

Министерство высшего и среднего  
специального образования СССР  
ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
(ВТИЛП )

УДК 62I.762.4044.2

№ гос. регистрации ОI87.0030379

Инв. № 02880024342

УТВЕРЖДАЮ



Проректор ВТИЛП по научной  
работе

В.Е.Горбачик

1988

О Т Ч Е Т  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ПРОВЕСТИ АНАЛИЗ И РАЗРАБОТАТЬ  
ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ ГИДРО-  
ДИНАМИЧЕСКИХ МАШИН

( заключительный )

ХД - 2I6

Начальник научно-  
исследовательского сектора:

Научный руководитель работы

A handwritten signature in black ink, appearing to be "И.Е. Правдивый".

И.Е.Правдивый

Ю.В.Трубников

Библиотека ВГТУ



Отчет 273 стр.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МАШИНА, ПОРОХ, ПРЕССОВАНИЕ, РАБОЧАЯ ЖИДКОСТЬ, КАМЕРА, РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПОРШЕНЬ, ПЛОТНОСТЬ, ДАВЛЕНИЕ, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ.

В работе рассмотрен вопрос о математическом моделировании процесса прессования цилиндрических изделий из металлических порошков на гидродинамических машинах. Моделирование проведено в предположении, что давление газа в камере сгорания и давление в рабочей жидкости не зависят от расположения элементарного объема соответственно газа или жидкости и меняются только с изменением времени. При этом процессе прессование порошка рассматривается одномерным и описывается одним дифференциальным уравнением в частных производных, где независимыми переменными являются время  $t$  и радиальная лагранжева координата  $\xi$ . Это уравнение вместе с уравнениями, описывающими изменение плотности газа в камере сгорания и движение разделительного поршня, а также начальные и граничные условия образуют корректную математическую задачу, к которой применимы разностные методы.

Получен алгоритм решения задачи и написана программа на языке ФОРТРАН для реализации алгоритма при помощи ЭВМ.

Результаты работы будут применяться для более точного нахождения параметров гидродинамических машин и сокращения сроков подготовки технологической оснастки.

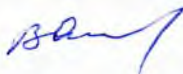
## Список исполнителей

Руководитель темы, старший научный  
сотрудник, к.ф.-м.н.



Трубников Ю.В.

Младший научный сотрудник



Силивончик В.В.

## Содержание

Перечень условных обозначений	5
Введение	6
§ 1. Изучение процесса формования однослойных цилиндрических изделий из металлических порошков	7
§ 2. Изучение процесса формования многослойных цилиндрических изделий из металлических порошков	20
Приложение	23
Литература	27

В настоящее время недостаточно изучена динамика прессования металлических порошков. Наличие большого количества экспериментальных данных не позволяет в полной мере обозреть картину зависимости плотности полученной после пресования порошковой детали от параметров, определяющих работу гидродинамической машины. Это делает необходимым проведение теоретического исследования соответствующего вопроса путем математического моделирования и решения получающихся математических задач.

Большая или меньшая точность математического моделирования будет определяться в первую очередь следующими двумя обстоятельствами:

- а) наличием априорных допущений, упрощающих рассмотрение процесса;
- б) большей или меньшей точностью принятых соотношений, определяющих состояние взаимодействующих сред.

Оба эти обстоятельства оставляют известную свободу в усовершенствовании полученной ниже модели.

### §1. Изучение процесса формирования однослойных цилиндрических изделий из металлических порошков

Для изучения процесса уплотнения порошка введем цилиндрическую систему координат  $\{r, \theta, z\}$ , ось  $Oz$  которой направим по оси цилиндрической порошковой детали. Уравнения движения сплошной среды в полярных координатах в физических компонентах с учетом отсутствия массовых сил имеют вид:

$$\begin{aligned} \rho \frac{du_1}{dt} &= \frac{\partial \sigma_1}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \tau_{12}}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial z} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{r}, \\ \rho \frac{du_2}{dt} &= \frac{\partial \tau_{12}}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \sigma_2}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial z} + \frac{2\tau_{12}}{r}, \\ \rho \frac{du_3}{dt} &= \frac{\partial \tau_{13}}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \tau_{23}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_3}{\partial z} + \frac{\tau_{13}}{r}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\rho$  - плотность порошка,  $u_i, \sigma_i, \tau_{ij}$  - соответственно физические компоненты скорости, нормальных и касательных напряжений,  $t$  - время. Индексы 1, 2, 3 соответствуют координатам  $r, \theta, z$ .

Для того, чтобы замкнуть систему (1), воспользуемся реологическими соотношениями, выражающими зависимость тензора напряжений от тензора скоростей деформации, которые возьмем, например, в виде:

## Литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. - М: "Наука", 1973 г., т. I, II.
2. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. - К: "Навукова думка", 1972 г.

Библиотека ВГТУ



0 0 2 0 7 1 6 7