

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ НА ПЛОТНОСТЬ МАЛОУГЛОВЫХ ГРАНИЦ И РАЗМЕР СУБЗЕРНА В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ МАГНИЯ НА РАННИХ СТАДИЯХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Арышенский Е. В., Коновалов С. В., Тептерев М. С.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия, ksv@ssau.ru

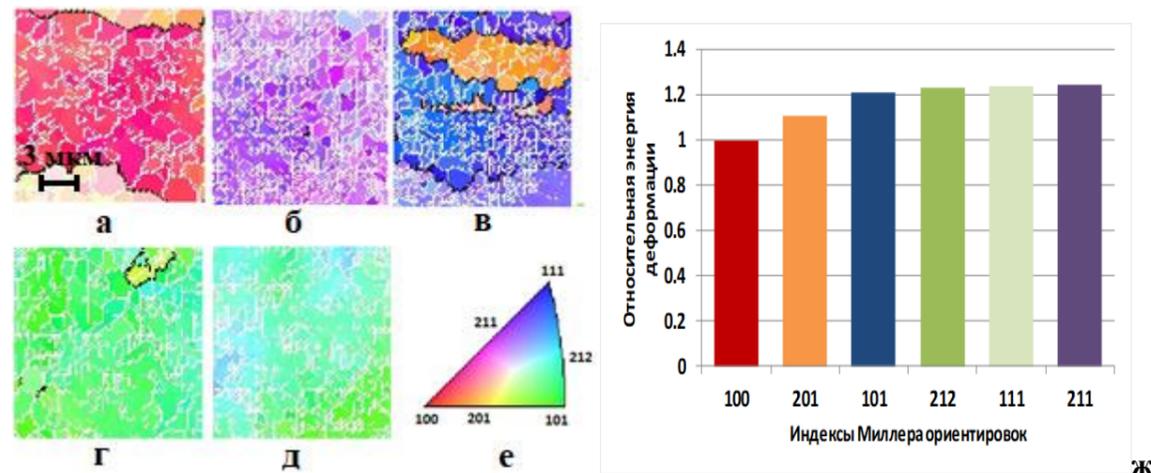
Цель работы: исследовать влияние кристаллографической ориентации зеренной структуры на плотность малоугловых границ на ранней стадии термомеханической обработки алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния 5182, 1565ч и 1570.

Методика: Образцы сплавов 5182, 1565 и 1570 были вырезаны из средней части промышленных полунепрерывно литых слитков с химическим составом. Образца имели цилиндрическую форму с размерами диаметр 10 мм, высота 18 мм. Образцы испытывались на осадку на установке Gleeble 3800. Температура, истинная деформация и скорость деформации, реализованные при испытаниях варьировались: в диапазонах 350 – 450 °С, 1 – 10⁻¹с, деформация 0,15 – 0,6 соответственно. Сразу после окончания деформации программой управления испытательной машиной Gleeble 3800 подавалась команда на охлаждение образца. Интенсивное охлаждение происходило с целью фиксации структуры. Размер субструктуры и плотность малоугловых границ изучались с помощью EBSD. Для EBSD образцы подвергались механической шлифовке на наждачной бумаге с зернистостью 4000 Grid и электролитической полировки. Для удаления загрязнения с поверхности образцов применялась продувка низкотемпературной плазмой (~80°C). Подготовленные образцы фиксировались углеродным клеем на специальных столиках и помещались в растровый электронный микроскоп Nova NanoSEM (2013, FEI Company, Нидерланды. Помещенные в микроскоп образцы алюминиевых сплавов наклонялись на угол 70°. Съемка образцов, а также анализ полученных результатов были выполнены с применением программного модуля TSL OIM Analysis v.6. Участок исследований располагался в центральной области исследуемого сечения. Для получения наибольшей статистики площадь съемки представляла собой квадрат со стороной 2 мкм, а ускоряющее напряжение составило 20 кВ. В качестве выходных данных для каждого образца были получены EBSD-карты разориентировок, а также величины протяженности МУГ и ВУГ. Точность определения ориентации зерен и субзерен составила около 2°. Для расчета накопленной энергии деформации использовались ранее разработанные авторские модели используя ранее разработанные авторами модели [22, 26, 27].

1. Aryshenskii E., Kawalla R., Hirsch J. Development of New Fast Algorithms for Calculation of Texture Evolution during Hot Continuous Rolling of Al-Fe Alloys // Steel Research International 2017. — Vol. 88. Issue 10.

2. Evgenii, A., Erkin, B., Hirsch, J., Vladimir, A., & Segrey, K. (2019). Development of the new fast approach for calculation of texture evolution during hot deformation of aluminum alloys. Procedia Manufacturing, 37, 492-499.

3. Программа texture_def_rx для моделирования формирования текстуры и размера рекристаллизованного зерна при горячей, многопроходной прокатке алюминиевых сплавов. № 2019667349 от 2019-12-23



Результаты: Установлено что во всех исследуемых сплавах субзерно в зависимости от параметра Холмона-Зенера имеет схожие размеры. При исследовании размеров субзерен методом EBSD выявляется их зависимость от ориентировки кристаллита после деформации. Согласно рис.1 величина субзерна убывает при изменении ориентировок зерен в следующей последовательности <100> - <201> - <101>-<212>-<111> -<211>. Таким образом у ориентировки <211> наблюдаются минимальный размер субзерен и максимальная плотность малоугловых границ. Объяснить это наблюдение можно, исследовав накопленную энергию деформации. Накопленная энергия деформации пропорциональна работе пластической деформации. Минимальная работа деформации будет у тех кристаллитов для которых, после деформации, одно из кристаллографических направлений семейства <100> совпадает с направлением сжатия образца. Эта работа деформации принята за единицу, и через нее выражены аналогичные величины для выявленных при расчете преимущественных ориентировок (рис 1 ж). Таким образом, чем меньше накопленная энергия деформации имеет та или иная ориентировка, тем меньше плотность малоугловых границ и большая величина субзерен. Это обстоятельство должно учитываться при моделировании процесса ориентированного роста на ранних стадиях термомеханической обработки

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект 18-79-10099.