

# ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СИЛУМИНОВ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ УСАДОЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

**П. Е. Лущик, И. В. Рафальский**

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Белоруссия

При модифицировании силуминов существенно изменяются не только механические свойства и микроструктура отливок, но в значительной степени и термодинамические характеристики расплава, что приводит к изменению процессов образования газоусадочных дефектов. Таким образом, при модифицировании силуминов актуальным является не только проведение исследований по выявлению закономерностей структурообразования сплавов, но и зависимостей образования дефектов усадочного характера от типа модификатора и условий кристаллизации.

В работе было проведено комплексное исследование влияния температурно-временных параметров плавки и скорости охлаждения при затвердевании силуминов с различным содержанием кремния (7%, 13%, 17% масс.), обработанных добавками различных модификаторов. Для проведения исследований использовались методы компьютерного термического анализа пробы расплава и имитационного моделирования процесса затвердевания с использованием программного пакета ProCAST. Проверка результатов компьютерного моделирования проводилась путем сравнения с результатами макроскопического анализа технологических проб.

В качестве модификаторов сплава использовали: а) титан (вводился в лигатуре Al-5%Ti), б) натрий (вводился в виде универсального флюса с составом 50 %NaCl, 30 % NaF, 10%KCl 10 % Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), в) стронций (вводился в лигатуре Al-5%Sr), г) сурьма (вводилась в чистом виде), д) фосфор (вводился в лигатуре Cu-8%P). Сплавы готовились в муфельной печи сопротивления, температура ввода модификатора в расплав составляла 800 °С.

Анализ процесса затвердевания сплавов проводился путем обработки температурно-временных зависимостей кристаллизации

(кривых охлаждения), полученных методом термического анализа (рисунок 1). Для получения экспериментальных данных в качестве датчика температуры использовали тарированные хромель-алюмелевые термопары, запись и обработка информации осуществлялась с использованием микропроцессорного устройства термического анализа и персонального компьютера.

Термодинамические характеристики сплавов (температуры ликвидус и солидус, зависимость количества твердой фазы от температуры), определялись с использованием данных компьютерного термического анализа и импортировались в систему имитационного моделирования литейных процессов ProCAST для анализа влияния модификаторов на процесс образования усадочных дефектов. Пример моделирования изменения распределения усадочной пористости при вводе модификатора представлен на рисунке 2.

Склонность сплава к образованию усадочных дефектов (раковин и пористости) определялась на технологических пробах, имеющих форму усеченного конуса или шара (конфигурация и размеры проб ГОСТом регламентированы).

Анализ результатов исследований показал, что из всех исследованных модификаторов (Ti, Sb, Sr, P, Na) титан не оказывает заметного влияния на положение зон образования усадочных дефектов в сплаве, что согласуется с теоретическими представлениями о модифицировании титаном силуминов, так как микродобавки титана не влияют на эвтектическую кристаллизацию. Сурьма и стронций оказывают схожее влияние на кристаллизацию эвтектики Al-Si: существенно рассеивают усадочную пористость в образце. Натрий и фосфор увеличивают зону усадочной пористости в осевом направлении.

