

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК Mn и Cr НА КИНЕТИКУ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ РЕЛАКСАЦИИ СПЛАВА Al-4,9 Mg

Зайцева А.А.

Руководитель - к.т.н. Михайловская А.В.
НИТУ МИСИС, г. Москва, aza-357@rambler.ru

Одним из наиболее распространенных сплавов системы Al-Mg (магналиев), является сплав AA5083, имеющий хорошие механические свойства, высокую коррозионную стойкость, невысокую стоимость, благодаря чему сплав широко применяется для получения деформированных полуфабрикатов. Для сплава AA5083 и его аналогов разработаны технологии получения полуфабрикатов с микрзеренной структурой, обеспечивающие повышенные технологические свойства при разных видах обработки давлением, в том числе при сверхпластической формовке. За формирование мелкого зерна в сплавах этого типа отвечает магний, обеспечивающий деформационное упрочнение и малые добавки марганца (до 1.5%) и хрома (до 0.3%), образующие дисперсные частицы (дисперсоиды) размером 50-100 нм, в зависимости от состава и условий обработки. При прочих равных, как показано в работе, при совместном легировании марганцем и хромом средний размер дисперсоидов составляет 50 мкм, а при легировании только марганцем – 100 мкм. Дисперсоиды переходных металлов должны сдерживать миграцию границ зерен в процессе отжига согласно механизму Зинера, т.е. чем меньше размер частиц, тем сильнее они сдерживают рост зерен при рекристаллизации. Таким образом, при высоких температурах, дисперсные частицы будут эффективнее сдерживать рост зерна, в случае стабильности их размеров, и сплав с хромом должен обладать мелкозернистой структурой стабильной при деформации в широком интервале температур, что обеспечит высокую технологичность сплава.

В настоящей работе поставлена цель - исследовать процессы формирования зеренной структуры в ходе рекристаллизации, а также определить влияние добавок Mn и Cr в сплаве Al-4.9Mg на ее стабильность при повышенных температурах. Помимо стандартных методов исследования процессов рекристаллизации (структурного анализа, анализа твердости) в работе использован метод механической спектроскопии: в упругой области нагружения исследованы «псевдо» пики внутреннего трения, связанные с рекристаллизацией, и термически активированные зернограничные пики внутреннего трения, позволяющие количественно оценить параметры зернограничной релаксации.

В качестве объектов исследования выбраны три сплава, концентрация легирующих элементов в пределах состава сплава AA5083:

сплав 1: Al-4.9%Mg,
 сплав 2: Al-4.9%Mg-0.6%Mn,
 сплав 3: Al-4.9%Mg-0.6%Mn-0.25%Cr.

При нагреве холоднодеформированных образцов на ТЗВТ наблюдали пик внутреннего трения (ВТ) с максимумом при температуре около 300 °С в сплаве 1 или около 270 °С в сплавах 2 и 3 (рис 1). Выше температуры, при которой наблюдали пик ВТ, происходил прирост модуля упругости.

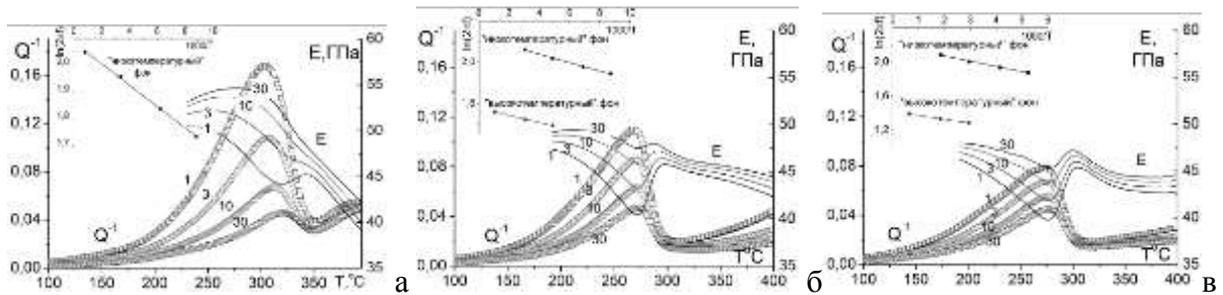


Рис. 1. Температурные зависимости ВТ и модуля упругости при нагреве до 400°С холоднокатаных образцов сплава 1 Al-4.9Mg (а), сплава 2 Al-4.9Mg -0.6Mn (б) и сплава 3 Al-4.9Mg -0.6Mn-0.25Cr (в) (скорость нагрева 2 К/мин). На вставках аррениусовские графики для низкотемпературного и высокотемпературного фона ВТ.

Пик ВТ и изменение модуля упругости взаимосвязаны и обусловлены одной причиной - снижением плотности дислокаций, связанным с термодинамически необратимым структурным процессом, проходящим при нагреве деформированных образцов - рекристаллизацией. Эффект известен под названием эффект Кёстера [12].

