

III ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

УДК 669.017.113:669.715 (043)

Д-р техн. наук В. И. Мазур, канд. техн. наук С. В. Капустникова,
канд. техн. наук А. Ю. Шпортько, С. В. Бондарев

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СИЛУМИНОВОГО ЛИТЬЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА

Изучено влияние жидкофазной обработки расплава на структуру и свойства затвердевшего алюминиево-кремниевого сплава АК12(АЛ2). Установлены режимы термовременной обработки расплава ($T_1 = 750$ °C, $T_2 = 880$ °C, $T_3 = 1000$ °C, $t = 20$ мин), обеспечивающие получение в отливках оптимальной структуры и достаточно высокого уровня свойств.

Ключевые слова: силумин, расплав, термовременная обработка, температура перегрева, структура, свойства.

Введение

Оптимизация технологии выплавки металла, основанная на термовременной обработке расплавов, является перспективным и эффективным способом улучшения как технологических свойств расплавов, так и служебных свойств получаемых из них отливок [1, 2]. Успешное освоение указанной технологии позволит также улучшить экономические показатели выплавки сплавов.

Жидкие сплавы на основе алюминия, в частности силумины, являются одним из наиболее удобных и практически интересных объектов для изучения особенностей термовременной обработки расплавов. Поэтому изучение влияния такой обработки на качество силуминового литья является актуальной задачей.

Материалы и методика исследований

В настоящей работе был проведен детальный структурно-фазовый анализ образцов, подвергнутых в жидком состоянии температурной обработке расплава АК-12(АЛ2), суть которой состояла в перегреве его до различных температур в интервале 650... 1100 °C, изотермической выдержке при заданной температуре в течение 20 минут и закристаллизованных со скоростью $3... 5 \times 10^2$ °C/мин. В дальнейшем образцы подвергали механическим испытаниям на растяжение. Механические свойства данных образцов сопоставляли с их микроструктурой вблизи мест разрыва. Металлографические исследования микроструктуры сплавов проводили с помощью микроскопа «НЕОФЛОТ-30». Определение механических свойств на растяжение проводили на машине Instron модели 1195. Для механических испыта-

ний использовали образцы, отлитые в металлический кокиль. Размеры разрывных образцов выбирали в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84.

Результаты и их обсуждение

Механические испытания литых образцов из сплава АЛ2, затвердевших после перегрева расплава до различных температур в интервале 650... 1100 °C, показали, что при некоторых температурах перегрева происходит скачкообразный рост механических свойств отливок, причем возрастают как прочностные, так и пластические характеристики (рис. 1).

Структура отливок представлена двумя структурными составляющими – первичными дендритами α -твердого раствора кремния в алюминии и колониями эвтектики, состоящей из α -твердого раствора и кремния (рис. 2, а). Вместе с тем, детальный стереометрический микроанализ позволил выявить ранее неизвестные изменения количественных и качественных характеристик этих структурных составляющих.

После перегрева жидкой фазы до температур скачкообразного роста механических свойств 750 и 880 °C изменяется морфология эвтектической составляющей; в ней увеличивается объемная доля высококремнистой фазы в тонкодифференцированной нерегулярной эвтектике. Аналогичные изменения происходят и при 1000 °C (рис. 2, б, в). Эвтектика образцов, залитых с температур, непосредственно предшествующих этим «скачкам», имеет довольно грубую дифференцировку, пластинчатую морфологию, низкую объемную долю упрочняющей фазы (рис. 2, г).

