

## К вопросу образования пористости в отливках из силуминов, модифицированных стронцием

Румянцева Г.А., Неменёнок Б.М., Арабей А.В.  
Белорусский национальный технический университет

В практике получения отливок из силуминов обязательной технологической операцией является их модифицирование с целью сфероидизации включений эвтектического кремния. Для этих целей используются флюсы, содержащие фтористый натрий или стронцийсодержащие лигатуры. Как правило, модифицирование расплава стронцием сопровождается снижением герметичности отливок и развитием газосадочной пористости [1].

Для выяснения причин образования пористости в модифицированных силуминах проводили исследования на сплавах системы Al-Si с содержанием кремния от 0 до 14 %. Для модифицирования использовали лигатуры «А» и «Б» на основе алюминия с расчетным содержанием стронция 10 %. Газосодержание лигатуры «А» составляло  $0,12 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  металла, лигатуры «Б» –  $0,45 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ . Модифицирование силуминов лигатурами «А» и «Б» существенно изменяет зависимость параметров усадки от содержания кремния в силуминах по сравнению с исходными составами сплава. Характер изменений практически не определяется типом лигатуры (рафинированная «А» или газонасыщенная «Б»). Для всех составов и типов лигатур возрастает величина усадочной пористости ( $V_{\text{п}}$ ), хотя и в разной степени. В случае обработки силуминов с содержанием 6 % кремния лигатурой «А» величина усадочной пористости при литье в сухую песчаную форму составила 4,8 %, что выше, чем у исходного сплава, но ниже, чем после ввода лигатуры «Б», для которого этот показатель составил 4,9 %. Увеличение скорости охлаждения отливок уменьшает различие в величине усадочной пористости в зависимости от способа ввода стронция, однако общая закономерность сохраняется. Подобное различие в величине усадочной пористости наблюдается для всех исследованных составов в случае ввода лигатуры «А» и «Б». При этом четко прослеживается более эффективное увеличение усадочной пористости от процесса модифицирования. Использование газонасыщенной лигатуры «Б» по сравнению с лигатурой «А» незначительно усиливает пористость в отливках.

Увеличение доли усадочной пористости в силуминах при вводе в них Sr, Li, Ca и Na отмечается также авторами многих работ и может быть объяснено следующими причинами [1, 2].

Во-первых, Li, Na, K, Ca, Sr и Ba уменьшают плотность алюминиевого расплава, увеличивают температурный коэффициент объемного расширения и, как следствие, величину его объемной усадки при кристаллизации, приводящей к развитию пористости в отливках.

Другая причина повышения пористости – это более высокое газосодержание сплавов, т. к. щелочные и щелочноземельные металлы, поглощенные расплавом при модифицировании, увеличивают насыщение расплава водородом. Для объяснения данного факта можно использовать доводы Ю. Н. Тарана и его сотрудников, которые полагают, что уровень растворимости водорода в жидком силумине определяется относительным объемом металлизированной зоны и концентрацией в ней кремния. Любая обработка расплава, увеличивающая относительный объем металлизированной зоны при условии сохранения состава, будет проводить к увеличению газонасыщенности сплава. Развивая это положение, можно объяснить причину повышения газосодержания модифицированных сплавов, т. к. натрий и стронций способствуют металлизации связи Si-Si, что подтверждается снижением удельного электросопротивления модифицированного сплава [1, 3]

В-третьих, расширение зоны усадочной пористости в модифицированных силуминах тесно связано с увеличением интервала кристаллизации. Анализ термограмм затвердевания показал, что независимо от способа ввода стронция температура ликвидус модифицированного сплава не отличается от немодифицированного, а температура солидус снижается на 9–

12 °С по сравнению с температурой эвтектического превращения в системе Al-Si для равновесных условий. Поэтому модифицированный сплав для всех концентраций кремния всегда имеет более широкий интервал кристаллизации по сравнению с немодифицированным, а, следовательно, и иное соотношение слагаемых объемной усадки. При этом объем усадочной пористости может увеличиваться за счет уменьшения на 50 % объема концентрированной усадочной раковины [1].

В-четвертых, повышенная склонность модифицированных силуминов к образованию усадочной пористости во многом определяется изменением механизма кристаллизации [1]. Немодифицированные силумины кристаллизуются, как правило, последовательно – от стенки формы к центру отливки или ее тепловому узлу с небольшим переохлаждением эвтектики относительно температуры равновесного солидуса (577 °С). Величина переохлаждения в этом случае составляет примерно 3 °С, а для сухой песчаной формы и того меньше.

При кристаллизации модифицированных силуминов преобладает объемно-последовательный механизм, когда часть расплава кристаллизуется последовательно от стенки формы, а основная масса сплава в результате подавления центров кристаллизации эвтектических колоний начинает кристаллизоваться с переохлаждением 9–12 °С. Вследствие нейтрализации натрием или стронцием центров кристаллизации эвтектические колонии растут в форме сфероидов, образуя при смыкании изолированные поры. Кроме того, у модифицированного сплава процесс «массового питания» прекращается раньше, чем у немодифицированного, а «интеркристаллитное питание» не в состоянии их залечить [1, 4].

Принимая во внимание полученные результаты исследований, можно предположить, что наиболее эффективным способом устранения газоусадочной пористости в отливках из модифицированных силуминов будет реализация технологии литья, применяемой при получении отливок из широкоинтервальных сплавов. Такая технология заключается в использовании холодильников и небольших прибылей.

Таким образом, при применении модифицирования для улучшения физико-механических свойств отливок одновременно следует корректировать и технологию их получения во избежание повышенного брака по пористости.

### Литература

1. Немененок, Б. М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов / Б. М. Немененок. – Минск: Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Металлические примеси в алюминиевых сплавах / А. В. Курдюмов [и др.]. – М.: Металлургия, 1988. – 143 с.
3. Ardo, D. Porosity in aluminum foundry alloys – the effect of modification / d. Ardo, J. E. Gruzlesli // Proc. Int. Symp. Reduct and Gast. Aluminium. Montreal, Aug. 28-31, 1988. – P 263-282.
4. Мазур, В. И. Структурные изменения дегазации расплавов и эвтектики силуминов при сорбционной дегазации их в процессе выплавки / В. И. Мазур, А. Г. Прыгунова, Ю. Н. Таран // Изв. АН СССР. Металлы. – 1985. – № 4. – С. 49-54.