

УДК 621.745.4

S.V. Knyazev,
A.A. Usoltsev,
A.I. Kutsenko

Аннотация

Summary

Наноматериалы на основе пористых литых металлов и способ их ввода в расплав

Nanomaterials based on porous metals and the method of their introduction into the melt

С.В. Князев, А.А. Усольцев, А.И. Куценко (Сибирский государственный индустриальный университет – СибГИУ)

Рассмотрено получение сплавов на основе применения пористых литых материалов, пропитанных ультрамелкими и наноматериалами. Отмечена равномерность распределения частиц наноматериалов во всем объеме расплава.

Ключевые слова

Пористые материалы, наноматериалы, расплавы.

Production of alloys based on the use of porous cast materials impregnated with ultrafine- and nano-materials is considered. The uniform distribution of nanomaterial particles in the entire melt volume was found out.

Key words

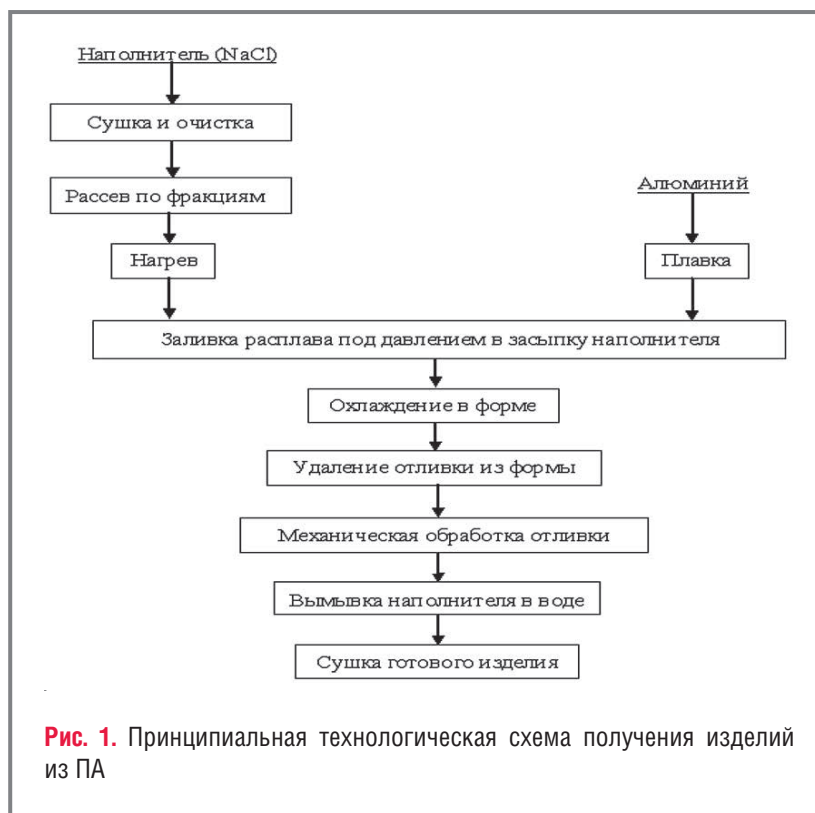
Porous materials, nanomaterials, melts.

Литой пористый алюминий (ПА) впервые был получен в США Г. Кучеком в 1961 г., он использовался как конструкционный материал для вертолетостроения, однако производство прекратилось из-за конкуренции со вспененным алюминием. Второе рождение литого ПА произошло в середине 1980 гг. одновременно в Японии (С. Нагата, Университет Кюсю), Швейцарии (А. Мортенсен, Федеральный институт технологии в Лозанне) и СССР (Е.Л. Фурман, Уральский политехнический институт, г. Свердловск).

Именно эти люди поняли, что литой ПА – конкурент не вспененного алюминия, а металлов, спеченных из порошков. Кроме того, важным стиму-

лом к развитию технологии в СССР было использование литого ПА для производства вооружения (глушителей стрелкового оружия, активной защиты бронетехники).

Технология получения ПА пропиткой, на первый взгляд, подкупала своей простотой. Однако, как любая новая технология, она изобиловала скрытыми проблемами – это и дефекты неясного происхождения, и крайне низкий коэффициент использования металла, проблемы с маркетингом. В 1990 г. на ООО «Композиционные материалы» было организовано промышленное производство литого ПА, которое в настоящее время остается единственным.



С 2014 г. заготовки и изделия из ПА начал активно предлагать на мировом рынке Китай, например, предлагаются анодированная пористая Al-пластина по цене \$ 2400...4600 за 1 т и пористая Al-пластина по цене \$ 1,3...7,1 за 1 кг.

В настоящее время из ПА получают фильтры газов и жидкостей, пневмоглушители, шумопоглощающие панели, демпферы, барботеры, теплообменники, пламегасители, тепловые трубы, фитили, проницаемые для газа и жидкости защитные корпуса, испарители жидкостей, аэрация жидкостей, вакуумные столы, коллекторы тока в аккумуляторных батареях нового поколения, конструкционные машиностроительные изделия с меньшими массой и температурным расширением, радиаторы охлаждения для электронных компонентов, дизайн объектов в стиле хай-тек и др. Основные

преимущества изделий из ПА перед аналогами:

- пористость, которая определяет ресурс работы до очистки, ПА регулируется в диапазоне 50...75%, у спеченных фильтроэлементов значительно меньше – 20...35%;
- очистка фильтроэлементов из ПА традиционна – промывка в керосине или обратным током воды или сжатого воздуха;
- гидравлическое сопротивление у ПА значительно ниже, чем у спеченных из порошков фильтроэлементов, при одинаковых фильтрационных характеристиках;
- стоимость изделий из ПА меньше, а механические свойства выше, чем у изделий из порошковых материалов.

