

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN317.pdf>

Статья опубликована 10.06.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кручер И.Л. Способы подготовки поверхности кузова автомобиля при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.9.015

Кручер Ирина Леонидовна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса», Россия, дп. Черкизово¹

Старший преподаватель

E-mail: stokato@list.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=648269

Способы подготовки поверхности кузова автомобиля при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами

Аннотация. Сложная экономическая ситуация в нашей стране спровоцировала обвал рынка продаж новых автомобилей. Среднестатистическому россиянину намного проще купить автомобиль с пробегом и отремонтировать его. Средний срок эксплуатации автомобиля в России составляет 13 лет, все это способствует развитию сферы сервиса транспортных средств, так как, чем больше срок эксплуатации автомобиля, тем больший объем ремонтных работ ему требуется.

Наиболее ответственной, металлоемкой и дорогостоящей частью автомобиля является кузов. Несмотря на то, что основным способом восстановления металлических деталей кузова автомобиля остается сварка в среде защитного газа, в настоящее время все чаще предлагается использовать технологии ремонта клеевыми материалами. На сегодняшний день нет единой теории адгезии, что осложняет прогнозирование результата взаимодействия адгезива и субстрата. Клеевой состав не способен полностью изолировать даже очищенную до металлического блеска поверхность металла от электролита, что может привести к образованию продуктов коррозии между субстратом и адгезивом, которые разрушают клеевое соединение. Поэтому подготовка металлической поверхности детали кузова автомобиля перед нанесением клеевого формообразующего материала или покрытия является одной из самых важных операций при ремонтном восстановлении.

Наибольший интерес представляют специальные способы подготовки поверхности металла, такие как нанесение грунта по металлу и модификация поверхности металла при помощи преобразователей ржавчины, грунтовок - преобразователей и элементарноорганических соединений, так как их применение обеспечивает наиболее хорошие результаты адгезии клеевых материалов с течением времени. В качестве модификаторов поверхности металла широко используют кремнийорганические и титанорганические соединения, а также применяют поверхностно-активные вещества.

¹ 141221, Московская обл., Пушкинский район, дп. Черкизово, ул. Главная, 99

Таким образом, применение модификаторов стальной поверхности способствует повышению адгезионной прочности клеевого соединения и коррозионной стойкости отремонтированной детали кузова автомобиля.

Ключевые слова: адгезив; модификатор стальной поверхности; кузов автомобиля; ремонт автомобилей; клеевое соединение; коррозия металла

Согласно Общероссийскому классификатору услуг населению, утвержденному Госстандартом РФ (постановление № 163 от 28.06.1993 г.), услуги по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей относятся к бытовым услугам, процветание которых зависит от степени удовлетворенности клиентов. Постоянный рост числа автомобилей населения определяет спрос на услуги по их техническому обслуживанию и ремонту. За последние два года из-за экономического кризиса в нашей стране резко снизилась покупательская способность населения, что спровоцировало обвал рынка продаж новых автомобилей. Так по итогам 2015 года продажи упали на 37,5% относительно 2014 года², а в 2016 году рынок продолжил падение, которое составило 11% относительно 2015 года. В то же время рынок подержанных автомобилей за 2016 год показал рост на 6%³, что объясняется повышенным спросом на автомобили с низкой стоимостью. Среднестатистическому россиянину намного проще купить автомобиль с пробегом и отремонтировать его, после чего автомобиль будет вполне пригоден к ежедневной эксплуатации. В то же время, этот автомобиль всегда можно будет продать, а вырученные деньги использовать для покупки нового с доплатой. Тем не менее за последний год парк легковых автомобилей в России увеличился на 1,43 млн новых автомобилей (по данным АЕБ (Ассоциации европейского бизнеса), включая легкие коммерческие автомобили)⁴.

В России уже традиционно средний возраст автомобилей превышает 10 лет, и это цифра пока увеличивается. Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», по состоянию на 1 января 2017 года в России насчитывается 41,6 млн. легковых автомобилей. Средний возраст парка составляет почти 13 лет, причем каждый третий автомобиль старше 15 лет⁵. В последнее время россияне стали дольше эксплуатировать свои автомобили, а если и меняют их, то не всегда на новую машину, даже не смотря на то, что подержанные автомобили требуют регулярного обслуживания и большего объема ремонтных работ. Сложившаяся ситуация на автомобильном рынке способствует развитию сферы сервиса транспортных средств.

