

В. А. Середенко, Е. В. Середенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРЫ СЛИТКОВ ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Качество металлических сплавов определяется не только шихтовыми материалами – первичными они являются или вторичными, а и технологией производства материала. Неоднородность структуры исходных материалов может сохраняться в конечном продукте, вызывая колебания эксплуатационных характеристик, что повышает долю брака. Эффективным методом управления структурой литейных сплавов является направленная подготовка к кристаллизации путём термовременной обработки расплава. По литературным данным наиболее благоприятное сочетание прочностных и пластических свойств алюминиевых сплавов достигается при перегреве расплава до 900 – 1000 °С. При охлаждении расплава, значительно перегретого над температурой кристаллизации даже при скоростях охлаждения, характерных для обычных способов литья (порядка $1 \cdot 10^0$ - $1 \cdot 10^1$ °С/с), вследствие значительного перепада температуры между металлом и окружающей средой в объёме сплава возникают разные условия охлаждения, что приводит к формированию неоднородной структуры литой заготовки. Известно, что постоянное магнитное поле с индукцией B порядка $1 \cdot 10^{-1}$ Тл модифицирует структуру сплавов, в том числе алюминиевых, тем существеннее, чем выше температурный градиент в объёме расплава. Особенно эффективно магнитное поле влияет на железосодержащие фазы, изменяя их количество, форму и концентрацию компонентов в них. В настоящее время сплавы алюминия с повышенным содержанием железа (0,2 – 3,0 %) рассматриваются как перспективные электротехнические, коррозионностойкие конструкционные и акустодемпфирующие материалы.

Целью данной работы являлось увеличение однородности макро- и микроструктуры слитков проводникового сплава алюминия типа АВЕ с содержанием Fe и Si по ~ 1,0 %. Образцы сплава были получены из использованной проволоки, переплавленной в печи сопротивления при температуре 950 °С. Металл

охлаждался со скоростью ~ $1 \cdot 10^0$ °С/с, без и под воздействием постоянного магнитного поля с $B = 0,1$ Тл на охлаждающийся и затвердевающий расплав.

Анализ макроструктуры слитков, разрезанных в продольном направлении, полированных и травленных показал, что можно выделить 2 зоны, отличающиеся по структуре: зона 1 – периферийная, 2 – центральная. Периферийная зона охватывала всю центральную зону слитка. При микроскопическом анализе структуры выявлено, что зона 1 состояла из зёрен α -твёрдого раствора Al и включений α (AlFeSi)-фазы скелетообразного вида. Зона 2 представляла собой компактные включения β (AlFeSi)-фазы на фоне Al основы. При $B = 0$ Тл (контрольный металл) толщина зоны 1 составляла $\frac{1}{2}$ радиуса слитка, зоны 2 – соответственно радиус. При $B = 0,1$ Тл толщина зоны 1 сузилась вдвое, а зона 2 соответственно расширилась, но при этом в микроструктуре зоны 1 наряду с α (AlFeSi)-фазой присутствовали включения β (AlFeSi)-фазы, их число было в $\sim 2 - 3$ раза меньше, чем в зоне 2. При этом количество α (AlFeSi)-фазы снизилось, что выражалось в уменьшении объёма межзёренных пространств в 2 раза по сравнению с контрольным металлом. Таким образом, постоянное магнитное поле способствовало увеличению однородности структуры слитка в области наибольшего градиента температур – в зоне 1. Вероятно, при продвижении фронта закристаллизовавшегося сплава, переохлаждённого по отношению к примыкающему к нему расплаву, возникавший вследствие термо-ЭДС электроток (эффект Зеебека) при взаимодействии с внешним магнитным полем вызывал микротечения расплава. Такие течения способствовали выравниванию температуры в объёме слитка и как следствие возникновению вместо α фазы – включений β фазы с температурой образования на 17 °С меньшей. Для формирования β фазы необходимо на ~ 5 % больше Si и меньше Fe, чем для α фазы. Вероятно, под действием поля часть Si необходимая для построения β фазы поступила из α -твёрдого раствора Al. Одна часть избыточного Fe под воздействием поля растворилось α -твёрдом растворе Al, (на это указывали проведенные ранее исследования авторов, представленные в печати). Остальное Fe растворилась в β фазе. Об этом свидетельствовало изменение формы включений – их незначительное удлинение. Для компактирования формы β фазы необходимо чёткое соотношение железа и элемента-модификатора. Очевидно, при избытке Fe во включениях данное соотношение нарушалось. В результате установлено, что магнитное поле повышает однородность структуры литого металла и это перспективно для получения качественной проволоки.