

УДК621.791.14

СОЕДИНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ СВАРКОЙ МЕТОДОМ ТРЕНИЯ

В.Р. Рашитов, студент группы 10Б81, 3 курс
Научный руководитель: Григорьева Е.Г., ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета
г.Юрга

В настоящее время остро стоит проблема в повышении топливной экономичности автомобиля и сокращению вредных выбросов. Исследования показали, что решение данных проблем может быть достигнуто за счет облегчения массы автомобиля. Это привело к появлению ряда технологических разработок с точки зрения характеристик материалов, таких как высокопрочные алюминиевые и магниевые сплавы, более дешевые композиты из углеродного волокна и сверхвысокопрочные мартенситные стали. Каждый из этих материалов имеет определенные преимущества и недостатки. Важной проблемой остается трудная свариваемость соединений разнородных материалов.

Использование сварки трением с перемешиванием (FSW) открывает возможности для соединения разнородных компонентов, когда затраты не позволяют использовать крепежные детали, клеи или самопробивные заклепки. Ухудшение свойств сварного шва связано с различными свойствами, составом и структурой металла. Поскольку FSW не включает объемное плавление компонентов, это одна из наиболее перспективных технологий сварки для соединения разнородных материалов. Учитывая ряд преимуществ, включая улучшенные механические свойства, повышенную надежность процесса, отсутствие расходных материалов, снижение вредного воздействия на здоровье и окружающую среду, а также более низкие эксплуатационные расходы, FSW-сварка вызвала значительный интерес в автомобильной промышленности [1]. Применение FSW было обусловлено в трех основных областях. К ним относятся соединения экструдированных деталей с образованием “более крупных профилей”, соединение сваренных на заказ заготовок и точечное соединение для различных сборочных операций. FSW предлагает множество преимуществ и потенциал для снижения затрат в каждом из этих случаев. Однако рентабельные и надежные соединения между легкими материалами потребуют значительного развития и дальнейшего рассмотрения.

Стоит отметить, что, хотя FSW является твердотельным методом, его использование для соединения разнородных материалов, всегда приводит к некоторому плавлению [2]. В данной статье анализируются современные достижения, в области использования FSW для сварки разнородных материалов, как при точечной, так и при шовной сварке. Основное преимущество, общее почти для всех методов, заключается в том, что обработку в твердом

состоянии ограничивает повышение температуры в области сварного шва. Это предотвращает образование и рост нежелательных и хрупких интерметаллических соединений в сварном шве, которые ухудшают прочность. Более низкие пиковые температуры также приводят к уменьшению остаточных напряжений.

В автомобильной промышленности одна из наиболее важных потребностей связана с соединением алюминиевых сплавов со сталью, поэтому важно рассмотреть соединение этих материалов с использованием технологии FSW. Двумя основными факторами, влияющими на характеристики соединений между алюминием и сталью во время FSW, являются глубина, на которую стержень инструмента FSW проникает в стальную пластину, и образование хрупких интерметаллических соединений на границе раздела алюминий / сталь. Авторы [3] изучили влияние перемещения инструмента и скорости вращения на свойства соединения в нахлест FSW между алюминием и сталью. Они показали, что прочность соединения улучшается за счет уменьшения хода и увеличения скорости вращения инструмента.

Исследователи [4] сообщили, что скорость сварки является основным параметром, влияющим на свойства при растяжении и место разрушения соединений. Авторы [5] отметили, что соединение Al со сталью с покрытием Zn показали значительно более высокую нагрузку на разрушение по сравнению со сталью без покрытия. А также определили, что характеристики соединения FSW алюминия и стали сильно зависят от глубины проникновения инструмента FSW в поверхность нижнего стального листа. Авторы [6] показали, что снижение скорости сварки улучшают механические свойства соединений.

В работе [7] авторы отмечают, что прочность соединения зависит от скорости вращения инструмента, скорости перемещения инструмента и подводимой энергии. Авторы [8] заявили, что наилучшей оптимальной операцией является сочетание скорости вращения, скорости перемещения, степени наклона инструмента и диаметра стержня инструмента. Исследователями [9] было отмечено, что по мере увеличения скорости сварки, соединение показывало более высокую прочность на разрыв.

Хотя преобладающим методом сварки стальных кузовов автомобилей является точечная контактная сварка, она не всегда обеспечивает прочное соединение для сварки алюминия со сталью.

Альтернативной технологией соединения конструкций из нескольких материалов является точечная сварка трением с перемешиванием с использованием инструмента состоящего из одной детали [9]. В этой процедуре инструмент, изготовленный из тугоплавкого сплава, вращается и проходит сквозь сплав цветных металлов с низкой температурой плавления, расположенный в верхней части сварного шва внахлест, а штифт инструмента погружается в нижней стальной лист. Следует отметить, что стоимость тугоплавких инструментальных материалов, довольно высока, и инструмент склонен к быстрому износу.

