

## НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ С РОТАЦИОННЫМ НАГРЕВОМ ТРЕНИЕМ

**Крамской А.В., аспирант.**

*(Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия)*

В настоящее время получение неразъемных соединений из однородных материалов, как правило, не вызывает большой сложности. В то время как получение соединений разнородных материалов (например, соединений сталь-алюминий, медь-алюминий, алюминий-керамика) является довольно сложной, а зачастую невыполнимой технической задачей. Наиболее часто для выполнения таких соединений применяются заклёпочные соединения.

Процесс создания клепаного соединения имеет ряд серьезных недостатков, наиболее существенными из которых являются:

- высокая трудоёмкость;
- ослабление сечения деталей;
- отсутствие герметичности соединения;
- снижение электропроводности соединения.

Для устранения этих проблем в данной статье рассматриваются современные инновационные способы соединения разнородных материалов.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что в промышленно развитых странах все большее применение для получения неразъемных соединений находит технология STIR-LOCK [1].

Схема получения соединения представлена на рисунке 1.

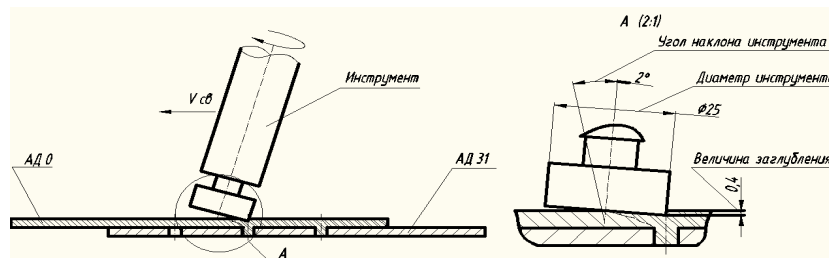


Рисунок 1 – Схема технологии STIR-LOCK

Основной отличительной особенностью получаемого по технологии STIR-LOCK является то, что тело заклепки образуется за счет основного металла, который при более низких температурах переходит в вязкопластическое состояние.

Процесс получения соединения заключается в следующем:

При заглаблении вращающегося инструмента в тело расположенной сверху более легкоплавкой детали (на рис.1 в технический алюминий) в результате трения инструмента о деталь, происходит её нагрев, и материал пластифицируется, а за счет перемещения инструмента, установленного под углом, перед ним возникает волна пластически деформированного металла, который заполняет заранее подготовленные цилиндрические отверстия.

К основным параметрам технологического процесса получения соединения относятся:

- скорость вращения инструмента,  $\omega$ ;
- скорость сварки,  $V_{св}$ ;
- угол наклона инструмента,  $\alpha$ ;
- глубина погружения инструмента,  $l$ , или осевое усилие,  $P_z$ ;
- конструкция инструмента.

К преимуществам технологии можно отнести:

- Высокую производительность.
- Низкую трудоемкость.
- Простота автоматизации процесса, низкая квалификация персонала.
- Экологичность процесса.
- Полученные соединения хорошо работают при телескопическом соединении труб, когда обеспечивается работа соединений на срез.

Вместе с тем процесс имеет ряд недостатков:

- Требуется жесткое закрепление соединяемых деталей.
- Низкая прочность соединения при работе на отрыв.

Для повышения механической прочности соединений при работе на отрыв на кафедре «МиАСП» ДГТУ была разработана и запатентована технология получения неразъемного соединения пластическим деформированием с ротационным нагревом трением.

Схема процесса представлена на рисунке 2.

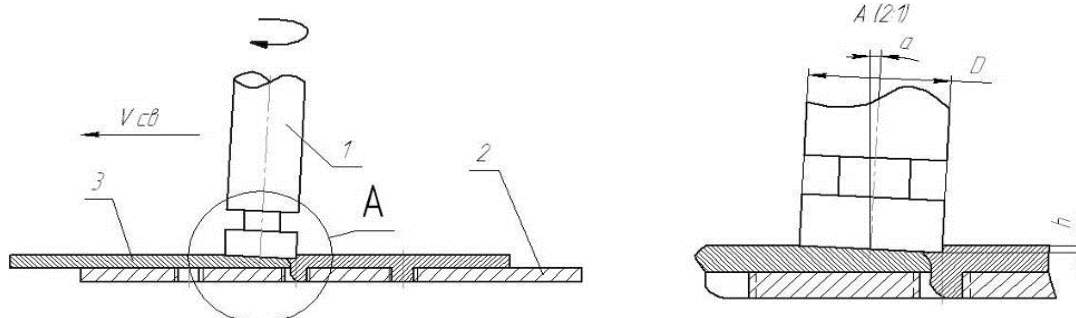


Рисунок 2 – Схема процесса получения неразъемного соединения пластическим деформированием с ротационным нагревом трением

