

Анализ технологической возможности сварки изделий из дисперсно упроченного материала на основе алюминиевого сплава

Е.А. Романова

Нижегородский государственный технический университет им.
Р.Е.Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация: Развитие специальной техники требует разработки материалов различного функционального назначения и технологий их получения, так как в настоящее время традиционные материалы уже не в полной мере могут удовлетворить новые запросы конструкторов. Одним из направлений решения данной проблемы является создание и применение нового класса материалов – композиционных с металлической матрицей. Существенным отличием композиционного материала является наличие армирующих частиц, которые оказывают влияние на процессы сварки и определяют надежность и долговечность таких материалов.

В работе представлен обзор ранее опубликованных материалов и результаты практических экспериментов по отработке технологии сварки дисперсно-упроченного материала.

Ключевые слова: дисперсно-упроченный материал, алюминий, оксид алюминия, упрочняющая фаза, сварочная ванна, фрактограмма, баллистическая защита.

Разработка новых функциональных и конструкционных металлических материалов, армированных высокопрочными дисперсными наполнителями, занимает значительное место в работах отечественных и зарубежных исследователей [1 - 3]. Замена традиционных материалов на композиционные позволяет эффективно влиять на массу конструкции или машины, повысить их надежность и долговечность. В частности одним из направлений применения дисперсно-упроченного композиционного материала (ДУКМ) является его использование для баллистической защиты [4 - 8]. Существенным отличием композиционного материала является наличие в нем армирующих частиц которые оказывают влияние на процессы сварки. В связи с этим появляется всё больше публикаций с результатами исследований способов сварки ДУКМ.

В работах [9 - 11] представлен обзор литературных данных, посвящённых сварке плавлением композиционных материалов с матрицей из алюминиевых сплавов дисперсно-упрочнённых частицами или нитевидными кристаллами карбидов кремния, бора, титана, оксида алюминия, нитрида кремния. Наибольшее распространение при изготовлении сварных конструкций из легких цветных сплавов получила аргонодуговая сварка.

Процесс дуговой сварки ДУКМ освещён в ряде работ [12 - 15], в которых отмечаются следующие основные проблемы, возникающие при данном процессе:

- неблагоприятное влияние армирующей фазы на поведение дугового разряда;

- перераспределение армирующей фазы в сварном шве;
- растворение армирующей фазы в сварочной ванне;
- низкая текучесть ванны ДУКМ с долей армирования более 18%.

Диапазон объемной концентрации упрочняющих частиц для каждой конкретной системы может меняться, но, по утверждению авторов [16] ограничен пределами 12... 20%.

В работе [6] показаны особенности сварки сплава АА 7075 с армирующими частицами карбида бора.

В работе [17] показаны особенности сварки композита Al – Al₂O₃ с 5, 10 и 15 вес. % композит был получен порошковой металлургией с подвергну сварке инертным газом вольфрамовым электродом без какого-либо наполнителя. Исследование микроструктуры в зоне основного металла и сплава показывают уменьшение объемной доли Al₂O₃ в зоне сплавления.

В работе [5] изучены эффекты сварки композитов на основе сплавов АА5083-Н116 и АА 7075-Т6 оптическая микроскопия подтвердила равномерное распределение частиц арматуры в зоне перемешивания образца, содержащего Al₂O₃. Причем оказалось, что образец, содержащий Al₂O₃, показал меньшую ударную вязкость из-за неудовлетворительного сцепления между матрицей и арматурой.

В работе [4] показаны исследование композиционных материалов на основе алюминия с содержанием оксида алюминия от 12% до 46%. В работе проанализированы микроструктуры и свойства (плотность, модуль упругости, предел прочности при растяжении, деформация разрушения пластичности и тепловое расширение) этих Al - Al₂O₃, показали более высокую пластичность, чем Al / SiC.

Постановка задачи

В НГТУ им Р.Е. Алексеева разрабатывается технология получения дисперсно-упроченного материала на основе алюминия с армирующими частицами оксида алюминия. Технология внутреннего окисления является частным случаем горения массива металла [18].

