

Анотація

Арабей А. В., Рафальський І. В., Немененок Б. М.

Синтез сплавів системи Al-Si з алюмоматричних композицій, отриманих з використанням відходів алюмінію та кварцового піску

Розглянуто питання синтезу сплавів системи Al-Si з алюмоматричних композицій, отриманих з використанням відходів алюмінію та кварцових матеріалів. Представлено результати дослідження міжфазної взаємодії компонентів алюмоматричних композицій на основі системи Al-SiO₂, отриманих з використанням гетерофазних технологій суміщення кварцового піску, брухту та відходів алюмінієвих сплавів.

Summary

Arabei A. V., Rafalski I. V., Nemenenok B. M.

The synthesis of alloys of system Al-Si of aluminium-matrix composites on the basis from waste aluminum and quartz materials

The work deals to aspects of the synthesis of cast alloys of Al-Si system on the basis of aluminium-matrix composites obtained from waste aluminum and quartz materials. The results of components interaction researching of aluminium-matrix composites on the basis of Al-SiO₂ system, obtained with the use of semi-solid mixing technology of fillers and metal matrix alloys are presented.

Keywords

synthesis, alloys, master-alloys, system Al-Si, aluminium-matrix composites

Поступила 09.03.13

УДК 669.131.7

П. Е. Лущик, И. В. Рафальский

Белорусский национальный технический университет, Минск

Исследование влияния модифицирующих и армирующих добавок на процесс затвердевания и формирование зоны усадочных дефектов в эвтектических силуминах

Проведен сравнительный анализ образования усадочных дефектов в эвтектических силуминах, модифицированных различными добавками с использованием моделирования процесса затвердевания пробы расплава.

Ключевые слова: затвердевание, модифицирование, силумины, усадочные дефекты, термический анализ, моделирование

При проведении имитационного моделирования и анализа литейных процессов технологи сталкиваются с проблемой недостатка и низкого качества информации, необходимой для формирования исходных данных, в первую очередь теплофизических характеристик литейных сплавов [1]. В связи с наследственностью шихтовых компонентов, использованием многокомпонентных составов сплавов, модифицирующих добавок, а также рафи-

нирующей обработки характер затвердевания, а соответственно и образования усадочных дефектов сплава, непостоянен. Поэтому, используя систему автоматизированного проектирования (САПР) литейных процессов, необходимо проводить предварительную корректировку используемых в расчетах входных данных и, прежде всего теплофизических характеристик материалов системы «расплав-форма», применительно к реальным условиям производства.

В данной работе приведены результаты исследования влияния модифицирующих и армирующих добавок на зависимость выделения твердой фазы от температуры и на формирование зоны усадочных дефектов в эвтектических сплавах.

Для решения задач исследования использовали метод компьютерного (имитационного) моделирования процесса затвердевания, применив программный пакет ProCAST. Основные теплофизические зависимости сплавов получили благодаря методике расчета двухфазной зоны в интервале кристаллизации силуминов с использованием данных компьютерного термического анализа [2].

Расчет зависимости объемной доли твердой фазы, выделяющейся при затвердевании расплава, от времени проводили на основе следующей зависимости:

$$f_s(t) = \frac{\xi \cdot \int_{T_L}^t \Delta T dt + (T(t) - T_L)}{\psi}, \quad (1)$$

где $\psi = q/c$ – отношение теплоты кристаллизации сплава к теплоемкости; T_L – температура ликвидус; ξ – параметр, характеризующий процесс теплообмена для пробы расплава.