Уникальные свойства изделий из ПА

- **Фильтроэлементы.** Металлические фильтроэлементы устанавливают на особо ответ-

ственном оборудовании, или в экстремальных условиях эксплуатации. Уже > 100 лет металлические фильтроэлементы изготавливают спеканием из порошков.

Литой ПА появился сравнительно недавно, но уже отвоевал значительную долю рынка, поскольку выгодно отличается от конкурента по своим техническим характеристикам. Изделия из ПА обладают высокой проницаемостью, термостойкостью, грязеемкостью и механической прочностью.

- **Пневмоглушители.** Предназначены для снижения шума и звукоизоляции пневматического, кузнечно-прессового и другого оборудования. Прочнее, долговечнее и эффективнее спеченных, сетчатых и полимерных глушителей.

Литой ПА востребован промышленностью благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Технология пропитки расплавом водорастворимого наполнителя в настоящее время – единственная, позволяет получать широкий спектр пористых Al-изделий – от демпферов до фильтроэлементов, любых размеров и конфигурации, сочетающих в одном изделии пористую и монолитную часть.

Принципиальная технологическая схема получения изделий из ПА представлена на **рис. 1**.

Область применения пористых металлов постоянно расширяется. Новое направление их использования – заполнение пор ультра- и наноматериалами и дальнейший ввод в расплав для его легирования или модифицирования.

Традиционное введение наноматериалов в расплав сопряжено с целым рядом трудностей:

- образованием конгломерата наночастиц при их механическом вводе в расплав;

- разной плотностью наноматериала и расплава и, как следствие, всплывание нанопорошков при их механическом введении в расплав;

- сложностью в технологическом обеспечении равномерности распределения частиц наноматериалов в расплаве;

- низкой воспроизводимостью введения наноматериалов заданной концентрации в жидком расплаве;

- окислением и снижением смачиваемости поверхности наночастиц при высоких температурах;

- присутствием оксидных пленок и шлаков на поверхности расплава;

- невысокой адгезией металлической матрицы с наночастицами;

- необходимостью плакирования наночастиц определенными металлами или веществами.

В СибГИУ разработана усовершенствованная технология получения пористых литых заготовок из разных металлов и сплавов с целью их последующего использования для ввода наночастиц в литейные сплавы и последующего получения литых заготовок с уникальным набором свойств.

Технология включает в себя несколько этапов.

1. Получение пористой заготовки из маточного сплава с заданными параметрами пористости (рис. 2).

2. Заполнение пор пористой заготовки наночастицами.

3. Ввод пористой заготовки с наночастицами в жидкий расплав (в плавильную печь) для получения кускового модификатора (лигатуры) и последующего модифицирования (легирова-



Рис. 2. Пористая заготовка из маточного сплава для ввода в поры ультра- и наноматериалов

ния) с его помощью требуемых литейных сплавов.

Разработанная технология обеспечивает:

- равномерность распределения частиц наноматериалов во всем объеме расплава;

- контролируемую концентрацию наноматериалов в жидком расплаве;

- низкое количество оксидных пленок и шлаков в теле литой заготовки;

- не требует дополнительных технологических приемов для ввода модификатора (лигатуры) непосредственно в расплав.

Предлагаемая технология ввода наноматериалов в расплав – это технология ввода модификатора как в печь, так и в ковш, которая практически не изменяет существующую организационно-производственную структуру литейного цеха и не требует серьезных капитальных затрат на ее применение.

Технология также применима для ввода в расплав ультра- и мелкодисперсных или иных специфических материалов.

Предлагаемый способ модифицирования также противодействует явлению увядания инокулирующего эффекта в процессе выдержки расплава в ковше перед заливкой формы, что увеличивает технологический цикл живучести расплава.

Выполненные, как авторами, так и другими специалистами, исследования со всей определенностью показывают наличие единого механизма воздействия наномодификатора на изменение структуры жидкого расплава разных конструкционных материалов, фундаментальную основу которого еще предстоит выяснить, что даст теоретическую базу для разработки новой группы принципиально новых типов модификаторов и лигатур.

С точки зрения фундаментальных основ литейного производства, требуют изучения следующие вопросы:

- наследственное влияние шихты, подвергнутой наномодифицированию, на свойства литейных сплавов;

- склонность сплавов к наследованию структуры на базе теории генной структурной информации шихтовых материалов;

- разработка теоретической модели создания высокоэффективных композиций модификаторов и лигатур для литейных сплавов.

Сведения об авторах

Князев Сергей Валентинович – канд. техн. наук, доц., Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ).

Усольцев Александр Александрович – канд. техн. наук, доц., там же.

Куценко Андрей Иванович – канд. техн. наук, доц., начальник управления научных исследований, там же.