



От редакции: предлагаемая вашему вниманию статья продолжает серию публикаций, посвященную различным сплавам и материалам, применяемым в арматуростроении. В этом номере мы подробнее остановимся на исследовании анаэробных герметиков. С предыдущими статьями о латуни и бронзе вы можете ознакомиться в выпусках №6 за 2021 г. и №1 за 2022 г.

А.В. Стерхов, ООО «Отраслевой ИАЦ НПАА»

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЭРОБНЫХ ГЕРМЕТИКОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ АРМАТУРОСТРОЕНИЯ

История

Термин «анаэробные» заимствован из микробиологии по названию микробов, жизнедеятельность которых протекает в анаэробных условиях, т. е. в отсутствие кислорода. При попадании анаэробного состава в узкий металлический зазор происходят процессы, при которых кислород взаимодействует с некоторыми его компонентами, расходуясь при этом и создавая бескислородную атмосферу и необходимые условия для его быстрого отверждения.

К подобного рода герметикам в настоящее время относят акриловые адгезивы, которые представляют собой жидкие композиции различной вязкости, способные длительное время (≥ 1 года) храниться в тонкостенной кислородопроницаемой полиэтиленовой таре без изменений своих свойств и отверждаться при температуре 15...25°C в узких металлических зазорах (в порах, резьбовых, фланцевых и цилиндрических соединениях) с образованием прочного полимерного слоя.

Историки утверждают, что клеящие вещества применяли еще неандертальцы, – это говорит о достаточно высоком уровне

развития их интеллекта. Они нагревали над огнем деревья до вытекания смолы. Впоследствии этим веществом древние люди склеивали свои орудия труда и защиты.

Более поздние цивилизации тоже применяли клеи различного состава. Например, в Вавилоне были найдены изделия, изготовленные из слоновой кости, скрепленные смолами. По предположениям археологов им более 6 тыс. лет.

В Древнем Египте клеящие вещества применяли для склеивания папирусов, изготовления предметов мебели, инкрустации, обматывания мумий. В месте захоронения Тутанхамона была найдена шкатулка, которая предположительно сделана в 1365 г. до н.э. Она имела склеенные элементы.

Несмотря на то, что в древние времена клеящие вещества уже существовали, они не имели широкого распространения, не изготавливались в большом объеме и применялись в редких случаях.

Считается, что первое полноценное производство клея появилось в Голландии в 1690 году. А патент на первый клеящий

материал был получен только в 1754 году. В 1872 году начали масштабно выпускать рыбий клей, в 1892 – устойчивый к влаге казеиновый, в 1896 – крахмальный, в 1897 – клей на парах мочевины с формальдегидом. В 1912 году Ф. Клатт открыл и запатентовал клей ПВА в Германии. Первое крупное производство этого клея было организовано в США в 1937 году. Процесс основывался на изготовлении винилацетата при помощи извлечения его из газа ацетилена. При этом считается, что клей ПВА изобрели сразу два человека независимо друг от друга. Так, в 1939 году ученые Ли Сын Ги, Каваками и Масахидэ открыли виналон, растворимый в воде. В 1941 году они получили патент на вещество, которое позже стало основным компонентов ПВА. Также известно, что в 1945–1950 годах ученые вели работы по получению ацетилена из карбида.

Анаэробные герметики впервые привлекли к себе внимание в 1945 году, когда Нордландер и Бернетт из лаборатории GE (General Electric) обнаружили, что диметакрилат с растворенным кислородом при более высоких температурах затвердевает, удерживаемый между предметным стеклом микроскопа и листом металлической фольги. Они обозначили такое вещество как «анаэробный пермафил». Коммерциализация клеев, получивших аббревиатуру AAS по английскому названию Anaerobic Adhesives and Sealant, началась в 1955 году в США. В 1963 году началась разработка и в Японии, где стандарт отраслевого общества (JAI-6, 1979) содержит следующее определение: «Соединения, которые полимеризуются и затвердевают при изоляции от воздуха между двумя смежными поверхностями, чтобы быть пригодными для фиксации металлических деталей, герметизации и крепления фитингов». Таким образом, AAS является клеем со специфическими характеристиками, будучи жидким в присутствии воздуха, быстро отверждающимся путем полимеризации, если его отрезать от воздуха в состоянии пленки в зазоре на винте или фитинге. При полимеризации AAS превращается в смолу плотной трехмерной сетчатой структуры, обладающей отличной антикоррозионной способностью, стойкостью против растворителей, термостойкостью, стойкостью против старения. Поскольку не используется растворитель, полимеризация приводит к незначительному сжатию, что позволяет применять ее для крепления и герметизации фитингов, труб и фланцев.