Вычисление плотности, теплоемкости и теплопроводности в интервале затвердевания алюминиево-кремниевых сплавов проводили с учетом значений этих параметров в начальный и конечный моменты

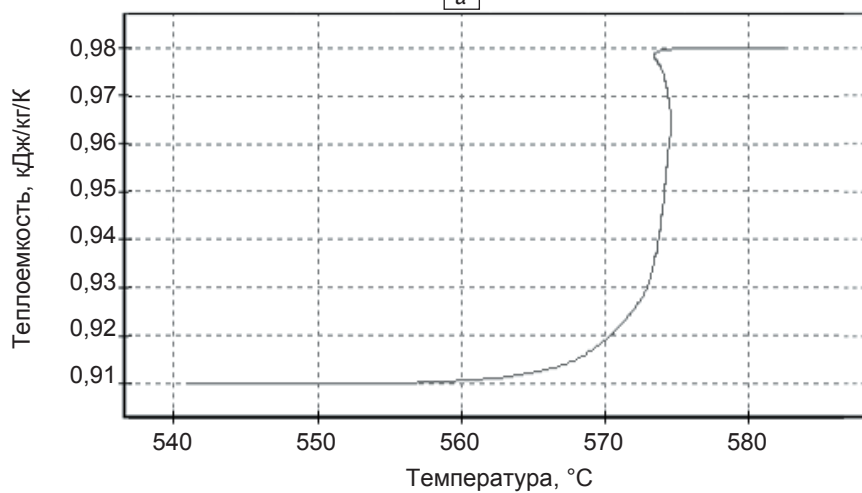
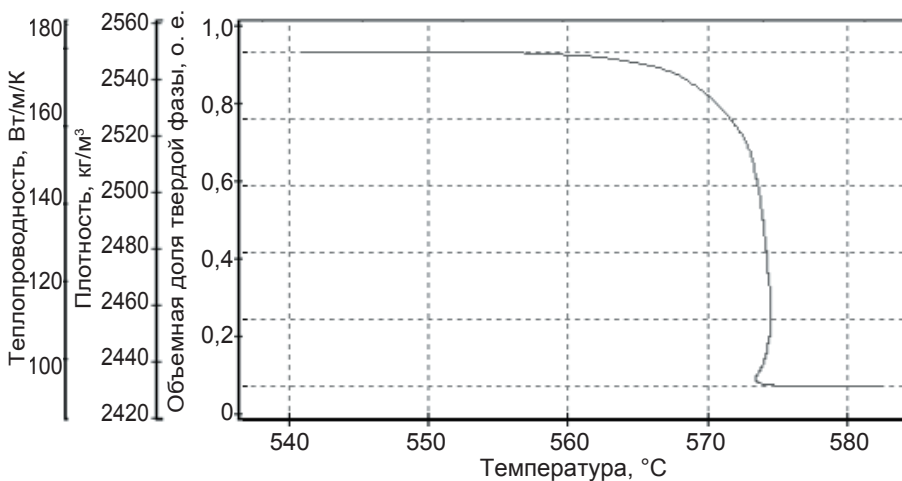


Рис. 1. Изменения объемной доли твердой фазы, плотности и теплопроводности от температуры (а); удельной теплоемкости от температуры для сплава Al – 13 % Si (б)

затвердевания сплава

$$y(T) = f_s(T) \cdot \{\rho, C_p, \lambda\}_S + (1 - f_s(T)) \cdot \{\rho, C_p, \lambda\}_L, \quad (2)$$