Другой подход заключается в использовании точечной сварки трением с перемешиванием с повторным заполнением, при которой в инструменте используются штифт и заплечик, которые могут перемещаться в осевом направлении независимо друг от друга. Этот метод был разработан с целью устранения вмятин, образовавшихся на поверхности при традиционной точечной сварке трением с перемешиванием.

Другой альтернативный метод - это использование заклепок, сваренных трением. Этот процесс можно рассматривать как разновидность радиальной сварки трением; тем не менее, очевидно, сходство с FSW, что обеспечивает соответствующие преимущества вследствие сварки в твёрдом состоянии при низких температурах.

Использование FSW для разнородных соединений хорошо подходит для соединений различных комбинаций, Al/Mg, Al/сталь, Mg/сталь, Al/Ti, Ti/Mg, Cu/St и Al/Cu, при сварке внахлёт и встык.

При сварки внахлёт разнородных сплавов ключевые параметры, которые следует учитывать, включают геометрию, скорость вращения и скорость перемещения инструмента. Однако сварка внахлест разнородных сплавов также требует тщательного контроля длины стержня инструмента и глубины его проникновения в нижней листовой материал. Этот фактор оказывает сильное влияние на создаваемую межфазную структуру.

Одна из основных проблем в области сварки разнородных материалов для автомобильной промышленности - это правильный выбор параметров процесса сварки, которые позволят создать сварное соединение высокого качества. Следовательно, необходимо найти оптимальные комбинации параметров сварочного процесса для FSW. Для этого используются различные эмпирические, физические и математические модели и искусственные нейронные сети.

Заклёпочные и самопробивные заклепки (SPR) - это возможные методы механической сборки разнородных материалов. Комбинируя метод SPR и метод FSSW, был разработан новый метод SPR на основе трения. В этом процессе вращающаяся заклепка врежется в заготовку, что создает тепло трения между заклепкой и окружающими листами. Как только стержень заклепки полностью войдет в листы, движение вращающейся заклепки останавливается [10].

В заключении, следует отметить, важным этапом изготовления гибридных структур из нескольких материалов является этап сборки путём соединения разнородных материалов. Гибридная структура из нескольких материалов может обеспечить улучшенные характеристики, удельную прочность, соотношение прочности и веса и свободу дизайна. Это важнейшие особенности в автомобильной промышленности, где готовая масса транспортного средства является основным фактором при проектировании и производстве. Однако соединение разнородных материалов обычными методами плавления может быть очень сложным из-за несоответствия физических свойств, т. е. температуры плавления между разнородными металлами, такими как алюминий и

сталь. Поэтому существует потребность в дальнейшем изучении физико-механических характеристик разнородных соединений в методах сварки трением.

Список литературы:

1. Ma Z. Y., Sharma S. R., Mishra R. S. Effect of friction stir processing on the microstructure of cast A356 aluminum //Materials Science and Engineering: A. – 2006. – Т. 433. – №. 1-2. – С. 269-278.
2. Threadgill P. L. et al. Friction stir welding of aluminium alloys //International Materials Reviews. – 2009. – Т. 54. – №. 2. – С. 49-93.
3. Haghshenas M., Gerlich A. P. Joining of automotive sheet materials by friction-based welding methods: A review //Engineering science and technology, an international journal. – 2018. – Т. 21. – №. 1. – С. 130-148.
4. Uzun H. et al. Friction stir welding of dissimilar Al 6013-T4 to X5CrNi18-10 stainless steel //Materials & design. – 2005. – Т. 26. – №. 1. – С. 41-46.
5. Chen Y. C. et al. Interface microstructure study of friction stir lap joint of AC4C cast aluminum alloy and zinc-coated steel //Materials Chemistry and Physics. – 2008. – Т. 111. – №. 2-3. – С. 375-380.
6. Kimapong K., Watanabe T. Friction stir welding of aluminum alloy to steel //Welding journal. – 2004. – Т. 83. – №. 10. – С. 277.
7. Nishida T. et al. Formation of interfacial microstructure in a friction stir welded lap joint between aluminium alloy and stainless steel //Science and Technology of Welding and Joining. – 2014. – Т. 19. – №. 7. – С. 609-616.
8. Tanaka T., Morishige T., Hirata T. Comprehensive analysis of joint strength for dissimilar friction stir welds of mild steel to aluminum alloys //Scripta Materialia. – 2009. – Т. 61. – №. 7. – С. 756-759.
9. Chen T. P., Lin W. B. Optimal FSW process parameters for interface and welded zone toughness of dissimilar aluminium–steel joint //Science and Technology of Welding and Joining. – 2010. – Т. 15. – №. 4. – С. 279-285.
10. Gabrielli F. et al. Mechanical properties and formability of cold rolled friction stir welded sheets in AA5754 for automotive applications //Procedia Engineering. – 2017. – Т. 183. – С. 245-250.