Наиболее ответственной, металлоемкой и дорогостоящей частью автомобиля является кузов. В процессе эксплуатации из-за коррозии и механических повреждений требуется ремонт отдельных участков деталей кузова автомобиля. В настоящее время, в зависимости от характера и зоны повреждения, ремонт может заключаться в замене всей детали кузова на новую, либо же в локальном ремонте с применением сварки, пайки или клеевых формообразующих составов. Восстановление работоспособности кузова автомобиля путем замены его деталей на новые, а также применение сварки, сопряжено со значительными

² <https://www.autostat.ru/press-releases/23794/> Автомобильный рынок России 2015. Итоги и прогнозы. Светлана Целикова (23.04.17).

³ <https://www.autostat.ru/infographics/28708/> ТОП-10 автомобилей с пробегом в 2016 году. Виктория Лобода (23.04.17).

⁴ <https://www.autostat.ru/infographics/28670/> Лидеры авторынка России в 2016 году. Виктория Лобода (23.04.2017).

⁵ <https://automarket-news.ru/statyi/statistika/item/4946-klyuchevye-pokazateli-parka-legkovykh-avtomobilej-v-rossii> Ключевые показатели парка легковых автомобилей в России (23.04.17).

затратами денежных средств и времени, к тому же рекомендуется по возможности избегать термическое воздействие на металл, так как это может привести к снижению его прочности. Поэтому, несмотря на то, что основным способом восстановления металлических деталей кузова автомобиля остается сварка в среде защитного газа, в настоящее время все чаще предлагается использовать технологии ремонта клеевыми материалами [1].

Основными требованиями современных клиентов предприятий технического сервиса автомобилей являются качество и скорость выполнения заказов. Технологии ремонта, основанные на использовании клеевых материалов, отвечают этим требованиям, они позволяют исключить такие трудоемкие операции, как разборка и сборка салона автомобиля, нет необходимости проводить работы по исключению пожаро- и взрывоопасности, к тому же не требуется применение специального оборудования.

Срок службы современных автомобилей в значительной мере зависит от коррозионной стойкости его кузова. В среднем потери металла от коррозии за весь срок эксплуатации автомобиля составляют примерно 35-40% [2]. В числе основных причин интенсификации коррозии кузова автомобиля можно выделить такие, как: химические средства, применяемые для борьбы с обледенением дорог в зимнее время; промышленные отработанные газы, а также среднесуточные колебания температур и повышенная влажность. Разработка и внедрение новых методов повышения коррозионной стойкости деталей кузова автомобиля, при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами позволит значительно повысить срок их службы.

Актуальность поисков новых антикоррозионных материалов обусловлена многими факторами, в том числе постоянно возрастающим объемом производства изделий из металлов, дефицитом технических средств и производственных мощностей для подготовки поверхности перед окраской механическими и химическими методами, относительно высокой стоимостью антикоррозионных грунтовок, содержащих дорогостоящие пассивирующие пигменты, а также их токсичностью [3].

Практика ремонта автомобилей показывает, что надежно защитить кузов автомобиля от коррозии можно только с применением специальных способов подготовки металлической поверхности, таких как модификация поверхности при помощи преобразователей ржавчины, грунтовок-преобразователей, элементарноорганических соединений, а также при помощи применения антикоррозионного протравливающего грунта по металлу [4].

Применение случайных материалов при ремонте кузова автомобиля неприемлемо, т.к. только при правильном подборе всех материалов (грунтовки, шпатлевки, эмали или краски и лака) можно получить защитное покрытие или декоративную отделку высокого качества. В первую очередь необходимо учитывать совместимость всех материалов.

На сегодняшний день нет единой теории адгезии, что осложняет прогнозирование результата взаимодействия адгезива и субстрата. Учитывая сложность происходящих процессов, необходимо проведение экспериментальных исследований, на основе которых могут быть разработаны практические рекомендации подготовки поверхности перед нанесением клеевых формообразующих материалов при ремонте кузова автомобиля.

Поверхность металлов и металлических сплавов, являющихся основными конструкционными материалами кузова автомобиля, всегда имеет структурно - и химически неоднородные участки, которые при соприкосновении с раствором электролита выступают как микрогальванические элементы. Клеевой состав не способен полностью изолировать даже очищенную до металлического блеска поверхность металла от электролита, что может привести к образованию продуктов коррозии между субстратом и адгезивом, которые разрушают клеевое соединение. Поэтому подготовка металлической поверхности детали кузова

автомобиля перед нанесением клеевого формообразующего материала или покрытия является одной из самых важных операций при ремонтном восстановлении [5].

