



The article deals with methods for the production of metallic materials with porous structure during crystallization depending on the used foundry technologies. It is shown that by using modern scientific and technological advances it has possible to improve the traditional methods and the development of new casting processes, providing production of cast parts with different porous structure and special properties.

В. А. КАЛИНИЧЕНКО, БНТУ, А. А. АНДРУШЕВИЧ, БГАТУ

УДК 621.74

ВСПЕНЕННЫЕ ПОРИСТЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Литейные технологии отличаются наибольшей эффективностью по сравнению с другими технологиями формообразования изделий вследствие возможности их получения непосредственно из расплава при относительно низких материальных и энергетических затратах [1]. Расширение областей применения пористых изделий из металлических материалов, в частности, в качестве теплоизоляционных деталей, заставляет обратить внимание на современные технологии литья для их получения. Совершенствование традиционных и разработка с практическим освоением новых технологий литья на основе использования достижений научно-технического прогресса определяет современный уровень развития создания таких материалов.

В последнее время начинают находить применение вспененные металлические материалы, характеризующиеся необычным сочетанием физико-механических свойств [2]. Исходя из доступности технологии и возможного применения металлических вспененных материалов в Республике Беларусь, в качестве основных материалов рассмотрим алюминиевые пены, производимые литейно-металлургическими и порошково-металлургическими способами, которые позволяют получать различные крупные заготовки пеноалюминия [3].

Металлические пены обладают рядом специфических свойств, например, низкой теплопроводностью, хорошей звукоизоляцией, экологической и санитарной чистотой и могут занимать свою

нишу в современном машиностроении благодаря хорошему сочетанию эксплуатационных свойств при низком удельном весе [4].

Физическую основу литейных технологий составляет процесс кристаллизации расплава, от характера протекания которого зависят структура и, следовательно, механические свойства литой детали.

Практически все вспененные материалы, полученные литейными способами, являются пенами с закрытым типом пор. Основными компонентами для получения данного типа материалов являются расплавленная алюминиевая основа, а также (в зависимости от типа процесса) добавки, увеличивающие вязкость расплава, такие, как натрий, кальций, оксид алюминия, карбид кальция или ряд других добавок [5].

При порошково-металлургическом процессе производства вспененного алюминия основные этапы изготовления пены включают смешение алюминиевого порошка с реагентом → компактирование → прессование (к примеру, экструзия) → вспенивание при нагреве заготовки выше 100 °С.

Рассматривая свойства пен, необходимо отметить, что они зависят как от способа получения, так и от химического состава материала матрицы. Основные физико-механические свойства пен для разных способов получения приведены в табл. 1.

Для анализа влияния химического состава материала матрицы на свойства вспененных матери-

Таблица 1. Основные свойства алюминиевых пен

Тип пены	Процесс производства	ρ , г/см ³	ρ/ρ_s (-)	Вид пор	Размер пор, мм	Стоимость, у.е./кг
Алкан Н. Гидро(АЛКАН-ОРСК)	Расплав Al + газ	0,08–0,38	0,03–0,14	Закрытые	4–18	5–10
Шинко Вая (АЛПОРАС)	Расплав Al + TiH ₂	0,21	0,08	Закрытые	6	Неизвестна
Фрауэнхоффер Мепура	Кусковой Al + TiH ₂	0,35–0,7	0,13–0,26	Закрытые	3	300

Таблица 2. Влияние химического состава сплава на свойства алюминиевых вспененных материалов

Характеристика	Сплав				
	А5 чушковой	А5	AlCu4 (0,5% Fe)	AlSi12 (0,5% Fe)	AlSi12 + 1,5%Fe
Применяемый порофор	–	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂	TiH ₂
Плотность, г/см ³	2,7	0,4	0,7	0,54–0,84	0,62–0,86
Средний диаметр пор, мм	–	4,0	3,0	–	–
Прочность на сжатие, МПа	–	3,0	21,0	7,0–15,0	7,0–13,0
Поглощение энергии при 30%, МДж/м ³	–	0,72	5,2	2,0–4,0	2,0–3,6
Модуль эластичности, ГПа	67,0	2,4	7,0	5,0–14,0	15,2
Теплопроводность, Вт/(м·К)	235,0	12,0	–	9,0–11,2	11,0

алов проводили сравнительные исследования на алюминии марки А5 и сплавах Al + 4%Cu + 0,5%Fe, Al + 12%Si + 0,5%Fe, Al + 12%Si + 1,5%Fe. В качестве реагента использовали порофор TiH₂ в количестве 1,5%. Исследования показали, что увеличение в матрице содержания железа до 1,5% не сказывается на параметрах технологического процесса получения вспененных материалов и незначительно влияет на их теплопроводность и прочность. В табл. 2 приведены свойства исследованных вспененных материалов и чушкового алюминия марки А5. Однако, какой бы тип вспененных материалов не рассматривался, важнейшими параметрами являются его свойства и стабильность.

