использованы для заделки пробоины заподлицо. Если же они отсутствуют, то пробоина заполняется стеклотканевыми заплатами [1].

Условия работы автомобильных деталей, восстановленных олигомерными композициями, характеризуются воздействием на них различных факторов, ухудшающих свойства композиции, приводящих к снижению их надежности и долговечности. К таким факторам относятся прежде всего:

-высокая теплонапряженность отдельных деталей, так, предельно допустимая температура охлаждающей жидкости двигателя 5Д20 может достигать при форсированном режиме его эксплуатации 125⁰С;

-воздействие значительных ударных и вибрационных нагрузок на деталь в процессе десантирования автомобильной техники и ее эксплуатации в тяжелых условиях бездорожья;

-воздействие термоудара, которое характеризуется значительным перепадом температур; при запуске двигателя в зимнее время в районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера перепад температур может достигнуть 120-140⁰С;

-воздействие различных агрессивных сред: охлаждающей жидкости, горюче-смазочных материалов (моторных и трансмиссионных масел, бензина, дизельного топлива и т.п.).

Особенно отрицательное влияние на прочность клеевых соединений оказывают температурные условия, при которых работает деталь. Известно, что механические свойства эпоксидных композиций значительно изменяются с повышением температуры, вследствие перехода полимера из стеклообразного в высокоэластичное состояние, вследствие чего предел прочности при сдвиге для композиций невысокой термостойкости в соединениях снижается.

Кроме того, изменение температуры приводит так же к возникновению некоторых значительных температурных напряжений, вследствие существенного различия температурных коэффициентов металла детали и полимерной композиции.

Суммарные напряжения могут достигнуть таких величин, при которых наступит разрушение или отслаивание эпоксидного слоя. Кроме того, напряженный металл более подвержен эрозии, чем ненапряженный; к тому же наличие напряжений приводит к ускоренному старению полимера.

Действие температурного фактора усиливается одновременным воздействием механических нагрузок, при которых максимальные удельные давления достигают 15-25 МПа, минимальные – 1-1,5 МПа. Большинство автомобильных деталей работают при нагрузках до 5 МПа. Пуск двигателей при отрицательных температурах приводит к резкому изменению температуры деталей, что характеризуется воздействием на них термоудара. Воздействие термоудара может вызвать растрескивание и отслаивание эпоксидных композиций.

Все вышеперечисленные недостатки позволяют сделать вывод о невысокой эффективности ремонта агрегатов эпоксидными композициями и необходимости разработки новых технологий восстановления герметичности корпусных деталей, позволяющих качественно, в короткие сроки выполнить задачу по восстановлению автомобильной техники.

Авторами была предложена идея создания герметизирующе-сварного соединения, в котором накладка, приваренная сверху повреждения, выполняет роль крышки, а роль прокладки – герметик. Суть способа заключается в приваривании короткими швами металлической накладки

специальной формы (в зависимости от вида повреждения) (рисунок 2) сверху повреждения, а силиконовый самоотверждающийся герметик выполнит роль прокладки в неподвижном соединении накладка-деталь.

В последние годы в розничной продаже появились силиконовые герметики отечественного и зарубежного производства. Вот именно их уникальные свойства (высокая износостойкость и отсутствие усадки, герметизирующая способность, вибропоглощающие свойства, стойкость к длительному тепловому старению, а самое главное - возможность в жидком состоянии заполнять микротрещины и микронеровности) позволяет создать неподвижное герметизирующе-сварное соединение для устранения таких повреждений, как трещины и пробоины.

Подготовка детали к ремонту включает операции очистки, разделки дефектного шва и его обезжиривание.

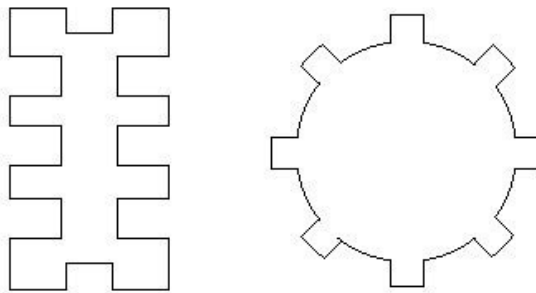


Рисунок 2 – Форма накладок

Для удаления грязи и масляных отложений с поверхности детали используют слабые щелочные растворы.

