

В. В. Ласковец, В. П. Гаврилюк, К. Ю. Гзовский

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

О ВЗАИМОСВЯЗИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА $AlCu_6,8Mn_{0,65}$, МИКРОЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНОМ

Рассмотрено влияние титана на кристаллизацию, структуру, склонность к образованию горячих трещин и механические свойства сплава $AlCu_6,8Mn_{0,65}$. Установлено, что сплавы в зависимости от содержания титана, параметра Δt , структуры, склонности к образованию горячих трещин и механических свойств можно разделить на три типичные группы.

Ключевые слова: сплавы $AlCu$, кристаллизация, структура, титан, механические свойства.

Розглянуто вплив титану на кристалізацію, структуру, схильність до утворення гарячих тріщин та механічні властивості сплаву $AlCu_6,8Mn_{0,65}$. Встановлено, що сплави в залежності від вмісту титану, параметра Δt , структури, схильності до утворення гарячих тріщин та механічних властивостей можливо розділити на три типові групи.

Ключові слова: сплави $AlCu$, кристалізація, структура, титан, механічні властивості.

The influence of the titan the of crystallization, structure, formation of hot cracks and the mechanical properties of $AlCu_6,8Mn_{0,65}$ alloys is considered. It is established that alloys depending on the maintenance of the titan, Δt parameter, structure, tendency to formation of hot cracks and mechanical properties can be divided into three typical groups.

Keywords: $AlCu$ alloys, crystallization, structure, the titan, mechanical properties.

Одной из наиболее важных областей поиска в современном материаловедении является установление фундаментальных связей состав-структура-свойства с целью обеспечения надежности материалов и изделий. В связи с этим определенный интерес представляет установление взаимосвязи условий кристаллизации и дополнительного легирования сплава $AlCu_6,8Mn_{0,6}$ небольшими количествами титана со структурой и механическими свойствами, а также таким важным технологическим свойством, как склонность к образованию горячих трещин.

Для оценки возможности получения отливок высокого качества, а также предварительной оценки свойств сплавов, в промышленности все чаще применяют термический анализ (в дальнейшем т. а.). Его использование позволяет за короткий промежуток времени (около 4-5 мин) прогнозировать технологические и механические свойства сплава. Однако, для разработки программ, обеспечивающих возможность оценки качества расплава, необходимо провести предварительные исследования по выработке информативных критериев, получению определенного банка данных, использование которых позволит адекватно прогнозировать взаимосвязь между параметрами кристаллизации, структурой, технологическими и механическими свойствами сплавов. Авторы работы [1] попытались провести качественный анализ между упорядочением атомов в расплавах, структурой и свойствами сплавов. При хорошем соответствии упорядочения в расплаве с твердой фазой кристаллизация протекает без значительного тепловыделения, когда же упорядочение в расплаве и твердой фазе существенно отличается, кристаллизация протекает с наличием значительного переохлаждения и рекалесценции [1]. Как показывает анализ

литературных данных, именно параметр разницы между температурами рекалесценции и переохлаждения (в дальнейшем Δt) является наиболее информативным, так как между его значениями, структурными характеристиками и механическими свойствами сплавов наблюдается наилучшая корреляция [2]. Вследствие этого при оценке качества высокопрочных алюминиевых сплавов [2] данный параметр был принят разработчиками оборудования и программного обеспечения для т. а. как основной. В данной работе был проведен ряд экспериментов по изучению влияния титана на процесс кристаллизации модельных сплавов Al-Cu_{6,8} [3], которые подтвердили ранее известные данные по корреляции параметра Δt и структуры сплавов других систем, известных из литературы [1, 2].

Экспериментальные плавки проводились в электрических печах СШОЛ с применением графито-шамотного тигля. Содержание титана в сплаве AlCu_{6,8}Mn_{0,65} для установления информативных критериев на кривых кристаллизации и анализа механизма его влияния изменяли от 0 до 0,585 %мас. Химический состав сплавов исследовали на быстро закристаллизованных пробах с использованием спектрометра „СПЕКТРОМАХ“. Пробы для термического анализа изготавливали путем литья в стандартную тонкостенную металлическую форму, в которой устанавливался горячий спай постоянной термопары х. а. (хромель-алюмель термопара) диаметром проводов 0,00012 м, предварительно тарированной на чистых металлах Al, Zn, защищенный одноразовым чехлом из латуни. Скорость охлаждения расплава в докристаллизационный период составляла ~ 2 °С/с, частота приема сигнала – 10 измерений за секунду, что позволило сократить погрешность измерений температуры до 0,1 °С. Размер зерна сплавов устанавливали путем металлографических исследований с использованием микроскопа «Olimpus» и программы «Analysis», анализировали быстро закристаллизованные пробы (~ 200 °С/с), кокильные отливки (~ 50 °С/с) и пробы для термического анализа.

