

СЕКЦИЯ 6. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УПОРЯДОЧЕННОСТИ СТРУКТУРЫ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Носова Е.А.

Руководитель – член-корреспондент РАН, д.т.н. Гречников Ф.В.
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара
eanosova@mail.ru

Влияние упорядоченных структур на механические и технологические свойства металлических сплавов очевидно: с увеличением степени упорядоченности повышается равномерность механических и технологических свойств, эксплуатационная надёжность. Однако на сегодняшний день не существует однозначного критерия, позволяющего оценить уровень порядка в кристаллических телах. По-прежнему сохраняется понятие ближнего и дальнего порядка, наличия дефектов внутреннего строения и т.п. Вместе с тем, сохраняется необходимость установления связи характера структуры и требуемых свойств материалов, причём интервал разброса последних желательно уменьшать, гарантируя высокий их уровень. В алюминиевых сплавах, независимо от их технологического признака можно выделить следующие уровни упорядочивания структур:

1. Равномерное зёрненное строение.
2. Распределение вторичных включений внутри твёрдых растворов.
3. Распределение дефектов внутреннего строения (вакансий, внедрённых и примесных атомов, дислокаций).

Каждый из указанных уровней имеет свои особенности и способы математического описания. Равномерное зёрненное строение имеет значение для всех типов сплавов: литейных и деформируемых. В последних необходимо гарантировать повторяемость достигнутых результатов на большие расстояния (от нескольких миллиметров по толщине до десятков метров по длине при изготовлении обшивочных листов). В случае литейных сплавов распределение эвтектик желательно мелкодисперсное в виде отдельных равноосных кристаллитов. Поскольку в этой категории сплавов при литье сохраняются все три зоны (мелкокристаллический ободок, столбчатые кристаллы и центральная зона равноосных зёрен), то однозначного описания зёрненной структуры с помощью одной функции невозможно. В этом случае область определения функции распределения разбивается на 3 области. Математическое описание требований к зёрненной структуре для выбранной области сечения полуфабриката (или фасонной отливки) можно представить функцией распределения нормальной вероятности. Чем более узкий

интервал области определения, тем предпочтительнее зёрненная структура. Другим вопросом, касающимся описания размера зерна, является задача выбора направления, в котором происходит замер. Так, в холоднокатаном и рекристаллизованном листе в зависимости от плоскости анализа структур (боковая (по толщине), торцевая (по ширине) и плоская (по длине)) наблюдаются вытянутые в направлении главной деформации кристаллиты, размер которых может отличаться в несколько раз в зависимости от выбранного направления. То есть, визуальная оценка размера зерна в этом случае, даёт большую погрешность. Области когерентного рассеяния, определяемые с помощью рентгеноструктурного анализа, не зависят от упомянутых факторов, а потому являются параметром, характеризующим размер зерна.

Вторичные включения внутри зерна распределяются согласно диффузионным закономерностям. Чем более легирован сплав, тем больше видов включений и вероятности их выпадения по телу зерна. Как правило, при отжиге интерметаллиды распределяются равномерно, однако отожжённое состояние поставки (М) для термически упрочняемых сплавов встречается крайне редко, в то время как состояние поставки Т и Т1 наиболее часто. В этом случае вторичные включения выпадают по границам зёрен (а точнее, на некотором расстоянии от границы), а при увеличении выдержки или температуры повторного нагрева коагулируют и приводят к перестариванию сплавов. Характер распределения вторичных включений можно описать гиперболической зависимостью в координатах «количество включений N - расстояние от границы x ». Чем ближе положение кривой к горизонтальной зависимости ($N = \text{const}$), тем благоприятнее структура для дальнейшей листовой штамповки или эксплуатации изделия.

Присутствие постоянных дефектов кристаллического строения повышает уровень прочности. Так, атмосферы Котрелла приводят к появлению «зуба текучести» на кривой растяжения. Наложение внешнего воздействия в виде пластического деформирования, термической обработки влияет на перераспределение этих дефектов и их плотности. В связи с этим дальнейшая обработка может существенно изменить равномерность диффузионных и дислокационных процессов. Несмотря на то, что дислокации можно обнаружить с помощью современного исследовательского оборудования, их выявление часто происходит в локальной области изделия. Следовательно, невозможно напрямую установить плотность точечных и линейных дефектов в макрообъёме металла. Вместе с тем, известно, что удельное электросопротивление является структурно чувствительной характеристикой, но алюминиевые сплавы обладают малыми значениями этой величины, поэтому для его измерения требуются очень чувствительные установки. Увеличение упорядоченности распределения дефектов внутри блока твёрдого раствора будет влиять на изменение температурной зависимости электросопротивления.