

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11184

(13) С1

(46) 2008.10.30

(51) МПК (2006)

В 22F 7/02

В 22F 3/12

В 32В 15/04

В 21F 3/00

## (54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЧЕННОГО ПРОНИЦАЕМОГО МНОГОСЛОЙНОГО ИЗДЕЛИЯ

(21) Номер заявки: а 20060436

(22) 2006.05.11

(43) 2007.12.30

(71) Заявители: Белорусский национальный технический университет; Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Васильев Леонард Леонидович; Петюшик Евгений Евгеньевич; Васильев Леонид Леонардович; Романенков Владимир Евгеньевич; Реут Олег Павлович; Конон Андрей Брониславович; Петюшик Татьяна Евгеньевна (ВУ)

(73) Патентообладатели: Белорусский национальный технический университет; Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) ТИХОНОВ Г.Ф. и др. Порошковая металлургия. - 1977. - № 7. - С. 89-91.

ВУ 6373 С1, 2004.

Пористые проницаемые материалы. Справочник. - М.: Металлургия, 1987. - С. 260-265.

RU 2040371 С1, 1995.

SU 1540944 А1, 1990.

RU 2027551 С1, 1995.

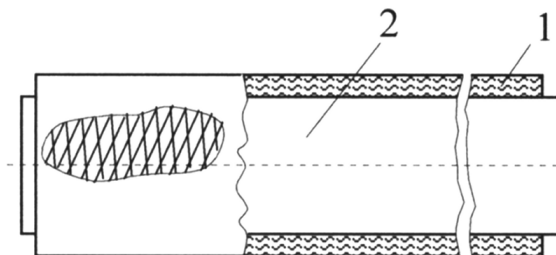
SU 1597252 А1, 1990.

JP 58174507 А, 1983.

(57)

1. Способ изготовления спеченного проницаемого многослойного изделия, включающий формирование проволочно-порошковой заготовки, ее прессование и спекание, **отличающийся** тем, что проволочно-порошковую заготовку формируют в виде проволочного тела намотки и слоя порошкового материала на его периферии, при этом проволочное тело намотки формируют послойной крестообразной намоткой проволоки постоянного или переменного сечения на формообразующую оправку на требуемую длину.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что проволочное тело намотки предварительно радиально обжимают, после чего засыпают слой порошкового материала.



Фиг. 1

3. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что осуществляют засыпку двух или более слоев порошка различного гранулометрического состава, причем размер частиц порошка различных слоев уменьшается от центра проволочно-порошковой заготовки к ее периферии.

4. Способ по п. 2, **отличающийся** тем, что прессование проволочно-порошковой заготовки осуществляют при давлении, большем, равном или меньшем давления обжатия проволочного тела намотки.

---

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к способу изготовления спеченных многослойных проницаемых изделий, преимущественно фитилей контурных тепловых труб служащих для охлаждения теплонагруженной поверхности и транспорта жидкости из зоны конденсации в зону испарения.

Известен способ получения многослойных изделий [1], сущность которого заключается в последовательном прессовании и спекании слоев порошка, причем прессование слоев осуществляют при давлениях 200-10 МПа с уменьшением давления прессования каждого последующего слоя не менее чем на 10 МПа, а спекание слоев осуществляют в вакууме при увеличении температуры спекания каждого последующего слоя на 20-40 К °.

Недостатком способа является наличие большого количества повторяющихся однотипных технологических операций, возможность разрушения предварительно спрессованных и спеченных слоев материала при прессовании последующих слоев и, таким образом, снижение качества изделий и выхода годного и значительные энергетические затраты на получение изделия.

Известен способ изготовления проницаемых материалов, в том числе многослойных, из непрерывного волокна [2], включающий формирование пористой заготовки крестообразной намоткой нитей на продольные ребра формообразующего элемента на требуемую длину, и последующее ее изостатическое прессование. Способ обеспечивает получение изделий с относительно высокой прочностью при небольших энергетических затратах.

Недостатком способа является ограничение получаемых пористых изделий по минимальному размеру пор, определяемое технологическими сложностями при формировании заготовок из нитей малого диаметра, что сужает диапазон получаемых структурных характеристик материала.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является способ получения пористого многослойного материала [3] напылением порошка карбонильного никеля слоем 200-400 мкм, просеянного через сито 40 мкм, на пористую подложку в виде никелевой фильтровой саржевой сетки 80/720 т.е. получение проволочно-порошковой заготовки. После напыления материал подвергают спеканию при температуре 750-850 °С и прессованию методом холодной прокатки при степени обжатия до 0,6, затем спекают повторно при температуре 1100-1150 °С с выдержкой 3-4 ч в среде осушенного водорода.

