

1	2	3	4
диаметр пор, d	0.1...1000мкм	2...1000нм	5...90 мкм + +0,8...7,5 нм
коэффициент проницаемости, K, м ²	10 ⁻¹² ...10 ⁻⁹	-	10 ⁻¹³ ...10 ⁻¹²
Каркасные свойства:			
механическая прочность, σ _в , МПа	на изгиб 30...330 на растяжение - 20...480	на сжатие 20...40	на сжатие - 80
коэффициент теплопроводности, λ, Вт/м×К	0,1...150	0,2	0,5...1,5
удельная теплоемкость, С, Дж/кг×К	-	920	1000...1500

ЛИТЕРАТУРА

1. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
2. Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 216 с.
3. Ратько, А.И., Романенков, В.Е., Болотникова, Е.В., Крупенькина, Ж.В. Гидротермальный синтез пористой металлокерамики Al₂O₃/Al. 2. Механизм формирования пористого композита Al(OH)₃/Al // Кинетика и катализ, 2004, т.45, № 1. – с. 162-168.

УДК 621.762

Петюшик Т.Е., Дробыш А.А., Литецкий В.Ю.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНЫХ И НЕПРЕРЫВНЫХ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель доктор техн. наук доцент
Петюшик Е.Е.*

Проведен анализ способов получения заготовок на основе дискретных и непрерывных структурообразующих элементов для их

последующей обработки давлением с целью получения композиционных проницаемых изделий.

Развитие техники и технологии требует постоянного совершенствования и создания новых проницаемых материалов (ПМ). При этом часто ставятся задачи совмещения в одном изделии взаимно противоположных свойств: высокой проницаемости и малого размера пор, высокой пористости и высокой прочности, высокой производительности и минимальных размеров. Решение этих задач возможно путем разработки композиционных материалов на основе исследования всех стадий технологических процессов их изготовления и получаемых свойств.

Используя в качестве сырья различные структурообразующие элементы (СОЭ), изменяя их количество и взаимную ориентацию, варьируя технологическими приемами и режимами, изготавливают изделия с соответствующей поровой структурой и заданными эксплуатационными свойствами [1]. *Проницаемое изделие* – тело заданных размеров и формы, состоящее из дискретных СОЭ, определенным образом «упакованных» в его объеме и ориентированных друг относительно друга с образованием механических и других связей в местах взаимного контакта [2]. Характер пространственного расположения СОЭ, консолидированных в связное твердое тело (каркас), определяет структурное строение проницаемого материала, представляющее собой систему произвольных каналов (пор) [3].

В производстве порошковых проницаемых материалов (ППМ) существует множество способов формирования заготовок, основных из которых – в заполнении прессформ засыпкой порошка (с наложением вибраций, ультразвука, магнитного поля и т.п.) с учетом физико-механических и химических свойств исходных порошковых материалов, гранулометрического состава, формы частиц, напылением порошка на подложку, заливкой шликера и др. При подготовке порошковой шихты к формированию исходные порошки могут подвергаться смешиванию, рассеиванию и отжигу, а иногда применяют также сфероидизацию, откатку и покрытие частиц порошка связующим пластификатором, введение порообразующих добавок [4]. При получении высокопористых ячеистых материалов (ВПЯМ) формирование заготовок состоит в подготовке металлического порошка и приготовлении его суспензии, резке сетчатоячеистого полимера на образцы заданных размеров и пропитке его приготовленной суспензией. В подавляющем большинстве случаев ПМ из порошков имеют неорганизованную структуру.

В результате развития и распространения нового направления – металлургии волокна – получены проницаемые волокнистые материалы (ПВМ) [5]. В настоящее время существует производство непрерывных (проволоки, нитей) и штапельных (дискретных) волокон из различных металлов и сплавов, а также из керамических неорганических соединений, в частности, на основе оксидов: стеклянные, базальтовые, кварцевые. ПВМ подразделяются на две основные группы – материалы с неорганизованной и с организованной поровой структурой.

Из дискретных волокон заготовки ПВМ получают в виде листов и цилиндров (в том числе полых). Процесс изготовления ПВМ включает в себя следующие основные технологические операции: изготовление войлока (войлокование), формование заготовки и ее спекание [6]. При изготовлении войлока используют один из способов войлокования: жидкостное, воздушное, с использованием вибрации и др. [7]. В последнее время интенсивно развивается технология изготовления нетканых шлопробивных пористых материалов из металлических волокон.

