

сталлизации получаемых слитков и отливок. Удаление бора, который определяет основные электрические параметры кремния, при электронно-лучевом нагреве не происходит [2-4]. Кроме того в работах [2, 3] отмечено, что рафинирование кремния при ЭЛП с использованием в качестве плавильной емкости тигля нецелесообразно, так как даже при очень низких мощностях нагрева в пределах от 2,6 до 6,5 кВт и времени плавки 5-15 мин потери на испарение кремния превышают 10 %.

В ФТИМС НАН Украины проведены эксперименты по рафинированию металлургического кремния методом электронно-лучевой гарнисажной (тигельной) плавки (ЭЛПП). Основное отличие от проведенных ранее исследований заключается в дополнительном перемешивании ванны расплава кремния при электронно-лучевом нагреве.

Плавки проводили в кварцевом тигле. Кремний – Кр0. Мощность электронно-лучевого нагрева при плавке кремния составляла 13,5-15 кВт, времени выдержки расплава 20-25 мин. При таком проведении процесса потери на испарение не превысили 10 %. Учитывая тот факт, что мощность нагрева и время плавки более чем в два раза превышали аналогичные параметры, указанные в работах [2, 3], можно утверждать, что применение электромагнитного перемешивания при плавке и рафинировании металлургического кремния в значительной степени сокращает потери испарением.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейших исследований по применению ЭЛПП для получения чистого кремния.

#### Список литературы

1. Патон Б.Е. Электронно-лучевая плавка / Б.Е. Патон, Н.П. Тригуб, Д.А. Козлитин и др. – К.: Наукова думка, 1997. – 265 с.
2. T. Ikeda The Application of Electron Beam Technique for the Purification of Silicon for Photovoltaic Material / N. Mori, T. Shimada, H. Hirashima, S. Lee Cockroft, M. Maeda // Proceeding of the Conference. Electron Beam Melting and Refining. State of the Art. – 1998. – P. 101-109.
3. Blum M. EBCHR for Cleaning and Controlled Solidification of Solar Grade Silicon / A. Choudhury, U. Biebricher, F. Hugo, D. Sarti, B. Schaub, H. Scholz // Proceeding of the Conference. Electron Beam Melting and Refining. State of the Art. – 1998. – P. 126-135.
4. Березос В.А. Рафинирование кремния способом электронно-лучевой плавки / В.А. Березос, А.Г. Ерохин // Современная электрометаллургия. – 2009. – №3. – С. 29-31.

УДК 669.71:532.694:539.216

*С. В. Гнилокурченко*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев*

### МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОАЛЮМИНИЯ ИЗ РАСПЛАВА

Пеноалюминий является перспективным материалом для многих отраслей промышленности и народного хозяйства благодаря малому удельному весу, высокой способности поглощать различные виды энергии, хорошей обрабатываемости, экологичности. Ограниченные объемы его производства в настоящее время во многом предопределяются экономическими факторами – дороговизной применяемого оборудования и реагентов для вспенивания.

Способы получения этого материала из порошка исходного матричного металла и реагента-вспенивателя включают ряд технологических стадий – смешивание порошков, их компактирование, экструзию, порезку заготовок, нагрев и вспенивание, что значительно удорожает конечный продукт [1].

Наименее затратными являются методы производства пеноалюминия из расплава, первые из которых были запатентованы еще в 50-х годах прошлого века [2]. В их основе лежит обработка жидкого металла вспенивающим реагентом (гидрид титана, циркония), разлагающимся непосредственно в расплаве с выделением газа, и последующим быстрым охлаждением двухфазной газометаллической смеси. Такой метод получил широкое развитие в Японии под маркой «Альпорас» [3]. Проблема таких способов – трудность контроля интенсивного газовыделения из реагентов, что приводит к формированию больших пор, неравномерному их распределению по объему, и как следствие, к ухудшению механических свойств материала.

Разработаны различные подходы для частичного решения этих проблем. Так, создание поверхностных слоев на частичках реагента замедляет их разложение в расплаве (FORMGRIP-процесс [4]). Разработка новых экономических реагентов с повышенными температурами разложения ( $\text{CaCO}_3$  [5]) позволило в некоторых пределах контролировать процесс вспенивания.

Иной подход к образованию пузырьков в расплаве и управлению их ростом вследствие протекания газозвтектических реакций и контролируемого затвердевания («Газар») предложен украинскими учеными [6]. Он получил широкое развитие для многих сплавов в Японии под названием «Лотус» [7].

Частичное распространение получили методы прямой инъекции газов в расплав и получение вспененного слоя на поверхности (Канада, Норвегия – «Алкан» [8]).

