

Список литературы:

1. R.Z. Valiev, R.K. Islamgaliev, I.V. Alexandrov // Prog. Mater. Sci. – 2000. – V. 45 (103).
2. A.P. Zhilyaev, T.G. Langdon // Prog. in Mat. Sci. – 2008. – V. 53 (893).
3. V. Gavriljuk, H. Berns. High nitrogen steels, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1999.
4. F.Y. Dong, P. Zhang, J.C. Pang, Y.B. Ren, K. Yang, Z.F. Zhang // Scripta Mater., 2015.
5. V.A. Teplov, L.G. Korshunov, V.A. Shabashov, R.I. Kuznetsov, V.P. Pilyugin, D.I. Tupitsa // Phys. Met. Metall. – 1988. – V. 66 (563).

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЯДРА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Нуренова Г.К., студент гр. 4АМ31

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555*

E-mail: nurenova-gulnara@mail.ru

Введение. Один из новейших способов сварки – сварка трением с перемешиванием (FSW) – привлекает внимание исследователей к изучению особенностей структуры металла шва и его механических свойств. Основой данной технологии является трение вращающегося цилиндрического инструмента особой формы между двух соединенных торцами или внахлест пластинами металла. В результате трения скольжения осуществляется фрикционный нагрев и массоперенос металла, которые обеспечивают прочное соединение двух пластин металла [1].

Структура сварного соединения, обусловленная спецификой протекания процесса пластического течения материала, не имеет аналогов и является свободной от дефектов, присущих сварным соединениям, полученным плавлением. Так как сварной шов образуется при температурах ниже температуры плавления металла, то можно получать неразъемные соединения даже тех сплавов, которые обычными способами сварки невозможно получить. Из многочисленных исследований известно, что структура FSW соединения является слоистой, получившей свое название «onion ring» из-за характерного кольцеобразного строения. [2] Мелкозернистая структура центральной части сварного шва, наблюдаемая при СТП различных материалов, вызывает определённый интерес исследователей, так как единого мнения о природе её формирования до сих пор не существует. Изучение этой структуры необходимо, для накопления экспериментальных данных по сварке трением с перемешиванием для выявления механизмов структурообразования в зоне сварного соединения.

Материал и методика исследования. В работе было выполнено исследование сварного соединения алюминий-магниевого сплава АМг5М, полученного методом FSW пластин толщиной 5,0 мм на промышленном предприятии «Сеспель». Режимы сварки, принятые на предприятии были следующие: скорость вращения инструмента – 560 об/мин, подача – 500 мм/мин. По данным литературных

источников [3] температурные условия нагрева в большей степени определяются скоростью вращения сварочного инструмента. Образцы вырезали электроэрозионным способом, поверхность образца соответствовала поперечному сечению сварного шва и готовилась методом последовательного шлифования, полирования и химического травления. Измерение зёрненной структуры проводили в соответствии с ГОСТ 5639 на микроскопе МЕТАМ ЛВ-31 при увеличении 200 крат и атомно-силовом микроскопе Solver P47-Н. Измерения микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке 0,5 Н. Количественные оценки (средний размер зерен, среднее значение твердости) выполнялись с применением стандартных методов. [4]

Экспериментальные результаты. В настоящей работе главной задачей являлось сравнительное исследование исходной структуры и микротвердости алюминиево-магниевого сплава и центральной части сварного шва или «ядра». Для выявления общих закономерностей и особенностей структурообразования были проведены структурные наблюдения и сравнительный анализ размера зерна металла исходной пластины и в зонах максимальной твердости сварного соединения, на рисунке 1 представлены результаты этого исследования.

