

## Список использованных источников

1. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. – Минск: «Дэбор», 1998, - 258 с.
2. Лавендел Э.Э. Расчет резинотехнических изделий. – М.: Машиностроение, 1976. – 232с.
3. Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып.1. В 3-х т. – Т.2/ Под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – 477 с.

## Аннотация

Основным требованием, предъявляемым к геометрии порошковых изделий в виде тел вращения (трубы, диски, колбы, тигли), является обеспечение точности наружных и внутренних размеров. Максимальное приближение формы порошкового изделия к форме готовой детали, позволит исключить или уменьшить затраты на дополнительную обработку полученного изделия, а также сэкономить материалы.

## Summary

The main requirement presented to geometries of powdered products in the manner of tel rotations (the pipes, disks, flasks), is provision to accuracy external and internal sizes. Maximum approach the form of powdered product to form of detail, will allow to exclude or reduce the expenseses to additional processing the got product, as well as spare the material.

УДК 621.762

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПРОНИЦАЕМЫХ СЕТЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Е.Е. Петюшик, В.М. Александров,  
Л.С. Богинский, А.Ч. Якубовский**  
*Белорусский государственный концерн  
порошковой металлургии  
институт повышения квалификации и  
переподготовки кадров по новым направлениям  
развития техники, технологии и экономики*

Развитие современных технологий и оборудования обуславливает возрастание потребности в проницаемых материалах с высокой и строго регулируемой пористостью. Область их использования обширна: устройства распределенной подачи жидкостей или газов с целью снижения температуры поверхности конструкции; капиллярные структуры тепловых труб; звукопоглощающие конструкции; огнепреградители; фильтры; носители катализаторов; основа для комбинированных пористых проницаемых материалов и др. Наряду с проницаемыми порошковыми материалами (ППМ) в этом качестве достаточно широко используют волокнистые материалы с организованной структурой, среди которых следует выделить проницаемые сетчатые материалы (ПСМ). Последние имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с выполняющими подобные функции ППМ [1, 2]: высокая прочность, технологичность в изготовлении, широкий диапазон пористости и, что особенно важно для фильтров тонкой очистки жидкостей и газов от твердых примесей, отсутствие миграции частиц материала в фильтр.

ПСМ имеют регулярный размер пор, что однозначно определяет, например, тонкость фильтрации при использовании их в качестве фильтров, характерной является

практически 100% повторяемость структурных, гидродинамических, фильтровальных характеристик ПСМ при изготовлении любой их партии. Тонкость очистки в зависимости от используемой сетки может варьироваться в пределах 5–100 мкм и более. В большинстве случаев ПСМ прочнее ППМ, а их пластичность и сопротивление нагрузкам значительно выше. Следует отметить высокую виброустойчивость ПСМ при возможной одновременно жаростойкости и стойкости к воздействию агрессивных сред.

Традиционно ПСМ используют в виде спеченных пакетов. В настоящее время для получения ПСМ промышленно освоены лишь процессы прокатки, позволяющие изготавливать листовые изделия из пакетов сеток. Технология их изготовления включает подготовку сеток (промывка, обезжиривание), их нарезку, укладку в пакет, прокатку и спекание пакета, причем определяющее значение при выборе вида технологических операций имеет вид сетки. Так же, как и при изготовлении ППМ, наибольшая доля в себестоимости продукции принадлежит этапу спекания (до 40%), который предполагает использование мощного печного оборудования, требует применения защитных сред. Настоящей работой установлено, что этап спекания во многих случаях не является обязательным и весьма успешно может быть заменен деформационной обработкой по радиальной схеме деформирования, которая обеспечивает необходимую прочность изделия, а также формирует его геометрическую форму.

