

должает осуществляться за счет фильтрации только до момента разобращения оставшегося расплава на замкнутые изолированные объемы.

В левой части металлической ванны виден след зондирующего устройства (стальной арматуры), которым отбирали пробу для химического анализа. В центре металлической ванны на глубине  $\approx 80$  мм от верхнего торца прибыли формируется небольшая зона усадочной пористости, которая обусловлена объемным затвердеванием металлической ванны после отключения обогрева. Ниже металлической ванны видна четкая граница перехода к отливке. Ее структура содержит большее количество неметаллических включений MgS по сравнению с металлической ванной.

Таким образом, электрошлаковый обогрев является наилучшим для создания условий направленного затвердевания и питания усадки крупных чугуновых отливок. Однако, время действия электрошлакового обогрева должно быть ограничено, так как после формирования в отливке твердо-жидкой зоны питание усадки осуществляется только фильтрацией с небольшой скоростью.

УДК 621.74

**И. В. Рафальский, Б. М. Немененок**

Белорусский национальный технический университет, Минск

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРЕМНЕЗЕМА**

Большой интерес к литейным композиционным сплавам на основе алюминия (АКС) объясняется их более низкой стоимостью и технологической простотой получения по сравнению с другими типами металломатричных композитов [1]. К наиболее перспективным способам получения АКС принято относить жидкофазные и жидко-твердофазные (ЖТ) технологии получения литых дисперсно-упрочненных композитов: литье замешиванием (stir casting-процесс) и литье в жидко-твердофазном состоянии сплава (semi-solid metal casting или SSM-процессы) [2, 3].

Чтобы получить литые дисперсно-упрочненные композиты с оптимальными эксплуатационными свойствами, на этапе получения и металлургической обработки жидкой композиционной смеси требуется обеспечить полное усвоение и однородное

распределение армирующих частиц в объеме расплава. Выполнить это путем замешивания дисперсных частиц керамики в жидкий алюминий представляет сложную задачу из-за несмачиваемости расплавом частиц порошка керамических наполнителей. Технологической альтернативой жидкофазным процессам получения литейных композиционных алюминиевых сплавов являются ЖТ-технологии, имеющие важные преимущества: обеспечиваются лучшие условия введения дисперсных керамических частиц в расплав алюминия, поскольку предотвращается всплывание, осаждение и агрегация армирующих частиц и их конгломератов в процессе приготовления композиционной суспензии; использование ЖТ-процесса смешивания компонентов способствует повышению смачиваемости, так как из-за абразивного воздействия со стороны высоковязкого расплава происходит эффективное разрушение адсорбированного на поверхности частиц армирующих наполнителей тонкого слоя газа, препятствующего смачиванию между частицами и матричным сплавом.

Одними из наиболее доступных являются керамические материалы на основе оксида кремния (кремнезем). Их использование в качестве армирующих наполнителей, несмотря на низкую стоимость, нельзя признать перспективным для получения дисперсно-упрочненных АКС из-за способности  $\text{SiO}_2$  вступать в реакцию с алюминием, что приводит к деградации армирующих фаз либо на этапе производства изделий, либо на этапе их эксплуатации. В связи с этим изучались альтернативные подходы, основанные на использовании кварцевых материалов в качестве исходного шихтового сырья для управляемого реакционного синтеза алюмооксидной керамики непосредственно в процессе металлургической обработки композиционных смесей  $\text{Al/SiO}_2$ .

В результате выполненных исследований разработаны технологические маршруты получения литейных дисперсно-упрочненных сплавов системы  $\text{Al/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , в которых синтез частиц алюмооксидной и карбидной керамики осуществляется непосредственно в расплаве, в металлургическом цикле температурно-временной обработки композиционных смесей  $\text{Al/SiO}_2$ . Образующиеся в процессе управляемого реакционного синтеза частицы алюмооксидной керамики имеют поверхностные слои, обеспечивающие их самопроизвольное смачивание расплавом алюминия. В результате реакции  $\text{SiO}_2$  с алюминием при разработанных технологических режимах обработки композиционной суспензии  $\text{Al/SiO}_2$ , помимо оксида алюминия, происходит образование свободного кремния. Это позволяет использовать композиционные составы  $\text{Al/SiO}_2$  в качестве металлургического сырья для производства литейных дисперсно-упрочненных силуминов.

### Список литературы

1. Рафальский И.В. Ресурсосберегающий синтез сплавов на основе алюминия с использованием дисперсных неметаллических материалов и интеллектуальные методы контроля металлургических процессов их получения / И.В. Рафальский. – Минск: БНТУ, 2016. – 308 с.
2. Satyanarayana, K.G. Recent developments and prospects in cast aluminium matrix composites / K.G. Satyanarayana, R.M. Pillai, Chandrasekhar Ballembettu Pai // Transactions-Indian Institute of Metals. – 2002. – Vol. 55, No 3. – PP. 115–130.
3. Surappa, M. K. Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities / M.K. Surappa // Sadhana. – 2003. – Vol. 28, Parts 1 & 2. – PP. 319–334

УДК 621.742: 65.011.76

**В.П. Самарай**

Национальный технический университет Украины  
“Киевский политехнический институт”, Киев

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ**

Из всех стандартных технологических свойств формовочных (ФС) и стержневых смесей (СС) процесс уплотнения литейных форм (ЛФ) и стержней наиболее адекватно физически описывают уплотняемость, текучесть, а также формуемость [1,2]. Существует еще целый ряд незаслуженно забытых теоретических свойств ФС – это такие расчетные параметры: неравномерность уплотнения [3,4]; максимальная плотность ФС; минимальная плотность ФС; плотность в наиболее труднодоступном месте; средняя плотность формовочной смеси; относительная плотность к максимальной плотности в форме; относительная плотность к максимально возможной; параметр заполнения; интенсивность падения плотности по высоте; коэффициент равномерности уплотнения [5]; коэффициент перетекания [6]; плотность в трудноуплотняемых местах и другие.

Однако и на сегодняшний день гораздо чаще используются ограниченные и недостаточно объективные характеристики и показатели ФС, что не позволяет объективно их использовать например для моделирования и оптимизации процессов