

УДК 621.8

Наталья Ивановна Баурова, д-р техн. наук, проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, nbaurova@mail.ru

Александр Константинович Аноприенко, магистрант,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64,
anopralex@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕЕЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ МАШИН

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности различных технологических методов создания клеезаклепочных соединений при производстве и ремонте автомобильных кузовов. Подробно рассмотрены три метода получения клеезаклепочных соединений: клепка по отвержденному клею, клепка по неотвержденному клею и введение клея после постановки заклепки. Приведены результаты структурных исследований капсулированных клеевых материалов компании BMW, используемых для создания клеезаклепочных соединений.

Ключевые слова: заклепочные соединения, клеезаклепочные соединения, клепка, полимерные материалы.

Natalia I. Baurova, Dr., professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, nbaurova@mail.ru

Alexander K. Anoprienko, undergraduate,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia,
anopralex@yandex.ru

ADHESIVE RIVETED JOINTS FOR PRODUCTION AND REPAIR CARS

Abstract. This article is about specific of the various technological methods of creating adhesive riveted joints for the manufacture of automotive body. Three methods were

develop for obtain adhesive riveted joints: riveting on curing adhesive, riveting on uncured adhesive and glue after the introduction of setting rivets. There are new results of microstructural of encapsulated adhesives. This technological use BMW company for production modern cars.

Keywords: riveted joints, adhesive riveted joints, riveting polymeric materials.

Введение

Для облегчения автомобильных кузовов в настоящее время используют либо различные сплавы металлов, либо углепластики. Соединение таких деталей со стальными, образующими силовой каркас, в единую связку с использованием традиционной точечной сварки невозможно, поэтому в последние годы при изготовлении и ремонте автомобильных кузовов широкое распространение получили клеезаклепочные соединения.

Клеезаклепочные соединения образуются в результате объединения в единый технологический процесс операций склеивания и клепки. В клеезаклепочных соединениях клей одновременно защищает внутренние поверхности сопрягаемых деталей от коррозии и делает соединение герметичным. В клеезаклепочном соединении клеевой шов воспринимает на себя значительную часть напряжений, в результате чего увеличивается срок службы соединения и снижается деформация материала.

Основная часть

При изготовлении клеезаклепочных соединений могут использоваться заклепки различных конструкций (рис. 1). Форма используемых заклёпок на выбор клея существенного влияния не оказывает и определяется в первую очередь конструктивными особенностями изделия.

Существуют три основные технологии получения клеезаклепочных соединений:

- введение клея после постановки заклепок;
- постановка заклепок по отвержденному клеевому шву;
- постановка заклепок по неотвержденному клеевому шву.

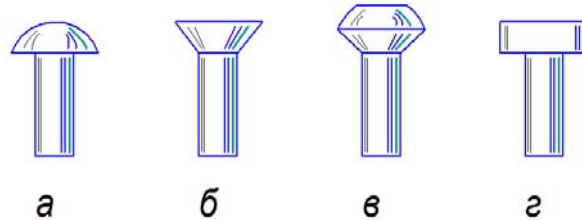


Рис. 1. Виды заклепок: а – полукруглая, б – потайная, в – полупотайная, г – плоская

Технология создания клеезаклепочных соединений путем нанесения клея после установки заклепок является достаточно старым способом и используется в машиностроении с середины 50-х годов XX века, но этот метод долгое время не был распространен и начал применяться в промышленности только в 90-х годах XX века [2].

Суть данного технологического процесса заключается в том, что введение клея осуществляется после постановки заклепок.

Технологический процесс получения клеезаклепочного соединения этим методом состоит из следующих операций:

- сверления отверстий под заклепки;
- установки заклёпок в отверстие;
- стяжки склёпываемых деталей и образования замыкающей головки;
- выбора клея и нанесения его в полость нахлёста;
- контроля качества соединения (проводят при сверлении отверстий, установке заклёпок, приготовлении и нанесении клея, а также после отверждения клея).

Основные требования к клеям, используемым при данной технологии: низкая вязкость в сочетании с высокой проникающей способностью и хорошим смачиванием (чтобы обеспечить равномерный

клеевой шов) [5]. Для данной технологии может быть использована большая группа не только прочных ($> 15...20$ МПа), но и среднепрочных ($5...15$ МПа) эпоксидных и анаэробных клеев. Вязкие эпоксидные клеи обеспечивают качественное заполнение зазоров практически любых размеров и не вытекают из зазоров. Основным недостатком использования материалов данной группы является трудоемкость их изготовления. Анаэробные материалы отличаются высокой технологичностью, так как это однокомпонентные составы, которые не требуют приготовления перед использованием. Основным недостатком анаэробных клеев является то, что если зазор превысит $0,1$ мм, отверждение анаэробных клеев может произойти лишь частично. Максимальные прочностные характеристики клеезаклепочных соединений получают при использовании эпоксидных клеевых материалов, наименьшие – при использовании анаэробных пропитывающих составов. В редких случаях используют кремнийорганические и эпоксикремнийорганические клеи.

