

Уменьшение диаметра камеры прессования приводит к сокращению расхода сплава на пресс-остаток. Однако, как известно из практики, уменьшение  $D_{пр}$  часто ведет к ухудшению качества отливок вследствие того, что при этом при постоянной скорости прессования и площади питателей уменьшается скорость впуска. Поэтому диаметр камеры прессования должен приниматься с учетом обеспечения оптимальных значений всего комплекса технологических параметров.

#### *Библиографический список*

1. Литье под давлением деталей из цветных сплавов: Отрасл. стандарт. М.: Изд-во стандартов, 1986.
2. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985. 319 с.

**А. Б. Финкельштейн,  
И. С. Казанцев, И. А. Юн**

### **ФИЛЬТРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО ЛИТОГО АЛЮМИНИЯ**

Пористые металлы широко используются для фильтрации рабочих жидкостей и газов в трубопроводах высокого давления промышленного оборудования. Одним из наиболее перспективных материалов для изготовления фильтров является пористый литой алюминий, получаемый методом вакуумной пропитки водорастворимого наполнителя. Структура данного материала представляет собой сеть крупных пустот, соединенных отверстиями значительно меньшего размера. Крупные пустоты формируются частицами наполнителя. Вследствие несмачивания расплавом наполнителя полученная отливка не является точным зеркальным отпечатком с засыпки наполнителя. В точках контакта частиц возникают вакуумные манжеты, которые после растворения наполнителя образуют отверстия, соединяющие крупные пустоты.

По сравнению с традиционно используемыми спеченными металлическими фильтрами литые фильтры обладают рядом существенных преимуществ [1, 3]:

1. Пористость литых фильтров значительно выше, чем у спеченных порошковых, и составляет 60–85%.

2. Литые фильтры могут быть любых размеров и конфигурации, причем себестоимость их изготовления практически не зависит от сложности конфигурации и обратно пропорциональна размерам.

3. Прочность на разрыв литых фильтров при одинаковой пористости превосходит этот показатель у спеченных в 2-3 раза.

4. Литые фильтры изготавливаются из алюминия, что обуславливает их высокую коррозионную стойкость.

Изменяя давление при пропитке наполнителя расплавом, можно регулировать размер отверстий между крупными порами ( $r_{\min}$ ). При моделировании частиц наполнителя круглыми гладкими шарами была выявлена зависимость, определяющая влияние технологических параметров заливки на минимальный радиус пор [3]:

$$r_{\min} = \frac{-3\sigma + \sqrt{9\sigma^2 - 8\sigma R \Delta P \cos \theta}}{2\Delta P}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение расплава;

$\Delta P$  – давление пропитки;

$R$  – радиус зерна наполнителя;

$\theta$  – угол смачивания расплавом наполнителя.

Для экспериментальной проверки теоретических закономерностей были изучены микрофотографии срезов пористой отливки. Анализ фотографий проводился в пакете SIAMS, позволяющем определить площадь сечения отверстий между крупными порами  $S$ . Радиус отверстий вычислялся по формуле  $r_{\min} = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ . Данные экспериментов и теоретического расчета радиуса воздушной манжеты представлены на рис. 1.

Фильтрующая способность пористых материалов характеризуется коэффициентом проскока  $K_n$ :

$$K_n = \frac{N'_i}{N_i},$$

где  $N'_i$ ,  $N_i$  – счетные концентрации частиц  $i$ -й фракции до и после фильтрационной перегородки соответственно.

Определяют счетные концентрации частиц экспериментально фотоэлектрическим аэрозольным счетчиком.

Номинальная тонкость очистки пористого материала определяется как фракция, коэффициент проскока которой равен нулю. Очевидно, что тонкость очистки не может быть больше минимального размера пор. Пористые фильтры имеют возможность инерционного осаждения мелкодисперсных частиц. Толщина фильтра в направлении фильтрации не оказывает влияния на тонкость очистки, но приводит к снижению коэффициента проскока мелких фракций.

