

УДК 621.791.13

Особенности формирования структуры и свойств многослойного титано - алюминиевого композита при сварке взрывом с воздействием ультразвука

Кузьмин Евгений Владимирович

e.v.kuzmin@yandex.ru

SPIN-код: 8731-6799

Королев Михаил Петрович^(*)

mihakorolew@mail.ru

SPIN-код: 6366-8798

Кузьмин Сергей Викторович

weld@vstu.ru

SPIN-код: 6485-4411

Лысак Владимир Ильич

lysak@vstu.ru

SPIN-код: 2378-3391

ВолгГТУ, Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено влияние воздействия ультразвука при сварке взрывом соединений ВТ1-0+А5+АМг6 на структуру приграничных областей материалов в зависимости от схемы подвода ультразвуковых колебаний. Колебания создавались в неподвижной пластине АМг6 и промежуточном слое из чистого алюминия. Результаты исследования методом дифракции отраженных электронов показали, что воздействие ультразвука способствует измельчению алюминия и увеличению толщины рекристаллизованного слоя АМг6 в приграничной зоне.

Ключевые слова: сварка взрывом, титан, алюминий, ультразвук, микроструктура

Введение. Ультразвуковые колебания успешно применяются в качестве вспомогательного процесса, улучшающего качество соединений при различных способах сварки, таких как сварка в среде защитных газов, сварка трением с перемешиванием, лазерная сварка и т. д. [1]. Воздействие ультразвуковых колебаний на металл при нагружении способствует снижению способности металла сопротивляться пластической деформации, а также изменению его микроструктуры [2]. Эти эффекты чаще всего связывают с повышением подвижности дислокаций в металле под действием знакопеременных напряжений и усилением процессов полигонизации и рекристаллизации [3]. Структура приграничной зоны соединений может оказывать существенное влияние на служебные характеристики сваренных взрывом соединений. В частности, в алюминиево-магниевого сплавах вблизи поверхности соединения при сварке взрывом образуется рекристаллизованный слой, граница которого с металлом, не подвергшимся рекристаллизации, может быть слабым местом всего композита. В данной работе приведены результаты исследования структуры приграничной зоны соединений ВТ1-0+А5+АМг6, сваренных с воздействием ультразвука.

Методы и материалы; результаты. Сварку взрывом соединений ВТ1-0+А5+АМг6 производили по одновременной схеме. Было сварено три образ-

ца, из которых в первом ультразвуковые колебания создавались в неподвижной пластине АМгб, во втором ультразвук воздействовал на промежуточный слой алюминия, а третий образец был контрольным. При включении ультразвука в одной из свариваемых пластин возникала стоячая волна с частотой около 18 кГц и максимальными перемещениями на поверхности пластины около 4 мкм. Исследование структуры проводилось методами электронной микроскопии при помощи дифракции отраженных электронов и сканирования ионным пучком.

Результаты исследования показали, что в приграничной зоне алюминия на границе с титаном воздействие ультразвука привело к усилению процессов полигонизации и рекристаллизации. По сравнению со сваркой без ультразвука, в алюминии наблюдалось ослабление текстуры деформации в пользу образования однородной мелкозернистой структуры на всей глубине исследуемой области (около 100 мкм). В приграничной зоне АМгб при сварке без ультразвука сформировался рекристаллизованный слой с размером зерна около 0,2–0,3 мкм и толщиной 1,7–1,9 мкм, а также область сильно деформированных зерен. Воздействие ультразвука как на промежуточную слой, так и на неподвижную пластину привело к увеличению толщины рекристаллизованного слоя. Наибольшее увеличение толщины этого слоя в 3,7–5,4 мкм наблюдалось при воздействии ультразвуковых колебаний непосредственно на алюминиевый сплав.

Заключение. Результаты проведенного исследования иллюстрируют, что воздействие ультразвуковых колебаний в процессе сварки взрывом усиливает процессы полигонизации и рекристаллизации в алюминии. В АМгб ультразвук способствует увеличению толщины рекристаллизованного слоя на границе соединения.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 25-29-00609.*

Список источников

- [1] Fan Z., Bai K., Chen C., The application of ultrasound in Joining: Principles, processes and properties. J. Manuf. Process, 2023, vol. 101, pp. 269–299. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.05.094>
- [2] Zhou H., Cui H., Qin Q. Influence of ultrasonic vibration on the plasticity of metals during compression process. J. Mat. Process Technol, 2018, vol. 251, pp 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.08.021>
- [3] Wang Y.-L., Zhu Y.-L., Cai Z.-H., Gradient layer of ultrafine equiaxed grains produced by ultrasonic energy accelerated dynamic recrystallization. Mater Sci Eng: A, 2020, vol. 795, art. no. 139958. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139958>