В работе [3] были представлены результаты исследований по влиянию титана на процесс кристаллизации и структуру модельного сплава системы Al-Cu при скорости охлаждения 2 °С/с, в которой показано, что зависимости параметра Δt , средний размер зерна α -твердого раствора меди и титана в алюминии (в дальнейшем l_{cp}) от содержания титана являются немонотонными и имеют минимумы при концентрациях титана, в %мас.: 0,08; 0,116; 0,18; 0,295; 0,534. Сплавы, содержащие титан в приведенных количествах, характеризовались равноосной дендритно-ячеистой структурой α -твердого раствора меди и титана в алюминии (в дальнейшем α) с l_{cp} соответственно, в мкм: 198, 100, 150, 170, 190 и включениями неравновесной эвтектики ($\alpha + CuAl_2$) по границам зерен α . Другие сплавы при данной скорости охлаждения имели l_{cp} более 200 мкм дендритного или дендритно-ячеистого типа с включениями неравновесной эвтектики ($\alpha + CuAl_2$) как по границам зерен α , так и в междендритных промежутках.

В работе [4] установлено, что склонность к образованию горячих трещин и механические свойства сплава AlCu_{6,8}Mn_{0,65} также имеют оптимумы при следующем содержании титана, в %мас.: 0,08; 0,116; 0,18; 0,295; 0,534.

В результате анализа полученных данных, а также данных, приведенных в [3, 4], установили, что исследуемые сплавы по типу кривых кристаллизации (рис. 1), структуры (рис. 2), склонности к образованию горячих трещин и механических свойств [4] можно условно разделить на три группы. Сплавы первой группы с содержанием титана, в %мас.: 0,18; 0,295; 0,534 (среди других исследованных сплавов) характеризуются относительно низкой разницей между температурами рекалесценции и переохлаждения при кристаллизации α (0,1-0,2 °С) (рис. 1), мелкой равноосной структурой и l_{cp} менее 100 мкм (рис. 2, а, б), минимальной склонностью к образованию горячих трещин и максимально высокими, по отношению к другим исследованным сплавам,

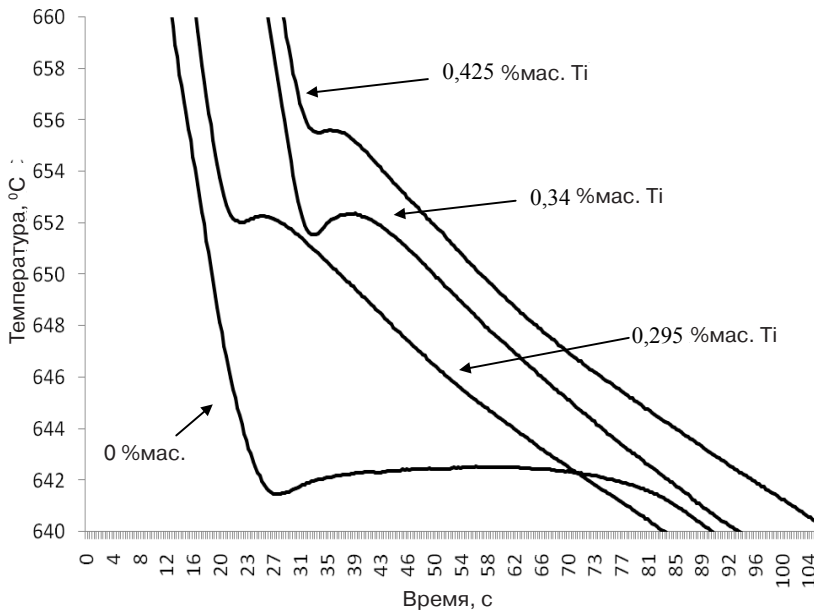


Рис. 1. Влияние титана на кривую кристаллизации сплава AlCu6,8Mn0,65

механическими свойствами [4]. Изменение скорости кристаллизации сплавов первой группы не меняло тип образуемой структуры (рис. 2, а, б).

Сплавы второй группы с содержанием титана, в %мас.: 0, 0,2 и 0,34 характеризуются относительно высокими значениями параметра Δt (0,4-1,01 °C) (рис. 1), грубой дендритной структурой (рис. 2, в, г) и максимальной склонностью к образованию горячих трещин 3,5 и 4,0 баллов, вследствие чего резко снижаются предел прочности и относительное удлинение при растяжении [4]. Изменение скорости кристаллизации сплавов первой группы не меняло тип образуемой структуры, при всех исследованных скоростях кристаллизации образовывался грубый дендритный тип структуры без включений фазы Al₃Ti (рис. 2, в, г).