Нанесение клея осуществляется капиллярным способом в полость нахлеста. Для нанесения клея в зазор клепаного соединения так же, как и при получении клеесварного соединения, используют специальные шприцы (диаметр выходного отверстия шприца зависит от вязкости клея и его расхода).

При использовании данной технологии создания клеезаклепочных соединений не требуется использования специального приспособления для стяжки пакетов перед получением отверстий под заклепки. Процессы клепки и склеивания разделены и не оказывают взаимного отрицательного влияния друг на друга, что позволяет получать клеезаклепочные соединения очень высокого качества. Основным недостатком данной технологии является необходимость наличия специального инструмента и увеличение времени сборки из-за больших временных затрат на нанесение и отверждение клеевого материала.

Технология постановки заклепок по отвержденному клеевому шву была разработана в начале 50-х годов XX века. Долгое время эта технология создания клеезаклепочных соединений являлась единственной, и поэтому её часто называют классической технологией. Суть данного технологического процесса заключается в том, что первоначально наносится полимерный материал, а после его отверждения устанавливаются заклепки.

Технологический процесс постановки заклепок по отвержденному клеевому шву состоит из следующих основных операций:

- подготовки поверхностей под склеивание (подготовка поверхностей под склеивание традиционна для клеевого соединения и зависит от свойств склепываемых материалов и возможностей производства);
- выбора и нанесения клея;
- отверждения клея;
- сверления или пробивки отверстий под заклепку. При потайной клепке необходимо выполнить операцию зенкования или штамповки гнезд под закладную головку заклепки;
- установки заклепки в отверстие, стяжки склепываемых деталей и образования замыкающей головки (собственно процесса клепки);
- механической обработки (снятия излишков материала при необходимости);
- контроля качества.

Для данного способа создания клеезаклепочных соединений наиболее технологично использовать плёночные эпоксидные или фенолоформальдегидные клеи. Применение пленочных клеев при данной технологии позволяет достигнуть равнотолщинности клеевого шва и соответственно высокой прочности соединения. Также при использовании данного способа могут применяться жидкие и пастообразные клеи

горячего и холодного отверждения. Клеи горячего отверждения имеют относительно небольшое время отверждения (1,5...3 ч) и длительную жизнеспособность при комнатной температуре, что снижает непроизводительные потери клея. Но при использовании клеев горячего отверждения необходимо наличие специального дорогостоящего оборудования и оснастки для нагрева. Также при установке изделия в термокамеру возможно смещение соединения и соответственно нарушение его прочности.

Поэтому при данной технологии создания клеезаклепочных соединений наиболее часто используются клеи холодного отверждения, которые не требуют специального оборудования для отверждения клея и приспособлений для установки собранной конструкции в термокамеру. Основными недостатками клеев холодного отверждения являются длительное время отверждения клеевого материала (в среднем не менее 24 ч) и дополнительный расход клея, связанный с потерей его жизнеспособности.

Качество клеезаклепочных соединений во многом зависит от качества выполненных отверстий в соединяемых деталях. Отверстия в металлических конструкциях можно получать двумя способами: сверлить и пробивать. Способ получения отверстий зависит от требований точности и шероховатости (наибольшей точностью обладают отверстия полученные сверлением). Для повышения прочности клепаемых соединений с пробитыми для заклепок отверстиями первоначально пробивают отверстия меньшего диаметра, а затем их рассверливают или протягивают до требуемого размера.

При сборке клеезаклепочных соединений операции рассверливания (или протягивания) могут быть ликвидированы, так как прочность клепаемого соединения, отверстия в котором получены сверлением, на 15...25% меньше, чем прочность клеезаклепочных, отверстия в которых

получены пробивкой. Однако при прочих равных условиях для образования отверстий и гнезд под головки потайных заклепок более высокое качество получается при сверлении.

Данный способ получения клеезаклепочного соединения не требует использования специальных приспособлений для стяжки пакетов перед получением отверстий под заклепки. Также при постановке заклепок после отверждения клея существует большой выбор клеев и допускается применение наиболее технологичных пленочных клеевых материалов. Основным недостатком данного метода является возможное повреждение клеевого шва в процессе получения отверстий и установки заклепок.