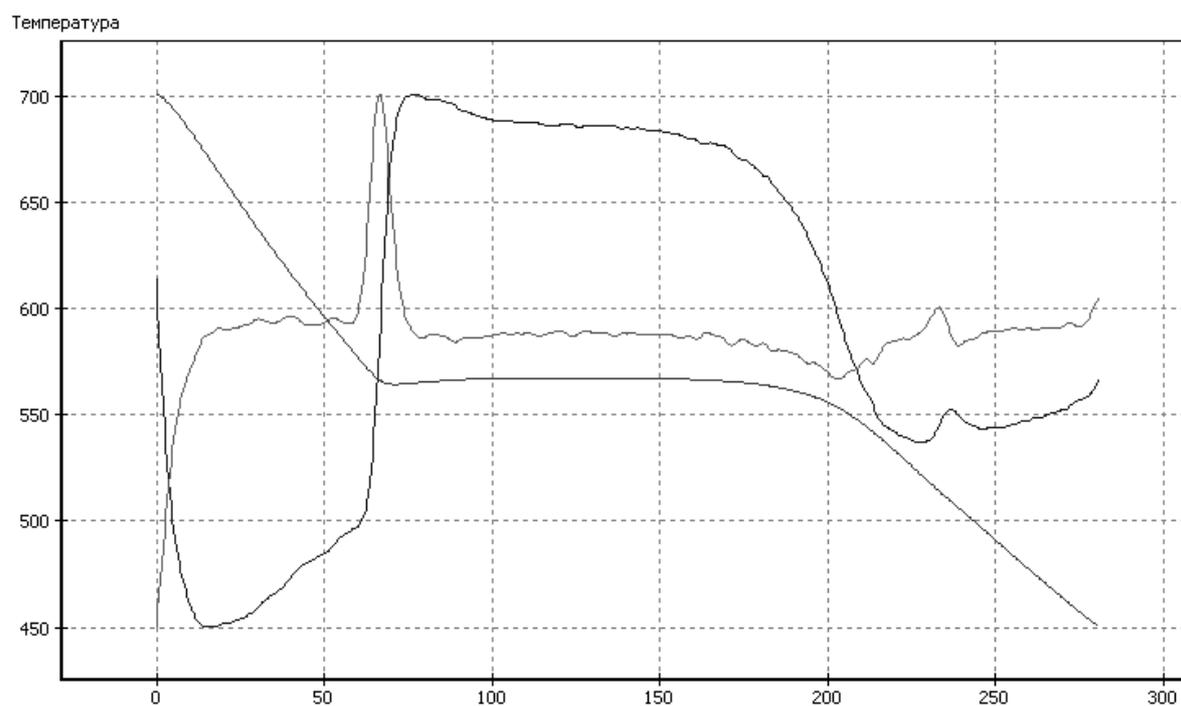


Рисунок 1 – Кривая охлаждения, ее первая и вторая производные

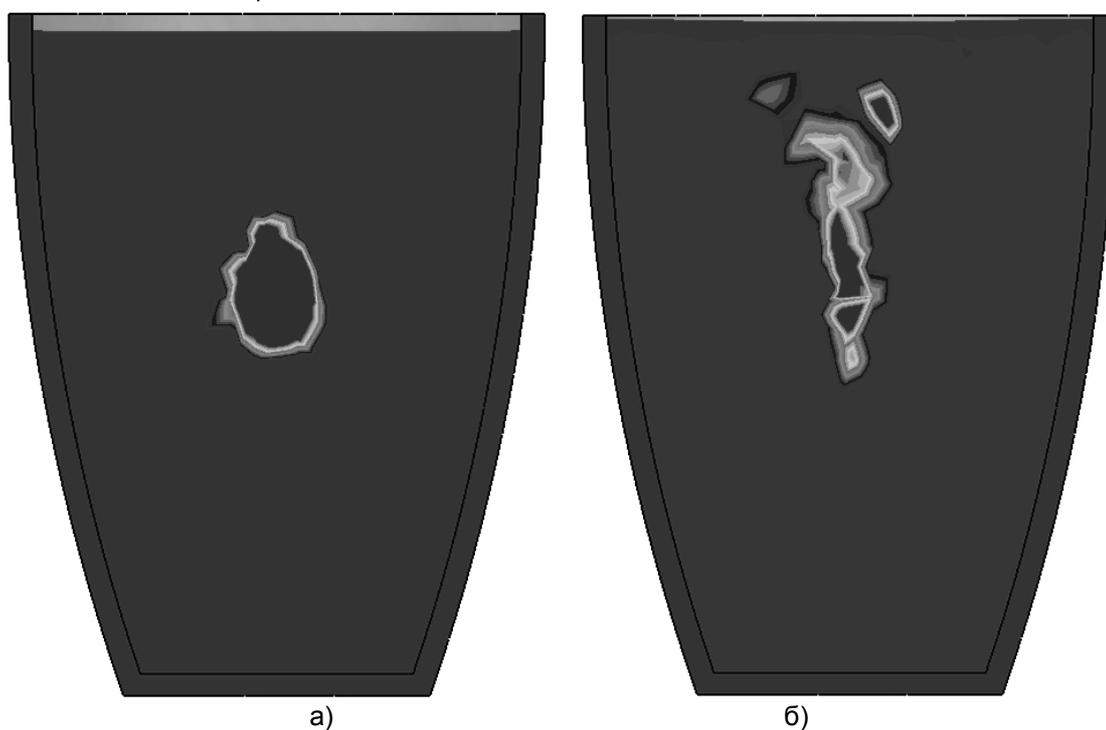


Рисунок 2 – Схема изменения распределения усадочной пористости технологической пробы: а) исходный образец (Al-13%Si) б) Al-13%Si модифицированный фосфором

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СИЛУМИНОВ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ УСАДОЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

Анализ результатов компьютерного моделирования затвердевания пробы расплава модифицированных силуминов показал, что для исследуемых образцов определенное влияние на образование усадочных дефектов оказывают температурно-временные параметры плавки (изменение протяженности зон локализации газоусадочной пористости порядка 5-10%). При этом увеличение температуры приводит к снижению общего объема пористости и увеличению усадочной раковины.

Скорость охлаждения оказывает более существенное влияние на изменение протяженности зон локализации газоусадочных

дефектов (на 15-20%). При этом характер образования усадочных дефектов в зависимости от скорости охлаждения отличается для различных модификаторов и для скоростей охлаждения исследованных сплавов в диапазоне 0,5-3 °С/с остается практически неизменным для данного типа модификатора.

Анализ полученных результатов показал, что температурно-временные параметры плавки и скорость охлаждения сплавов в диапазоне 0,5-3 °С/с оказывают меньшее влияние на образование зон локализации усадочных дефектов, чем термодинамические характеристики сплавов, изменяющиеся при введении модифицирующих добавок.