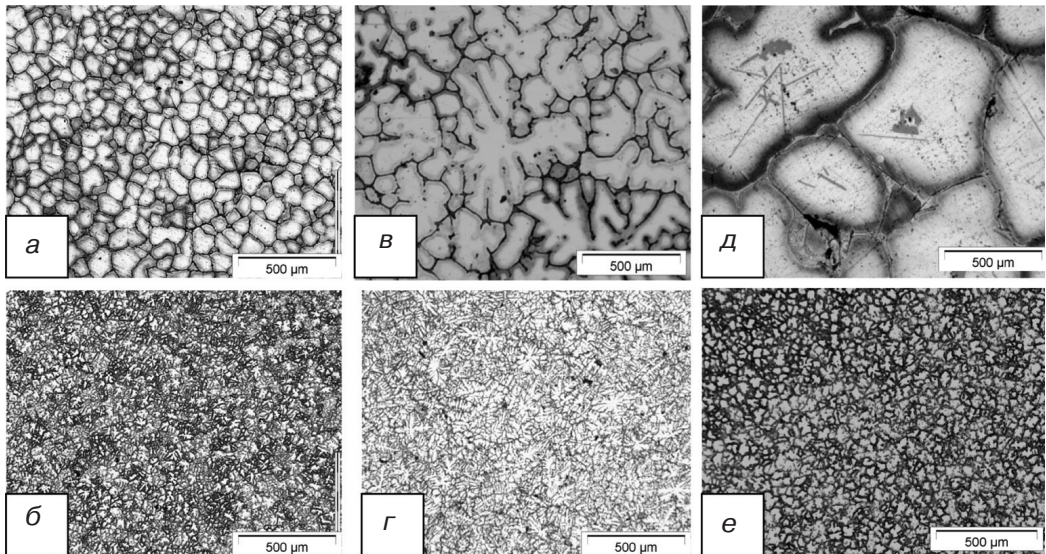


Рис. 2. Влияние титана (%) и скорости охлаждения (°C/с) на структуру сплава AlCu6,8Mn0,65: а – 0,295 Ti, 2; б – 0,295 Ti, 200; в – 0,34 Ti, 2; г – 0,34 Ti, 200; д – 0,425 Ti, 2; е – 0,425 Ti, 200

Кристаллизация и структурообразование сплавов

Сплавы третьей группы с содержанием титана, в %мас.: 0,247; 0,425; 0,55; 0,58 имели очень низкие значения параметра Δt (0-0,05 °C) (рис. 1) и при высоких скоростях охлаждения 200-50 °C/с характеризовались мелкой структурой до 30 мкм (рис. 2, е), однако при более низких скоростях охлаждения данные сплавы имели структуру с относительно грубыми включениями фазы Al_3Ti пластинчатой формы (рис. 2, д). Сплавы третьей группы характеризуются промежуточными значениями склонности к образованию горячих трещин 2,5 баллов и промежуточным уровнем механических свойств между сплавами первой и второй групп [4].

Из полученных результатов, а также результатов, представленных в работах [3, 4], видно, что при изменении концентрации титана в сплавах системы Al-Cu образование мелкой равноосной структуры, а также высокий уровень технологических и механических свойств сплавов достигаются в относительно узких концентрационных интервалах. При данных концентрациях титана значения параметра Δt соответствуют 0,1-0,2 °C. В сплавах с более низким параметром Δt (0-0,05 °C) хотя и наблюдается образование мелкой структуры при повышенных скоростях кристаллизации, однако уровень механических свойств, а также склонность к образованию горячих трещин являются не оптимальными, что, вероятно, связано с образованием фазы Al_3Ti пластинчатой формы. Таким образом, при помощи параметра Δt является возможным экспрессное определение качества сплавов. Оптимальные значения параметра Δt для получения максимального уровня свойств сплава соответствуют 0,1-0,2 °C.



Список литературы

1. Undercooled Metallic Melts Properties, Solidification and Metastable Phases / D. M. Herlach, P. Baeri, I. Egry, F. Spaepen // Elsevier Sequola S.A. – Lausanne, 1994. – 198 p.
2. Backerud L., Chai G., Tamminen J. Solidification Characteristics of Aluminum Alloys 2 // AFS, Ohio. – 1992. – Vol. 2. – P. 71-84.
3. Ласковец В. В., Гзовский К. Ю., Гаврилюк В. П. Микролегирование сплава Al-Cu_{6,8} титаном // Процессы литья. – 2012. – № 5. – С. 19-24.
4. Ласковец В. В., Гаврилюк В. П. Вплив титану на властивості сплаву AlCu_{6,8}Mn_{0,65} / II Міжнародна науково-практична конференція: Тез. докл. // Литейное производство: технология, материалы, оборудование, экономика и экология (19-21 ноября 2012.). – С. 176-178.

Поступила 12.2012

Уважаемые подписчики!

*Подписаться на журнал «Процессы литья»
через Интернет
можно на сайте ГП «Пресса» www.presa.ua
с помощью сервиса «Подписка On-line».*