Механическую обработку необходимо провести металлической щеткой, а затем шлифовальной машинкой. В случае, если трещина или пробоина образовались в местах расположения ребер жесткости, то участки вокруг повреждений следует обработать шлифовальной машинкой для того, чтобы металлическая накладка могла горизонтально расположиться на поверхности детали.

Дефекты в виде трещин разделяют так: по концам трещин сверлят отверстия диаметром 3 мм, а трещину обрабатывают по всей длине под углом $65-70^{\circ}$ (рисунок 3), или по форме трапеции (рисунок 4) на глубину $2/3$ толщины стенки корпусной детали. Производят зачистку шлифовальной шкуркой поверхности ремонтируемой детали на расстоянии 40-50 мм вдоль трещины.

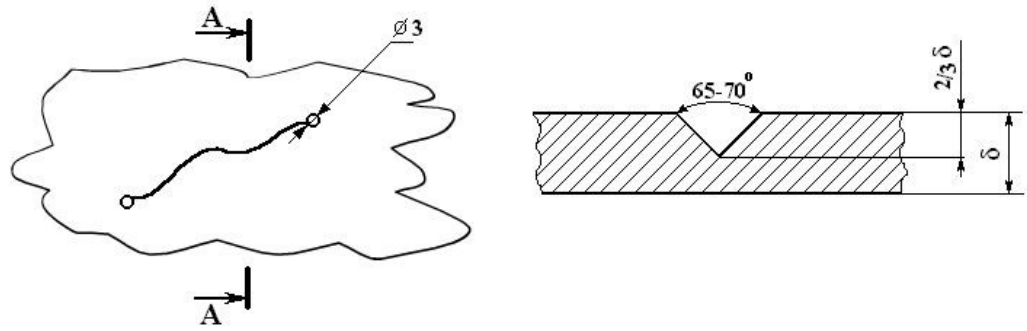


Рисунок 3 – Способ разделки трещин под углом 65-70°

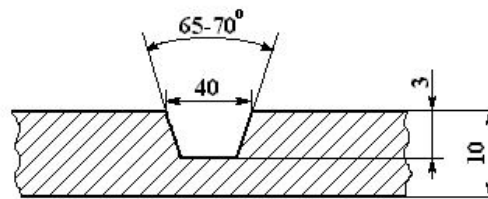


Рисунок 4 – Способ разделки трещины по форме трапеции

При разделке свищей зачищают поверхность вокруг свища на 20-30 мм.

При разделке пробоин зачищают участки поверхностей длиной 30-40 мм с обеих сторон с нанесением насечек. Вокруг пробоин засверливают отверстия диаметром 3 мм (рисунок 5).

Накладки вырезают специальной формы (рисунок 2) для того, чтобы при сварке из-за большой температуры сварочной дуги не сгорал герметик, таким образом, чтобы она перекрывала повреждение на 15-20 мм. Ремонтную поверхность детали так же, как и накладку следует обезжирить растворителем (ацетон, уайт-спирит, бензин и др.).

Герметик наносят на накладку слоем, толщиной не более 3 мм, дают ему открытую выдержку на воздухе (до 10 минут) и прижимают на несколько секунд. Усилие прижатия - до выпячивания герметика-прокладки по краям накладки.

Сварку ведут электродами марки ОЗЧ-2, МНЧ-2, а также другими электродами, предназначенными для холодной сварки чугунов, короткими швами крест-накрест (рисунок 6), давая после образования каждого шва металлу остыть.

