

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК

№ гос.регистрации 01.83.0031788

Инв. № 0285.0 039152"

"СОГЛАСОВАНО"

Зам. генерального директора

НПО "Порошковая металлургия"

профессор

П.А. Витязь  
1984 г.

"УТВЕРЖДАЮ"  
Проректор по научной работе  
к.т.н., доцент

В.Е. Горбачик  
"15" февраля 1984 г.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИНОМЕРНЫХ СПЕЧЕННЫХ ТРУБ

ХД-83-168

ЧАСТЬ I

Начальник научно-исследовательского  
сектора

И.Е. Правдивый

Заведующий кафедрой технологии  
конструкционных материалов,  
руководитель темы и ответственный  
исполнитель, к.т.н., доцент

С.С. Клименков

Библиотека ВГТУ



г. Витебск, 1984 г.

## СИСТОМЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Клименков С.С. - руководитель х/д, к.т.н., доцент.
2. Кулцов Б.П. - м.н.с., к.т.н., доцент
3. Алексеев И.С. - аспирант
4. Ахтанин О.Н. - инженер
5. Пятов В.В. - инженер
6. Силивончик В.В.- м.н.с.
7. Савицкий В.В. - ст.инженер

## Р Е Ф Е Р А Т

Объектом исследования являлись формования из порошков длиномерных полых изделий.

Целью работы предусматривалась разработка технологии непрерывного экструдирования из порошков фильтрующих элементов, а также плакированных пористым слоем труб. С этой целью была спроектирована, изготовлена и отлажена экспериментальная установка для непрерывного формования порошков.

Установка обладает широкими технологическими возможностями и позволяет получать изделия из порошков в широком интервале геометрических параметров.

На экспериментальной установке получены опытные партии фильтрующих элементов из порошков железа, титана, легированной стали с наружным диаметром от 10 до 100 мм, внутренним диаметром от 5 до 80 мм, длиной 300–400 мм.

Разработан способ, оснастка и технология нанесения пористых покрытий на внутренние и наружные поверхности труб. Получены опытные партии плакированных труб диаметром 30 мм, толщиной слоя 3 мм, длиной 1000 мм. В качестве плакирующего слоя был выбран порошок нержавеющей стали.

Выполнен теоретический анализ теории шнекового экструдирования.

Разработанная технология позволит реализовать производство спеченных длиномерных изделий в массовом производстве.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ I	
Введение . . . . .	5
Глава I. Методы получения пористых длинномерных изделий. . .	6
ЧАСТЬ II	
Глава 2. Обзор работ по теории прессования порошков при решении осесимметричной задачи . . . . .	
Глава 3. Обработка исходных материалов . . . . .	
3.1. Приготовление порошковой шихты . . . . .	
3.2. Исследование условий приготовления порошковой шихты на механические характеристики . . . . .	
3.3. Определение коэффициента внешнего и межчастичного трения порошковой шихты . . . . .	
3.4. Исследование реологических характеристик порошковой шихты . . . . .	
Выводы . . . . .	
ЧАСТЬ III.	
Глава 4. Непрерывное формование труб из порошков . . . . .	
ЧАСТЬ IV.	
Глава 5. Плакирование трубчатых изделий порошком . . . . .	
5.1. Нанесение порошковых покрытий на внутренние поверхности цилиндрических заготовок . . . . .	
5.2. Разработка технологического процесса нанесения порошковых покрытий на внутренние поверхности труб .	
5.3. Нанесение покрытий на наружные поверхности деталей . . . . .	
5.4. Разработка технологического процесса нанесения порошковых покрытий на наружные поверхности труб .	
5.5. Расчет напряжений, возникающих в порошковом слое при нанесении покрытия . . . . .	
ЧАСТЬ V.	
Глава 6. Спекание длинномерных пористых труб . . . . .	
6.1. Существующие устройства для спекания длинномерных изделий. . . . .	
6.2. Исследование процессов спекания пористых труб	
Заключение . . . . .	
Список использованных источников. . . . .	