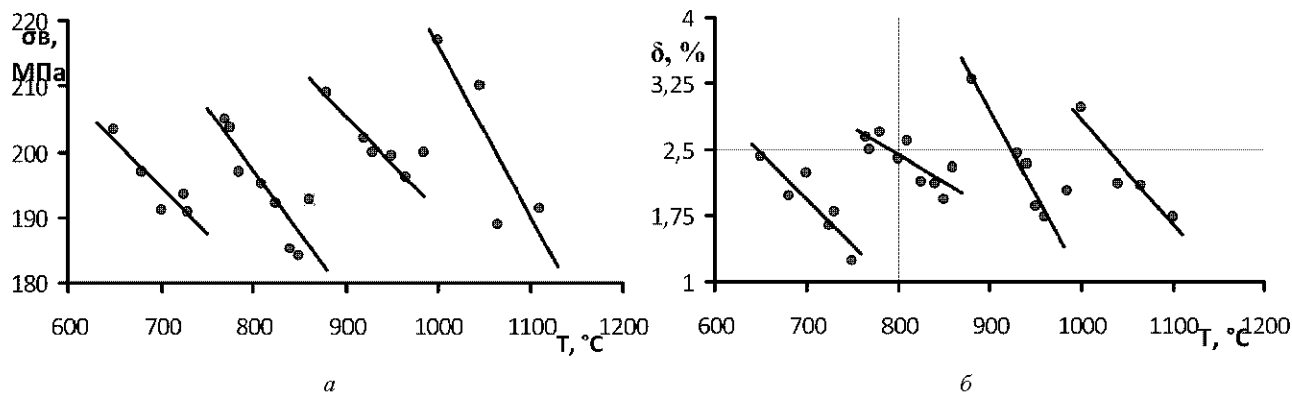


Рис. 1. Механические свойства литых образцов из сплава АЛ2, затвердевших после перегрева расплава до различных температур: *а* – прочностные характеристики, *б* – пластические характеристики

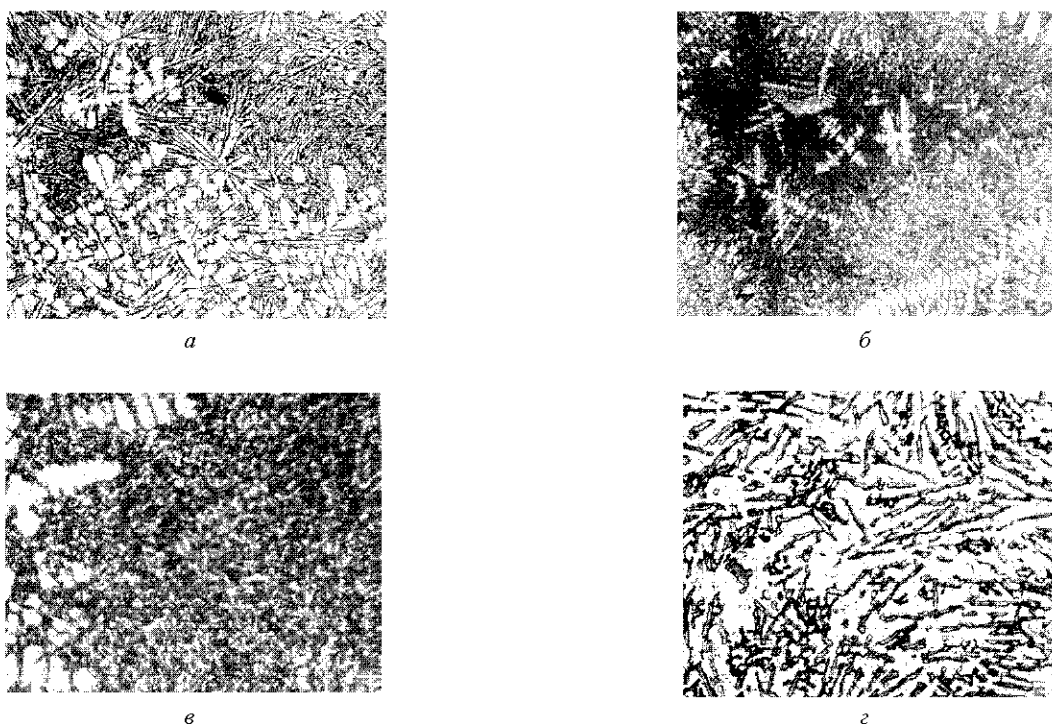


Рис. 2. Микроструктура отливок АЛ2:

а – исходная, $\times 100$; *б* – после перегрева расплава до 750 °С, $\times 100$; *в* – то же, $\times 800$; *г* – после перегрева расплава до 730°С, $\times 800$

При определенных температурах перегрева расплава в структуре образцов увеличивается содержание эвтектики и, соответственно, уменьшается объемная доля первичных дендритов.

На основании того, что в структуре отливок, полученных после перегрева до некоторых температур, скачкообразно уменьшается среднее расстояние между осями первичных дендритов, можно высказать предположение о возрастании переохлаждения кристаллизующегося расплава, который был предварительно перегрет до этих температур, по сравнению с более низким перегревом.

Механические свойства максимальны в тех случаях, когда в структуре образцов максимальна объемная доля тонкодифференцированной эвтектики с большей объемной долей высококремнистой фазы, чем это следует из диаграммы состояния, и понижаются при дальнейшем повышении температуры перегрева расплава, когда убывает объемная доля такой эвтектики.

Скачкообразное увеличение прочности образцов, полученных при температурах заливки расплава 750, 880, 1000 °С (рис. 1) связано, во-первых, со скачкообразным упрочнением α -твердого раствора кремния в алюминии и, во-вторых, с появлением новой высоко-

прочной структурной составляющей – нерегулярной тонкодифференцированной эвтектики, содержащей высокопрочную кремниевую фазу в количестве, превышающем равновесное.