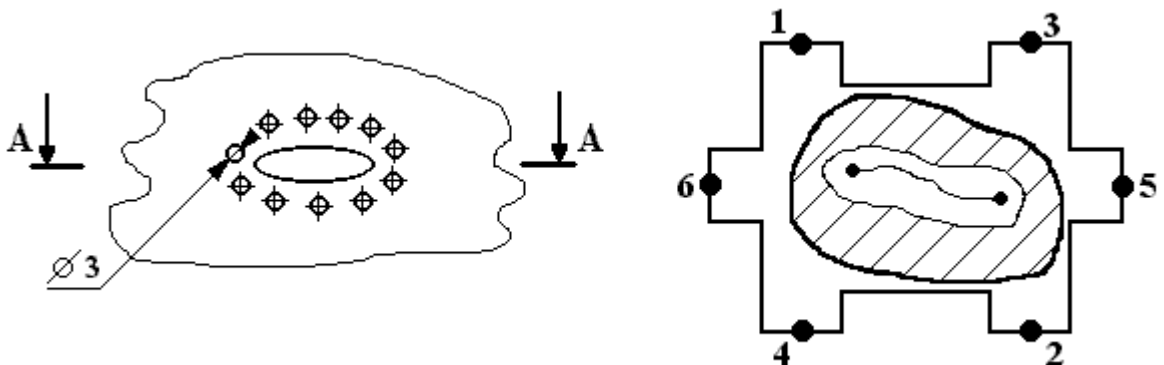


Рисунок 5 – Способ разделки пробоин

1 - 6 – места сварки.

Рисунок 6 – Способ приварки накладки

После выполнения всех этих операций производят зачистку открытых кромок накладки, а восстановленное место на детали красят. Деталь готова эксплуатироваться через 1-2 часа после заделки трещины (пробоины). Полное отверждение герметика произойдет через 22- 24 часа.

Выбор в качестве универсальной прокладки самоотверждающегося герметика не случаен. Анализ прокладочных материалов, всего более 10 видов используемых в узлах и агрегатах автомобильной техники показал, что паронитовые, картонные и резиновые прокладки занимают в общем объеме ведущее место (около 86%).

Оценка прокладочных материалов свидетельствует, что они не являются универсальными по реакции на воздействие различных факторов (температура, удельное давление сжатия, действие агрессивных сред и др.). Так, металлические прокладки неэластичны и требуют больших усилий сжатия, что вызывает необходимость упрочнения конструкции сборочного узла с одновременным его утяжелением; картонные материалы обладают высокой гигроскопичностью (до 60-65%) и подвержены набухаемости; паронитовые, асбестовые (картонные) прокладки имеют низкую упругость и дают большую усадку, расслаиваются и трескаются в процессе эксплуатации, требуют постоянной подтяжки резьбовых соединений.

Стремительное внедрение полимеров в область герметизации обусловлено предъявлением комплекса противоречивых, порой взаимоисключающих требований к герметизирующим материалам: пластичность и формоустойчивость, деформативность и износостойкость, обеспечение максимальной площади действительного контакта и др. Из природных и синтетических материалов используемых в машиностроении, этим требованиям в наибольшей мере отвечают полимеры.

Качество соединения во многом определяется прокладками, но, с другой стороны, и работоспособность прокладок зависит от того, учитывает ли конструкция узла специфические свойства прокладочных материалов. Следовательно, все детали соединения необходимо рассматривать в их взаимосвязи, как систему «деталь-герметизатор-деталь», позволяющую создать эффективное герметизирующее устройство.

В общем случае герметизация используется для того, чтобы при наличии двух отдельных объемов исключить возможность перемещения вещества из одного объема в другой или обеспечить количество перетекающего вещества, не превышающее заданную величину.

К герметизаторам предъявляются два основных требования: способность деформироваться и, будучи проложенным между поверхностями соединяемых деталей, препятствовать проникновению рабочего вещества через эти поверхности.

«Идеальный герметизатор», следовательно, должен обладать высокой подвижностью структуры, близкой к текучести, свойственной жидкости. С другой стороны, структура жидкости не может обеспечить стабильность герметизации при воздействии рабочей жидкости и других внешних факторов. Чтобы противостоять давлению герметизирующей среды, герметизатор должен обладать свойствами твердого тела, т.е. иметь достаточную жесткость, сохранять неизменность формы и сопротивление деформированию.