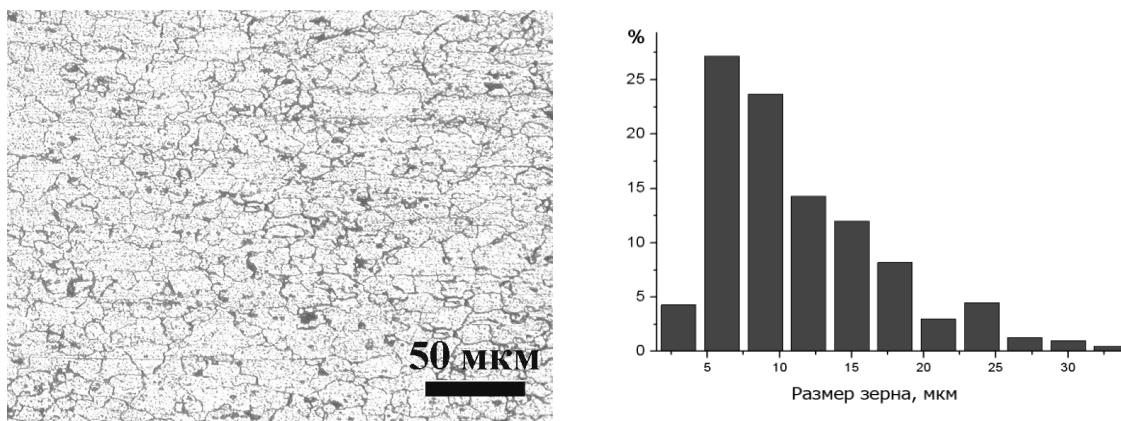


Рис. 1. Микроструктура и гистограмма распределения размеров зерна в исходном сплаве АМг5М.

Для расчета среднего размера зерна в образце исследованной пластины проводили 300 измерений. Средний размер зерна определялся по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum a_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

В результате проведенных расчетов средний размер зерна в пластине оказался равным: $d_{cp}=10,6 \text{ мкм} \pm 1,5 \text{ мкм}$. Аналогичные расчеты среднего размера зерна были проведены в сварном шве после сварки этой пластины методом СТП. На рисунке 2 приведена микроструктура металла сварного шва, полученная с помощью атомно-силового микроскопа и гистограмма распределения зерен по размерам в зоне максимальной твердости сварного шва. Средняя величина зерна в центре сварного шва была определена с помощью микроскопа LEXT-OLS4000 при увеличении 2000 крат. Измерения, выполненные методом секущих в двух направлениях, показали, что средний размер зерен в центре сварного шва такой же, как и измеренный по результатам исследований на атомно-силовом микроскопе и равен $3,5 \pm 0,4 \text{ мкм}$.

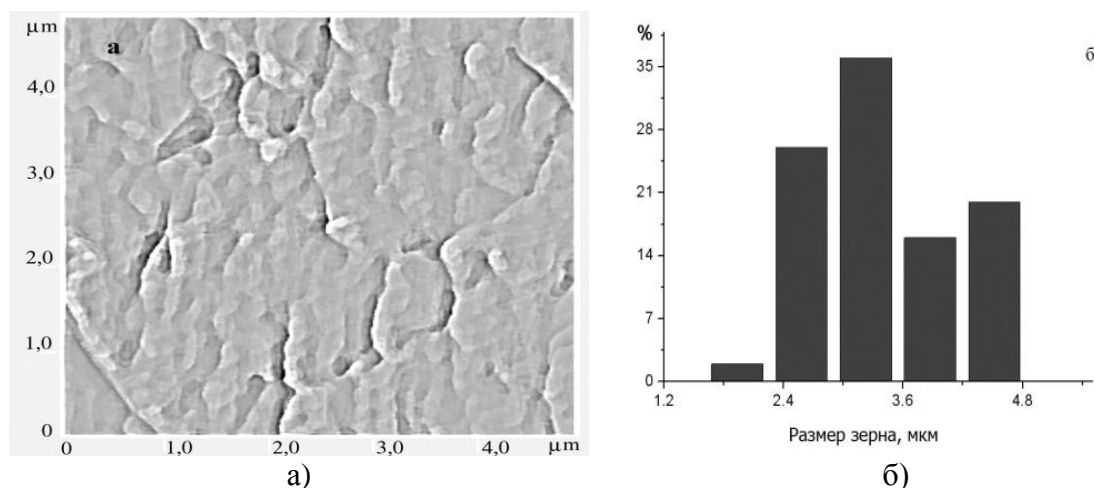


Рис. 2. Микроструктура и гистограмма распределения размеров зерна в центральной части сварного шва сплава АМг5М.

При измерении микротвердости сварного шва сплава АМг5М линия замеров проходила через все участки поперечного сечения сварного образца при шаге измерений 1,0 мм. На рисунке 3 представлена полученная кривая распределения твердости.