При радиальном прессовании уплотнение пакета сетки происходит по следующим основным схемам: 1) при наличии развитой поверхности волокон сетки (как для вязаной сетки из многожильной проволоки) происходит взаимное зацепление волокон, а также прикипание волокон одного слоя за счет их деформирования в ячейки другого; 2) при использовании тканой сетки формообразование происходит в основном благодаря проникновению волокон сетки одного слоя в ячейки другого с механическим зацеплением слоев, а также за счет потери общей устойчивости сетки в спрессованном изделии. Для ПСМ отсутствие необходимости в термообработке с целью придания окончательной прочности обусловлено наличием несущего каркаса, имеющего некоторую жесткость хотя бы в одном направлении, уже в исходной сетке. Кроме того, дополнительная жесткость придается изделию за счет упрочнения материала сетки в процессе деформирования, а также возможного введения армирующих элементов: толстых сеток, пружин, стержней и т.п.

Для получения достаточной прочности ПСМ необходимо прикладывать давление в 2–4 раза меньше, чем для получения подобного изделия из такого же порошкового материала, причем в последнем случае последующее спекание необходимо безусловно. Снижение давления прессования обусловлено глобальным уменьшением поверхности внутреннего трения, а также заменой объемной деформации частиц порошка (имеющей место при получении ППМ), сопровождающейся их упрочнением, деформацией изгиба с меньшей степенью деформирования. Таким образом, получение ПСМ без спекания приводит к существенному снижению энергозатрат и, следовательно, к снижению их себестоимости. Отметим еще один положительный фактор, являющийся следствием применения подобной технологии. Представляется возможным совмещать в одном изделии 2, 3-х,  $n$  слоев сеток из одного и того же материала. Отсутствие этапа термической обработки (спекания) допускает совмещение  $n$  слоев сеток из различных по природе материалов, в том числе неметаллических (полимерных, керамических и др.), что обеспечивает возможность придания ПСМ новых свойств: магнитных, электрических, адсорбционных, дезодорирующих и др. [3]. В ряде случаев возможно совмещение в одном изделии сетчатых и порошковых материалов.

Большинство имеющегося оборудования для получения порошковых изделий правомерно использовать и для получения ПСМ. При этом можно снижать металлоемкость «порошкового» оборудования

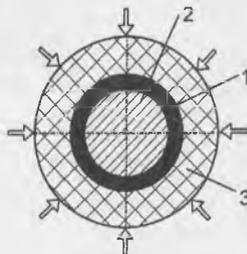


Рисунок 1 - Схема радиального прессования на оправку

применительно к изготовлению ПСМ, так как требуется более низкое давление прессования. В отличие от ППМ, для ПСМ очень перспективны последовательные способы деформирования. Это связано с наличием полноценных металлических (либо других) связей между деформируемой и недеформируемыми зонами заготовки. Как при непрерывных способах обработки (прокатка, дорнирование, продавливание и т. п.), так и при циклических (циклическое радиальное обжатие) исключено нарушение сплошности изделия на участках соединения зон. В случае последовательной циклической обработки сетчатой заготовки размеры деформирующего инструмента могут быть значительно меньше получаемого изделия. Возможно использование насосных станций низкого давления для радиального обжатия ПСМ (либо напрямую, либо с использованием простейших мультипликаторов). Технология получения ПСМ радиальным прессованием основана на консолидации сетчатых слоев под воздействием давления при комнатной температуре и в атмосфере воздуха. Для осуществления процессов формообразования ПСМ не требуются специальные условия (вентиляция и т.п.), технологии безопасны и не вызывают отрицательных последствий в экологическом плане [4].

На рис. 1 представлена принципиальная схема радиального прессования трубы из ПСМ при уплотнении на оправку. Исходная сетка 1 наматывается на жесткий формообразующий стержень (оправку) 2, давление на сетку в радиальном направлении прикладывается через эластичную оболочку 3.

Типовая технология включает следующие основные операции:

подготовка заготовки — нарезка сетки, ее промывка и обезжиривание;

намотка сетки на формообразующий стержень — количество слоев, чередование слоев из различных материалов, угол намотки, ширина перехлеста определяется для каждого изделия индивидуально, в соответствии с требуемыми свойствами изделия;

прессование заготовки — осуществляется по радиальной схеме через эластичные среды в установке для сухого изостатического прессования (СИП) при давлении 30–120 МПа в зависимости от материалов заготовки;

извлечение изделия из формы, контроль качества.