В России эти работы получили развитие в связи с ростом автомобилестроения и ракетно-космической техники. Первоначально созданные для стопорения резьбовых соединений, предотвращения самопроизвольного отвинчивания гаек, они стали незаменимым материалом для герметизации дефектов металлического литья, сварных швов, трубных резьб, уплотнения фланцев, фиксации соединений типа вал–втулка, склеивания плоских поверхностей и т.д.

Состав

В основу большинства анаэробных материалов входят следующие компоненты:

- акриловые олигомеры и мономеры;
- вещества, инициирующие клеевую активность;
- ингибиторы (стабилизирующая группа);
- функциональные включения.

Использование компонентов этого спектра индивидуально и зависит от рецептуры конкретного изготовителя. В частности, могут применяться красители, пластификаторы, загустители, морозостойкие добавки и т.п.

Особого внимания заслуживают ингибиторы и активаторы анаэробного клея, которые и определяют функциональные качества состава. Под инициаторами понимается гидроперекись, обуславливающая процессы свободно-радикальной полимеризации. В сочетании с ускорителями реакций (амины и гетероциклические азотсодержащие соединения) она обеспечивает снижение температуры полимеризации. Главная задача активаторов заключается в ускорении отверждения. Эту категорию компонентов представляют соли меди, органические растворы и серуазотсодержащие соединения (табл. 1).

Таблица 1. Влияние добавок бифункциональных соединений на клеящие свойства метилцианакрилата

Бифункциональные соединения		Разрушающее напряжение при сдвиге, МПа		
Название	Количество, %	При 20°C	При 150°C	После выдержки в воде в течение 15 сут (20°C)
Без добавок	–	139	97	50
Диаллилфталат	10,0	145	122	64
Дивинилбензол	0,5	135	50	84
Циклопентадиен	1,0	152	71	96
Глицидилметакрилат	5,0	115	4	105

Анаэробные клеи и герметики отверждаются при контакте с металлом и/или при отсутствии воздуха и подходят только для склеивания и герметизации металлов. В связи с этим как таковые они не являются традиционными клеями, но особенно хороши для склеивания металлических цилиндрических деталей, где важную роль играют кручение и сдвигающая нагрузка. Кроме того, анаэробные вещества являются отличными герметиками для резьбы и фланцев.

Как только исключается доступ кислорода, то, особенно в присутствии ионов железа, жидкость полимеризуется до твердого вещества. Основным материалом является диметакрилат триэтиленгликоля (TEGDMA), но подробная химия всё ещё неясна. Как и практически во всех клеях, существуют различные дополнительные компоненты и катализаторы, необходимые для получения качественного продукта, однако большая часть элементов в значительной степени является коммерческой тайной. Основное применение этих продуктов заключается в фиксации резьбы в резьбовых узлах и коаксиальных соединениях, где они действуют главным образом за счет механического заклинивания и только во вторичной степени в качестве клеев.

Кислород препятствует отверждению этих клеев, что делает их идеальными для применения в резьбовых соединениях. Поскольку болты могут выходить из строя, особенно при таких нагрузках, как вибрация в транспортных средствах или авиации, для борьбы с этими нагрузками часто используются резьбовые фиксаторы. В то время как для применения анаэробных клеев обычно требуются чистые поверхности, доступные составы, не чувствительные к состоянию поверхности, а также грунтовки для поверхностей, которые могут способствовать адгезии при

различных условиях. Эти клеи обычно отверждаются до фиксации за считанные минуты, полностью застывая в течение 24 ч. Применение тепла может увеличить время отверждения. Эти клеи обычно поставляются в специальных воздухопроницаемых пластиковых контейнерах и заполняются только наполнителем, чтобы предотвратить преждевременное отверждение.

В зависимости от состава металла, прочность соединения одним и тем же анаэробным герметиком будет разной. Металлы делятся на активные, среднеактивные и слабоактивные. При контакте анаэробного герметика со слабоактивными металлами замедляется процесс застывания, ускорить его можно, прогрев поверхность до 70...90°C.

