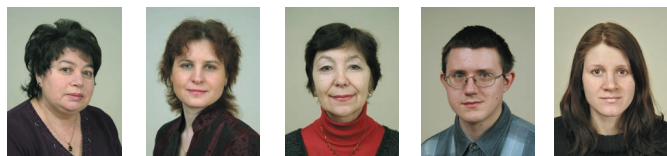


Закономерности формирования субмикроструктурных и наноструктурных алюминиевых сплавов при различных внешних воздействиях в жидком и твердом состояниях

Бродова И.Г., Ширинкина И.Г., Яблонских Т.И., Астафьев В.В., Ленникова И.П.



Методами быстрой закалки расплава, интенсивной пластической деформации кручением под высоким квазигидростатическим давлением и отжига получены бинарные и тройные многофазные Al сплавы с переходными металлами (ПМ=Zr, Cr, Fe) в субмикроструктурном и наноструктурном состояниях с высокой твердостью до 3 ГПа.

На основании экспериментальных исследований влияния условий кристаллизации на структурообразование алюминиевых сплавов с переходными металлами (ПМ), быстрой закалкой расплава получены заэвтектические Al-Fe и заперитектические сплавы Al-Cr, Al-Cr-Zr в различных метастабильных состояниях. Рассмотрены изменения фазового состава, размера и морфологии стабильных и метастабильных алюминидов (Cr, Zr, Fe).

Изучены особенности формирования субмикроструктурной (СМК) и нанокристаллической структуры в двухфазных быстрозакаленных сплавах Al-ПМ при кручении под высоким квазигидростатическим давлением (ИПДК).

Определены условия деформации, при которых наблюдается максимальная фрагментация структуры, и показано, что с ростом количества легирующих компонентов сплава образование СМК структуры происходит при меньших степенях деформации, а размер кристаллитов достигает наноуровня.

Установлено, что при ИПДК протекают три конкурирующие между собой процесса: фрагментация структурных составляющих, деформационное растворение алюминидов ПМ и образование пересыщенных твердых растворов. Два последних выгодно отличают деформационное поведение быстрозакаленных сплавов от литых сплавов тех же составов и регламентируют их структурное состояние и свойства.