Повышение пластичности отливок при скачкообразном росте их прочностных свойств в соответствии с теорией прочности армированных материалов объясняется утонением высокопрочной армирующей фазы при появлении в структуре слитка тонкодифференцированной эвтектики. Этому же способствует утонение дифференцировки кремниевой фазы в обычной эвтектике этих образцов (рис. 2, б, в).

Все описанные выше экспериментальные факты можно объяснить тем, что для системы алюминий-кремний наряду с известными стабильными равновесиями, указанными на диаграмме состояния, могут также реализовываться метастабильные равновесия [3], как это, например, имеет место для системы железо-углерод. При этом в зависимости от определенных факторов затвердевание может происходить в соответствии с той или иной диаграммой состояния и высококремнистой фазой может быть либо кремний, либо метастабильные промежуточные фазы типа силицидов, распадающиеся в твердом состоянии. По-видимому, факторами, определяющими в соответствии с какой из диаграмм состояния будет затвердевать силумин, является атомная структура расплава, соответствующая данной температуре нагрева над линией ликвидус и ее трансформация в ходе охлаждения при затвердевании.

Кристаллизация сплава проходит в несколько стадий. После нагрева расплава над линией ликвидус до температур 750, 880, 1000 °С затвердевание происходит по диаграмме состояния с линиями метастабильного равновесия с образованием тонкодифференцированной эвтектики с повышенной объемной долей высококремнистой фазы. Максимальная объемная доля

такой эвтектики получена в образцах, залитых при этих температурах. То есть, равновесный фазовый состав $\alpha + \beta(Si)$ исследуемого сплава достигается через зарождение, рост и растворение (частичное или полное) метастабильных промежуточных фаз, причем устойчивость этих фаз зависит как от температуры исходного нагрева жидкой фазы, так и от содержания примесных элементов. Образование стабильных фаз происходит лишь на последних стадиях этого сложного многостадийного процесса затвердевания. В результате в реальном сплаве наблюдается несколько типов эвтектических структурных составляющих, отличающихся морфологией и объемной долей высококремнистой фазы.

Выводы

Термовременная обработка расплава является перспективным и эффективным способом управления качеством силуминового литья и получаемых из него изделий. Успешное освоение указанной технологии позволит реализовать дополнительные резервы повышения механических свойств, отказаться от технологической операции модифицирования, что удешевит полученные изделия и улучшит экологию производства.

Список литературы

1. Исходные расплавы, как основа формирования структуры и свойств алюминиевых сплавов / [И. Г. Бродова, П. С. Попель, Н. М. Барбин, Н. А. Ваголин]. – Екатеринбург : УрО РАН, 2005. – 370 с.
2. Капустникова С. В. Влияние степени микрогетерогенности расплава силумина на качество отливки / [С. В. Капустникова, В. И. Мазур, Ю. Н. Таран] // Литейное производство. – 1985. – № 9. – С. 12–13.
3. Мазур В. И. О метастабильных фазах в системе Al-Si / [В. И. Мазур, А. В. Мазур А. Ю. Шпортко] // Научн. тр. Международной конференции «Эвтектика V». – Днепропетровск : ОАО РІА «Трейс», 2000. – С. 50–55.

Одержано 01.06.2012

Мазур В.І., Капустникова С.В., Шпортко Г.Ю., Бондарев С.В. Керування якістю силумінового лиття за допомогою термочасової обробки розплаву

Вивчено вплив рідкофазної обробки розплаву на структуру і властивості затверділого алюмінієво-кремнієвого сплаву АК12(АЛ12). Встановлено режими термочасової обробки розплаву ($T_1 = 750$ °С, $T_2 = 880$ °С, $T_3 = 1000$ °С, $t = 20$ хв), що дозволяють отримати у відливках оптимальну структуру і досить високий рівень властивостей.

Ключові слова: силумін, розплав, термочасова обробка, температура перегріву, структура, властивості.

Mazur V., Kapustnikova S., Shportko A., Bondarev S. Quality management of Al-Si alloy casting by thermal-temporal melt treatment

Influence of fusion liquid-phase treatment on a structure and properties of aluminium-silicon alloys JK12(AL12) is studied. The mode of thermal-temporal treatment of melt ($T_1 = 750$ °С, $T_2 = 880$ °С, $T_3 = 1000$ °С, $t = 20$ minutes), providing to obtain optimal structure and high level of properties is ascertained.

Key words: Al-Si alloy, melt, thermal-temporal treatment, overheating temperature, microstructure, properties.