- **Активные металлы.** К таким металлам относятся алюминий, медь, бронза, латунь, чугун, магниевые сплавы.
- **Среднеактивные металлы.** Среднюю активность анаэробный герметик демонстрирует с хромированными поверхностями.
- **Слабоактивные металлы.** Совсем слабую активность герметик показывает при контакте с окрашенными поверхностями, никелевыми и магниевыми сплавами с покрытием, цинком, анодированным алюминием, титаном, оцинкованной сталью.

Выпускаемые анаэробные клеи имеют различные показатели прочности. Выбор прочности клеев зависит от ряда факторов. Во-первых, это размер склеиваемых поверхностей, например, ширина болта. Большие болты означают большие силы сдвига, поэтому для противодействия этим силам необходимы прочные клеи. Помимо размера, важным фактором является характер использования изделия. Если винты или болты необходимо будет вынуть для последующего обслуживания или демонтажа, необходимо использовать более слабые фиксаторы резьбы, которые предотвратят случайное откручивание, но не преднамеренное извлечение. С другой стороны, доступны постоянные или полупостоянные анаэробные клеи, скрепляющие поверхности, которые впоследствии не нужно удалять. Некоторые составы высвобождают соединения толь-

ко при высокой температуре, обеспечивая чрезвычайно высокую адгезию, а также удаляемость.

Технические характеристики

Выбор анаэробных клеев и анаэробных герметиков требует анализа механических, тепловых, электрических и оптических свойств. Механические свойства включают:

- предел прочности при растяжении (разрыв);
- модуль растяжения;
- коэффициент линейного удлинения.

Тепловые свойства анаэробных клеев и анаэробных герметиков включают:

- температуру использования;
- теплопроводность;
- коэффициент теплового расширения (СТЕ).

Теплопроводность – это линейная теплопередача на единицу площади при определенной температуре. СТЕ – это величина линейного расширения или усадки, возникающих в материале при изменении температуры. Удельное сопротивление, диэлектрическая прочность и диэлектрическая проницаемость являются важными электрическими свойствами для клеев-расплавов. Оптические свойства включают показатель преломления, показатель скорости света в материале.

Анаэробные клеи различаются своими характеристиками. Огнезащитные изделия предназначены для уменьшения распространения пламени или предотвращения воспламенения при воздействии высоких температур. Гибкие или амортизирующие изделия предназначены для уменьшения шума, ударов или вибрации. В анаэробных клеях на основе растворителей используют летучие органические соединения (ЛОС) для разжижения или изменения вязкости. В адгезивных смолах на водной основе этого не делают. С точки зрения формы анаэробные клеи и анаэробные герметики могут быть литыми, экструдированными или формованными. Для материалов с термическим интерфейсом используют изменение фазы для улучшения тепловых характеристик или поглоще-

Таблица 2. Характеристики анаэробных герметиков и адгезивов

Анаэробные клеи для прочного (неразъемного) соединения резьбовых соединений									
Марка клея	УГ-7	УГ-8	УГ-9	УГ-10	АН-111	АН-112	АН-6	АН-6В	АН-117ВМ
Максимальная резьба	M12	M80	M20	M20	M36	M12	M80	M36	M36
Температура эксплуатации, °С	-60...+150				-60...+150		-60...+150		-60...+250
Температура кратковременная (1 ч), °С	200				200		175		300

Анаэробные клеи для разборных соединений										
Марка	УГ-6	УГ-11	УГ-2М	АН-5МД	АН-8К	АН-17М	АН-17	АН-18	АН-6К	АН-114
Максимальная резьба	M20	M20	M12	M20	M36	M36	M36	M36	M36	M36
Температура эксплуатации, °С	-60 ...+150									
Температура кратковременная (1 ч), °С	200				200			175		300

Анаэробные клеи для посадочных соединений (втулки, подшипники и др.)								
Марка	УГ-7	УГ-8	УГ-9	АН-ЮЗ	АН-111	АН-112	АН-6В	
Максимальный зазор, мм	0,1	0,35	0,2	0,2	0,25	0,15	0,3	
Прочность при аксиальном сдвиге, МПа	20...25			25...35		20...30		
Температура эксплуатации, °С	-60...+150			-60...+120		-60...+175		-60...+150
Температура кратковрью (1 час), °С	200			150		200		200

ния тепла от электронных устройств или электрических компонентов (**табл. 2**).