Исходный состав алюминиевых сплавов (особенно при порошково-металлургическом процессе) практически не влияет на процесс пенообразования и размер пор в полученном материале. Однако в процессе вспенивания возможно нежелательное изменение структуры металлической основы, что может, например, привести к охрупчиванию материала.

Для параметров вспенивания весьма важным является контроль температуры. При этом следует учитывать, что этот параметр напрямую связан с геометрией и материалами формы и ее конструкцией, печной атмосферой и свойствами сплава (в первую очередь, его вязкостью и жидкотекучестью). Вид печного оборудования для производства вспененных материалов не имеет решающего значения. Могут применяться как лабораторные печи сопротивления, так и промышленные агрегаты. Для промышленного производства рекомендуются печи непрерывного действия.

Важное влияние на процесс вспенивания расплава оказывает его приготовление, ведь только при гомогенном распределении реагента (например, водорода) в металлической матрице получается равномерная по свойствам и структуре пенообразная масса. Но, независимо от способа получения пены, готовый продукт представляет собой либо пенометаллический блок, либо пластину неравномерную по толщине. Для промышленных

нужд требуются изделия определенной геометрии. Как результат, необходима обработка полуфабриката для придания требуемой формы, учитывая следующие условия:

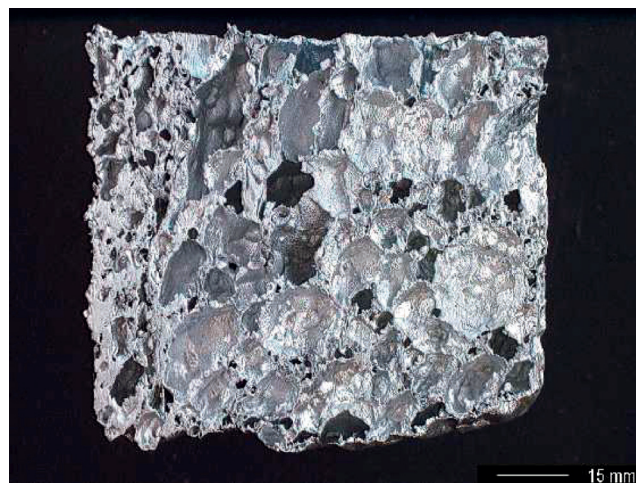
- процесс механической обработки обязан быть дешевым;
- процесс должен быть рассчитан для массового производства с высоким качеством готовых изделий, не требовать значительной реконструкции станочного парка.

При разработке технологии получения вспененных материалов из вторичных алюминиевых сплавов в качестве базового был принят АЛКАН–НОРСК-процесс. Согласно данной технологии, для формирования пеноматериалов используют чистый алюминий или его первичные сплавы, которые после расплавления дополнительно армируются карбидом кремния или оксидом алюминия, добавляя их в расплав в количестве от 5 до 20% от массы расплава. После гомогенизации расплава путем его перемешивания вольфрамовой мешалкой проводится продувка инертным газом с одновременной вытяжкой вспененной субстанции на алюминиевой фольге или охлаждаемом транспортере. В результате получается вспененный алюминий с варьируемой пористостью от 80 до 97%. После полного затвердевания литая заготовка режется ленточной пилой на мерные плиты.

Основным компонентом шихты по предлагаемой технологии является алюминиевый сплав системы Al-Si или Al-Cu с содержанием железа до 1,5%. После расплавления шихты и перегрева расплава до 750 °С проводили очистку зеркала металла от шлака и замешивали в расплав вольфрамовой мешалкой армирующий компонент – оксид алюминия в количестве 7,0%. Обеспечив его равномерное распределение по объему расплава, за счет интенсивного перемешивания в течение 5 мин, продували аргоном 3–5 мин, что обеспечивало вспенивание расплава по всему объему тигля. Для вытягивания вспененной заготовки с поверхности расплава использовали охлаждаемый вытяжной