На рис. 2 представлен общий вид экспериментального устройства для радиального прессования, имеющей следующие характеристики: габаритные размеры формы — диаметр 28 мм, длина 140 мм; максимальные размеры получаемых изделий — диаметр 20 мм, длина 110 мм. В силу небольших размеров технологической оснастки (формы) и устройства в целом оно снабжено затвором в виде резьбовой пробки с упорной резьбой, загрузка и выгрузка формы производится вручную. Максимальное давление прессования — 150 МПа. В качестве источника давления использовалась установка насосная гидравлическая регулируемая УНГР 3000 Р.



Рисунок 2 - Вид экспериментального устройства для радиального прессования

На рис. 3 представлен общий вид опытно-промышленной установки для радиально-изостатического прессования с характеристиками: размеры формы — диаметр 100 мм, длина 670 мм; максимальные размеры получаемого изделия — диаметр 70 мм, длина 610 мм. Установка имеет гидропривод вспомогательных перемещений от автономной гидростанции. Операции заталкивания и выталкивания формы осуществляются одним гидравлическим цилиндром за счет использования рамной конструкции. Предусмотрена возможность работы установки в ручном и полуавтоматическом режиме. В последнем случае производительность составляет не менее 15 циклов в час. В качестве источника давления использовалась установка насосная гидрав-



Рисунок 3 - Вид опытно-промышленной установки для прессования ПСМ

лическая регулируемая УНГР 3000 М.

Для отработки технологических режимов прессования изделий из ПСМ прессованию подвергались многослойные сетчатые материалы из стальной коррозионностойкой, никелевой, молибденовой, бронзовой сетки и их комбинаций, со вставками полимерных сеток, синтетических и натуральных тканей, углеткани, спанбонда, ультрафильтрационных мембран. Отсутствие финишной операции термической обработки (спекания) позволяет получать изделия из различных по природе материалов [5].

Отработку технологии прессования проводили на экспериментальном устройстве (см. рис. 2). Например, прессовали образцы с размерами: диаметр 16 мм, длина 50 мм из вязаной из семижильных жгутов с диаметром проволоки 0,06 мм стальной сетки (12X18Н10Т) с подложкой из тканой сетки с ячейкой  $\square$  5 мм из проволоки диаметром 1 мм (рис. 4). Количество слоев вязаной сетки варьировалось в пределах 2–6. Подложка выполнялась однослойной. Давление прессования использовали в пределах 20–120 МПа. Установлено, что для указанной композиции материалов оптимальным является давление прессования  $p = 50$  МПа, обеспечивающее достаточную прочность готового изделия. Получали проницаемые элементы со средним размером пор 40–60 мкм. С увеличением количества слоев исходной сетки диапазон разброса среднего диаметра пор сужался одновременно с уменьшением проницаемости.

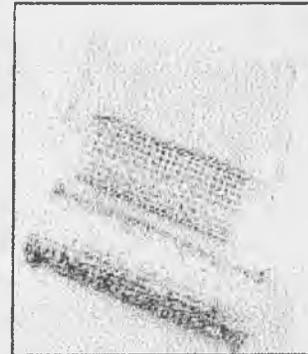


Рисунок 4 - Вид исходных сеток и прессованного изделия

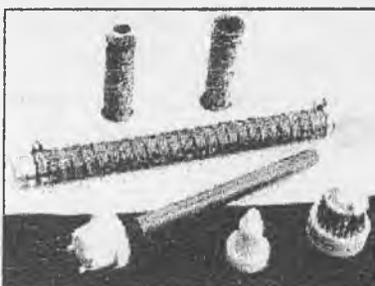


Рис.унок5 - Фильтры из ПСМ и щелевые колпачки для ионообменных колонн

Испытания ПСМ из стальной сетки (12X18Н10Т) при использовании их в качестве колпачков распределительных устройств ионообменных колонн показали, что, при среднем размере пор  $\sim 40$  мкм, сетчатые фильтры за счет большей поверхности с теми же габаритными размерами обладают в 3 раза большей проницаемостью по сравнению с традиционными щелевыми колпачками из полимеров. Кроме того, они невосприимчивы к гидроударным нагрузкам и имеют большую прочность, что резко повышает надежность работы устройства в целом и исключает потери дорогостоящего сорбента. На рис. 5 представлен общий вид фильтров из ПСМ и заменяемых ими щелевых колпачков.