Недостатком способа является использование в качестве подложки дорогостоящей сетки, выпускаемой с фиксированными структурными характеристиками, что не позволяет в широких пределах варьировать структурными свойствами двух- или многослойного материала.

Капиллярно-пористый фитиль контурных тепловых труб выполняет роль не только насоса для транспорта жидкости из конденсатора в испаритель, но и роль теплового и гидравлического барьера, разделяющего потоки жидкости и пара. Вследствие этого к капиллярно-пористым структурам испарителя контурной тепловой трубы предъявляются следующие требования:

- высокое капиллярное давление (достигается за счет минимизации размера пор);
- высокая проницаемость;

низкая теплопроводность;

высокий критический тепловой поток в испарителе.

Задачей изобретения является расширение диапазона структурных характеристик спеченных многослойных проницаемых изделий, снижение энергетических затрат, упрощение технологии получения многослойных проницаемых изделий.

Задача изобретения решается следующим образом.

Способ изготовления спеченного проницаемого многослойного изделия включает формирование проволочно-порошковой заготовки, ее прессование и спекание, при этом проволочно-порошковую заготовку формируют в виде проволочного тела намотки и слоя порошкового материала на его периферии, а проволочное тело намотки формируют послойной крестообразной намоткой проволоки постоянного или переменного сечения на формообразующую оправку на требуемую длину.

Проволочное тело намотки предварительно радиально обжимают, после чего засыпают слой порошкового материала.

Осуществляют засыпку двух или более слоев порошка различного гранулометрического состава, причем размер частиц порошка различных слоев уменьшается от центра проволочно-порошковой заготовки к ее периферии.

Прессование проволочно-порошковой заготовки осуществляют при давлении большем, равном или меньшем давления обжатия проволочного тела намотки.

На фиг. 1 представлена схема сформированного проволочного тела намотки; на фиг. 2 изображена схема реализации способа изготовления многослойного проницаемого изделия (левая часть отображает результат засыпки кольцевого слоя порошка вокруг проволочного тела намотки, правая часть - процесс деформирования проволочно-порошковой заготовки); на фиг. 3 представлена схема радиального обжатия проволочного тела намотки; на фиг. 4 изображена схема реализации способа изготовления многослойного проницаемого изделия (левая часть отображает результат засыпки кольцевого слоя порошка вокруг деформированного проволочного тела намотки, правая часть - процесс деформирования проволочно-порошковой заготовки); на фиг. 5 приведена схема формирования проволочно-порошковой заготовки с двумя порошковыми слоями (левая часть); на фиг. 6 показан вид изготовленного двухслойного проволочно-порошкового проницаемого изделия.

Предложенный способ получения многослойных проницаемых изделий реализуется следующим образом.

Способ включает формирование тела намотки 1 (фиг. 2) послойной крестовой намоткой проволоки на формообразующую оправку 2, засыпку порошка 3 (засыпку осуществляют на вибростенде (на фиг. не показан)) кольцевым слоем в зазор между проволочным телом намотки 1 и эластичной деформирующей оболочкой 4 (фиг. 2), прессование проволочно-порошковой заготовки в условиях радиального нагружения (например, в установке для сухого изостатического прессования или в гидростате) при давлении, уровень которого обусловлен механическими свойствами материалов проволоки и порошка. После снятия деформирующего давления спрессованную заготовку с формообразующей оправкой извлекают из эластичной оболочки и подвергают спеканию при температурах, величина которых зависит от физических свойств используемых проволоки и порошка.

Также возможен способ, включающий формирование тела 1 намотки (фиг. 1) послойной крестовой намоткой проволоки на формообразующую оправку 2, радиальное обжатие тела намотки 1 через эластичную оболочку 2 (фиг. 3), засыпку порошка 1 кольцевым слоем в зазор между деформированным (обжатым) проволочным телом намотки 2 и эластичной деформирующей оболочкой 3 (фиг. 4), прессование проволочно-порошковой заготовки в условиях радиального нагружения при давлении меньшем, равном или большем давления обжатия проволочного тела намотки и последующее спекание спрессованной заготовки.