Для проведения экспериментов были подготовлены образцы из литого дисперсно-упроченного материала с двумя симметричными скосами двух кромок. Угол разделки кромок 80-90⁰.

После сварки были подготовлены образцы для проведения на растяжение металла. Испытания соединений проводились для литого не термообработанного ДУКМ.

Испытания показали что предел прочности (таблица 1) сварных соединений имеет прямую зависимость от способа выполнения сварного соединения. Результаты испытаний позволили установить три возможных типа разрушения: по границе раздела между основным и наплавленным металлом, в наплавленном слое, в зоне термического влияния.

Таблица 1. Предел прочности материала в зависимости от места разрушения образца.

Место разрушения	Прочность, МПа
Зона не провара	47,95
Зона термического влияния	126,26
В основном металле	134,85

На рис 1 представлена фрактограмма излома образцов выполненных при следующих значениях $I=50A$, погонная энергия порядка $1,1 * 10^6$ Дж/м. Стрелкой указана граница зоны плавления сварочной ванны. Излом представляет собой однородную поверхность хрупкого разрушения с кристаллическим строением без заметных признаков макропластической деформации.

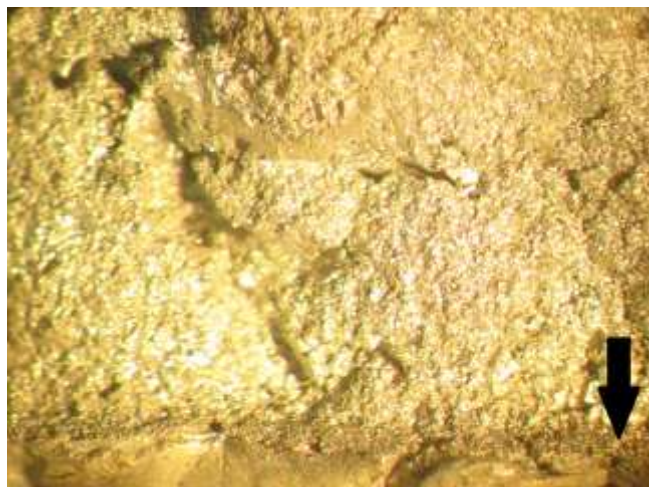


Рисунок 1 - Излом в зоне непровара

На рис. 2 представлена макроструктура излома в зоне термического влияния. Сварка выполнена при следующих значениях $I=80A$, погонная энергия порядка $1,5 * 10^6$ Дж/м. Излом вязкий с включением участков хрупкого разрушения.



Рисунок 2 - Излом в зоне термического влияния

На рис. 3 представлена фрактограмма излома основного материала. Излом вязкий.



Рисунок 3 - Излом по основному металлу

Заключение

В ходе проведенной работы было выявлено, что сварка ДУКМ полученного методом внутреннего окисления возможна. Это позволяет рассматривать ДУКМ на основе алюминия в качестве перспективных элементов баллистической защиты.

Для повышения эффективности сварки ДУКМ необходимо выполнение следующих условий: добиваться полного прогрева и проплавления сварочной ванны, чему способствуют подогрев или варьирование погонной энергия дуги. Оптимальное значение погонной энергии дуги и силы тока зависит от содержанием оксида алюминия в материале, так как на прогрев частиц затрачивается дополнительная тепловая энергия. Однако при превышении энерговклада происходит снижение прочности.

