

УДК 539.5

DOI: 10.17223/00213411/63/5/167

А.А. КОЗУЛИН, И.А. ЖУКОВ, А.П. ХРУСТАЛЁВ, Н.И. КАХИДЗЕ, В.Д. ВАЛИХОВ, Д.Б. ДАУТБАЕВА, А.Б. ВОРОЖЦОВ

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ ***Ключевые слова:** алюминий, наночастицы, микроструктура, механические свойства, электропроводность.

В электротехнических приложениях к сплавам алюминия предъявляются требования высоких значений электропроводности и прочности [1]. Для повышения физико-механических свойств алюминиевые сплавы подвергают дисперсному упрочнению и деформационной обработке, после чего в материале повышаются значения твердости, условного предела текучести, временного сопротивления и изменяется пластичность. Упрочненные неметаллическими частицами алюминиевые сплавы имеют ряд преимуществ, таких, как низкая стоимость, высокая коррозионная стойкость, хорошие литейные свойства и др. [2, 3]. Основная цель данного исследования – изучение влияния деформационной обработки на механические свойства и показатели электропроводности технически чистого алюминия, упрочненного наночастицами оксида алюминия.

Микроструктура, исследованная методом оптической микроскопии с использованием микроскопа Olympus GX 71, всех литых крупнозернистых (КЗ) сплавов марки А0, полученных методом литья с одновременной ультразвуковой обработкой [2], представлена дендритной структурой со средним размером ячейки 50 мкм. Дендритные ячейки организованы в крупные зерна со средними размерами до 200 мкм для исходного сплава А0 и 130 мкм (рис. 1, б) для упрочненного наночастицами оксида алюминия (~ 98 нм) в массовой доле 0.1 % (А0+Al₂O₃ 0.1 мас. %). Эффект уменьшения значений среднего размера зерна после введения частиц связан с тем, что система расплав – частица находится в слабоустойчивом состоянии, поэтому любые термические воздействия, которые оказывают частицы-инокуляторы, приводят к изменению агрегатного состояния расплава на их поверхности. В результате этого начинается кристаллизация матрицы, и чем меньше размеры зародыша кристаллизации, тем мельче образовавшееся зерно. Исследование деформированных сплавов с использованием электронного сканирующего микроскопа Tescan Vega II LMU показало, что после четырех проходов равноканального углового прессования (РКУП) [4] дендритная структура литых алюминиевых сплавов изменяется на вновь сформированную ярко выраженную мелкозернистую (МЗ) структуру со средним размером зерна 3–5 мкм. Изображение микроструктуры деформированного сплава А0+Al₂O₃ 0.1 мас. % представлено на рис. 1, в. Наряду со скоплением зерен субмикронных размеров в материале присутствуют крупные зерна до 10 мкм, вытянутые преимущественно вдоль действия сдвиговых деформаций – под углом к главной оси заготовки, направление действия сдвиговых деформаций при РКУП указано белой стрелкой на рис. 1, в.

На рис. 1, а приведены типичные экспериментальные диаграммы в условных координатах, полученные с использованием универсальной испытательной машины Instron 3362 со скоростью деформации 0.001 с⁻¹ при одноосном растяжении плоских микрообразцов из сплавов А0+Al₂O₃ 0.1 мас. % после отливки и деформационной обработки двумя и четырьмя прохождениями РКУП. Аналогичная закономерность изменения вида

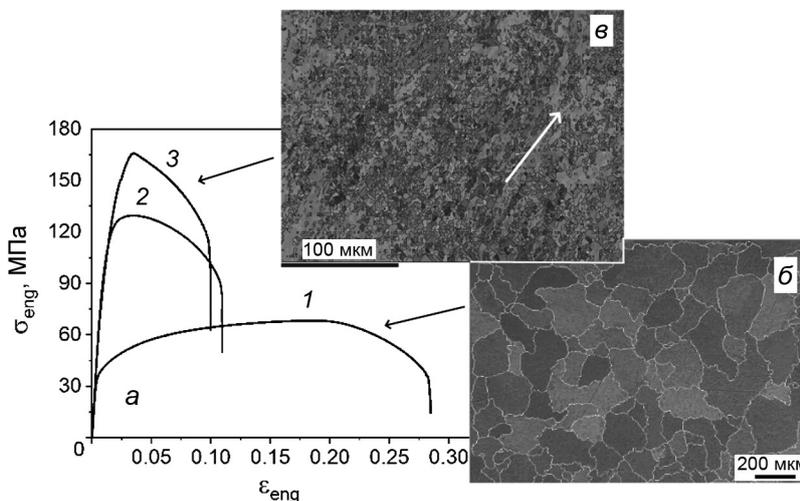


Рис. 1. Типичные деформационные кривые исследуемого сплава А0+Al₂O₃ 0.1 мас. % (а): кр. 1 – после литья, кр. 2, 3 – после двух и четырех проходов обработки соответственно; изображение микроструктур этого же сплава в КЗ-состоянии после литья (б) и МЗ после обработки четырьмя прохождениями РКУП (в)

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-20081.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>