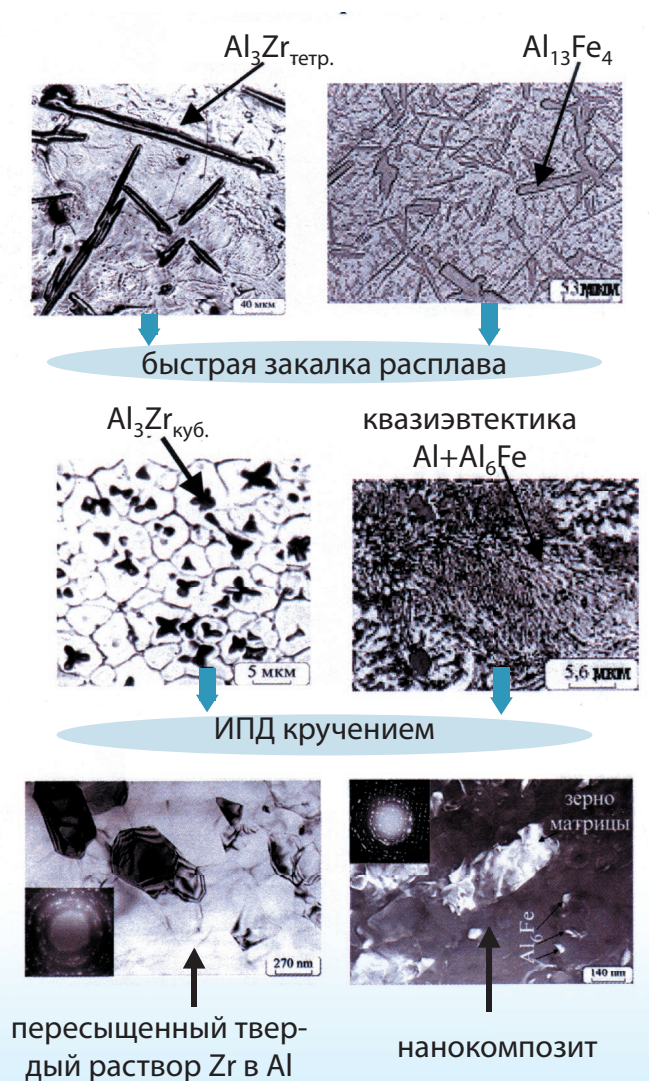


Рис. 1

Эволюция структуры при различных видах обработки сплавов

Проведено сравнение и выявлены особенности деформационного поведения метастабильных и стабильных алюминидов переходных металлов, находящихся в окружении пластичной Al-матрицы при ИПДК, и определены начальные режимы деформации для их растворения.

Показана возможность дополнительного легирования Al - твердого раствора переходными металлами (Cr, Zr, Fe) за счет деформационного растворения в Al матрице алюминидов, входящих в состав быстро закаленных сплавов. Обнаружено, что комплексная обработка сплавов в жидком и твердом состояниях (перегрев, быстрая закалка расплава и ИПДК) повышает степень пересыщения Al-твердого раствора переходными металлами относительно равновесного состояния в 3-10 раз.

Изучена последовательность постдеформационных явлений в быстрозакалённых сплавах с Cr, Zr и Fe при низкотемпературном отжиге (возврата, старения и рекристаллизации). Установлено, что процесс старения «накладывается» на процесс возврата и за счет эффекта дисперсионного твердения компенсирует потерю упрочнения материала, которая неизбежна при релаксации внутренних напряжений.

Определена температурная граница стабильности субмикроструктурного состояния, которая для сплавов Al-ПМ составляет $\sim 0,5T_{пл}$, что на 0,1-0,2 $T_{пл}$ выше, чем для промышленных алюминиевых сплавов.

Высокая термическая устойчивость наноструктурных сплавов обусловлена блокировкой большеугловых границ зёрен алюминидами, которые образуются при ИПДК и старении.

Полученные результаты могут быть эффективно использованы при разработке новой технологии получения перспективных жаропроч-

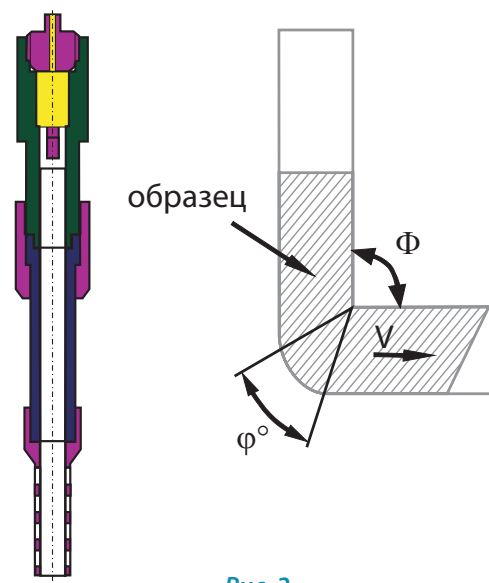


Рис. 2

Схема динамического канально-углового прессования

ных материалов на основе алюминия.

Для получения объемных субмикроструктурных многокомпонентных алюминиевых сплавов совместно с РФЯЦ-ВНИИТФ и УГАТУ-ИФПМ реализован новый способ ИПД материалов – динамическое равноканальное угловое прессование, в котором используется энергия пороховых газов (рис.2). На примере сплавов АМгб и АМц проведено изучение особенностей структурообразования при данном виде динамического нагружения.

На фоне общей фрагментации структуры обнаружены области локализованного течения и участки с элементами вихревого течения. Анализ результатов показал, что сплавы упрочнились в 2 раза.

Новый способ имеет большой потенциал для практического использования.

Более подробно с представленными результатами можно ознакомиться в публикациях [1-3].

¹ Бродова И.Г. и др. *Material Science Forum* 503-504 (2006). 413-418.

² Бродова И.Г. и др. *Физика металлов и металловедение* 98 (2004). 83-92.

³ Шорохов Е.В., Жгилев И.Н., Валиев Р.З. Способ динамической обработки материалов: Патент № 2283717. РФ // Бюллетень изобретений. №26 (2006).