где $f_s(T)$ – функция объемной доли твердой фазы,

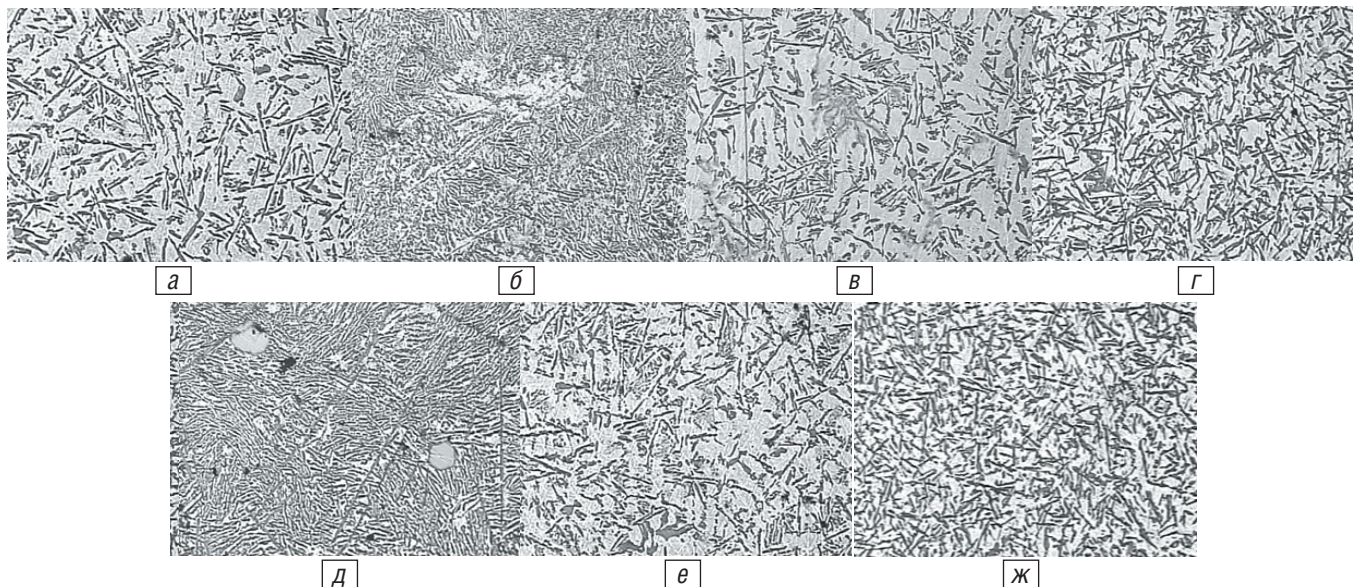


Рис. 2. Микроструктуры сплава Al – 13 % Si: до модифицирующей обработки (а); после модифицирования натрийсодержащим флюсом в количестве 1 % от массы сплава (б); после модифицирования титаном – 0,05 %мас. (в); после модифицирования сурьмой – 0,05 %мас. (г); после модифицирования стронцием – 0,05 %мас. (д); после модифицирования фосфором – 0,05 %мас. (е); после обработки лигатуры состава Al – 1%Ti – 10 % SiC в количестве 1 %мас. (ж)

выделяющейся в интервале кристаллизации; $\{\rho, C_p, \lambda\}_L$ и $\{\rho, C_p, \lambda\}_S$ – значения плотности, удельной теплоемкости и теплопроводности при температурах начала и окончания затвердевания соответственно.

На рис. 1 показаны результаты вычисления зависимостей теплоемкости, плотности и теплопроводности от температуры для сплава Al-13%Si. Значения свойств, соответствующих температурам начала и окончания затвердевания сплава, взяты из работы [3].

В качестве объекта исследования использовали силумин с содержанием Si 13 %мас. Сплавы готовили в муфельной печи сопротивления при температуре 800 °С сплавлением алюминия технической чистоты марки А7 и кристаллического кремния марки Кр1 в графитовых тиглях. Ввод модификаторов в расплав осуществляли в количестве 0,03-0,05 %мас. Термический анализ проводили при естественном охлаждении расплава в тигле на воздухе, скорость охлаждения составляла 1,5-1,7 °С/с. Дискретность измерений температуры расплава в интервале кристаллизации по времени составляла 0,4 с.

В качестве модификаторов сплава использовали следующие составляющие, которые вводили: титан – в лигатуре Al-5%Ti (а); натрий – в виде модифицирующего флюса состава: 50 % NaCl; 30 % NaF; 10 % KCl; 10 % Na₃AlF₆ (б); стронций – в лигатуре Al-5%Sr (в); сурьма – в чистом виде (г); фосфор – в лигатуре Cu-8%P (д); SiC – в лигатуре Al-1%Ti-10%SiC (е).

Склонность сплава к образованию усадочных дефектов (раковин и пористости) определяли, используя технологические пробы – небольшие отливки, имеющие форму усеченного конуса.