Существуют следующие способы подготовки поверхности: механические (очистка при помощи ручного или механизированного инструмента, иглофрезерование, водоструйная очистка, гидроабразивная обработка, очистка сухим абразивом), термические (газоплазменная очистка, очистка индукционным нагревом), химические (обезжиривание, травление, нанесение конверсионных покрытий) и специальные (модификация поверхности, нанесение грунта по металлу).

Способы и количество операций подготовки поверхности определяются исходя из технического состояния данной поверхности детали, условий ее эксплуатации и свойствами используемых адгезивов. Трудоемкость различных способов подготовки поверхности определяется многими факторами и, в зависимости от производственных условий, может сильно варьироваться, поэтому необходимо проанализировать целесообразность применения того или иного способа обработки поверхности перед нанесением адгезива применительно к конкретным условиям ремонта деталей машин и оборудования.

Способ обработки металлической поверхности (механический, химический и др. или их комбинации) определяет степень ее шероховатости, которая характеризуется отклонением микрорельефа от идеально ровной поверхности. Рядом исследований было доказано, что адгезионная прочность клеевого соединения может быть обеспечена за счет микронеровностей (шероховатости) поверхности субстрата.

Минфорд Ж.Д., исследовавший воздействие соленой воды на адгезионные соединения, пришел к выводу, что наибольшей долговечностью обладают покрытия на металлах, поверхность которых была предварительно обработана химическим путем (травление, анодирование и др.). В то время, как адгезия покрытий на металлах, поверхность которых была обработана механической очисткой, обезжириванием растворителем и др., оказалась ниже, независимо от вида металла [6].

Физико-химическое состояние подложки, как и природа клеевого состава, существенно влияет на формирование адгезионного соединения и его стабильность во времени. Являясь вторым равноправным партнером, субстрат играет важную роль в установлении адгезионных связей. В условиях промышленного производства автомобилей, операции по подготовке металлической поверхности кузова автомобиля дополняют нанесением конверсионных покрытий - фосфатных, хроматных и др. Считается, что, при нанесении фосфатного состава, происходит образование металлофосфатных комплексов, которые пассивируют металл и препятствуют развитию коррозионного процесса под действием электролитов. Существует мнение, что подготовка поверхности в значительной степени определяет ее энергетическое состояние. Величина адгезионной прочности и стабильность зависят от величины поверхностной энергии субстрата в большей степени, чем от величины энергии поверхности раздела фаз полимер-субстрат [7, 8].

Из выше сказанного следует, что субстрат является вторым равноправным членом, влияющим на величину адгезионного взаимодействия.

Наибольший интерес представляют специальные способы подготовки поверхности металла, такие как нанесение грунта по металлу и модификация поверхности металла при помощи преобразователей ржавчины, грунтовок - преобразователей и элементарорганических соединений, так как их применение обеспечивает наиболее хорошие результаты адгезии клеевых материалов с течением времени [9].

Величина адгезии со временем уменьшается. Основной причиной этого явления считается то, что коррозионно-активные компоненты такие как, вода, кислород воздуха и т.д.

адсорбируются на поверхности металла, блокируя ее активные центры с образованием адсорбционно-гидратных слоев. В результате, происходит замещение связей полимер-подложка на связи вода - подложка, что приводит к отслаиванию адгезионного материала и разрушению покрытия. Вероятность такой переадсорбции связана с природой межмолекулярного взаимодействия на границе раздела полимер-подложка.

Вода влияет на адгезию полимера к подложке не только в процессе эксплуатации, но и на стадии формирования адгезионного соединения. Адсорбируясь на поверхности металлической подложки, она взаимодействует с гидрофильными оксидами, образуя гидроксильные группы, которые в свою очередь адсорбируют мономолекулярный слой воды. Так, что адгезив взаимодействует не с молекулами металла, а с мономолекулярным слоем воды, прочно сцепленным с поверхностью металла [10].

Снижение адгезии покрытий при эксплуатации побудило исследователей к поиску способов ее стабилизации, в результате чего наметилось два, взаимосвязанных направления:

1. подбор соответствующих пленкообразователей и их модификация, с целью придания им необходимых свойств (вытеснения молекул воды с поверхности металла);
2. исследование способов обработки поверхности субстрата (модификация поверхности металла).