Наибольшее распространение при производстве и ремонте автомобильных кузовов получила технология создания клеезаклепочных соединений по неотвержденному клеевому шву. Суть данного технологического процесса заключается в том, что постановка заклепок выполняется после нанесения клея, но до его отверждения (по неотвержденному клеевому шву). При данном методе технологический процесс состоит из следующих основных операций:

- сверления отверстий под заклепки (возможно первоначально сверлить не все отверстия, а только те, которые позволят зафиксировать детали);

- стандартной подготовки поверхностей под склеивание;

- выбора и нанесения клея;

- сверления остальных отверстий (если на первом этапе были просверлены не все отверстия);

- установки заклепок в отверстие. При изготовлении клеезаклепочных соединений могут использоваться заклепки различных конструкций. Форма используемых заклепок на выбор клея существенного влияния не оказывает и определяется в первую очередь конструктивными особенностями изделия;

– стяжки склепываемых деталей и образования замыкающей головки. Автоматическую клепку, как правило, по неотвержденному слою клея не проводят, так как излишки клея, попав на автомат, после своего отверждения могут привести к его поломке;

– отверждения клея;

– контроля качества соединения.

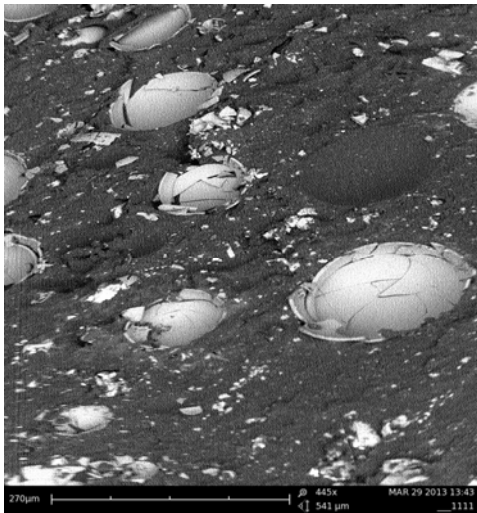
Выбор клеевых материалов для данного способа получения клеезаклепочного соединения очень большой, так как по сравнению с предыдущим способом нет ограничений по деформационным характеристикам клея (т.е. по его хрупкости). При постановке заклепок по неотвержденному клеевому шву могут быть использованы пленочные, эпоксидные или фенолоформальдегидные клеи. Также при использовании данного способа могут быть использованы жидкие и пастообразные клеи горячего и холодного отверждения.

Наиболее перспективными материалами для клееклепки по неотвержденному клеевому шву являются эпоксидные составы холодного отверждения, содержащие капсулированный наполнитель [2, 4].

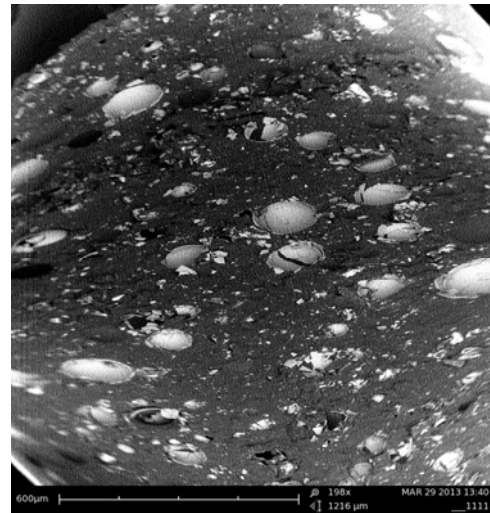
В настоящей статье приводятся результаты структурных исследований клеевого материала холодного отверждения марки Betamate 2096, используемого при клееклепаной технологии сборки автомобильных кузовов компании BMW. Исследована микроструктура поверхностей разрушения клеевых материалов с помощью растрового электронного микроскопа, которая позволила оценить механизм разрушения клея (рис. 2).

Механизм разрушения клеевых материалов, содержащих капсулированные наполнители, заключается в следующем: возникающая микротрещина на пути своего распространения встречает одну из капсул, разрушает ее стенку, вытекающий из нее материал заполняет все микропустоты, вызванные распространением микротрещины [1, 2, 6]. Это

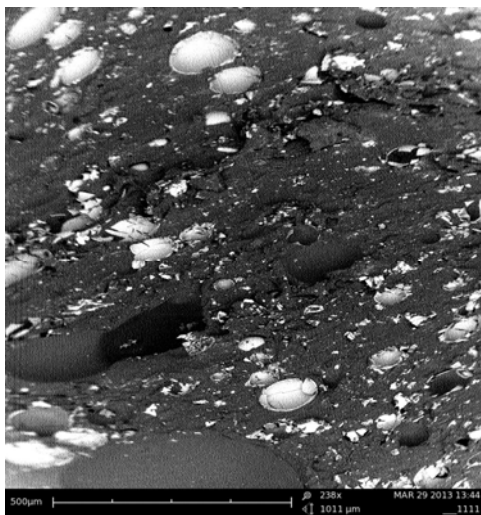
способствует изменению напряженно-деформированного состояния и приводит либо к изменению траектории распространения микротрещины, либо к ее полной остановке (т.е. имеет место существенное изменение кинетики процесса разрушения). За счет такого эффекта самозалечивания образующихся микротрещин достигается высокая долговечность клеевого соединения.



