



The characteristics of liquid metal, influencing on forming of cast porous material, produced by its infiltration through salt particles, are considered in the article. The technological processes of cast porous materials with metal base – aluminium-silicon alloy AK12, providing the obtaining of porosity 60-85 % and pore sizes 0,2-3,0 mm, are given.

А. А. АНДРУШЕВИЧ, В. М. КАПЦЕВИЧ, И. И. ГАСПЕР, БГАТУ

УДК 621.74

ЛИТЫЕ ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Повышение конкурентоспособности и стремление внедрения экономически обоснованных новых технологий заставляет обратить свое внимание на изделия из пористых проницаемых материалов, получаемых литьем. Современные технологии получения литых пористых материалов (ЛПМ) раскрывают новые возможности их применения и развиваются в соответствии с растущими потребностями техники [1–3].

Проницаемые материалы являются одним из видов ЛПМ, получаемых металлургическим путем с применением твердого наполнителя, который в дальнейшем удаляется [2]. Изделия, изготовленные из них по литейной технологии, отличаются оптимальным сочетанием структурных, гидродинамических, механических свойств, надежностью, долговечностью и способностью к регенерации.

Для получения ЛПМ применяли алюминий-кремниевые сплавы (силумины), обладающие высокими литейными свойствами: повышенной жидкотекучестью, низкой температурой плавления, небольшой усадкой в сочетании с хорошими механическими свойствами.

Наиболее технически просто осуществим способ получения ЛПМ заливкой жидкого металла в постоянную металлическую форму – кокиль с его инфильтрацией через пористый удаляемый наполнитель. Дополнительно для оптимизации процесса и регулирования размера пор на жидкий металл может прикладываться избыточное давление или разрежение. Для этого на поверхность расплава под избыточным давлением (0,2–1,0 МПа) подавали газ. Под действием давления расплав проникал в поры наполнителя, а воздух из пор наполнителя частично удалялся через специальные вентиляционные каналы. Основным недостатком рассмотренной схемы получения ЛПМ заключается в нестабильности полученных результатов из-за нарушения открытой регулярной

пористости вследствие проникновения жидкого металла только в большие поры.

Величину избыточного давления, превышающего величину капиллярного давления, приближенно можно определить по формуле

$$P = 4\sigma\cos\theta/d_c, \quad (1)$$

где P – давление, прикладываемое на расплав, МПа; σ – поверхностное натяжение жидкого металла, мН/м; θ – угол смачивания жидким расплавом наполнителя; d_c – диаметр частиц наполнителя, м.

В технологическом процессе получения ЛПМ определяющими факторами являются значения параметров капиллярных явлений, температуры нагрева расплава, формы и наполнителя. Угол смачивания в экспериментах и расчетах принимали постоянным при оптимальных температурах заливки, оснастки и наполнителя.

Из формулы (1) видно, что одной из важных характеристик жидкого состояния металла при инфильтрации пористых сред является поверхностное натяжение σ , величина которого зависит от температуры нагрева и чистоты расплавленного металла, а ее зависимость для многих металлов линейная:

$$\sigma = \sigma_{пл} - (T - T_{пл})d\sigma/dT, \quad (2)$$

где $\sigma_{пл}$ и $T_{пл}$ – поверхностное натяжение и температура, соответствующие температуре плавления, К.

Зависимость поверхностного натяжения от температуры для силумина с 12% кремния в интервале температур заливки 923–1123 К с точностью $\pm 2\%$ выражается уравнением [4]

$$\sigma_{Al-Si} = 825 - 0,05(T - 850), \quad (3)$$

где T – текущая температура расплава, К.

Как видно из рис. 1, с увеличением температуры заливки величина поверхностного натяжения уменьшается, но незначительно, не более чем на 1–2%.

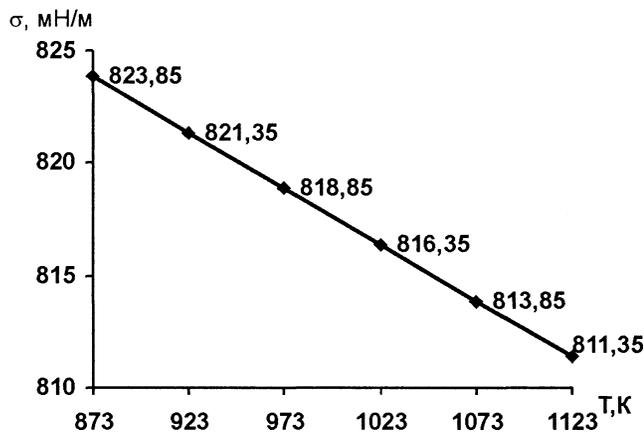


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения от температуры

Следовательно, исходя формулы (1), главным фактором, существенно влияющим на формирование пористой структуры при инфильтрации жидким металлом порообразующего наполнителя с заданным размером частиц солевого наполнителя, является давление P , прикладываемое на сплав.