При выборе пленкообразователя решающее значение имеет тип и количество функциональных групп. Адгезионная прочность возрастает с увеличением в пленкообразователе содержания полярных функциональных групп, способных к образованию водородных связей с молекулами воды, таких как - OH, - COOH, - CONH₂, - CONH, - OCONH, энергия взаимодействия которых с подложкой может достигать 25-65 кДж/моль. Так при добавлении к эпоксидным пленкообразователям аминых, полиаминых отвердителей они приобретают способность к водовытеснению и образованию специфического взаимодействия с подложкой, в котором участвуют мономолекулярные слои воды за счет водородных связей по схеме, показанной на рисунке 1.

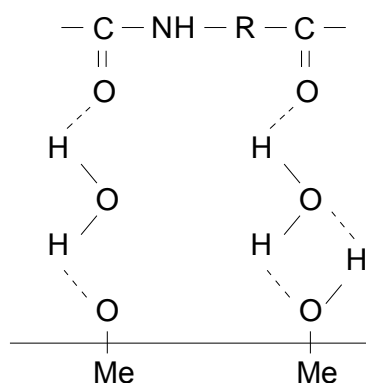
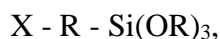


Рисунок 1. Схема взаимодействия пленкообразующего вещества и металлической подложки (разработано автором)

Повышение адгезии также наблюдалось при добавлении в состав пленкообразователя гетероциклических азотсодержащих соединений, таких как дициандиамин, хинолин, азол, оксазолон и др., способных хемосорбироваться на поверхности металла за счет проявления аминами, имеющими не поделенную электронную пару, донорных свойств. В результате чего предотвращается проникновение коррозионно-активной среды к активным центрам поверхности металла. Подобный механизм защитного действия характерен и при введении в

состав отвердителей эпоксидных смол соединений, содержащих гидразидную группу, ацетиленовую группу, а также ПАВ.

Одним из эффективных способов повышения прочности и стабилизации адгезионных соединений является модификация поверхности подложки органическими и элементарными соединениями - аппретами. В качестве модификаторов поверхности металла широко используют кремнийорганические соединения: алкил- и арилсиланы, аминоэтоксисиланы, силаны, содержащие в органическом радикале эпоксидные и другие группы. Выбор аппрета проводят с учетом природы полимера и характера его функциональных групп. Большинство силановых модификаторов соответствуют формуле:



где: X - реакционноспособная группа;

R - алифатический радикал;

OR - легкогидролизуемые группы, например: CH_3O^- или $C_2H_5O^-$.

Легкогидролизуемые группы обеспечивают взаимодействие с металлом, путем конденсации или образованием водородных связей (рис. 2), а органофункциональные группы реагируют с полимером [11].

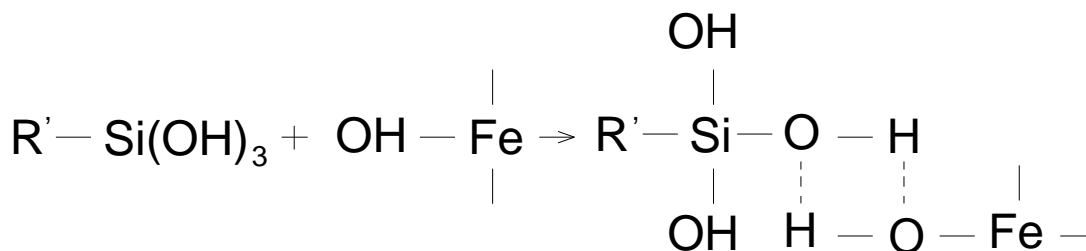


Рисунок 2. Схема взаимодействия кремнийорганических соединений с поверхностью металла (разработано автором)

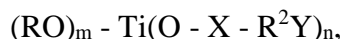
Более активными модификаторами считают аминоэтоксисиланы, имеющие строение:



где: n = 3 или 7.

Лайдхайзер с сотр. [12], изучавшие коррозионную устойчивость стали, обработанной метилтриацетоксисиланом, фенилтриметоксисиланом и глицидоксипропилтриметоксисиланом, обнаружили в ИК-спектрах сигналы связей Si - O - Fe, что свидетельствует о химическом взаимодействии аппрета с металлической поверхностью. Кроме того, было установлено, что лишь монослой модификатора контактирующий с поверхностью, образует химическую связь со сталью [13, 14].