Таким образом, в идеальном герметизаторе одновременно совмещаются свойства жидкости и твердого тела.

Наиболее отвечают требованию «универсальности» при герметизации агрегатов автомобильной техники в полевых условиях герметизаторы на основе полимеров. В автомобильной промышленности нашли широкое применение клеи и герметики влажностного отверждения.

Клеи и герметики этого вида изготавливаются на основе силиконовых и фторсиликоновых каучуков. Они представляют собой терморезактивные материалы, которые под воздействием влаги, вулканизирующих агентов или инициаторов отверждения, без усадки переходят из пластического состояния в резиноподобное.

Поверхности деталей неподвижного соединения характеризуются определенной шероховатостью (рисунок 7а). Наличие в реальных стыках волнистости, микродефектов и других отклонений от правильной геометрической формы приводит к тому, что контакт между деталями осуществляется по выступам микронеровностей, образующих фактическую площадь контакта.

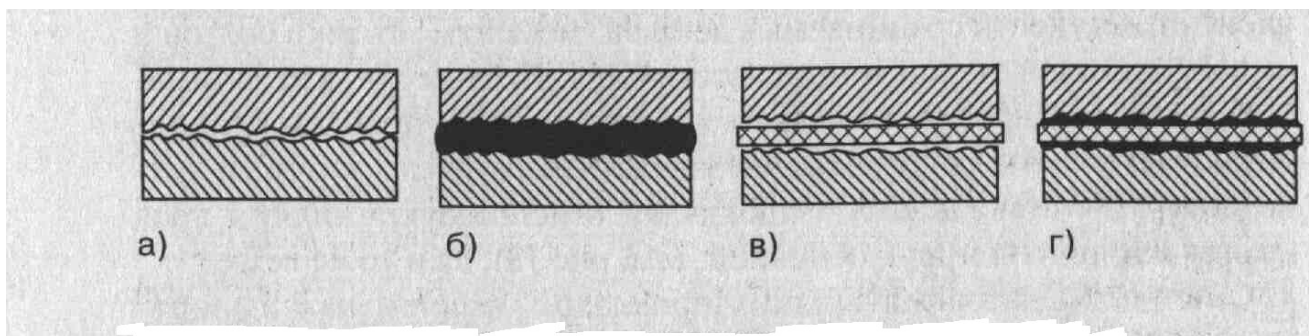
Повысить степень герметичности неподвижных соединений можно, увеличив фактическую площадь контакта. Это можно достичь высокой точностью механической обработки и жесткостью соединяемых деталей. Более рациональным способом увеличения фактической площади контакта соединяемых деталей является заполнение зазоров герметиком (рисунок 7б) с высокой подвижностью структуры, близкой к текучести жидкости.

С другой стороны, жидкость не может обеспечить стабильности герметизации под давлением рабочей среды и других внешних воздействий, для этого герметик должен обладать свойствами твердого тела. Жесткость и механическая прочность герметизирующего материала обеспечивает сохранение определенной толщины прокладки, а наличие упругих свойств – сохранение контактного давления, близкого к начальному уровню. Отличительной особенностью узлов и деталей автомобилей являются постоянно меняющаяся температура и вибрация. Поэтому соединенные между собой детали деформируются, а толщина герметика и запас его упругости должны обеспечивать компенсацию неизбежных деформаций и перемещений соединенных деталей. Другими словами, герметик должен осуществлять «слежение» за микронеровностями перемещающейся сопряженной поверхности [2].

К герметизирующим материалам, с сочетанием таких свойств, относятся герметики влажностного отверждения, больше известные как жидкие прокладки.

Свое название /fluidalgasket/ жидкие прокладки получили по физическому состоянию материала – в момент нанесения, а многие из них и в период эксплуатации, представляют собой жидкие или пастообразные композиции различной вязкости, обладающие текучестью или тиксотропностью и адгезией к различным металлическим и неметаллическим материалам поверхностей.