Для изучения влияния различных параметров, в частности диаметра частиц наполнителя и приложенного давления, на диаметр пор литого проницаемого материала $D_{\text{пор}}$ предложена формула:

$$D_{\text{пор}} = 2\sqrt{D_{\text{час}}^2 - \left(D_{\text{час}} - \frac{2\sigma \cos \theta}{P}\right)^2}. \quad (4)$$

Влияние давления на процесс инфильтрации можно проиллюстрировать следующим примером (рис. 2), полученным из уравнения (4) при постоянной температуре заливки $T=680^\circ\text{C}$ и значении угла смачивания $\theta=180^\circ\text{C}$ для идеального случая, соответствующего полному смачиванию.

Из рисунка можно найти значение диаметра пор при определенном значении диаметра наполнителя и приложенного давления. Так, при давлении 0,2–1,0 МПа размер пор в ЛПМ при размерах частиц наполнителя 1–6 мм составляет от 0,1 до 0,4 мм.

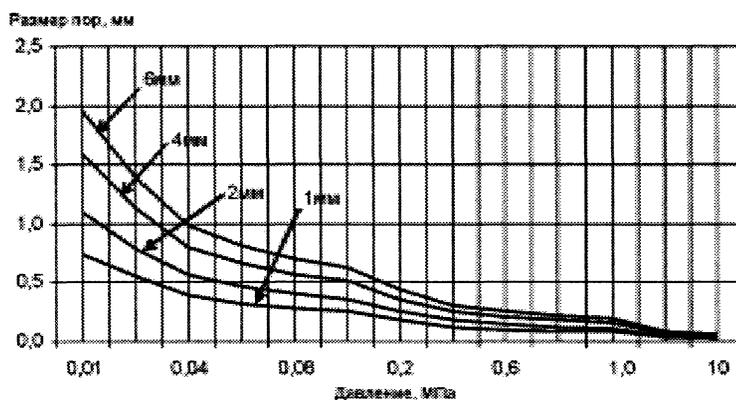


Рис. 2. Зависимость диаметра пор от приложенного давления и диаметра частиц наполнителя

Для гарантированного удаления воздуха из пор солевого каркаса в процессе заливки расплава и более четкого регулирования требуемых параметров применяли технологию с предварительным разрежением рабочей полости кокиля. Предложенная установка для получения ЛПМ отличалась от рассмотренной в работе [2] подключением форвакуумного насоса. В металлической форме создавалось разрежение 0,05–0,08 МПа, под действием которого расплавленный металл проникал к основанию солевого каркаса через поры. Предварительное разрежение при использовании частиц наполнителя менее 1 мм также являлось неэффективным и не обеспечивало инфильтрацию жидкого металла на всю высоту наполнителя (10–100 мм).

В связи с этим была использована комбинированная технологическая схема получения ЛПМ. Металлическую форму устанавливали на основание с углублением под вкладыш (рис. 3), который изготавливали из спрессованных керамических волокон пористостью 0,8–0,9, имеющих высокую термостойкость (до 1300°C). Основание в районе вкладыша посредством каналов соединяли с форвакуумным насосом. Уплотнительная прокладка из паранита между металлической формой и основанием обеспечивала герметичность в момент заливки расплава при одновременном наложении давления.

Одновременно создавалось разрежение в солевом наполнителе и подавалось избыточное давление газа на поверхность расплава. В этом случае при меньшем внешнем давлении 0,1–0,5 МПа достигали равномерного распределения пористости и уменьшения закрытой пористости в формируемом проницаемом материале в 1,5–2,0 раза путем более полного удаления воздуха из пор наполнителя.

Преимущества данного варианта технологии заключаются в возможности получения регулируемой пористости при размерах пор 0,2–2,0 мм. Большое значение имеет возможность изготовления проницаемых изделий сложной формы и практически неограниченных размеров.