По мере отверждения анаэробного клея при блокировке нитей он образует полимерные цепи, которые проникают в каждое крошечное несовершенство нитей. Трение резьбы увеличивается при применении резьбонакладчиков за счет межфазных соединений с шероховатостью поверхности металла. Клей полностью заполняет микроскопические зазоры между сопрягающимися резьбами, надежно фиксируя и герметизируя резьбовые узлы, предотвращая боковое перемещение и защищая соединение от коррозии, которая может возникнуть в результате воздействия влаги, газов и жидкостей.

Прочность и вязкость клея, необходимые для нанесения, напрямую зависят от размера используемого крепежа. Мало-мощные резьбонарезчики используются на винтах диаметром до одной четвертой дюйма. Материалы средней прочности предназначены для крепежных деталей диаметром до трех четвертей дюйма.

Высокопрочные резьбовые фиксаторы лучше всего использовать на крепежных деталях диаметром до одного дюйма, используемых в постоянных сборках. Также доступны низковязкие проникающие составы для блокировки резьбы, которые легко впитываются в предварительно собранные крепежные детали диаметром до половины дюйма.

При нанесении клеев с блокировкой резьбы клей должен смачивать всю длину зоны зацепления резьбы. Правильность смачивания определяется размером нити, вязкостью клея и геометрией деталей. Если детали большие, то смачивание обеих поверхностей обеспечивает необходимую надежность для адекватного нанесения клея.

Плюсы и минусы

Неоспоримое преимущество анаэробных клеев заключается в том, что они облегчили работу сантехников и удачно заменили уплотнители и прокладки, которые уже давно морально устарели. Их плюс заключается не только в удобстве и высокой скорости выполнения работ, но и в большей эффективности, более надежном креплении деталей и длительности сохранения эффекта. Выполнять различные работы, герметизировать резьбовые соединения при установке сантехники, монтаже труб можно даже без специальных инструментов, а также не обладая качествами профессионального сантехника.

В списке остальных, не менее весомых плюсов вещества, следует отметить:

- возможность применения в любых сферах и отраслях;
- совместимость с различными типами поверхностей;
- высокую устойчивость к механическим воздействиям и повреждениям;
- удобство в использовании жидкой консистенция, обеспечивающей равномерное распределение и улучшенное проникновение вещества;
- широкий выбор производителей и разновидностей позволяет подобрать состав нужного цвета и вязкости;
- анаэробный клей и герметик не боятся резкого понижения или повышения температуры, способны сохранять свои свойства даже при температуре окружающей среды от -60 до $+300^{\circ}\text{C}$;

- застывший состав устойчив к вибрациям и давлению, ему не страшны воздействия агрессивных факторов внешней среды и химических веществ;
- удобство использования – в технологии нанесения состава сможет разобраться даже начинающий мастер и добиться высококачественного результата;
- короткий период застывания, который в среднем составляет 5...6 мин.;
- экономное расходование состава и демократичная цена, особенно отечественных товаров;
- высокая надежность соединения и долговечность результата, гарантия защиты от протечек до 20 лет от производителей;
- экологическая чистота.

Недостатков у этого материала гораздо меньше, чем положительных качеств. Но всё же они имеются:

- если температура воздуха при использовании анаэробного герметика опускается ниже 15°C , то затвердевание происходит намного медленнее, поэтому соединение может нуждаться в дополнительном подогреве;
- большинство разновидностей анаэробного герметика застывают слишком быстро, что затрудняет работу неопытным мастерам;
- для разъединения элементов их нужно предварительно подогреть;
- если были использованы вещества с сильной фиксацией, то процедура разборки соединений может быть затруднена. Прикладывание значительных усилий может привести к разрушению изделий, поэтому понадобятся дополнительные приспособления и инструменты;
- иногда для выполнения определенных видов работ придется долго искать подходящий вид анаэробного герметика, изучать свойства и сравнивать особенности многих разновидностей продукта.

Применение

Анаэробные герметики применяются для герметизации резьбовых, фланцевых и других фитинговых соединений. Кроме того, они применимы для герметизации сварных швов, пористых поверхностей литых и пресованных деталей, контровки болтовых соединений, конструкционного склеивания, фиксации соединений вал-втулка. Анаэробные материалы используются во многих отраслях промышленности и областях применения, например, в таких сферах, как аэрокосмическая, автомобильная, морская, военная, фотоника, оптическая, применение оснастки. Подобные герметики предназначены также для использования в электронных устройствах, электроэнергетических продуктах, полупроводниках, упаковках интегральной схемы (**табл. 3**).