В промышленности применяются и другой вид аппрета - титаноорганические соединения, имеющие в общем виде следующую формулу:



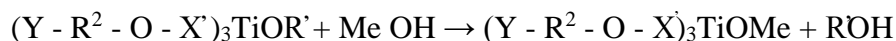
где: RO - легкогидролизуемая группа;

R² - длинноцепной углеводородный остаток;

Y - органофункциональная группа, реагирующая с пленкообразователем (акриловая, метакриловая, - NH₂ или - OH);

O - X - группа, сообщающая дополнительные свойства (сульфонильная, фосфатная, пирофосфатная).

Титаноорганические аппрететы по сравнению с органосилановыми аппрететами обладают более высокими гидрофобизирующими свойствами. Они способны образовывать хорошо ориентированный монослой аппрета на поверхности подложки и непосредственно реагировать с гидроксильными группами поверхности металла по схеме:



Из других модификаторов поверхности стали применяют растворы фосфиновой и фосфоновой кислот, имеющие ароматический (C₆₋₁₀) или алифатический (C₂₋₁₁) радикалы. Этот способ модификации поверхности рекомендуется проводить в сочетании с конверсионными покрытиями, особенно эффективно фосфатирование.

Одним из распространенных способов модификации поверхности металлов является обработка ПАВ. Вследствие дифильности молекулы ПАВ способны к хемосорбции на активных участках поверхности металла, обеспечивая ее пассивацию и гидрофобизацию, что приводит к стабилизации адгезии клеевого соединения. Лучшими ПАВ - модификаторами поверхности считаются азотсодержащие катионные ПАВ, а также оксиэтилированные алканол амины, способные к хемосорбции на поверхности металла по донорно-акцепторному механизму за счет свободной пары электронов азота. Полимерофильность таких модификаторов обеспечивается за счет углеводородного радикала (C ≥ 10) и оксиэтильных звеньев [15]. Хемосорбция также наблюдается при модификации поверхности алюминия карбоксил-содержащими ПАВ на основе жирных и олигомерных кислот. Такая обработка способствует повышению и стабилизации адгезии полиэтилена. Повышение полимерофильности поверхности стали также достигается путем модификации поверхности ПАВ мономерного типа, способных полимеризоваться непосредственно на подложке.

Прочное адгезионное взаимодействие полимера с модифицированной ПАВ поверхностью металла возможно при соблюдении следующих условий:

1. хемосорбция ПАВ на поверхности металла (физически адсорбированные ПАВ вытесняются с поверхности металла);
2. неполное покрытие поверхности металла ПАВ, что дает возможность адгезивному составу адсорбироваться на незанятых активных центрах поверхности;
3. полимерофильность модифицированной поверхности (близость свойств молекулы ПАВ и полимера).

Наилучших результатов следует ожидать при условии, что функциональные группы ПАВ и полимера будут иметь противоположные знаки зарядов, что обеспечит наиболее полное задействование всех адсорбционно-активных центров поверхности металла и невозможности адсорбции на ней коррозионно-активной среды.

Соответственно, можно сделать вывод, что применение, специальных способов обработки металлической поверхности кузова автомобиля перед нанесением клеевых формообразующих материалов, таких как нанесение грунта по металлу и модификация поверхности при помощи элементарноорганических соединений и поверхностно-активных веществ, будет способствовать повышению адгезионной прочности клеевого соединения и коррозионной стойкости отремонтированной детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев О.П., Кручер И.Л. и др. Применение клеевых составов при техническом сервисе автомобилей // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. №1. - с. 59 - 64.