Основным преимуществом жидкой прокладки является то, что в момент нанесения она находится в жидком состоянии и хорошо заполняет неровности поверхностей деталей соединения. Схема уплотнения соединения различными способами представлена на рисунке 7.



а - без уплотнения; б - с жидкой прокладкой; в - с твердой прокладкой; г - с комбинацией твердой и жидкой прокладок.

Рисунок 7 - Схема герметизации неподвижных соединений

Жидкие прокладки подразделяются на следующие основные типы на основе их различия в физико-механических процессах, происходящих после нанесения, а именно: «невысыхающего типа», содержащие в своем составе растворитель; «высыхающие» в различной степени и «отверждающиеся» в результате реакции полимеризации или вулканизации.

Герметизирующие материалы «невысыхающего» типа, при наличии давления рабочей среды, способны уплотнять сопряжения без перекосов и неровностей, с зазором до 0,08-0,1 мм, и сохраняют в процессе эксплуатации жидкообразное состояние. Основным их недостатком является отсутствие упруго-пластических свойств (при постоянстве подвижности структуры) и в связи с этим невозможность уплотнения, изменяющихся в процессе эксплуатации зазоров в соединениях, что типично для агрегатов автомобилей.

Прокладки «полувысыхающего» и «высыхающего» типов после нанесения на поверхность образуют упругую каучукообразную пленку. Основное различие этих типов в степени их упрочнения при улетучивании растворителя и величине усадки, которая достигает 20-75%.

Основным недостатком этих типов является замедленность и обратимость процесса их высыхания, что обуславливает непостоянство их физико-механических свойств и снижает надежность герметизации.

Герметизаторы «отверждающегося» типа применяются для уплотнения деталей с большими микродефектами и неровностями в зазорах. После нанесения они образуют упругую эластичную пленку и обладают вибропоглощающими свойствами.

Анализ таблицы 1 позволяет рассмотреть существующие полимерные герметизаторы с точки зрения их возможного применения для уплотнения агрегатов автомобильной техники в различных условиях.

Выбор материала основы определяется требуемыми свойствами жидкой прокладки - стойкостью к давлению, к агрессивным средам, термостойкостью, технологичностью и т.д.

Анализ таблицы 1 и более подробная оценка физико-механических свойств ряда материалов на основе литературных источников и экспериментальных исследований [2] позволяют рассмотреть существующие полимерные герметизаторы с точки зрения их возможного применения для уплотнения агрегатов, узлов и механизмов автомобильной техники в полевых условиях.

Применяемая в настоящее время в авторемонтном производстве уплотнительная замазка 51-Г10 является термопластичным материалом и по температуростойкости не отвечает требованиям к универсальному прокладочному материалу для повышения надежности герметизации.

Тиоколовые герметики типа «Унигерм» (У-30 МЭС-5, У-30М, УТ-31) требуют дозирования и смешивания компонентов перед применением. Они неудовлетворительно ведут себя в напряженном состоянии в связи с быстро протекающим процессом накопления остаточной деформации после сжатия (теряют эластичность). Это явление особенно проявляется при температурах выше 50°C.

Материалы на основе силоксановых каучуков «Гермесил», «Автогерметик», «КЛТ-75Т» характеризуются высокой стабильностью рабочих характеристик при длительной эксплуатации в условиях высоких температур, перепадов давлений, вибраций - не снижая пластоэластических свойств.

Основными их недостатками являются - низкие механическая прочность при разрыве и стойкость к нефтепродуктам (в неотвержденном состоянии).

Кремнийорганический герметик «Эластосил 137-83», («Эластосил-11-06») уступает по температуростойкости и другим показателям маркам «Гермесил», «Автогерметик», «КЛТ-75Т», токсичен, ввиду применения аминного отвердителя, и имеет высокую жидкотекучесть, что снижает его технологические свойства.

