

**УДК 22.04.02**

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570**

Елена Владимировна Троценко

*Магистр 1 года,*

*кафедра «Металлургия»*

*Московский государственный политехнический университет*

*Научный руководитель: Н.И. Волгина,*

*доцент кафедры «Металлургия»*

В настоящее время для производства самолетов используют исключительно термообработываемые алюминиевые сплавы. Несмотря на распространение композитов и титановых сплавов они остаются основным материалом в самолетостроении.

Термически неупрочняемые сплавы системы Al-Mg (5XXX серия по международной классификации и 15XX – по отечественной) с хорошими прочностными свойствами получили широкое распространение благодаря высокой коррозионной стойкости и свариваемости.

В отожженном состоянии эти сплавы показывают низкий предел текучести от 90 до 160 МПа в зависимости от содержания магния. Однако, методы интенсивной пластической деформации, например, равноканальное угловое (РКУ) прессование, способствует повышению прочностных характеристик сплавов системы Al-Mg при сохранении достаточно высокой пластичности. К сожалению области повышенных температур, РКУ прессования остаются на сегодняшний день недостаточно изученными, особенно для высоколегированных и труднодеформируемых алюминиевых сплавов, к числу которых относится и исследуемый в работе сплав 1570.

Микроструктурные изменения в ходе РКУ прессования рассматривали в основном в интервале температур  $T_{\text{комн}} < 0,6T_{\text{пл}}$ . Это не позволяет построить целостную картину структурных изменений при РКУ прессовании в широком интервале температур деформации. В результате вопрос о влиянии температуры РКУ прессования на формирование структуры остается открытым.

Необходимость проведения таких исследований, особенно для труднодеформируемых алюминиевых сплавов, очевидна.

В этой связи целью настоящей работы является исследование особенностей формирования зеренной структуры в алюминиевом сплаве 1570 в широком интервале температур РКУ прессования  $(0,5...0,8) \cdot T_{\text{пл}}$ .

Сплав относится к группе высокопрочных сплавов в системе Al-Mg-Sc, и рассматривается как перспективный конструкционный материал для авиационной промышленности.

Проведены исследования с использованием равноканального углового прессования до степеней деформации  $\varepsilon \sim 13,9\%$  при температурах  $>200\text{ }^\circ\text{C}$ , которое приводит к измельчению зеренной структуры сплава. Формирование мелкозернистой структуры осуществляется в результате развития и взаимного пересечения деформационных полос, границы которых с повышением степени деформации трансформируются в большеугловые границы по механизму сходному по типу с непрерывной динамической рекристаллизацией.

Повышение температуры РКУ прессования от 200 до 450  $^\circ\text{C}$  при фиксированной степени деформации  $\varepsilon \sim 13,9$  приводит к увеличению размера и объемной доли мелких

зерен от 0,4 мкм и 0,63 до 2,8 мкм и 0,85, соответственно. Увеличение размера и объемной доли мелких зерен обусловлено ускорением динамического возврата при повышении температуры РКУ прессования.

Показано, что статическая рекристаллизация в сплаве развивается во время межоперационных нагревов и/или спонтанного отжига заготовки в канале РКУ матрицы непосредственно после деформирования. Движущая сила для развития статической рекристаллизации в сплаве обусловлена двумя факторами: увеличением мобильности границ зерен при повышении температуры деформации и увеличением движущей силы для миграции границ зерен за счет подавления динамического возврата присутствующими в сплаве когерентными  $Al_3Sc$  частицами и атомами Mg в твердом растворе.

#### **По полученным в работе результатам были сделаны следующие выводы:**

1. РКУ прессование до степеней деформации  $\epsilon \sim 13,9\%$  при температурах  $>200^\circ C$  приводит к измельчению зеренной структуры сплава. Формирование мелкозернистой структуры осуществляется в результате развития и взаимного пересечения деформационных полос, границы которых с повышением степени деформации трансформируются в большеугловые границы по механизму сходному по типу с непрерывной динамической рекристаллизацией. Стабильность дислокационной структуры обеспечивается когерентными  $Al_3Sc$  частицами.

2. Повышение температуры РКУ прессования от 200 до  $450^\circ C$  при фиксированной степени деформации  $\epsilon \sim 13,9\%$  приводит к увеличению размера и объемной доли мелких зерен от 0,4 мкм и 0,63 до 2,8 мкм и 0,85, соответственно. Увеличение размера и объемной доли мелких зерен обусловлено ускорением динамического возврата при повышении температуры РКУ прессования.

3. Вблизи сольвуса сплава обнаружено «технологическое» окно ( $\sim 0,6 \cdot T_{пл}$ ), в котором одновременно с мелкими зернами ( $\sim 1$  мкм) может развиваться высокая фракция крупных зерен размером  $\sim 8$  мкм. Установлено, что при температуре  $300^\circ C$  крупные зерна формируются в результате развития статической рекристаллизации.

4. Статическая рекристаллизация в сплаве развивается во время межоперационных нагревов и/или спонтанного отжига заготовки в канале РКУ матрицы непосредственно после деформирования.

#### **Литература**

1. Туркина Н.И., Кузьмина В.И., Фазовые взаимодействия в системе Al-Mg-Sc//Металлы. - 1976. - № 4.- С.2-8.
2. Промышленные алюминиевые сплавы: Справ. Изд. / Алиева С.Г., Альтман М.Б., Амбарцумян С.М и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1984. – 528с.
3. Фринляндер И.Н. Перспективные высокопрочные материалы на алюминиевой основе//И.Н. Фридляндер, А.В. Добромислов, Е.А. Ткаченко // Металловедение и термическая обработка металлов.-2005.-№7. –с. 17-18.
4. Колачев Б.И, Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов – М.: МИСИС, 2005.-432с.