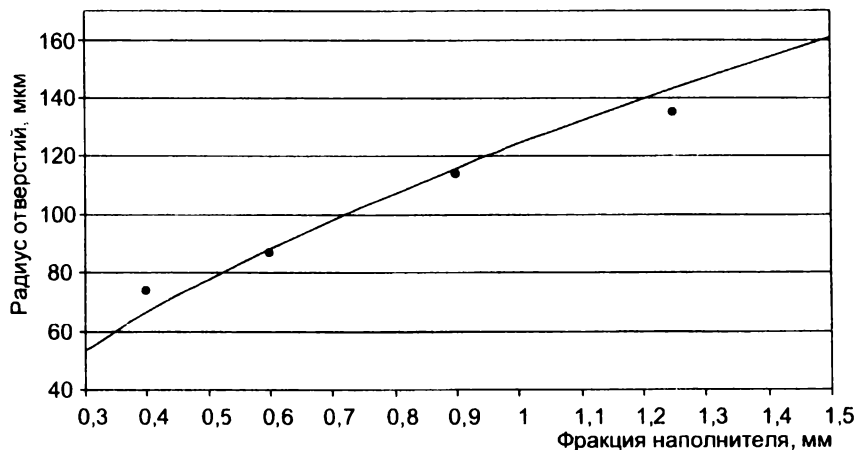


Рис. 1. Зависимость радиуса воздушной манжеты от фракции наполнителя при разрежении 0,25 атм

Для расчета коэффициента проскока мелких фракций рассмотрим пористый литой материал как систему последовательно установленных мембранных фильтров с отверстиями диаметром  $2r_{\min}$ . Осаждение частиц на внутренней поверхности фильтра носит инерционный характер. С другой стороны, процесс осаждения по сравнению с мембранными фильтрами осложняется формированием застойных зон, не участвующих в процессе фильтрации. Проскок частиц через слой является функцией соотношения минимальной и максимальной площади фильтрационного канала:

$$N'_c = N_{i0} \cdot f(r_{\min}/R)^2, \quad (2)$$

где  $N'_c$  – остаточная концентрация частиц  $i$ -й фракции после фильтрации через слой;

$N_{i0}$  – начальная концентрация частиц  $i$ -й фракции перед фильтрацией через слой.

При фильтрации начальная концентрация частиц на каждом последующем слое является остаточной концентрацией частиц на предыдущем. Следовательно, общее изменение концентрации на количестве слоев  $l/2R$  подчиняется геометрической прогрессии:

$$N'_i = N_i \left( f(r_{\text{min}}/R)^2 \right)^{l/2R},$$

где  $l$  – размер образца в направлении фильтрации.

Совместное решение уравнений (1) и (2) приводит к расчетному коэффициенту проскока мелких фракций:

$$K_{\text{н}} = \left( f(r_{\text{min}}/R)^2 \right)^{l \cdot 2R}.$$

Для выявления функции коэффициента проскока проводился эксперимент по определению тонкости очистки фильтроэлементов из пористого литого алюминия (толщиной 5 мм) в лаборатории систем фильтрации НИО НАТИ. Полученные результаты (таблица) обрабатывались в пакете программ MathCad. Выявленная функция коэффициента проскока имеет вид

$$K_{\text{н}} = (r_{\text{min}}/R)^{0,005 \frac{l}{R}}.$$

Другим важнейшим параметром фильтроэлементов является гидравлическое сопротивление. Для пористых тел вместо гидравлического сопротивления широко используется коэффициент проницаемости в уравнении Дарси

$$Q = \frac{K \cdot \Delta P \cdot F}{\mu \cdot l},$$

где  $Q$  – объемный расход фильтруемой среды через образец;

$K$  – коэффициент проницаемости образца;

$\Delta P$  – потери давления при фильтрации ( $\Delta P = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}$ );

$F$  – площадь сечения образца;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости фильтруемой среды.