## BY 11184 C1 2008.10.30

Способ включает формирование проволочно-порошковой заготовки, состоящей из проволочного слоя (недеформированного или деформированного проволочного тела намотки) и двух или более слоев порошка (фиг. 5). Для формирования многослойного порошкового слоя в зазор между телом намотки 1 и эластичной оболочкой 2 устанавливают одну (для двух слоев порошка) или  $n-1$  (для  $n$  слоев порошка) разделительных перегородок 3. В соответствующие кольцевые полости, образованные телом намотки 1 и перегородкой 3, перегородкой 3 и эластичной деформирующей оболочкой 4 осуществляют засыпку порошка различного гранулометрического состава, причем по мере приближения к периферии заготовки используют порошок с меньшим размером частиц. Далее разделительную перегородку (перегородки) 3 извлекают, чем обеспечивается формирование порошкового слоя с заданным изменением размера частиц порошка в радиальном направлении. Последующие технологические переходы не отличаются от способов, описанных выше. Предложенный способ изготовления многослойных проницаемых изделий позволяет получать многослойные проницаемые изделия из композиции различных по виду структурообразующих элементов: непрерывного волокна - проволоки и порошкового материала. Способ обеспечивает технологическое регулирование в широких пределах структурных характеристик материала проницаемого изделия на стадии формирования проволочно-порошковой заготовки за счет варьирования структурными характеристиками проволочного тела намотки (использованием проволоки различного диаметра, формы сечения, изменением способов укладки проволоки в теле намотки), а также за счет использования порошкового материала различного гранулометрического состава. Кроме того, реализация способа определяет геометрические параметры переходного слоя (состоящего и из проволоки, и из порошка) между проволочным и порошковым слоями. При реализации первого способа засыпаемый порошок контактирует с "рыхлой", неуплотненной структурой тела намотки и, таким образом, проникает в поверхностные слои с тела намотки на некоторую глубину, регулировать которую можно соотношением размеров структурообразующих элементов: диаметром проволоки и размером частиц порошка, а также режимами засыпки порошка: частотой и амплитудой колебаний вибростенда. При реализации второго способа переходный слой между проволокой и порошком минимизируется. Технологическое управление структурой многослойных проницаемых изделий может быть реализовано и на стадии обработки давлением проволочно-порошковой заготовки регулированием давления прессования. Способ гарантирует возможность получения минимального размера пор материала проницаемого изделия, который принципиально может быть достигнут методами порошковой металлургии. Способ обеспечивает высокую проницаемость материала изделия, поскольку существует возможность минимизации толщины порошковых слоев, имеющих малый размер пор, при сохранении прочностных показателей изделия в целом.

Вследствие использования в качестве первого слоя, на который однократным приложением давления напрессовываются последующие порошковые слои, проволочного тела намотки, обладающего значительными прочностными характеристиками и высоким ресурсом пластичности вне зависимости от того находится ли оно в исходном, или в деформированном состоянии, отсутствует опасность разрушения прессовки при приложении к ней давления любого уровня из технологического диапазона. Этим обеспечивается высокий выход годных изделий.

Расширение диапазона структурных характеристик спеченных многослойных проницаемых изделий при реализации способа достигается за счет возможности использования любых структурообразующих элементов из широкого ряда типоразмеров выпускаемых промышленно проволоки и порошков, возможности формирования теоретически неограниченного количества слоев в одном изделии.

Снижение энергетических затрат при реализации способа обеспечивается благодаря сокращению количества технологических операций прессования и спекания заготовки.

# ВУ 11184 С1 2008.10.30

Это же является и причиной упрощения технологии изготовления спеченных многослойных проницаемых изделий.

## Пример.

Изготавливали двухслойное проницаемое изделие. На формообразующую оправку длиной 260 мм крестообразно под углом  $20^\circ$  в 40 слоев наматывали проволоку диаметром 0,10 мм из нихрома Х20Н80. В установке для сухого изостатического прессования осуществляли радиальное обжатие полученного тела намотки при давлении 50 МПа. В зазор между эластичной деформирующей оболочкой и деформированным проволочным телом намотки засыпали порошок никеля марки ПНЭ-2 ГОСТ 9722-97. Комбинированную проволочно-порошковую заготовку подвергали радиальному прессованию при давлении 80 МПа. Получали прессовку с размерами: длина - 260 мм, диаметр внутренний - 6 мм, диаметр наружный - 18 мм (фиг. 6). После разборки прессформы и снятия прессовки с формообразующей оправки прессовку подвергали спеканию в среде технического водорода при температуре  $1150^\circ\text{C}$ .

Для сравнения изготавливали однородные проницаемые изделия с такими же размерами из проволоки и порошка, указанных выше, при давлении прессования 80 МПа (проволочные изделия спеканию не подвергались).

Некоторые характеристики полученных изделий, усредненные для 10 изделий каждого вида, приведены в таблице.

