

УДК 621.762

К.В. Бечке, канд. техн. наук, А.Ф. Санин, докт. техн. наук, проф.
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина

ФОРМИРОВАНИЕ ЯЧЕИСТОЙ СУБСТРУКТУРЫ В ДИСПЕРСНОУПРОЧНЕННОМ АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ

K.V. Bechke, Ph.D., A.F. Sanin, Dr., Prof.

FORMATION OF CELLULAR SUBSTRUCTURE IN DISPERSED STRENGTHENED ALUMINIUM ALLOY

Устранение разрыва между требованиями современной техники к конструкционным материалам и возможностями классических сплавов может быть достигнуто при использовании дисперсноупрочненных сплавов, основная роль в упрочнении которых принадлежит структурным факторам [1, 2]. Легирование переходными металлами является перспективным направлением получения высокопрочных алюминиевых сплавов. Однако в алюминиевых сплавах традиционного металлургического производства использование переходных металлов, к которым относится и железо, в качестве легирующих элементов ограничено. Это обусловлено их низкой растворимостью в алюминии в твердом состоянии, при кристаллизации они образуют, в основном на границах зерен, грубые интерметаллидные фазы типа Al_3Fe , нерастворимые при последующей термообработке [3]. Образование таких включений влечет за собой резкое снижение прочности и коррозионной стойкости. В связи с этим железо относят к числу вредных примесей в алюминии.

Применение методов порошковой металлургии позволяет изменить подходы к легированию алюминиевых сплавов, с целью реализации эффекта дисперсного упрочнения. Технология изготовления сплава и деталей должна, вероятно, базироваться на использовании предварительно легированных переходными металлами порошков, полученных в условиях высоких скоростей охлаждения в процессе кристаллизации.

При получении сплава методом порошковой металлургии, с использованием распыления расплава водой, скорость охлаждения частиц достигает 10^6 К/с [4, 5]. В процессе кристаллизации жидких металлических капель будет образовываться аномально пересыщенный твердый раствор железа в алюминии, а при последующей обработке в материале может формироваться высокодисперсная интерметаллидная фаза. При этом следует ожидать, что интерметаллиды, выделяющиеся из твердого раствора, будут достаточно равномерно распределены в теле зерна. Таким образом, появляется возможность использовать казалось бы вредную примесь алюминиевых сплавов - железо - в качестве одного из основных легирующих элементов.

Целью исследований, некоторые результаты которых представлены в данной работе, являлось установление закономерностей формирования структуры и свойств алюминиевого сплава, легированного дополнительно железом в количестве до 1 %, при его получении с использованием методов порошковой металлургии.

Исследования проводили на алюминиевом сплаве типа АД33, дополнительно легированном железом, химический состав сплава (в масс. %): медь - 0,34...0,40 %, кремний - 0,75...0,9 %, магний - 1,27...1,33 %, марганец - 0,10...0,20 %, алюминий - основа, содержание железа изменяли в интервале от 0,45 до 0,90 %.

Исследования микроструктуры компактного материала проведены на образцах после разных этапов технологического процесса изготовления. Изучение структуры материала необходимо для определения параметров термической обработки,

обеспечивающей образование интерметаллидов железа. С целью определения температуры, при которой происходит выделение данной фазы, проводили отжиг материала при разных температурах. В структуре образцов, исследованных после отжига при 420⁰С, обнаружены лишь крупные выделения интерметаллидов, которые скапливаются в основном на границах зерен. Содержание железа в сплаве существенно влияет на его микроструктуру, образующуюся после закалки от 510⁰С. Для сплава, близкого по составу к эвтектическому, характерно равномерное распределение выделений. В доэвтектических сплавах наблюдаются объемы материала, которые свободны от выделений.

Горячее деформирование обуславливает образование структуры, для которой характерна высокая плотность дислокаций. После закалки наблюдается ячеистая субструктура, границы которой “закреплены” высокодисперсными частицами. Именно такая структура и обеспечивает дисперсноупрочненное состояние.

Большой запас пластичности, который связан с относительно небольшим объемным содержанием упрочняющей фазы, позволяет путем деформации и термической обработки заготовок сформировать в материале стабильную дислокационную субструктуру и добиться многократного, по сравнению с исходной заготовкой, повышения прочности. Это объясняется тем, что в присутствии упрочняющих частиц уже при малых деформациях дислокации зарождаются во многих системах скольжения, поэтому распределение дислокаций равномерно. Кроме того, в процессе деформации в материале наблюдается образование развитой субструктуры, а при термической обработке на границах субзерен происходит выделение высокодисперсных интерметаллидных фаз. Согласно закономерностям, установленным М.М.Мышляевым при исследовании алюминиевых сплавов [6], а также развитым им представлениям, в этом случае может резко повышаться пластичность таких материалов.

Прочность сплава после термической обработки по сравнению со сплавом аналогичного химического состава традиционного производства, не содержащим железо, увеличилась на 60...70 % и соответствует прочности высоколегированных алюминиевых сплавов.

Литература

1. Портной К. И., Бабич Б. Н. Дисперсноупрочненные материалы. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
2. Физическое металловедение; под ред. Р. Кана / Пер. с англ. Н. Т. Чеботарёва. – М.: Мир, 1968. – Вып. 3. - 484 с.
3. Гопиенко В. Г., Черепанов В. П., Савченко Е. А. Новые технологические процессы получения порошковой продукции из алюминия и его сплавов // Цветные металлы – 1991. – № 2. – С. 10-15.
4. Гаммесон Л. У. Распыление металлов водой высокого давления // Порошковая металлургия материалов специального назначения. – М.: Металлургия, 1977. – С. 25-47.
5. Мирошниченко И. С. Закалка из жидкого состояния. – М.: Металлургия, 1982. – 176 с.
6. Мышляев М. М. Структура, фазовое состояние и высокоскоростная сверхпластичность в претерпевших интенсивную пластическую деформацию Al-Li наноструктурных сплавах // Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий. Тезисы докл. V Междунар. конф. – Большая Ялта, Жуковка, 2008. – С. 176.