### Фильтрующие свойства ПЛА

Номер образца	Средний размер пор, мкм	Номинальная толщина фильтрации, мкм		Коэффициент проскока, %	
		Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
1	200	56	53	73	72
2	200	56	55	73	74
3	200	56	58	73	77
4	200	56	56	73	75
5	200	56	56	73	75
6	200	56	58	73	77
7	100	34	37	58	54
8	100	34	37	58	54
9	100	34	39	58	55

Коэффициент проницаемости пористых литых металлов  $K$  рассчитывается по следующей формуле [3]:

$$K = \frac{(1 - P_0)N \cdot r_{\text{min}}^3}{6\pi R}$$

где  $N$  – координационное число;  
 $(1 - P_0)$  – пористость образца.

Экспериментальное исследование коэффициента проницаемости пористых металлов основано на прямом измерении входящих в уравнение Дарси параметров в стационарных условиях, т. е. при постоянном давлении. Однако поддержание постоянного давления при фильтрации вязкой жидкости требует применения специальной установки. Поэтому было предложено измерять параметры фильтрации в нестационарных условиях (при падении гидростатического напора от  $h_1$  до  $h_2$ ). Экспериментальная установка, аналогичная представленной в стандарте [2], состоит из установленной на штативе открытой стеклянной колбы одинаковой площадью сечения  $F_k$ , наполняемой жидкостью с известной вязкостью  $\mu$  (использовалось трансформаторное масло вязкостью 0,05 Па·с) (рис. 2). Пористый образец закреплялся до заливки жидкости в нижней части колбы. Жидкость заливалась до верхней риски на колбе, и фиксировалось время падения уровня жидкости до нижней риски  $t$ . Расход жидкости по уравнению Дарси равен расходу жидкости, определяемому из геометрии колбы:

$$\frac{F_k dh}{dt} = \frac{K \rho g h F}{\mu \cdot l}$$

где  $h$  – высота уровня жидкости над образцом.

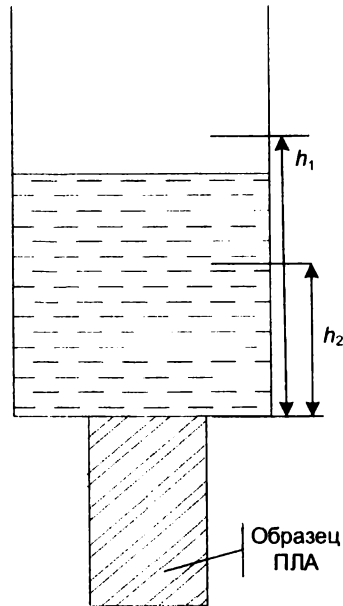


Рис. 2. Схема установки для определения коэффициента проницаемости

После разделения переменных, интегрирования и выражения из полученного уравнения коэффициента проницаемости  $K$  получим

$$K = \frac{F_n \cdot \mu \cdot l}{F \rho g \tau} \ln \frac{h_2}{h_1}.$$

Расчетный коэффициент проницаемости в сравнении с экспериментальными данными приведен на рис. 3.

Полученные экспериментальные результаты несколько больше рассчитанных теоретически, особенно для крупных фракций. Это связано, по всей видимости, с осколочной формой зерен наполнителя крупной фракции. Из результатов эксперимента можно сделать вывод об адекватности предлагаемой модели проницаемости.