Соединение осуществляется следующим образом:

На детали 2, выполненной из тугоплавкого материала, например, стали, перфорируют отверстия, на внутренней поверхности которых выполняют метрическую или коническую резьбу. На стол фрезерного станка укладывают деталь 2, сверху устанавливают деталь 3, например, из алюминиевого сплава. Эти детали жестко закрепляют на столе. После чего, к ним подводят вращающийся инструмент 1, заглубляют его в деталь 3 и осуществляют перемещение вдоль отверстий. За счет трения торца цилиндрического инструмента 1 о деталь 3 происходит нагрев соединяемых деталей. А за счёт наклона инструмента 1 и его движения возникает давление. При этом более пластичный материал детали 3 заполняет отверстия с резьбой в детали 2, образуя неразъемное резьбовое соединение.

Механические испытания образцов показали увеличение несущей способности соединения примерно в 2 раза (см. таблицу 1). [2]

В ходе дальнейших исследований была рассмотрена возможность получения комбинированных паяно-заклепочных соединений.

Технический результат достигается за счет того, что в способе получения соединения деталей из разнородных материалов включается выполнение в детали

из более тугоплавкого материала отверстий и воздействие на деталь из более легкоплавкого материала вращающимся цилиндрическим инструментом, между деталями предварительно наносят подслои из материала с температурой плавления ниже температуры плавления используемых материалов.

При воздействии на деталь из более легкоплавкого материала вращающимся цилиндрическим инструментом формируется заклёпка из более легкоплавкого материала за счёт создаваемого инструментом давления и нагрева. Одновременно с этим материал подслоя расплавляется и образует паяное соединение.

Действие изгибающего момента на такое соединение уменьшается. В результате чего образованное соединение выдерживает более высокие нагрузки. Механические испытания экспериментально полученных образцов показали увеличение несущей способности в среднем до 1200 кг (табл. 1), а разрушение происходит по стальной пластине.

Еще одним перспективным видом неразъемного соединения разнородных материалов, разработанным на кафедре «МиАСП», является комбинация при использовании болтового или винтового соединения, совместно с СТП.

Сущность процесса заключается в следующем. Вначале в пластине из алюминия или алюминиевого сплава сверлятся сквозные отверстия. Затем эти отверстия зенкуются таким образом, чтобы в них утопали головки саморезов на 0,4-0,5 мм глубже поверхности пластины. После этого алюминиевая пластина соединяется саморезами с пластиной из любого другого материала. Пластины закрепляются. Затем вращающийся инструмент в виде цилиндра с плоским торцом, установленный под углом  $(1-5)^\circ$  по отношению к вертикальной внедряют в алюминиевую пластину на глубину 0,1 - 0,3 мм. При этом происходит нагрев и пластифицирование алюминиевой детали, а инструмент перемещается вдоль отверстий углом вперед. При этом пластифицированный металл, перемещающийся над головками винтов или болтов, заполняет пустоты и «закрывает» винты или болты внутри пластины. Таким образом, образуется механическое, герметичное соединение винтами или болтами, защищенное от внешней коррозионной среды. [3]

Таблица 1 - Результаты испытания контрольных образцов на статическое растяжение

Тип образца	Максимальное усилие до среза, кгс
Соединение по технологии STIR-LOCK	400
Соединение с заклепками в М6	750
Паяно-заклепочные соединения	1200

#### Перечень ссылок

1. Котлышев Р.Р. Современное состояние соединения металлов способами сварки трением с перемешиванием / Р.Р. Котлышев, А.Г. Артеменко // Сварочное производство: сб. тр. молодых учёных / ДГТУ. – Ростов н/Д, 2008. – С. 12-16.
2. Пат.2443526 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> В23К 28/02, В23К 20/12. Способ получения соединения разнородных материалов/ В. Ф. Лукьянов, Ю.Г. Людмирский, Р. Р. Котлышев, А. В. Крамской, С. А. Гунин, Е. С. Бубенок. - № 2010135322/02; заявл. 23.08.10; опубл. 27.02.12, Бюл. №6. – 7 с.
3. Крамской А.В. Неразъемные соединения, получаемые сваркой трением с перемешиванием // Сварочное производство: сб. тр. молодых учёных / ДГТУ. – Ростов н/Д, 2011. – С. 18-22.