Микроструктуры исследованных сплавов представлены на рис. 2.

Зависимости объемной доли твердой фазы, выделяющейся при затвердевании расплава, от температуры для модифицированных и немодифицированных сплавов, а также сравнительные результаты компьютерного моделирования процесса формирования усадочных дефектов и экспериментальных данных представлены на рис. 3, 4 соответственно.

Как видно на рис. 4, расчет зон

образования усадочной пористости, при использовании экспериментально полученных данных согласуется с реальными дефектами в исследуемых образцах алюминий-кремниевого сплава.

Сравнительный анализ полученных результатов исследованных образцов технологических проб показал, что при введении модифицирующих добавок титана, сурьмы, стронция, фосфора, натрия и армирующей добавки SiC формирование зоны усадочных дефектов в сплавах системы Al-Si эвтектического состава будет происходить различным образом, а именно:

– титан не оказывает заметного влияния на положение и размеры зоны образования усадочных дефектов, что совпадает с теоретическими пред-

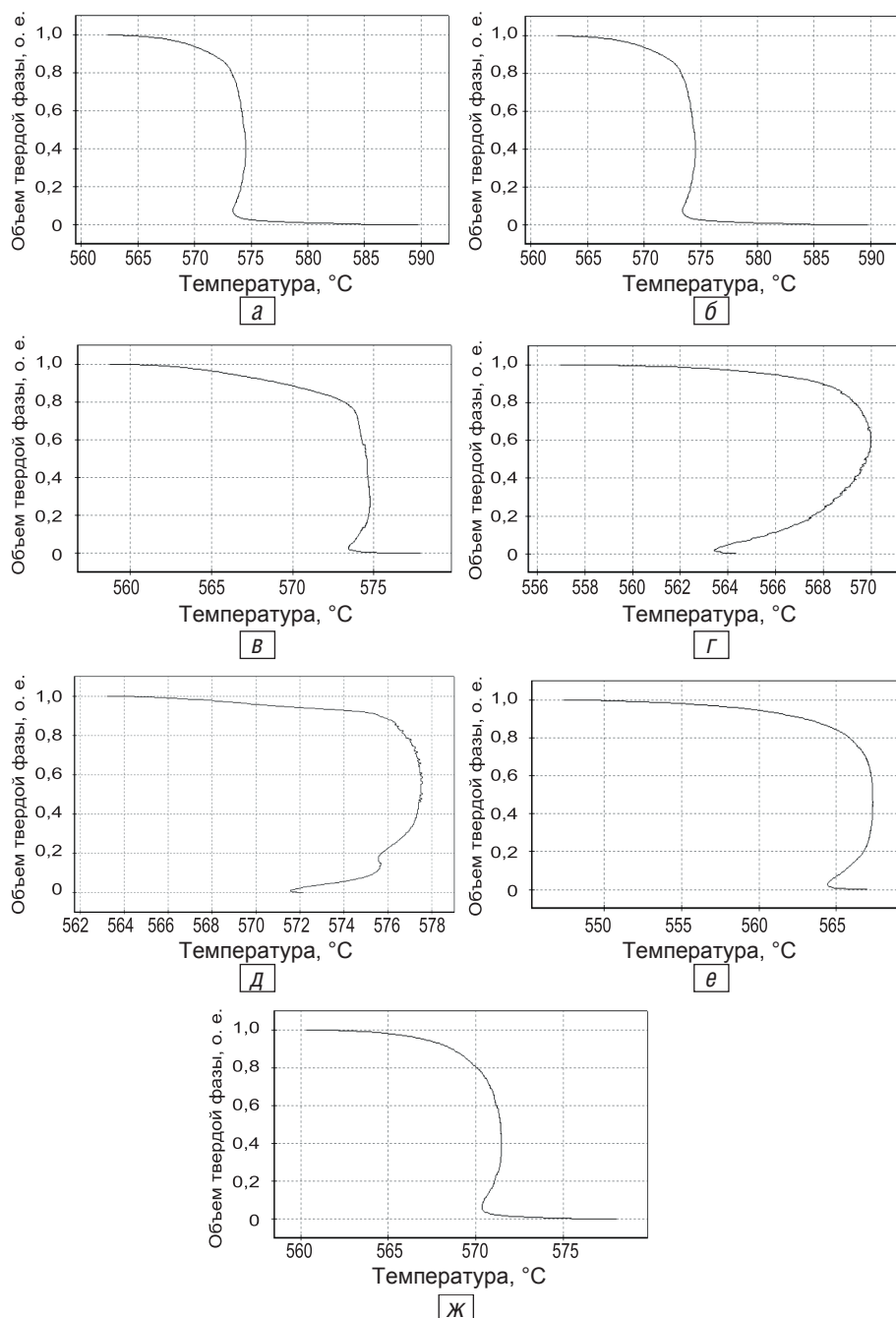


Рис. 3. Изменение объемной доли твердой фазы, выделяющейся при затвердевании расплава, от температуры: исходного образца (а); модифицированного титаном (б); после обработки натрийсодержащим флюсом (в); модифицированного стронцием (г); модифицированного сурьмой (д); модифицированного фосфором (е); после обработки лигатурой состава Al-1%Ti-10%SiC (ж)

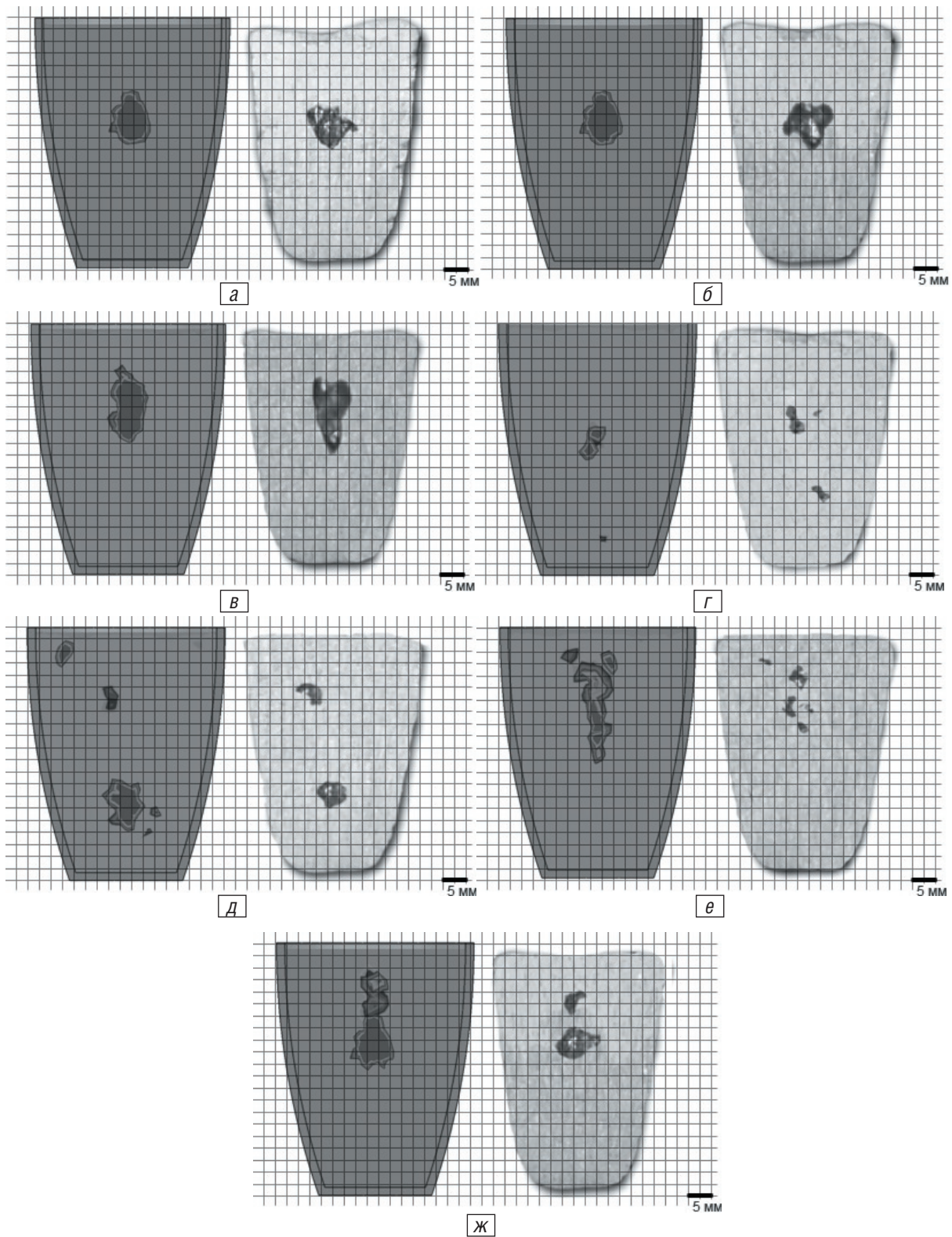
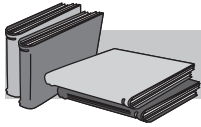