## . ВВЕДЕНИЕ

В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 и на период до 1990 года" отмечается о необходимости разрабатывать внедрять высокоэффективные методы повышения прочностных свойств, коррозионной стойкости, тепло- и хладостойкости металлов и сплавов; металлических конструкций и труб; увеличить производство новых конструкционных материалов, покрытий и изделий на основе металлических порошков, сплавов и тугоплавких соединений". [1]

Современные методы порошковой металлургии позволяют изготавливать пористые изделия с особыми специфическими свойствами, которые находят все более широкое применение во всех областях техники [2-9]. Пористые изделия, полученные методами порошковой металлургии обладают рядом преимуществ по сравнению с керамическими, стеклянными, сетчатыми и др. Спеченные пористые материалы более устойчивы против коррозии, работают в более широком диапазоне температур, обладают повышенной прочностью и пластичностью, легко подвергаются механической обработке и сварке [10.]

В настоящее время для ряда областей науки и техники требуется длинномерные пористые изделия (фильтры, криогенные трубы, пористые покрытия на поверхности теплообменных аппаратов) возможность получения которых ограничено традиционными методами порошковой металлургии.

Важную роль во многих производственных процессах различных отраслей промышленности (химической, фармацевтической, нефтяной и др.) играют фильтры. Они используются для очистки воздуха и газов от пыли, водяного и масляного тумана, фильтрации различных жидкостей (воды, масла, битума, кислот, щелочей, смол и т.д.), очистки горячих агрессивных газов, доменного и мартеновского при температурах до 1000°С и т.д. [11-12].

В последнее время большое внимание уделяется применению пористых материалов в теплообменных аппаратах, как среды для передачи тепла и охлаждения [13-15]. Нанесение пористого покрытия на поверхность теплообменных труб приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи в 10 раз [16]. Трубы с покрытием, полученные с помощью метода порошковой металлургии, по своим эксплуатационным свойствам превосходят трубы с покрытием, полученным методом плазменного напыления. Это объясняется возможностью формирования пористой матрицы практически при любых теплофизических свойствах жидкостей [17].

## ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТЫХ ДЛИНОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Формообразование длинномерных пористых изделий из металлических порошков осуществляется следующими методами: спекание свободно насыпанного порошка, шликерное формирование, изостатическое прессование (гидростатическое и гидродинамическое), магнитно-импульсное, центробежное, электроконтактное формование, прокатка, прессование "подвижной иглой", экструдирование (мундштучное прессование, циклическое прессование пулансоном, экструдирование на шнековом прессе).

Одним из наиболее простых методов получения пористых изделий, без приложения давления, является метод спекания порошка свободно насыпанного в форму (керамическую, графитовую, стальную). [2, 12, 18, 19.] Порошок засыпается в форму, подвергается встряхиванию для более равномерного распределения пористости и спекается в защитной атмосфере. Чаще всего для получения пористых изделий используются сферические порошки бронзы или меди с оловянным покрытием.

Другой вариант этого метода [20] позволяет получать бесшовные пористые трубы при соотношении длины к диаметру, равным 5. В качестве исходного сырья могут быть использованы порошки стали, бронзы, меди и т. д. Для приготовления шихты смешивают различные фракции порошка, зернистость которых определяет пористость готовых изделий. В шихту вводят 2-10% пластификатора - водного раствора карбамидформальдегидной смолы. Порошок при воздействии вибрации засыпают в колышевую полость формы и затем нагревают до температуры полимеризации смолы, что обеспечивает полуабрикату достаточную механическую прочность. Изделие извлекают из формы и помещают на оправке в печь для окончательного спекания. Спекание проводят в две стадии. На первой стадии происходит выгорание смолы, на второй - окончательное спекание. Спеченную заготовку подвергают очистке от поверхностных загрязнений, калибровке и электролитическому травлению, что обеспечивает восстановление нарушенной пористой структуры. Метод спекания свободно насыпанного порошка довольно прост, он позволяет получать изделия разнообразной формы и размеров с открытыми порами и сквозной проницаемостью. Пористость получаемых изделий обычно составляет около 40% с размером пор от 2 до 200 мкм [2.]

Однако метод свободной насыпки не обеспечивает равномерное распределение пористости по длине изделия, что соответственно не позволяет получать качественные длинномерные изделия. В процессе заполнения порошком колышевого зазора невозможно обеспечить равномерную плотность порошка по длине изделия, поскольку плотность нижних слоев порошка выше, чем верхних. Такое распределение плотности обуслов-