Наряду с поиском путей удешевления получения пенометаллов важной задачей является обеспечение стабилизации жидкой пены [9].

## Список литературы

- J. Baumeister, US Patent 5 151 246, 1992.  
 A. Sosnik, US Patent 2434775, 1948.  
 J. S. Elliott, US Patent 2751289, 1956.  
 V. Gergely and B. Clyne. The formgrip process: foaming of reinforced metals by gas release in precursors // *Advanced engineering materials*. – 2000. - Vol. 2, -№.4, -P. 175-178.  
 Nakamura, S. V. Gnyloskurenko, K. Sakamoto, A. V. Byakova and R. Ishikawa. Development of New Foaming Agent for Metal Foam // *Materials Transactions*. - 2002. - 43. - P. 1191-1196.  
 V.I. Shapovalov, US Patent 5181549, 1993.  
 H. Nakajima et al., Fabrication of porous copper by unidirectional solidification under hydrogen and its properties // *Colloids Surf., A*–2001. -179.- P.209–214.  
 I. Jin, L.D. Kenny and H. Sang, US Patent 5112697, 1992.  
 А.В. Бякова, В.П. Красовский, А.О. Дудник, С.В. Гнилокурченко, А.И. Сирко. О роли смачиваемости и распределения твердых частиц в стабилизации вспененных алюминиевых расплавов // *Адгезия расплавов и пайка материалов*. – 2009. №42. - С. 5-22.

УДК 669.715: 673.3: 621.74.043

**В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука, А. Г. Вернидуб**  
 Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
 Киев

### НОВЫЙ СПОСОБ ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины проводятся широкомасштабные исследования оригинального способа литья заготовок из цветных сплавов «сегодня на сегодня» (патент находится в завершающей стадии оформления).

Новый способ не требует капитальных затрат на оснастку. В литейной форме, которая может быть изготовлена в течение нескольких минут, отсутствуют литейные уклоны, что повышает точность заготовок.

Способ предназначен для изготовления цилиндрических (диаметром до 50 мм) и прямоугольных заготовок высотой до 150 мм.

Как показали предварительные исследования, с использованием нового способа также возможно изготовление определенной номенклатуры фасонных отливок повышенной точности с достаточно высокой чистотой поверхности.

В качестве примера на рисунке приведены цилиндрические заготовки, изготовленные из алюминиевого сплава АК7, а также их микроструктура.

В зависимости от скорости охлаждения заготовки в ней может форми-

роваться глобулярная, дендритная либо смешанная структура с размерами глобулей 40-120 мкм, дендритов от 100 до 450 мкм.

Заготовки с глобулярной микроструктурой могут быть востребованы в прогрессивных технологиях рео- и тиксолития.

Достигнут уровень прочности литых заготовок из сплава АК7, что превышает требования ГОСТа 1583-93.

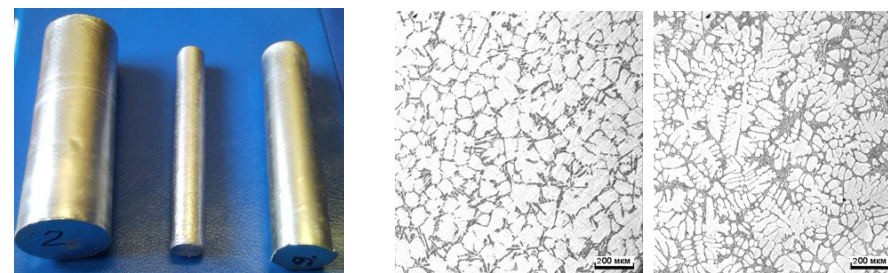


Рис. – Литые заготовки из сплава АК7 и их микроструктура, полученные новым методом литья

УДК 669.18

**А. В. Гресс, С. А. Стороженко**  
 Днепродзержинский государственный технический университет,  
 Днепродзержинск

### О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОДИФУЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ МЕТАЛЛА В ЛИТЕЙНЫХ КОВШАХ

Для оптимизации гидродинамических потоков металла в литейных ковшах для оптимизации гидродинамических потоков металла в литейных ковшах необходима информация об основных их характеристиках. Для ее получения целесообразно использовать различные виды моделирования.

Наиболее доступным методом исследований является «холодное» физическое моделирование, предусматривающее замену металла какой-либо жидкостью (чаще всего водой). Наиболее простым способом определения параметров движения жидкости является метод «треков». Согласно этому методу в жидкость вводят светоотражающие частицы, имеющие нулевую плавучесть и размеры, позволяющие им передвигаться в пространстве модели со скоростями, соответствующими скоростям потоков моделирующей