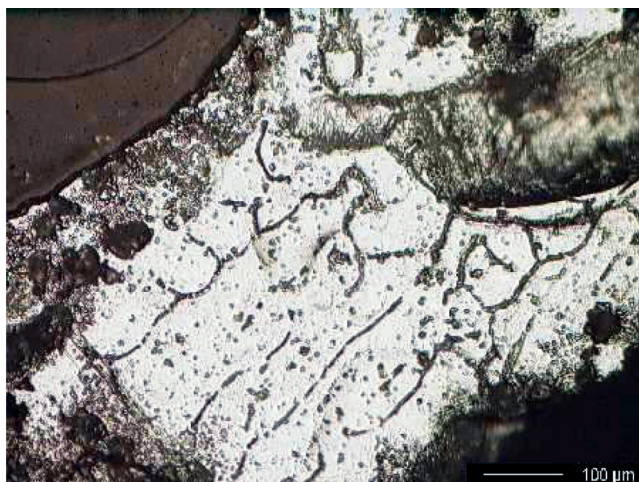


a

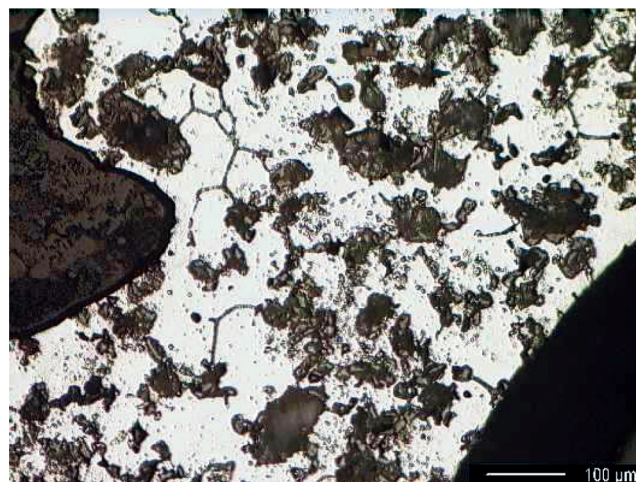


б

Рис. 1. Макроструктура вспененного алюминия, полученного по существующей (*a*) и предлагаемой (*б*) технологиям



a



б

Рис. 2. Микроструктура вспененного алюминия, полученного по существующей (*a*) и предлагаемой (*б*) технологиям

транспортёр. После окончательного затвердевания вспененной заготовки производили ее разделение на мерные блоки с последующей электрохимической размерной обработкой отдельных поверхностей.

По показателям пористости (рис. 1), прочности на сжатие и модулю эластичности полученный вспененный материал практически не отличается от первичного аналога и пеноматериалов, полученных по процессу типа АЛПОРАС (табл. 2). Однако микроструктурные исследования (рис. 2) показали более высокую загрязненность неметаллическими включениями перегородок пены. Этим можно объяснить некоторое снижение физико-механических свойств у вспененных материалов из сплавов с содержанием железа до 1,5%. Особенно заметно более чем в 20 раз стабильное уменьшение теплопроводности получаемых пористых материалов на основе вторичных алюминиевых сплавов.

Тем не менее, процесс получения пеноалюминия по новой технологии производителен, стабилен, а данный материал может использоваться при изготовлении шумозащитных и теплоизоляционных экранов, огнеупорных перегородок и в качестве поглотителя электромагнитных излучений, где не требуется высокий уровень прочностных свойств.

Установлено, что параметры технологического процесса получения литых заготовок из вспененных алюминиевых материалов при увеличении в них содержания железа от 0,5 до 1,5% практически не изменяются. Различия в их физико-механических свойствах (плотность, прочность на сжатие, поглощение энергии, модуль эластичности и теплопроводности) не превышает величину погрешности 5–7%. Разработана технология получения вспененных литых заготовок из вторичных алюминиевых сплавов.

Выполненный обзор литейных технологий и представленные экспериментальные результаты

показывают, что на основе использования современных научно-технических достижений возможно совершенствование традиционных и разработ-

ка новых процессов, обеспечивающих получение литых деталей с пористой структурой и повышенными свойствами.

Литература

1. Современные литейные технологии / Н. К. Толочко [и др.]; под ред. Н. К. Толочко и А. С. Калиниченко. Минск: БГАТУ, 2009.
2. Трубкина Е. М. Перспективы развития разработок по получению пеноблоков / Е. М. Трубкина, В. С. Романова, А. М. Пономаренко // Технология легких сплавов. 2006. № 4. С. 189–192.
3. Калиниченко В. А. Технология получения вспененного алюминия из вторичных сплавов // Наука образованию, производству, экономике: материалы V МНТК. Минск: БНТУ, 2008. Т. 1. С. 157.
4. Определение теплопроводности пенообразного алюминия / А. Н. Абраменко, А. С. Калиниченко, В. А. Калиниченко и др. // Инженерно-физический журнал. 1999. Т. 72. № 3. С. 397–399.
5. Калиниченко А. С. Способы получения вспененного алюминия, области его применения и ряд особенностей механической обработки / А. С. Калиниченко, В. А. Калиниченко // Литье и металлургия. 2005. № 2. Ч. 1. С. 164–169.