За рубежом наиболее широкое применение в автомобилестроении получили герметизирующие материалы на основе силоксановых каучуков и анаэробные герметики: LOCTITE (Германия), ABRO (США) и другие [3].

Выбор в качестве основы силиконов обусловлен высокой стабильностью свойств этих материалов в напряженном состоянии, износостойкостью и высокой температуростойкостью (до 473-3573°C), что особенно важно в условиях сохранения тенденции роста температурных режимов работы двигателей.

Анаэробные материалы получили преимущественное распространение для целей герметизации сопряжений, не требующих разборки в процессе эксплуатации.

Подводя итог рассмотренному выше можно сделать вывод, что лучшими по технологиям применения являются герметики западного производства (LOCTITE, ABRO). Однако, в связи с их высокой себестоимостью их массовое применение при ремонте агрегатов автомобильной техники экономически нецелесообразно.

Наиболее эффективным представляется применение герметиков, выпускаемых отечественными заводами-изготовителями (Казанский завод синтетических каучуков), не намного уступающих в качестве западным аналогам и имеющих меньшую себестоимость – «Гермесил», «Автогерметик», «КЛТ-75Т» и др.

Говоря об экономической эффективности применения способа восстановления корпусных деталей герметизирующе-сварными соединениями, можно сделать следующие выводы:

- выполнение работ по устранению повреждений агрегатов не требует наличия специализированного оборудования;
- способ не требует больших энергетических и материальных затрат;
- для выполнения работ не требуются высококвалифицированные специалисты;
- качество выполняемых работ позволит эксплуатировать агрегат через 20 –30 минут после устранения повреждения.

Несомненно, что в определенных условиях, когда требуется высокая оперативность ремонта военной и другой специальной техники и отсутствует хорошо оснащенная ремонтная база, предлагаемый способ восстановления герметичности корпусных чугунных деталей найдет должное применение.

Марка	Число компон.	Время отверждения при 20 ⁰ С позволяющее эксплуатацию, час	Интервал ра бочих температур, °С	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	Относи тельное уд линение, %	Гарантийное время хранения, месяцев
Гермесил	1	4	-50... +200	1,9	230	12
Автогерметик	1	4	-50... +200	2,2	250	12
Эластосил 11-06	1	24	-50... +200	1.6	280	6
Эластосил 137-83	1	12	-50... +200	2	200	6
КЛТ-75Т	1	0,3	-50... +300	1,5	120	12
У-30 МЭС-5	3	10	-50... +150	3	180-350	3
У-30М	3	10	-40... +130	4	150-300	12
УТ-31	3	10	-50... +130	3,5	175-300	6
51-Г10	1	-	-40... +40	1,3	90	6
LOCTITE	1	4	-60...+350	2,8	270	12
ABRO	1	4	-60...+340	2,9	280	12

Таблица- 1 Свойства жидких прокладок

Список литературы

1. Мотовилин Г.В. Восстановление автомобильных деталей олигомерными композициями. - М.:Транспорт, 1981. – 111 с.
2. Мотовилин Г.В., Ухалин А.С., Гринблат М.П. Новая жидкая прокладка для герметизации агрегатов машин. – Л.:ЛДНТП, 1984. – 24 с.
3. Башкирцев В.И., Малышева Г.В., Гладких С.Н. Клеи и герметики для автомобиля. – М.:АСТ, 2003. – 112 с.
4. Чернышов Г. Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов. – М.:ИРПО, 2002. – 496 с.
5. Пшеничный В.В., Иванов Ю.Ф. Герметичность высоконагруженных алюминиевых литых деталей. - М.:МИР, 2002. – 198 с.

Сведения об авторах

Ухалин Александр Сергеевич, доцент кафедры ремонта автомобильной техники Военного автомобильного института (г.Рязань), к.т.н.

Телефон: 8(0912) 729-640

Горшков Владимир Васильевич, адъюнкт кафедры ремонта автомобильной техники Военного автомобильного института (г.Рязань).

Телефон: 8(0912)752-684, e-mail: kot@kot.ru