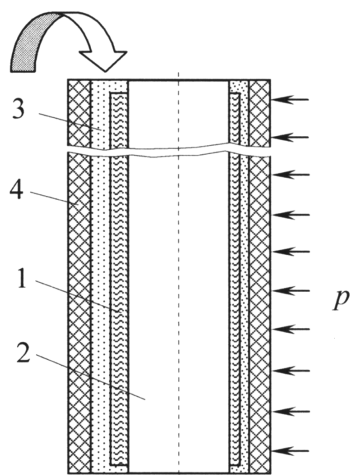
№ п/п	Проволока	Порошок	Толщина стенки, мм	Пористость	Размер пор ср., мкм	Производительность по воздуху при $\Delta p = 5,88 \text{ кПа}$ , $\text{м}^3/\text{мин}$
1	0,10	(-10) мкм	6 (4+2)	0,56 0,38	45 (3-4)	$0,92 \times 10^{-4}$
2	0,10	-	6	0,56	45	$2,2 \times 10^{-3}$
3	-	(-10) мкм	6	0,38	3-4	$0,36 \times 10^{-4}$

Полученные капиллярно-пористые испарители, насыщенные дистиллированной водой, обеспечили термическое сопротивление в диапазоне 0,012-0,018 град/Вт при критическом тепловом потоке, равном 950 Вт (образец № 1).

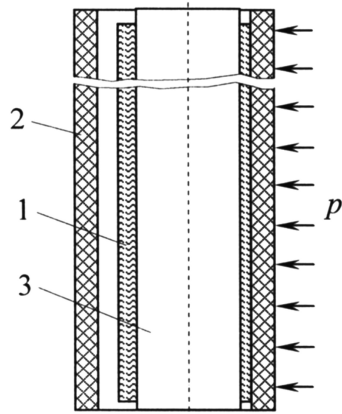
Заметно, что многослойные проницаемые материалы характеризуются большей пропускной способностью по сравнению с однослойными при одинаковом среднем размере пор. Возможность получения большей пористости проволочной составляющей многослойного материала обеспечивает снижение материалоемкости изделия в целом. Таким образом, предложенный способ позволяет, наряду со снижением энергетических затрат, упрощением технологии, осуществлять производство спеченных проницаемых многослойных изделий с расширенным диапазоном структурных характеристик.

## Источники информации:

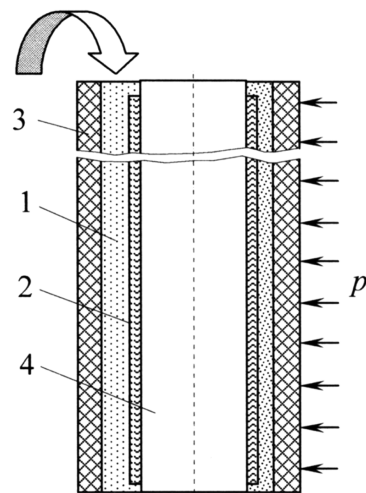
1. А.с. СССР 1491613 МПК В 22 F 3/10, 7/02, 1989.
2. Патент РФ 6373, МПК В 01D 27/06, 2004.
3. Тихонов Г.Ф., Сорокин В.К. Порошковая металлургия. - 1977. - № 7. - С. 87-91.



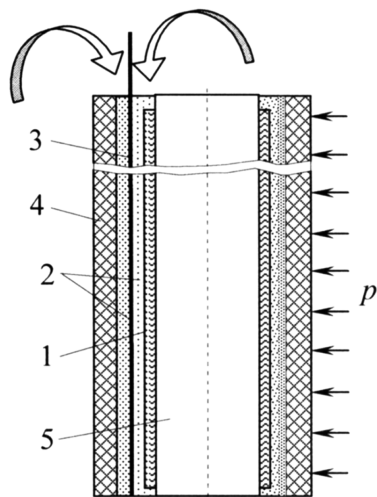
Фиг. 2



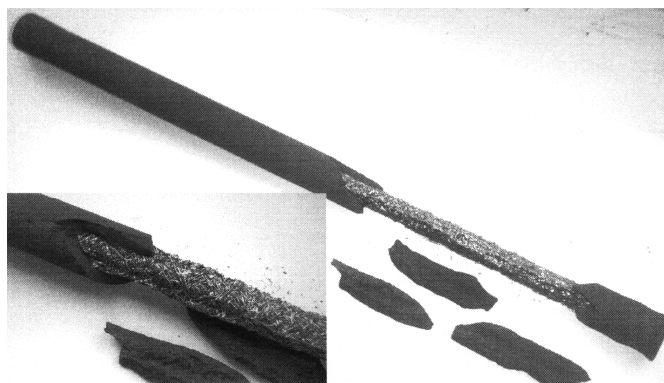
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6