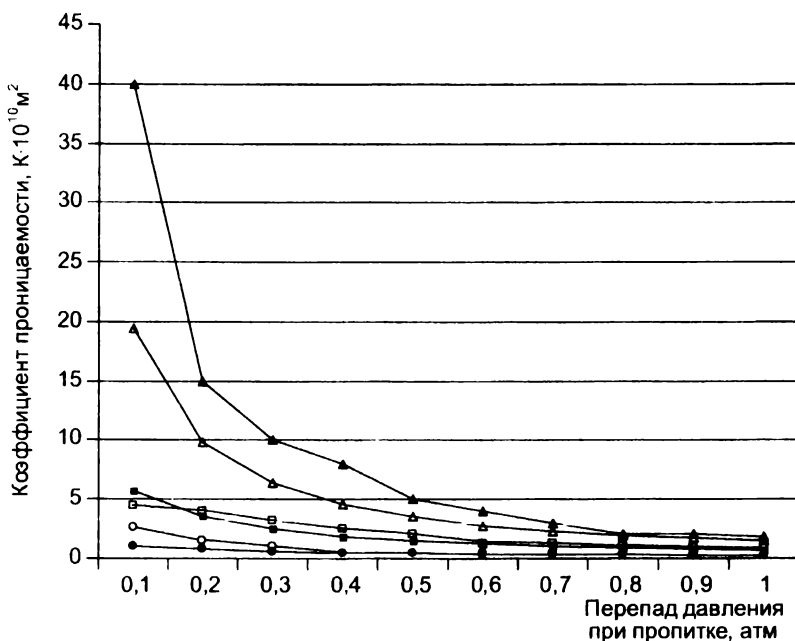


Рис. 3. Коэффициент проницаемости ПЛА:

- фракция 0,1-0,2 (расчет); ○ фракция 0,1-0,2 (эксперимент); ■ - фракция 0,315-0,63 (расчет); - фракция 0,315-0,63 (эксперимент); ▲ - фракция 1,0-1,5 (расчет); ▲ фракция 1,0-1,5 (эксперимент)

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало отличную сходимость для фракции 200 мкм как по тонкости фильтрации, так и по коэффициенту проскока. Некоторое расхождение расчетных и экспериментальных данных для фракции 100 мкм, по всей видимости, связано с неточностью в определении фракции наполнителя. Использование значения фракции 108 мкм приводит к отличному схождению расчетных и экспериментальных данных. Полученные зависимости позволяют создавать фильтроэлементы с заранее заданной тонкостью фильтрации, коэффициентом проскока мелких фракций и коэффициентом проницаемости.

#### Библиографический список

1. Белов С. В. Пористые металлы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. 247 с.

2. ГОСТ 25584–90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. М.: Изд-во стандартов, 1990.

3. Фурман Е. Л., Финкельштейн А. Б., Казанцев С. П. Пористый литой алюминий: Опыт разработки технологии // Совершенствование литейных процессов. Екатеринбург, 1997. С. 22–27.

**И. Е. Фурман,  
Р. К. Мысик**

## **ЛИТЬЕ ПРУТКОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ ИЗ КОБАЛЬТОВЫХ СПЛАВОВ**

Одними из важнейших задач машиностроения являются снижение материалоемкости продукции, повышение срока службы и технического уровня выпускаемых машин, их надежности, удлинение межремонтных периодов. В большинстве случаев выход из строя деталей машин обусловлен локальным изнашиванием рабочих поверхностей в местах интенсивного взаимодействия с рабочей средой или сопряженной деталью. При этом изменение первоначальных размеров деталей в большей степени зависит от поверхностной прочности, которая является не менее важной характеристикой, чем объемная. Высокая поверхностная прочность при эксплуатации деталей часто должна сочетаться с пластичностью сердцевинных областей. Обеспечить такой комплекс свойств, используя для изготовления только один сплав, не всегда удается, а в некоторых случаях это становится экономически не обоснованным. Одним из способов повышения износостойкости деталей является наплавка и напыление специальных сплавов на поверхность детали.

Поверхности деталей машин, работающих при повышенных температурах и в агрессивных средах, наплавляют специальными высоколегированными сплавами, содержащими обычно от 30 до 90% легирующих элементов. Этот способ оправдал себя при изготовлении многих деталей машин, например пил, ножей для резки горячего металла, седел клапанов, клапанов двигателей, подшипников, шарошечных долот. Для упрочнения деталей, работающих в условиях значительного нагружения и высоких температур, используют наплавку высоколегированными кобальтовыми сплавами – стеллитами.

Сплавы этого типа выпускают в виде прутков различных размеров и применяют главным образом для наплавки рабочих поверхностей быстро-