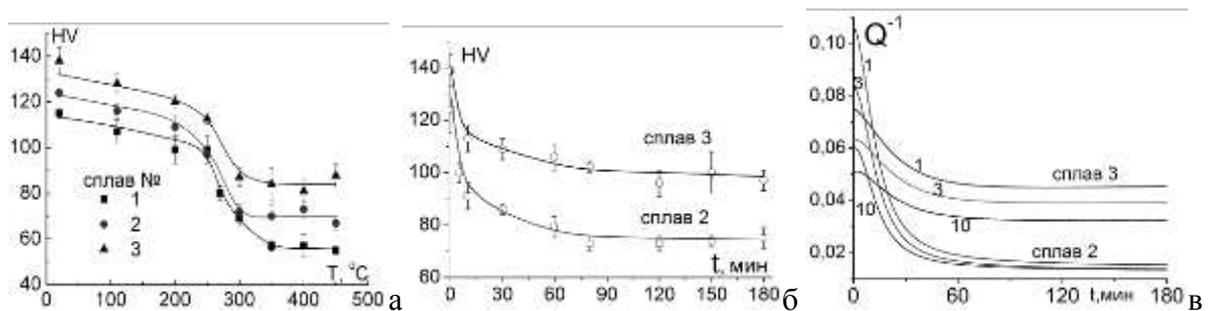


Рис. 2. Зависимость твердости от температуры (а) и времени отжига при 267°С ВТ (б) и зависимость внутреннего трения от температуры (в), цифрами на кривых указана частота колебаний в Гц.

После 20 минут выдержки при 280-300 °С рекристаллизованные зерна в сплаве 1 появляются только в отдельных локальных участках. В сплавах 2 и 3 с хромом и марганцем новые рекристаллизованные зерна наблюдали уже после 20 минут отжига при 250 °С, а при 300 °С сплав 2 имел полностью рекристаллизованную структуру, в сплаве 3 оставались только отдельные вытянутые зерна, т.к. вероятно, более дисперсные частицы в присутствии одновременно Cr и Mn, сдерживают

рекристаллизацию. Сплав 1 полностью рекристаллизуется только при 350 °С(рис. 3).

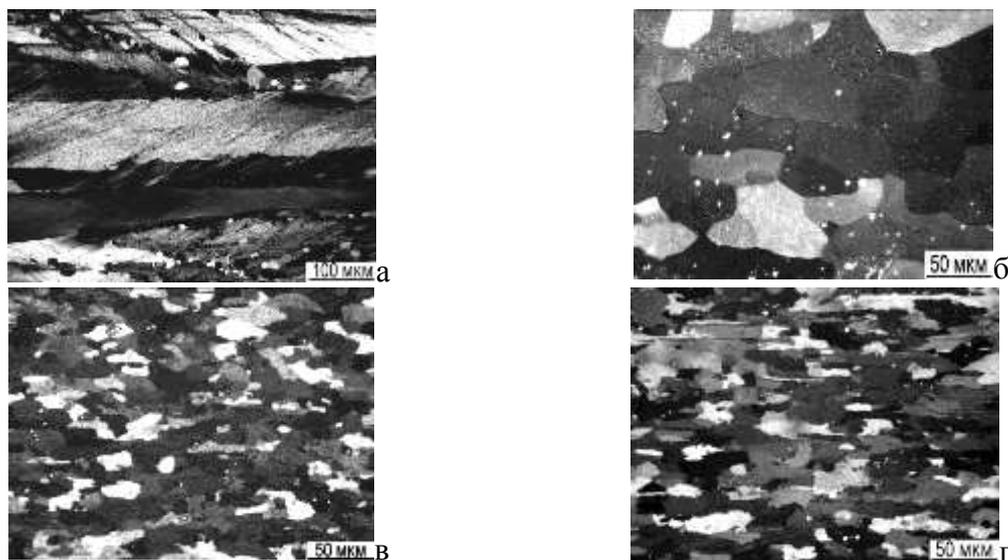


Рис. 3. Микроструктура сплава 1 (а, б) сплава 2 (в) и 3 (г) после 20 минут отжига при 300 С (а, в, г) и 350 С (б)

Для проведения изотермических испытаний выбрана температура чуть ниже температуры максимума псевдо пика рекристаллизации. На временных зависимостях ВТ (рис.2) в ходе трехчасовой выдержки при 267 °С в сплаве 2 без хрома ВТ снижается значительно сильнее, чем в сплаве 3 с хромом, скорее всего, благодаря большей подвижности дислокаций в сплаве 2 без хрома. Твердость, отражая в первом приближении то же, что и ВТ – подвижность и плотность дислокаций, ведет себя аналогично.

Методами анализа структуры, твердости, температурных и временных зависимостей внутреннего трения показано, что температура начала рекристаллизации в холоднодеформированном на 67 % сплаве Al - 4.9 Mg выше, чем в сплавах Al - 4.9 Mg - 0.6 Mn и Al - 4.9 Mg - 0.6 Mn - 0.3 Cr.

Установлено, что совместное введение хрома и марганца более эффективно замедляет кинетику рекристаллизации по сравнению со сплавом, содержащим только марганец. В процессе 3 часов отжига при 267 °С сплав Al - 4.9 Mg - 0.6 Mn рекристаллизуется полностью, а сплав Al - 4.9 Mg - 0.6 Mn - 0.3 Cr только частично и при его повторном нагреве температурный порог рекристаллизации повышается на 45 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