

УДК 621.791

Исследование механических свойств и структурообразования магниевого сплава МА2 (AZ31В) в процессе сварки трением с перемешиванием

Замоздра Максим Юрьевич

zamozdra_myu@spbstu.ru

Панченко Олег Владиславович

panchenko_ov@spbstu.ru

Наумов Антон Алексеевич

anton.naumov@spbstu.ru

Панченко Евгений Владиславович

panchenko_ev@spbstu.ru

Изюрьев Андрей Юрьевич

izyuriev_ayu@spbstu.ru

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Выполнена сварка трением с перемешиванием пластин магниевого сплава МА2 толщиной 2 мм. Методами оптической и сканирующей электронной микроскопии, а также микротвердости получена объемная картина распределения микроструктуры в сварном соединении. Показано, что в отожженном МА2 размер зерна в зоне перемешивания остается сопоставимым с основным металлом, однако микротвердость снижается с 62 до 55 НВ. Установлено, что разупрочнение обусловлено не зернограницными эффектами, а деградацией AlMn-интерметаллидов и, предположительно, текстурными изменениями.

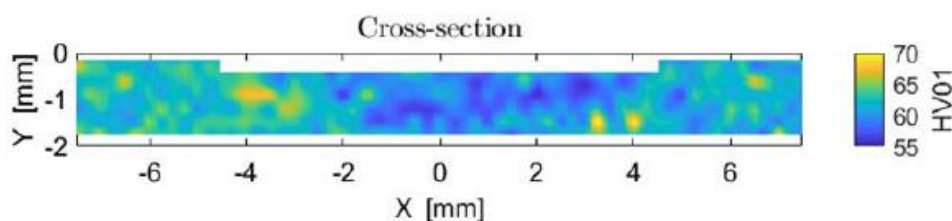
Ключевые слова: МА2, AZ31В, магниевые сплавы, сварка трением с перемешиванием, микроструктура, интерметаллиды AlMn, микротвердость

Введение. Магниевые сплавы могут быть сварены различными способами [1–4], однако традиционные методы сварки плавлением приводят к образованию дефектов (горячие трещины, пористость, хрупкие интерметаллиды), что ограничивает их промышленное применение [5]. Сварка трением с перемешиванием (СТП) — твердотельный процесс, позволяющий избежать этих проблем. Цель работы — установить механизмы разупрочнения при СТП отожженного сплава МА2.

Методы и материалы; результаты. Использовались листы магниевого сплава МА2 (AZ31В) толщиной 2 мм в состоянии Т4 (закалка + естественное старение). СТП выполнена на станке Matec 40Р инструментом со сменным пином (Ø10 мм плечо, Ø3×1.85 мм пин). Режимы: частота вращения 3000 об/мин, скорость сварки 300 мм/мин, осевое усилие 1,7 кН, наклон инструмента 1,5°. Микроструктуру исследовали на оптическом микроскопе Leica DMI8A и сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira3. Карты микротвердости получены на твердомере Struers Duramin-40 (нагрузка 100 г, шаг 0,25 мм).

На рисунке представлен профиль микротвердости поперечного сечения шва. Наблюдается характерное снижение твердости в ядре шва (с 62 НВ в основном металле до 55 НВ в зоне перемешивания).

Методом СЭМ установлено, что в структуре присутствуют исключительно AlMn-интерметаллиды; высокотемпературный β -Mg₁₇Al₁₂ не обнаружен. В процессе СТП частицы AlMn изменяют морфологию (дробление, вытягивание) без полного растворения, что снижает их упрочняющий вклад.



Профиль микротвердости поперечного сечения шва СТП. Сторона набегающего справа

В отличие от нагартованного состояния (H24) [6], в отожженном МА2 размер зерна в зоне перемешивания не увеличивается, оставаясь сопоставимым с основным металлом. Следовательно, падение микротвердости не может быть объяснено ростом зерна.

Заключение. Разупрочнение при СТП отожженного сплава МА2 обусловлено двумя факторами: (1) деградацией AlMn-дисперсоидов — изменением морфологии, снижением дисперсоидного упрочнения; (2) предположительно, текстурным разупрочнением, а именно формированием мягкой ориентации для базисного скольжения. Для количественной оценки вклада текстуры необходимы дальнейшие EBSD-исследования.

Список источников

- [1] Dong H.G., Liao C.Q., Yang L.Q. Microstructure and mechanical properties of AZ31B magnesium alloy gas metal arc weld. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2012, vol. 22, pp. 1336–1341. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(11\)61323-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61323-X)
- [2] Xiao L., Liu L., Chen D.L.L. et al. Resistance spot weld fatigue behavior and dislocation substructures in two different heats of AZ31 magnesium alloy. Materials Science and Engineering A, 2011, vol. 529, pp. 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.08.064>
- [3] Chi C.T., Chao C.G., Liu T.F. Relational analysis between parameters and defects for electron beam welding of AZ-series magnesium alloys. Vacuum, 2008, vol. 82, pp. 1177–1182. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2007.12.019>
- [4] Wang A.A., Xu G.H., Yang P. Nd: YAG laser butt welding of a 12 vol.% SiC particulate-reinforced magnesium alloy composite. Materials Letters, 2007, vol. 61, pp. 4023–4026. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.01.010>
- [5] Kah P., Rajan R., Martikainen J. Investigation of weld defects in friction-stir welding and fusion welding of aluminium alloys. International Journal of Mechanical and Materials Engineering, 2015, vol. 10. <https://doi.org/10.1186/s40712-015-0053-8>
- [6] Afrin N., Chen D., Cao X., Jahazi M. Microstructure and tensile properties of friction stir welded AZ31B magnesium alloy. Materials Science and Engineering: A, 2008, vol. 472, pp. 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.03.018>