

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
Витебский технологический институт легкой промышленности

УДК 621.762.492

№ гос.регистрации 01.84.0 082506

Инв. № 0286. 0025461



"СОГЛАСОВАНО"

НИИПХ

Н.А.Силин

1985 г.



"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор по научной работе

В.Е.Горбачик

1985 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМОВАНИЯ
КРУГЛЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДЛИНОМЕРНЫХ
ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ СЛОЖ-
НОГО СОСТАВА

I часть

(промежуточный)

ХД №183

Начальник научно-исследовательского
сектора

И.Е.Правдивый

Зав.кафедрой ТКМ, руководитель
темы, к.т.н., доцент

С.С.Клименков

Ответственный исполнитель,
инженер

А.Н.Красновский

г.Витебск, 1985 г.

Библиотека ВГТУ



2

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

I. Руководитель х/д,

доцент, канд. тех. наук


11.01.86

С.С.Клименков

Раздел 2

2. Старший научный сотрудник

ник, доцент, канд. тех.
наук


13.01.86

Г.Р.Райхельсон

Раздел 3

3. Аспирант


13.01.86

В.И.Кулагин

Раздел 6

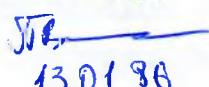
4. Старший инженер


13.01.86

В.В.Савицкий

Разделы 4,5

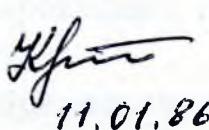
5. Инженер


13.01.86.

В.В.Петухов

Раздел I

6. Инженер


11.01.86

А.Н.Красновский

Раздел 7,
нормоконтролер

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет в 3-х частях, 285 страниц, 170 иллюстраций, 6 таблиц.

3
НЕПРЕРЫВНОЕ ФОРМОВАНИЕ, КРУГЛЫЕ ДЛИНОМЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ,
ЭКСТРУЗИЯ ВРАЩАЮЩИМСЯ ШНЕКОМ, МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОРОШОК, ЭНЕРГО-СИЛО-
ВЫЕ ПАРАМЕТРЫ.

Объектом исследования являлись процессы непрерывного формования композиционных круглых длинномерных заготовок из порошковых смесей.

Цель работы заключалась в разработке и обосновании рекомендаций по проектированию оборудования для непрерывного формования длинномерных изделий полого и сплошного сечения из металлических порошков.

Методы исследования предусматривали экспериментальное определение наиболее оптимальных параметров непрерывного формования.

Теоретически исследован процесс получения сплошных профилей с помощью шнекового экструдера. Определена кинетика перемещения низко- и непластифицированных металлических порошков под действием вращающегося шнека.

На основании теоретического анализа создана экспериментальная установка, которая состоит из гидравлического пресса, механизма прессования и пульта управления и записи показаний. Установка позволяет реализовать на ней способ мундштучного прессования, способ экструзии порошка вращающимся шнеком, а также способ формования вращающимся шнеком с одновременной подпрессовкой. Разработана технология формования изделий из высоко- и низко-пластифицированных порошковых смесей. По разработанной технологии сформованы из смеси АК-10 сплошные профили диаметром 55 мм и полые - наружным диаметром 55 мм и внутренним диаметром 35 мм. Разработаны рекомендации к проектированию промышленной установки для формования сплошных и полых длинномерных изделий.

Реализация разработанной технологии формования длинномерных изделий из металлического порошка в условиях мелкосерийного и серийного производства позволит повысить производительность труда, снизить себестоимость и капитальные затраты, обеспечить внедрение безлюдных технологических комплексов.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть I