Проведены предварительные испытания полученных ПСМ в качестве пламегасителя для специальных устройств, работающего в сложных условиях (значительные знакопеременные механические нагрузки с частотой  $\sim 10$  Гц, отсутствие защитных сред) [6]. Получен так же удовлетворительный результат по звукопоглощению.

Применение фильтрующих изделий из ПСМ в агрегатах машиностроения способствует повышению надежности и эффективности функционирования последних. Размеры пор, проницаемость ПСМ относительно легко поддаются прогнозированию и имеют регулярный характер.

Высокие технологические и прочностные свойства ПСМ позволяют значительно расширить область их применения в технике. При этом пористые элементы конструкций могут не только обеспечивать необходимый комплекс специальных свойств, связанных с их проницаемостью, но и способны нести значительные силовые нагрузки, устойчивы к вибрациям.

Совокупность изложенных факторов свидетельствует о перспективности работ по созданию новых и совершенствованию существующих энергосберегающих технологий получения изделий на основе ПСМ.

Список использованных источников

1. Пористые сетчатые материалы / Ю.И. Синельников, А.Ф. Третьяков, Н.И. Матурин и др. — М.: Metallurgy, 1983. — 64 с.
2. Пористые проницаемые материалы: Справ. изд. / под ред. С.В. Белова. — М.: Metallurgy, 1987. — 335 с.
3. Новая технология изготовления многофункциональных проницаемых сетчатых материалов / В.М. Александров, А.А. Скугарь, Л.С. Богинский и др. // 7-я Международн. выставка и симпозиум "Новые материалы и технологии порошковой металлургии". — Минск, 1997. — С. 103–104.
4. Технология изготовления многослойных проницаемых сетчатых изделий / Е.Е. Петюшик, Л.С. Богинский, О.П. Реут и др. // Тез. докл. III-й Республик. НТК "Новые материалы и технологии" / Материалы, технологии, инструмент. — Минск, 1998. — № 2. — Т. 3. — С. 143.
5. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. — Мн.: Дзбор, 1998. — 258 с.
6. Петюшик Е.Е., Якубовский А.Ч. Пламегасители на основе уплотненных сеток и проволоки // Материалы международной конференции / Прогрессивные технологии обработки материалов. — Минск, 1998. — С. 203.

Аннотация

Установлена возможность получения изделий из проницаемых сетчатых материалов (ПСМ) без применения термической обработки (спекания), что приводит к существенно-му снижению энергозатрат процесса и, следовательно, к снижению себестоимости изделий. Технология изготовления ПСМ включает подготовку сетки, намотку ее на формообразующую оправку и радиальное прессование. Отсутствие этапа спекания допускает также использование сеток из различных по природе материалов, что позволяет обеспечить новые свойства ПСМ. Технология основана на консолидации сетчатых слоев под воздействием давления при комнатной температуре в атмосфере воздуха, не требуя специальных условий (вентиляции, вакуумирования), и экологически безопасна.

Summary

The ability of production the articles out of permeable gauze materials (PGM) without the heat treatment (sintering) is established. It reduces to vital drop in power inputs of process and therefore to reduction of articles cost prices. The technology of PGM manufacture includes the preparation of gauze, the winding its on forming mandrel and the radial pressing. Failing the sintering stage is possibility to use the gauzes out of different by nature materials. It allows new properties of PGM. The technology is based on consolidation of gauze layers by pressure in room temperature air atmosphere without the special conditions (for example, ventilation or vacuumization). It is ecologically clean.