Анаэробные клеи и анаэробные герметики, подходящие для применения в медицинской, фармацевтической и пищевой промышленности, соответствуют требованиям, установленным Управлением по контролю за продуктами питания и лекарствами (FDA) и Министерством сельского хозяйства США (USDA).

Требования к анаэробным клеям устанавливаются стандартами:

- **ASTM D5363** «Стандартная спецификация для анаэробных однокомпонентных клеев (AN)»;
- **BS 5350-G2** «Методы испытаний клеев – часть G2: определение статической прочности на сдвиг анаэробных клеев»;
- **BS EN 15275** «Конструкционные клеи – характеристика анаэробных клеев для коаксиальной металлической сборки в строительных и гражданских конструкциях»;
- **DIN EN 15865** «Клеи – определение прочности на крутящий момент анаэробных клеев на резьбовых крепежных деталях»;
- **GMNA 9985253** «Герметик для труб, анаэробный, класс 253».

Анаэробный фланцевый герметик или герметик-прокладка предназначен для герметизации идеально ровных металлических фланцев с зазором до 0,5 мм. После затвердевания герметик создаёт качественную эластичную прокладку, способную выдерживать большую температуру, давление, агрессивное воздействие газов и жидкостей (в том числе всех автомобильных жидкостей), пара.

Резьбовые анаэробные герметики служат для уплотнения или фиксации резьбового соединения. В зависимости от технических характеристик герметика (отличаются по цветам), может меняться область применения и назначение герметика в целом, т.е. прочный герметик (красного цвета, например), отлично подойдет для фиксации резьбового соединения в местах с повышенной вибрацией.

В отличие от других средств (например, сантехнического льна, герметизирующей нити или фум-ленты) анаэробные фиксаторы-герметики могут работать в условиях вибрационных нагрузок и при наличии чистого кислорода. Неоспоримым преимуществом этих составов является возможность регулирования положения деталей в течение некоторого времени после их нанесения (пока не произошло застывания).

Анаэробные герметики нетребовательны к поверхности резьбы, легко наносятся даже в труднодоступные места. Эти

материалы одновременно фиксируют и герметизируют резьбовые соединения, а также способствуют облегчению их сборки.

Несмотря на то, что резьбовое соединение представляет собой большую часть использования анаэробных клеев, эти клеи можно использовать в любом плотно прилегающем соединении металл–металл. Сборки, которые обычно крепятся с помощью усадки, могут использовать анаэробные клеи для соединения деталей. Это позволяет таким сборкам избежать некоторых проблем, связанных с расширением и сжатием, и повышает пороговые значения допусков для механической обработки деталей.

В то время как обычный резьбовой фиксатор применим в большинстве случаев для фиксации болтов, существуют специальные составы, которые отвечают потребностям конкретных узлов. Вязкость может быть изменена в блокировщиках резьбы, и составы с очень низкой вязкостью полезны для добавления блокировщиков резьбы к уже собранным компонентам.

Более высокая вязкость может в некоторой степени заполнить пробелы, если ожидается большее, чем обычно, расстояние между нитями. Анаэробные клеи обычно имеют диапазон рабочих температур около 150°C, но высокотемпературные клеи могут увеличить этот верхний предел до 200°C.

Анаэробные клеи обладают несколькими свойствами, которые повышают их ценность и полезность помимо простого закрепления резьбы. Самое главное, что фиксаторы резьбы полностью покрывают резьбу и устойчивы к воздействию воды, растворителей и масел. Это позволяет резьбовым замкам выполнять двойное назначение в качестве герметиков и предотвращать коррозию от воздействия жидкостей и газов, которые в противном случае могли бы повредить болтовые узлы. Поскольку анаэробные клеи не отверждаются в присутствии кислорода, очистка происходит легко, так как любой избыток клея остается в виде легко удаляемой жидкости.

