

УДК 621.791

Исследование разупрочнения сварочных соединений при сварке трением с перемешиванием термоупрочняемых алюминиевых сплавов в комбинированных нахлесточно - стыковых соединениях

Панченко Евгений Владиславович

panchenko_ev@spbstu.ru

Наумов Антон Алексеевич

anton.naumov@spbstu.ru

Панченко Олег Владиславович

panchenko_ov@spbstu.ru

Замоздра Максим Юрьевич

zamozdra_myu@spbstu.ru

Изюрьев Андрей Юрьевич

izyuriev_ayu@spbstu.ru

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Проведена сварка трением с перемешиванием (СТП) теплообменников из термоупрочняемого алюминиевого сплава 6061, толщина свариваемого соединения составляла 4 мм. Оценка качества сварных соединений осуществлялась с помощью микроструктурных исследований, включающих анализ оптическим микроскопом, а также измерения микротвердости.

Ключевые слова: 6061, АД33, алюминиевые сплавы, сварка трением с перемешиванием, микроструктура, термоупрочняемые сплавы, микротвердость

Введение. Технология сварки трением с перемешиванием (СТП) находит все больше практического применения для сварки деталей из алюминиевых термоупрочняемых сплавов системы легирования Al-Mg-Si [1], таких как радиаторы и корпуса деталей, находящихся в условиях, требующих коррозионной стойкости вкупе с хорошими механическими свойствами и малым весом [2]. По сравнению с традиционными методами сварки алюминия, например дуговыми, в процессе СТП отсутствует подача инертного газа и присадочного материала, также процесс легко автоматизируем и масштабируется при помощи оборудования с ЧПУ [3].

Основная цель данного исследования — оценить распределение твердости по зонам шва, его изменение относительно базового материала и оценить изменение твердости в участках шва с разным тепловложением.

В этом исследовании был использован алюминиевый сплав марки 6061. Химический состав сплава представлен в таблице. Сплав, поставляемый в виде плиты был механически обработан для получения заготовок — теплообменников размером 400 на 100 на 20 мм.

Химический состав плиты из алюминия марки 6061

	Al	Mg	(Cr)	Cu	Fe	Mn	Ti	Si	Zn	Другие
6061 Плита	Основа	0,80– 1,20	0,04– 0,35	0,15– 0,40	0,0– 0,70	0,0– 0,15	0,0– 0,15	0,40– 0,80	0,0– 0,25	0,0– 0,15

Сварка трением с перемешиванием. Сварка трением с перемешиванием производилась перпендикулярно направлению прокатки при помощи пяти-осевого сварочного комплекса Matec 40P (Германия), процесс осуществлялся с постоянным контролем усилия, используемый инструмент имел гладкий конусообразный наконечник диаметром 5 мм сужающийся к диаметру 4 мм длиной 3,9 мм и гладкий заплечик без дополнительной геометрии диаметром 10 мм. По итогу сварки были отобраны образцы материала шва и измерена твердость по методу Виккерса с нагрузкой 0,2 кгс. Наибольшее разупрочнение произошло непосредственно в зоне ядра шва, наименьшая измеренная твердость составила 69 единиц, при твердости основного материала около 118 единиц, соответственно разупрочнение в данной зоне составило 41,5 %.

Полученные показатели твердости служат показателем разупрочнения в зонах шва вследствие растворения упрочняющих фаз, преимущественно Mg_2Si в ходе локального разогрева до температур повышения растворимости данной фазы в алюминии.

Заключение. В ходе работы была произведена серия сварных швов и проанализирована тенденция к разупрочнению соединений из термоупрочняемых алюминиевых сплавов в комбинированных нахлесточно-стыковых соединениях. Было выявлено что в зонах с повышенным тепловложением происходит разупрочнение ввиду растворения упрочняющей фазы в матрице алюминия.

Список источников

- [1] Christy J.V., Ismail Mourad A.-H., Sherif M., Shivamurthy B. Review of recent trends in friction stir welding process of aluminum alloys and aluminum metal matrix composites. Trans. Nonferrous Met. Soc., 2021, pp. 3281–3309. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(21\)65730-8](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(21)65730-8)
- [2] Ramesh N.R., Senthil kumar V.S. Experimental erosion-corrosion analysis of friction stir welding of AA 5083 and AA 6061 for sub-sea applications. Applied Ocean Research, 2020, no. 98 (4), art. no. 102121. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2020.102121>
- [3] Sen M., Puri A.B. Automation in Friction Stir Welding: A New Era of Fabrication Techniques. Advances in Mechatronics Systems. Springer, 2024, pp. 83–106. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8472-1_5