На основе непрерывных волокон ПМ формируют либо в виде тканей и сеток (тканых и вязаных) различного вида плетения и конструкций, либо дальнейшей переработкой сеток в процессах обработки давлением и спекания, получая проницаемые сетчатые материалы (ПСМ). Подготовку сеток осуществляют разметкой и нарезкой полотна на карточки или ленты необходимых размеров с последующей их промывкой в моющих растворах и сушкой [9]. Далее сетки собирают в пакет в количестве, определяемом заданной плотностью получаемых заготовок. При этом их взаимное расположение выбирают в зависимости от вида сеток и требуемых свойств готового ПМ (тканые сетки, например, укладывают под углом 45° друг относительно друга при переходе от слоя к слою, вязаные – под углом 90°) [7]. В последнее время получает развитие способ формирования заготовок из непрерывного металлического волокна послойной крестовой намоткой проволоки на оправку для последующего прессования [8] Этот способ положен в основу получения нового класса материалов – проволочных проницаемых (ПрПМ). Такими способами получают ПМ со структурой, приближающейся к организованной.

Существует способ получения пористых материалов и изделий с неорганизованной структурой из непрерывного металлического волокна (проволоки) – это материалы типа «металлорезина» (МР). Процесс изготовления МР заключается в формировании проволочных

спиралей (прокаткой либо намоткой проволоки) и прессовании спиралей, предварительно собранных в пакет [9]. Изделия из МР не подвергают спеканию, поэтому они обладают высокой упругостью [7].

Рассмотренные способы формирования заготовок из различных СОЭ (табл.) являются базовыми для формирования заготовок композиционных материалов. Дадим характеристику некоторым из них.

Пористые волокнисто-порошковые материалы (ПВПМ) получают смешиванием металлических порошков (медь, никель и др.) с волокнами из того же металла и последующими операциями формования и спекания комбинированной заготовки (рис. 1.) [10]. Для приготовления однородной шихты применяют сухие и мокрые способы смешивания порошка и волокон – с добавлением воды, поливинилового спирта или глицерина. Формование шихты производят одним из методов, применяемых при формовании ППМ или ПВМ. Изготавливают ПВПМ в виде пластин, дисков, стержней с широким диапазоном изменения свойств [11].



Рис. 1. Структура ПВПМ

Технологические способы формирования заготовок ПМ

Проницаемые материалы						
1	2	3	4	5		6
ППМ	ВПЯМ	ПВМ	МР	ПСМ из		
				тканых сеток	вязаных сеток	
Просеивание порошков	Просеивание порошка	Нарезка волокон	Намотка проволоки	Плетение сеток	Вязание сеток	Формирование проволочного тела намотки

1	2	3	4	5	6	7
Смешивание порошков	Приготовление суспензии	Войлокование или пропитка волоконного шлама пластификатором	Вытяжка в спираль	Резка сеток на карточки		
Дозирование порошковой шихты	Резка сетчатого ячеистого полимера		Укладка спиралей в пакет	Укладка сеток в пакет	Укладка сеток в пакет	

Пористые порошковые композиционные материалы (ППКМ) получают армированием металлической порошковой массы (матрицы) вязаными металлическими сетками, изготовленными из проволоки диаметром 30 – 200 мкм различными видами трикотажных плетений (рис. 2), с последующими операциями прессования и спекания [12].

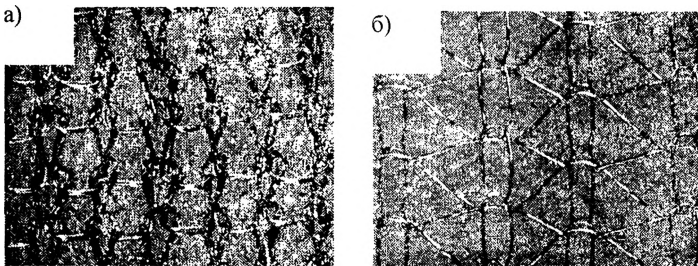


Рис. 2. Сечение ППКМ в плоскости армирования металлтрикотажным полотном типа: а) "ластик"; б) "фанга"