Таблица 3. Свойства и сферы применения некоторых марок клеев

Марка	Внешний вид	Заполняемый зазор, мм	Вязкость, мПа·с	Срок хранения, мес.	Интервал рабочих температур, °С	Назначение
Анатерм-8К ТУ 6-01-2-726–84	Вязкая жидкость зеленого цвета	0,5	(15...30)...103	12	–60...+150	Герметизация резьб и фланцев
ДН-1 ТУ 6-01-1212–79	Жидкость желтого цвета	0,15	100...150	12	–60...+120	Фиксация цилиндрических соединений
ДН-2 ТУ 6-01-1212–79	То же	0,3	(10...30)...102	6	–60...+150	Стопорение резьб
Унигерм-6 ТУ 6-01-1285–84	Жидкость красного цвета	0,3	(10...30)...102	12	–60...+200	Герметизация и стопорение резьб
Унигерм-7 ТУ 6-01-1312–85	Жидкость сине-зеленого цвета	0,15	100...200	12	–60...+150	Фиксация цилиндрических соединений
Унигерм-8 ТУ 6-01-1326–86	Вязкая жидкость зеленого цвета	0,45	(8...25)...103	12	–60...+150	Герметизация резьб и фланцев
Унигерм-9 ТУ 6-01-1326–86	Жидкость синего цвета	0,3	(10...30)...102	12	–60...+150	Стопорение резьб
Квант-401 ТУ 6-01-2-731–84	Бесцветная жидкость зеленого оттенка	0,1	15	6	–60...+80	Склеивание стекла
Анатерм-104 ТУ 6-01-2-765–85	Однородная жидкость желтого цвета	0,1	13-17	6	–60...+120	То же
ПК-80 ТУ 6-01-2-789–86	Жидкость желтого цвета	0,3	7-12	12	–60...+200	Герметизация пористых отливок

Примечание. Сухой остаток – 100%.

Эти клеи обладают тем преимуществом, что материал вне соединения обычно не отверждается и может быть удален после того, как сборка достигнет прочности при обращении. Они уникальны тем, что разработаны таким образом, чтобы обладать различными прочностными характеристиками, начиная от относительно слабых материалов, которые позволяют легко демонтировать большие детали, и заканчивая очень прочными материалами для постоянного крепления. В пределах каждого диапазона прочности обычно будет несколько продуктов различной вязкости, что позволяет заполнять разные промежутки при одном и том же уровне контролируемой прочности. Они также могут быть упрочнены, чтобы обеспечить значительно улучшенные показатели отслаивания и удара.

По тем же причинам резьбовой клей также используется для крепления фланцев, ступиц и шестерён. Здесь также будет усилено соединение с другим элементом, без опасения повреждения одного из элементов из-за приложения слишком большой силы. Свойства анаэробного клея позволяют использовать его в порах, встречающихся на металлических поверхностях, которые герметизируются, а поверхности затвердевают.

В настоящее время на рынке существует большое количество разновидностей анаэробных клеев и герметиков, различающихся как по составу, так и по свойствам, так что каждый в этом многообразии может найти подходящий именно для него продукт.

Актуальный список некоторых проверенных производителей:

- **Loctite** – в ассортименте производителя представлены анаэробные герметики различной консистенции, а также жидкие гели, уплотнительные нити и другие вещества для разных типов работ. Герметик отличается своей долговечностью;

- **«Анатерм»** – отечественный производитель, который за отменное качество своей продукции просит весьма демократичную цену. В ассортименте изготовителя есть различные герметики с особыми составами, которые применяются для сборки деталей, упрочнения соединений, ликвидации мелких неровностей и трещин;

- **«Сантехмастер»** – бренд анаэробных герметиков также от отечественного производителя, который применяется для обеспечения уплотнения фланцевых соединений, упрочнения резьбы, сцепления деталей;

- **Permatex** – производитель, выпускающий герметики высокой прочности. Им не страшны сильнейшие вибрации и широкий диапазон температур, которые можно наблюдать в промышленности;

- **«Тангит»** – производитель герметика, представленного в виде универсальной пасты, которая реализуется в удобной упаковке вместе с кисточкой, объемом 50 мг;

- **Dirko** – герметик отличается высокой прочностью, поэтому чаще используется в промышленных масштабах и при оказании услуг автосервиса. Наносить состав можно даже на динамичные детали, не прекращая запущенный рабочий процесс.

Статья подготовлена на основе материалов следующих сайтов:

1. <https://www.sciencedirect.com/>
2. <https://www.ellsworthadhesives.co.uk/>
3. <https://www.globalspec.com/>
4. <https://aniko-gas.ru/>
5. <https://remstroiblog.ru/>
6. <https://www.reliableplant.com/>
7. <https://avtika.ru/>