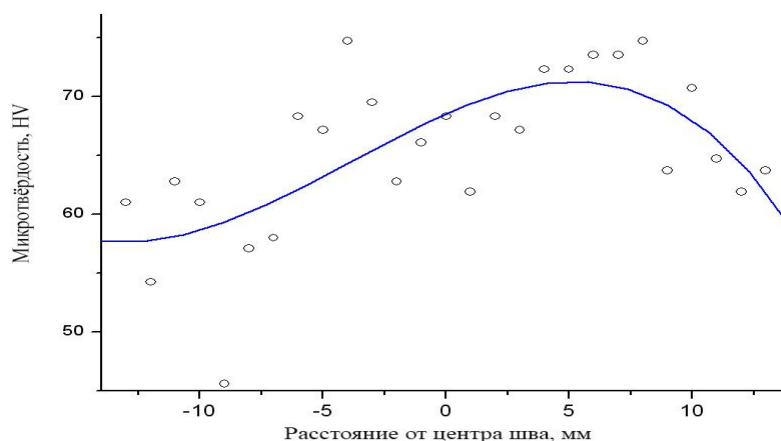


Рис. 3. Распределение микротвердости по сечению сварного шва сплава АМг5М.

Анализ кривой распределения твердости показывает наличие асимметрии на расстоянии ~ 5,0 мм от центра сварного шва с максимумом с отступающей стороны. Твердость в этой зоне достигает 700 Мпа.

Заключение. Представлены экспериментальные результаты по сравнительному исследованию исходной микроструктуры пластин сплава АМг5М толщиной 5,0 мм и микроструктуры ядра сварного соединения этих пластин, полученного, способом сварки трением с перемешиванием. Показано, что в процессе сварки имеет место существенное измельчение зеренной структуры в центральной области сварного шва, а именно – формируется ультрамелкозернистая равноосная структура, с

размером зерна 3,5 мкм. Твёрдость в этой части сварного шва достигает максимального значения.

Список литературы:

1. В.А. Фролов, В.Ю. Конкевич, П.Ю. Предко, В.В. Белоцерковец. Сварка трением с перемешиванием термически упрочняемого сплава В95 системы Al-Zn-Mg-Cu // Сварочное производство. – 2013. – № 3. – С. 21–26.
2. M.A. Sutton, B. Yang, A.P. Reynolds, R. Taylor. Microstructural studies of friction stir welds in 2024-T3 aluminium // Mat.Sci and Eng. – 2002. – A 323. – P.160–166.
3. В.И. Павлова, Е.А. Алиференко, Е.П. Осокин. Исследование температурно-временных условий сварочного нагрева, структуры и свойств металла стыковых соединений из алюминиево-магниевого сплава, выполненных сваркой трением с перемешиванием // Вопросы материаловедения. – 2009. – №4 (60). – С. 74–87.
4. С.А. Салтыков. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1970. – 376 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖДЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ AL-SI-N НА МИКРОТВЕРДОСТЬ И СВЕТОПРОПУСКАНИЕ КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА

*Е.В. Рыбалко¹, аспирант,
М.П. Калашиников^{1,2}, вед. технолог,
В.П. Сергеев^{1,2}, д.т.н., профессор*

*¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634055, г.Томск, пр.Академический, 2/4,*

*²Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина 30,
тел. (3822)-491-032*

E-mail: evgeniaribka@yandex.com

Значительный интерес исследователей в области защитных покрытий концентрируется в последнее время на многофазных нанокomпозитных пленках, которые могут приобретать высокую твердость и термическую стабильность [1]. Основу таких покрытий составляют обычно нитриды переходных металлов. Весьма интересной является система AlN/Si₃N₄, поскольку каждый из этих компонентов может быть использован для получения оптически прозрачных материалов. Такая особенность, наряду с их относительно высокой твердостью делает систему перспективной в качестве защитных оптически прозрачных покрытий [2]. Целью работы является исследование влияния температуры формирования покрытия Al-Si-N на микротвердость и оптические свойства подложки из кварцевого стекла, а также на фазовый состав осаждаемых на него покрытий.

В качестве экспериментальных образцов (подложек) использовали полированные диски диаметром 15 мм и толщиной 4 мм из кварцевого стекла марки KB, изготовленные на стекольном заводе им. Ф.Э. Дзержинского (г. Гусь-Хрустальный, Россия). Покрытия толщиной ~3мкм осаждали на вакуумной установке УВН-05МД