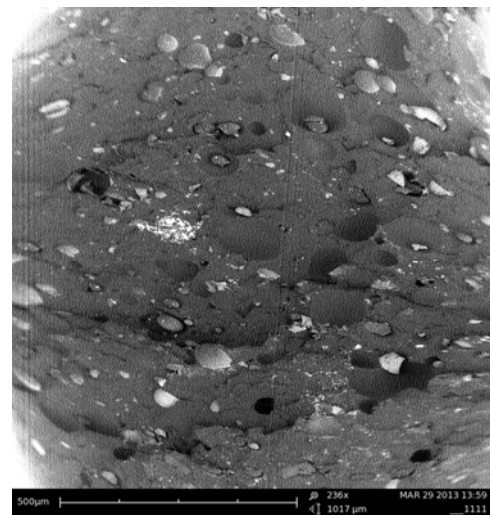
a



б



в



г

Рис. 2. Структура клея, содержащего капсулированный наполнитель при приложении нагрузки: 50% (а), 60% (б), 70%(в) и 80% (г) от разрушающей

Методами электронной микроскопии также определен фазовый состав отвержденного клеевого материала, установлены размеры и форма

наполнителя, который обеспечивает клеевому соединению высокую долговечность за счет эффекта самозалечивания образующихся микротрещин. Наполнитель представляет собой капсулу, внутри которой находится клей в жидком состоянии. Размер капсул и их форма рассчитываются исходя из конкретных характеристик клея [3, 6].

Заключение

При рассмотренном технологическом процессе получения клеезаклепочного соединения прочность последнего выше, чем при склеивании, клепке или клееклепке по уже отвержденному слою клея. Также для данного способа создания клеезаклепочного соединения возможно применение наиболее технологичных клеевых материалов, обеспечивающих качественный клеевой шов. Основными недостатками данного метода являются неравномерное распределение давления на клеевой шов, загрязнение излишками клея инструмента и повышенный износ сверл.

Качество клеезаклепочных соединений (независимо от используемой технологии) зависит не только от свойств выбранного клея, но и от правильного выбора длины заклепки, способа осаживания выступающей части стержня и формирования замыкающей головки. При правильном выполнении всех технологических операций клеезаклепочные соединения по своим деформационно-прочностным свойствам существенно превосходят аналогичные клепаные и клеевые соединения.

Клеезаклепочные соединения обладают более высокой прочностью при статических и вибрационных нагрузках, являются более герметичными и лёгкими, чем аналогичные клепаные соединения. Также установлено, что клеезаклепочные соединения обладают более высокой прочностью на сдвиг (на 15...35%), равномерный (на 20%) и неравномерный отрыв (на 25...40%), чем аналогичные клеевые соединения.

Список литературы

1. Баурова Н.И. Динамика процессов разрушения полимерных композиционных материалов // Энциклопедия инженера-химика. 2013. № 2. С. 19–25.
2. Баурова Н.И., Аноприенко А.К. Изучение структуры материалов, используемых для создания клеезаклепочных соединений // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 9. С. 49–51.
3. Зорин В.А., Баурова Н.И. Моделирование свойств ремонтных материалов при длительном воздействии эксплуатационных факторов // Механизация строительства. 2012. № 1. С. 15–17.
4. Зорин В.А., Баурова Н.И., Шакурова А.М. Управление микроструктурой и свойствами наполненных полимерных композиций // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 8. С. 31–35.
5. Малышева Г.В. Проблемы обеспечения надежности машин с клеевыми соединениями // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 8. С. 28–34.
6. Петрова Л.Г., Чудина О.В. Применение методологии управления структурообразованием для разработки упрочняющих технологий // Металловедение и термическая обработка металлов. 2010. № 5. С. 31–41.

References

1. Baurova N.I. *Ehnciklopediya inzhenera-himika*, 2013, no. 2, pp. 19–25.
2. Baurova N.I., Anoprienko A.K. *Vse materialy. Ehnciklopedicheskij spravochnik*, 2013, no. 9, pp. 49–51.
3. Zorin V.A., Baurova N.I. *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 2012, no. 1, pp. 15–17.
4. Zorin V.A., Baurova N.I., Shakurova A.M. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*, 2012, no. 8, pp. 31–35.
5. Malysheva G.V. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*, 2005, no. 8, pp. 28–34.
6. Petrova L.G., Chudina O.V. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka me-tallov*, 2010, no. 5, pp. 31–41.