Комбинированные пористые проницаемые материалы (КППМ) получают напылением слоя металлического порошка на фильтровую сетку из того же металла с последующими операциями прокатки и спекания комбинированной заготовки [13]. Возможно получение КППМ в виде трехслойной ленты сетка – порошок – сетка (армированная двумя поверхностными слоями сетки лента содержит промежуточный внутренний пористый слой из порошка), а также

пористых материалов, состоящих из двух слоев сеток и двух слоев порошка или трех слоев сеток и двух слоев порошка [7].

Проблема создания новых проницаемых материалов требует решения ряда технологических и научных задач. На начальной стадии такой задачей является оценка возможностей и эффективности формирования порошково-проволочных заготовок. При этом необходимо учитывать, что общность технологических процессов изготовления пористых изделий из ПМ (независимо от вида их СОЭ) состоит в наличии операции формообразования изделия из дискретной заготовки посредством процессов формования. Наиболее широкий спектр методов формования используется в порошковой металлургии, что позволяет рассматривать их как базовые для изготовления ПМ из дискретных заготовок на основе не только порошков, но и других видов СОЭ.

Принимая во внимание вышеизложенное, установлено, что использование того или иного способа формирования дискретных заготовок для последующей обработки давлением определяется двумя основными факторами: а) видом структурообразующих элементов; б) способом дальнейшего формообразования изделий.

Структурообразующие элементы условно разделяются на три группы: порошки; дискретные волокна; непрерывные волокна, принципиально определяющие возможные способы получения заготовок из них.

С точки зрения технологии получения композиционных проницаемых изделий из порошков и проволоки следует остановить выбор на способах подготовки дискретных заготовок из порошков и непрерывных волокон, которые способны сочетаться между собой, либо могут быть реализованы в той или иной последовательности. В частности, на основе способа подготовки проволочных заготовок в виде тел намотки формирование композиционной проволочно-порошковой заготовки может осуществляться по нескольким технологическим схемам: намотка проволоки – засыпка порошка; намотка проволоки – деформирование тела намотки – засыпка порошка; намотка проволоки на порошковую прессовку – засыпка порошка и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков, А.Ф. Изготовление фильтров с заданными свойствами // *Металлург.* – 1995. – № 11. – С. 24 – 25.
2. Витязь, П.А., Капцевич, В.М., Кусин, Р.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления. – Мн.: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.
3. Бальшин, М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. – М.: Металлургия, 1972. – 335 с.
4. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег – Мн.: Высшая школа, 1987. – 164 с.
5. Копьев, И.М., Рыбальченко, М.К. Теория и практика производства волокнистых материалов. – В кн.: Порошковая металлургия в новой технике. – М., 1968. – С. 5 – 13.
6. Косторнов, А.Г. Проницаемые металлические волокновые материалы. – Киев: Техника, 1983. – 128 с.
7. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
8. Петюшик, Е.Е., Реут, О.П., Якубовский, А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 218 с.
9. Гидравлическое сопротивление пористого материала МР / С.В. Белов, А.И. Белоусов, Е.А. Изжеуров и др. // *Изв. вузов. Машиностроение.* – 1975. – № 4. – С. 132 – 135.
10. Пористые волокново-порошковые материалы на основе меди / М.В. Тумлович, А.Г. Косторнов, А.Н. Леонов [и др.] // *Порошковая металлургия.* – 1992. – № 3. – С. 56 – 60.
11. Косторнов, А.Г., Федорова, Н.Е., Чернышев, Л.И. Высокопористые материалы из композиции порошок–волокно // *Порошковая металлургия.* – 1983. – № 4. – С. 53 – 55.
12. Вишняков, Л.Р., Александров, С.Е., Феодосьева, Л.И. Исследование совместного течения порошковой матрицы и армирующей сетки в условиях плоской деформации // *ПМТФ.* – 1993. – № 1. – С. 144 – 150.
13. Тихонов, Г.Ф., Сорокин, В.К. Листовые фильтрующие материалы с подслоем из металлической сетки // *Порошковая металлургия.* – 1977. – № 7. – С. 89 – 91.