	стр.
Введение	8
I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ФОРМОВАНИЯ ДЛИНОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК.....	9
I.1. Последовательное поперечное прессование (клиновое).....	9
I.2. Последовательное продольное прессование.....	14
I.3. Последовательное продольно-поперечное прессование..	18
I.4. Прокатка.....	27
I.5. Мундштучное прессование и экструдирование.....	46
I.6. Другие методы формования.....	83
I.7. Выводы.....	85
Ч.2.2. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМОВАНИЯ ДЛИНОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	5
2.1. Типы задач, решаемых при формировании порошков.....	5
2.2. Общие принципы математического моделирования процессов формования порошковых материалов.....	8
2.3. Некоторые вопросы теории шнековых устройств.....	15
2.3.1. Процесс выдавливания.....	15
Аналитическая постановка задачи.....	15
2.3.2. Кинематика и энергетика изотермического процесса выдавливания в условиях простого сдвига.....	18
2.3.2. Кинематика с энергетика изотермического процесса выдавливания в условиях сложного сдвига.....	24
2.3.4. Процесс уплотнения. Аналитическая постановка задачи.....	31
2.3.5. Анализ процесса уплотнения продуктов в шнековых устройствах.....	32
2.3.6. Постановка и анализ задачи расчета процесса экструзии (сплошных профилей).....	37
3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКА В КРУГЛЫЕ ДЛИНОМЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ.....	48
3.1. Описание установки ЭШ-25/50.....	48
3.2. Методика определения энергосиловых параметров формования сплошных профилей вращающимся шнеком	53
3.3. Методика определения энергосиловых параметров процесса формования сплошных профилей методом мундштучного прессования.....	57

3.4. Методика определения энергосиловых параметров формования шнеком с одновременной подпрессовкой.....	58
3.5. Методика исследования распределения давлений шихты на цилиндр шнека, выходную гильзу и торец сплошного сечения.....	61
4. ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	63
4.1. Приготовления порошковый шихты.....	63
4.2. Свойства порошков и их исследование.....	66
4.3. Методика определения насыпной плотности.....	66
4.4. Методика определения плотности после утряски.....	72
4.5. Методика определения текучести	74
4.6. Методика определения уплотняемости.....	77
4.7. Методика определения формуемости.....	81
4.8. Методика определения прочности прессовок	85
5. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЕЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	88
5.1. Подготовка шлифов	88
5.2. Прибор для исследования структуры материалов.....	89
5.3. Качественный анализ структуры материалов.....	91

Часть III.

6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРУГЛЫХ ЗАГОТОВОК СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ (ПРУТКОВ)	6
6.1. Аналитическое определение энергосиловых параметров процессов формования сплошных профилей.....	6
6.1.1. Определение энергосиловых параметров формования высокопластифицированной порошковой массы вращающимся шнеком.....	6
6.1.2. Анализ перемещения низкопластифицированной массы под действием вращающегося шнека.....	11
6.1.3. Определение энергосиловых параметров формования низкопластифицированной порошковой массы вращающимся шнеком.....	15
6.1.4. Аналитическое определение энергосиловых параметров формования сплошных профилей вращающимся шнеком с подпрессовкой.....	27
6.2. Экспериментальное исследование энергосиловых параметров процессов непрерывного формования сплошных профилей.....	29
6.2.1. Влияние геометрических параметров шнека на энергоси-	

ловые параметры процесса.....	29
6.2.2. Влияние зоны взаимодействия шнека и цилиндра на энергосиловые параметры процесса.....	38
6.2.3. Влияние конических роликов на торце шнека на энерго- силовые параметры процесса.....	43
6.2.4. Влияние торцовой винтовой нарезки на энергосиловые параметры процесса формования.....	47
6.2.5. Влияние конической насадки на торце шнека на энерго- силовые параметры процесса формования сплошных про- филей	50
6.2.6. Исследование влияния зазора между шнеком и цилинд- ром на энергосиловые параметры процесса.....	50
6.2.7. Влияние скорости вращения шнека на энергосиловые параметры процесса.....	53
6.2.8. Исследование влияния продольных канавок на внутрен- ней поверхности цилиндра на энергосиловые параметры процесса.....	61
6.2.9. Влияние поднутрения в выходном мундштуке матрицы на энергосиловые параметры процесса экструдирования сплошных профилей вращающимся шнеком.....	64
6.2.10. Исследование распределения нормальных напряжений вдоль оси шнека.....	69
6.2.11. Исследование распределения нормальных напряжений действующих по сечению сплошного профиля.....	71
6.2.12. Определение зависимости коэффициента бокового дав- ления от давления прессования.....	71
6.3. Исследование энергосиловых параметров формования сплошных профилей шнеком с одновременной подпрессов- кой в матрицу.....	73
6.3.1. Влияние скорости вращения шнека и одновременного осевого перемещения на энергосиловые параметры про- цесса.....	75
6.3.2. Исследование влияния на энергосиловые параметры про- цесса величины осевого перемещения шнека.....	75
6.3.3. Исследование энергосиловых параметров процесса фор- мования на проход, при вращении шнека с одновремен- ной подпрессовкой.....	77
6.4. Исследование влияния геометрических параметров шнека и цилиндра на производительность экструдера для фор- мования сплошных профилей из металлических порошков..	79