Рис. 4. Зоны концентрации усадочных дефектов (слева – расчет, справа – эксперимент): исходного образца (а); модифицированного титаном (б); после обработки натрийсодержащим флюсом (в); модифицированного стронцием (г); модифицированного сурьмой; (д) модифицированного фосфором (е); после обработки лигатурой состава Al-1%Ti-10%SiC (ж)

ставлениями о влиянии микродобавок титана на процесс эвтектической кристаллизации силуминов;
 – сурьма и стронций оказывают схожее влияние на процесс формирования усадочных дефектов в образцах из сплава Al-Si эвтектического состава – рассеивают усадочную пористость по сечению;

– обработка эвтектического силумина натрийсодержащим флюсом, фосфором и карбидом кремния увеличивают зону усадочной пористости в осевом направлении.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Голод В. М.* Компьютерный анализ литейной технологии, проблемы его информационного обеспечения и адаптации к условиям производства // Вестник Удмуртского университета. – Физика. Химия. – Вып. 1. – 2008. – С. 67-87.
2. *Лущик П. Е., Рафальский И. В.* Расчет двухфазной зоны в интервале кристаллизации алюминиевых сплавов с использованием термического анализа // Литье и металлургия. – 2012. – № 1. – С. 79-83.
3. *Мондольфо Л. Ф.* Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – С. 469-484.

Анотація

Лущик П. Є., Рафальський І. В.

Дослідження впливу модифікуючих та армуючих добавок на процес твердіння і формування зони усадочних дефектів в евтектичних силумінах

Проведено порівняльний аналіз утворення усадочних дефектів в евтектичних силумінах, модифікованих різними добавками з використанням моделювання процесу твердіння проби розплаву.

Ключові слова

твердіння, модифікування, силуміни, усадочні дефекти, термічний аналіз, моделювання

Summary

Lushchik P. Ye., Rafalski I. V.

Investigation of the effect of modifying and reinforcing additives on the solidification process and the formation of zones of shrinkage defects in eutectic silumins

A comparative analysis of shrinkage defects in eutectic silumins modified with additives using simulation of solidification of the molten sample.

Keywords

solidification, modification, silumin, shrinkage defects, thermal analysis, modeling

Поступила 09.03.13

**Продолжается подписка
на журнал «Металл и литье Украины»
на 2013 год**

Для того, чтобы подписаться на журнал через редакцию необходимо направить письмо-запрос по адресу:
03680, г. Киев-142, ГСП, бул. Вернадского, 34/1, ФТИМС
или по факсу: (044) 424-35-15.

Счет-фактуру согласно запросу редакция высылает письмом или по факсу

Стоимость одного журнала – 30 грн.
Годовая подписка – 360 грн. (для Украины).
Годовая подписка для зарубежных стран – 90 \$.