2. Голубев О.П., Голубев А.П., Деменев А.В. Современные тенденции в сервисе колесных транспортных средств // О.П., Голубев и др. // Современные тенденции в науке и образовании. Международной научно-практической конференции: В 6 частях. ООО "Ар-Консалт". Общество с ограниченной ответственностью "АР-Консалт" (Люберцы). Москва, 2014.
3. Губанов Н.Н., Иванов В.А., Лукина Л.А. Инновационные методы защиты металлических трубопроводов от коррозионного разрушения // Сервис в России и за рубежом. 2013. № 1 (39). - с. 59-69.
4. Кручер И.Л. Теоретические основы взаимодействия клеевых составов с металлическими поверхностями восстанавливаемых деталей при техническом сервисе автомобилей // (Электронный журнал) Сервис в России и за рубежом. - 2011. № 1.
5. Башкирцев В.И., Грибут И.Э., Кручер И.Л. и др. Исследование особенностей взаимодействия адгезивов с поверхностью восстанавливаемой детали // Теоретические и прикладные проблемы в сервисе. 2009. №4 - с. 22-26.
6. Minford J.D. Effect of Surface Preparation on Stressed Aluminum Joints in Corrosive Saltwater Exposure// Adhesives Age. - 1980. - V. 23. № 10. - p. 36-41.
7. Ляхович А.М., Михайлова О.С., Повстугар В.И. Исследование формирования граничных слоев полимерных пленок в зависимости от активности подложки и способа ее получения // Высокомолекулярные соединения. - 1988. - Т. 10 Б, № 10. - с. 765-768.
8. Ogarev V.A. Development of Notion on the adhesion strength of Metal-Polymer Systems // Theoretische und praktische Aspekte der Adhasion swischen kondensierten Phasen. 2. Arbeits-diskisstion 15-18 Okt. Muhihausen Thuringen. - 1985. - S. 6-21.
9. Сумзина Л.В., Кручер И.Л. Повышение работоспособности клеевых соединений за счет применения антикоррозионного грунта по металлу // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016).
10. Евтюков Н.З. Стабилизация адгезии лакокрасочных покрытий в водных средах // Лакокрасочные материалы и их применение. -1992. - № 6. - с. 38-41.
11. Kerr C., Walker P. Some aspects of silence technology for surface coating and adhesives // Adhesion / Edt. K.W. Allen / - L., N.Y. - 1986. - P. 17-37.
12. Leidheiser H., Costa Ir.M., Grannata R.D. Corrosion behavior of steel pretreatment with silanes // Corrsion. - 1987. - V. 43, № 6. - P. 382-387.
13. Fabris H.J., Knauss W.G. Synthetic Poiymer Adhesives // Comprehensive Polymer Science. The Synthesys, Characterization, Reactionsand Applications of Polymers. - oxford, - 1989. V.7. - P. 131-175.
14. Виксне А.В., Зицан Я.Я., Тилтиня И.И. Модификация прочности и водостойкости адгезионных соединений полиолефин-сталь путем формирования на границе раздела промежуточного слоя органосилана // Адгезионные соединения в машиностроении / РПИ. - Рига, 1983. - с. 66-68.
15. Шаповал Г.С., Концур Ю.В., Митрохина Л.Л. и др. Влияние адсорбции катионных ПАВ на адгезионную прочность антикоррозионных покрытий. // Лакокрасочные материалы и их применение. - 1989. - № 6. - с. 60-62.

Krucher Irina Leonidovna

Russian state university of tourism and service, Russia, country settlement Cherkizovo
E-mail: stokato@list.ru

Modes of preparation the surface of a car body at repair restoration by form-building glue structures

Abstract. The difficult economic situation in our country provoked a decrease in sales of new cars. Russian people prefer to buy the car with a run and to repair it. The average term of exploit of the car in Russia makes 13 years. The term of exploit of the car is higher, the more it is necessary to repair it, what`s promotes development of car service.

The most responsible, metal-consuming and expensive part of the car is the body. Wilding in the of protective gas is the main mode of repair metal details of a car body, nevertheless the technologies of repair by glue materials are even more often used. There is no uniform theory of adhesion today that complicates forecasting the result of interaction of an adhesive and substratum. The glue structure is not capable to isolate the surface of metal from electrolyte, what can lean to formation products of corrosion between a substratum and adhesive which destroy glue connection. Therefore preparation of a metal surface car body before putting glue form-building material or a covering is one of the most important operations at repair of a car body.

The special modes of preparation metal surface, such as putting soil on metal and modification of a metal surface by rust converters, primers - converters and by organoelement`s compounds are the greatest interest. The application provides the best results of adhesion glue`s materials eventually. As modifiers the surface of metal widely used organosilicon`s and organotitan`s connections and also apply surfactants.

Thus, application, modifiers of a steel surface promotes increase in the adhesion durability of a glue connection and corrosion resistance of the repaired metal detail of car body.

Keywords: adhesive; the modifier of a steel surface; a car body; car repairs; glue joint; soil on metal (primer); metal corrosion