Выводы.....	83
7. ОПИСАНИЕ ОПЫТОВ ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРУГЛЫХ ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ.....	87
7.1. Непрерывное формование полых заготовок.....	91
7.2. Формование полых заготовок вращающимся шнеком с циклической подпрессовкой.....	96
7.3. Формование полых заготовок методом циклического прессования.....	98
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	103

Введение

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

В настоящее время для ряда областей науки и техники требуется длинномерные пористые изделия (фильтры, криогенные трубы, пористые покрытия на поверхности теплообменных аппаратов).

Для производства металлокерамических изделий используются много разных методов формообразования [1].

Эти методы разделяются:

1. По способу подачи шихты к рабочим элементам формующих устройств (установок, пресс-форм) в процессе формования - на прерывистые и непрерывистые;
2. В зависимости от температуры формования - на холодные (при комнатной температуре) и горячие (при температуре выше $T_{рек.}$);
3. По способу приложения давления - с постоянным, постепенно возрастающим и без давления.

К методам прерывистым с постепенно возрастающим давлением относятся: прессование в закрытой пресс-форме, изостатическое прессование, центробежное формование, прессование с одновременным электроискровым спеканием.

К методам прерывистым с мгновенно возрастающим давлением относятся ударное и вибрационное, электромагнитное и гидродинамическое прессование и прессование взрывом.

К методам формования, осуществляемым без приложения давления можно отнести шликерное литье, формование виброукладкой металлического порошка с последующим спеканием в матрице.

К методам непрерывным, с мгновенно возрастающим давлением относятся ударное и вибрационное выдавливание; с постоянным давлением - прокатка; с постепенно возрастающим - прессование скошенным пулансоном, мундштучное выдавливание (экструзия).

Остановимся на анализе непрерывных методов формования с постепенно возрастающим давлением, как наиболее приемлемых для производства сплошных длинномерных профилей из порошковых композиций.

I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ФОРМОВАНИЯ ДЛИНОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК

I.1. Последовательное поперечное прессование

Одним из видов последовательного формования заготовок из металлических порошков является клиновое прессование [2]. Его принципиальная схема изображена на рис. I.1. Прессование ведется в матрице 2, полость которой представляет собой прямоугольный желоб ограниченный спереди пластинкой. Пуансон 1 имеет форму прямоугольного параллелепипеда со скосом по нижней грани под некоторым углом \angle . В начальный момент прессования (рис. I.2.) передняя грань пуансона находится против внутренней грани торцовой пластиинки матрицы, порошок полностью заполняет желоб матрицы. В этом положении производится первое нажатие. При этом порошок, находящийся под горизонтальным участком пуансона спрессовывается до окончательной плотности, а часть порошка под наклонным участком пуансона приобретает какую-то неодинаковую по длине, этого участка, предварительную плотность. После нажатия пуансон поднимается в исходное положение, а матрица продвигается на определенную величину, которую можно назвать подачей. Таким образом цикл клинового прессования включает в себя: 1) движение пуансона вниз (прессование); 2) подъем пуансона; 3) прерывистое движение матрицы. Воззратное движение пуансона и прерывистое перемещение матрицы обозначены на схеме стрелками.

В результате последовательного выполнения таких циклов засыпанный порошок спрессовывается в полосу ширина которой равна ширине гнезда матрицы. Толщина же полосы будет определяться высотой засыпанного слоя порошка и величиной удельного давления. Величина давления, от которого зависит конечная плотность изделия, при клиновом прессовании определяется площадью предварительного горизонтальной части пуансона, под которой давление постоянно, площадью наклонного участка пуансона, где давление изменяется от нуля до максимальной величины, и усилием действующим на пуансон.

Клиновое прессование позволяет спрессовать ленты и полосы толщиной 12-18 мм и более [2].

На рис. I.3. показан способ и устройство для циклического прессования длинномерных изделий из порошка [3]. Способ осуществляется следующим образом. Порошок из бункера 18 попадает в рабочую зону расположенную между пуансонами 12, имеющими заходную и калибрующие части, за один оборот эксцентричных валов осуществляется последовательно