На рис. 4 показана макроструктура пористого Al–12%–Si материала, полученного с использованием внешнего давления 0,3 МПа. При этом отчетливо видно неравномерное распределение пор даже при относительно больших величинах размера частиц наполнителя. На рис. 5 показана макроструктура того же пористого материала, полученного с использованием комбинированной схемы с предварительным разрежением 0,05 МПа и избыточным давлением 0,3 МПа. Такая технология дает возможность получать равномерную пористую структуру при размерах пор на порядок меньше, чем при отсутствии предварительного вакуумирования.

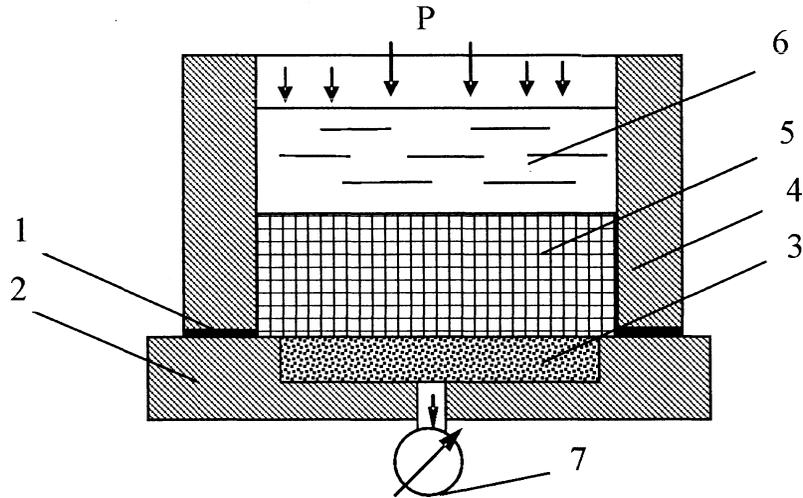
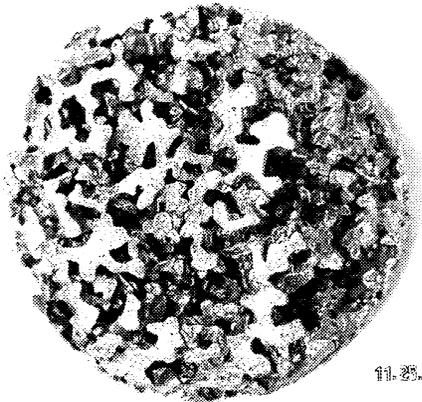
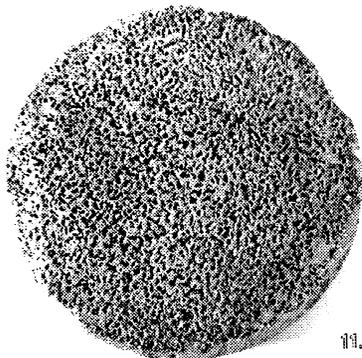


Рис. 3. Комбинированная схема получения литых пористых проницаемых материалов: 1 – уплотнительная прокладка; 2 – металлическое основание; 3 – пористый вкладыш; 4 – металлическая форма; 5 – солевой наполнитель; 6 – жидкий металл; 7 – форвакуумный насос



11.23.2005

Рис. 4. ЛПМ с порами 2,0–3,0 мм, макрошлиф. х3



11.11.2004

Рис. 5. ЛПМ с порами 0,5–0,3 мм, макрошлиф. х3

Рассмотренные технологии позволяют управлять технологическими параметрами и получать литые проницаемые материалы с регулируемой и различной пористостью по сечению, с комбинацией пористого и монолитного слоя в одном изделии. Алюминиевые отливки могут иметь сложную форму, а также быть использованы для работы в условиях повышенных температур (400–550 °С) и химически активных средах. Предложенные технологические процессы литья обеспечивают получение размеров пор от сотых долей до нескольких миллиметров и объемной пористости изделия в пределах 60–85%.

Литература

1. Polonsky L., Lipson S., Markus H. Lightweight cellular metals // Modern casting. 1961. Vol. 39. P. 57–71.
2. Андрушевич А.А., Чурик М.Н., Капцевич В.М., Кусин Р.А. Получение литых проницаемых материалов на основе алюминия // Литье и металлургия. 2003. № 2. С. 35–37.
3. Способ получения пористых отливок: А.с. 1814247 Россия / Б.А. Пастухов, М.Н. Митрофанов, Е.Л. Фурман и др.
4. Ниженко В.И., Флока Л.И. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов: Справ. М.: Металлург, 1981. С. 47–55.