Литература

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*. М. ВИАМ. 2012. С 7 -17
2. Алюминиевые композиционные сплавы – сплавы будущего. / Сост. А.Р.Луц, И.А. Галочкина. – Самара, 2013. – 82 с.
3. Курганова Ю.А. Перспективы развития металломатричных композиционных материалов промышленного назначения // *Сервис в России и за рубежом*. 2012. № 3 (30). С. 235-240
4. Prashant Karandikar, Eric M.Klier, Matthew Watkins, Brandon McWilliams, and Michael Aghajanian Al/Al₂O₃ Metal Matrix Composites (MMCs) and Macrocomposites for Armor Applications /// Army Research Laboratory ARL-RP-460 MD 21005-5069 September 2013
5. Mehdi Saeidi, Mohsen Barmouz, Mohammad Kazem Besharati Givic Investigation on AA5083/AA7075+Al₂O₃ Joint Fabricated by Friction Stir Welding: Characterizing Microstructure, Corrosion and Toughness Behavior *Materials Research*. 2015; 18(6): 1156-1162 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.357714>
6. P. VIJAYA KUMAR, G. MADHUSUDHAN REDDY, K. SRINIVASA RAO Microstructure and pitting corrosion of armor grade AA7075 aluminum alloy friction stir weld nugget zone e Effect of post weld heat treatment and addition of boron carbide // *Defence Technology* 11 (2015) 166-173 p <http://dx.doi.org/10.1016/j.dt.2015.01.002>

7. Чернышов Е.А., Романов А.Д., Романова Е.А. Развитие материалов баллистической защиты на основе алюминиевых сплавов // Заготовительные производства в машиностроении. - 2015. - № 10. - с. 43-47.
8. Чернышов Е.А., Мыльников В.В., Мыльникова М.В., Романов А.Д., Романова Е.А. Создание металлокерамических элементов баллистической защиты с применением керамики на основе алюминия // Современные наукоемкие технологии. - 2014. - № 4. - С. 97-100.
9. Коберник Н.В. Сварка плавлением дисперсно-упрочнённых алюмоматричных композиционных материалов (обзор) // Сварка и Диагностика 2007 № 3 с 34 – 43
10. Plasma spray of aluminum matrix particulate reinforced composites using osprey composite powder / T.Itsukaichi, T.W. Eagar, M. Umemoto, I. Okane // Quart. J. of JWS. – 1992. –10, №2 – P 101_105
11. Сварка металлокомпозитов. / Чернышов Г.Г., Паниченко С.А., Чернышова Т.А. // Технология машиностроения. – 2003 – №1 – с. 24_29
12. Дуговая сварка дискретно армированного композиционного материала системы AL_SiC / Чернышова Т. А., Болотова Л. К., Кобелева Л. И., Чернышов Г. Г.. //Физика и химия обработки материалов. - 1999 - №4 - с 57 - 62
13. Дуговая сварка дискретно армированных композиционных материалов с алюминиевыми матрицами: структура и свойства. / Г.Г. Чернышов, Т.А. Чернышова // Заготовительные производства в машиностроении - №5 – 2004 - с. 5–9
14. Сварка плавлением дисперсно-упрочненных композиционных материалов на основе алюминия, содержащих частицы карбида кремния (обзор). / Е.В. Черепивская, В.Р. Рябов // Автоматическая сварка - №4. - 2002 с. 12 – 18
15. Исследование свариваемости дисперсно_упрочнённого композиционного материала Al+SiC. / Рябов В.Р., Муравейник А.Н., Будник В.П., Бондарев А.А., Моннен М.М., Полькин И.С., Конкевич В.Ю., Трубкина Е.М. // Автоматическая сварка. –2001 – №11 – с 15_19
16. Взаимодействие металлических расплавов с армирующими наполнителями / Т.А. Чернышова, Л.И. Кобелева, П. Шебо и др. – М.: Наука, 1993 – 272 с
17. Rijesh M., James Valder, Jithin D., Dileep C. R., Abin R. N., Shibin F., Navila M. M. Production of Al-Al₂O₃ MMC by P/M Route and to Study the Feasibility of Fusion Welding // American Journal of Materials Science 2016, 6(4A): 99-101 DOI: 10.5923/c.materials.201601.19
18. Чернышов Е.А., Романова Е.А., Романов А.Д. Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизированного безгазового топлива // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2015. № 6 (105). С. 74-81