

Литература

1. Керамические инструментальные материалы // Г. Г. Гнесин, И. И. Осипова, Г. Д. Ронталь и др.; под ред. Г. Г. Гнесина. – К.: Техника, 1991. – 338 с.
2. Инструментальная керамика на основе наноразмерных порошков / В. И. Румянцев, А. С. Осмаков, С. С. Орданьян и др. // Инструментальный світ. – 2010. – № 4 (48). – С 13–16.
3. Емяшев А. В. Газофазная металлургия тугоплавких соединений. – М.: Металлургия, 1987. – 207 с.
4. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСиС, 2004. – 462 с.
5. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. М.: Металлургия, 1976. – 528 с.

Поступила 19.01.12

УДК 621.762

Е. А. Левашов, акад. РАЕН¹, **А. А. Зайцев**¹, **В. В. Курбаткина**¹, кандидаты технических наук; **С. И. Рупасов**¹, **П. А. Логинов**¹; **В. Н. Шуменко**, канд. техн. наук, **В. А. Андреев**², канд. физ.-мат. наук

¹ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский автономный технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

²ЗАО «Кермет», г. Москва, Россия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ

Проанализирована модель процесса уплотнения связующего материала с абразивными частицами.

Ключевые слова: связка, абразивные частицы, канатная пила.



Рис. 1. Общий вид канатной пилы

Одним из видов применяемых для резки инструментов является канатная пила, изображенная на с режущими элементами перлинами (рис. 1).

Перлины изготовляют с использованием методов порошковой металлургии. К материалу связки, режущему зерну и его режущим кромкам предъявляются определенные требования.

Общий вид перлины после прессования показан на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид перлины после прессования

Состав связки и режимы прессования во многом определяют технологию изготовления инструмента.

Цель работы – рассчитать зависимости процесса брикетирования.

К основным процессам изготовления компактных ДУ-связок относится брикетирование. Во время брикетирования навеску порошка/гранул помещают в пресс-форму, после чего прикладывается давление, в результате чего уплотняется порошок. Степень уплотнения порошка определяется приложенной нагрузкой, а также свойствами порошка/гранул. После брикетирования оптимальная пористость прессовки должна составлять 40–50 % (т. е. прессовка должна получиться довольно прочной). Такая остаточная пористость необходима для отгонки связующего на этапе девоксации; при большей пористости в брикете образуется система замкнутых пор, затрудняющая отгонку связующего. Именно поэтому с позиций технологии важно знать зависимость остаточной пористости прессовки от приложенного давления. Другими словами, необходимо построить регрессионную зависимость.

В простейшем виде задача аппроксимации формулируется следующим образом. Пусть в результате эксперимента в точках X_1, X_2, \dots, X_n найдены значения y_1, y_2, \dots, y_n некоторой неизвестной функции $y = f(x)$, а также задан определенный класс функций $L = \{\phi(x; \theta)\}$, где $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$ – вектор произвольных параметров. Для функции $y = f(x)$ необходимо выбрать функцию $\phi(x; \theta)$ из класса L , в некотором смысле близкую $f(x)$. В зависимости от выбора класса функции L , а также критерия близости функций можно построить различные алгоритмы аппроксимации, позволяющие решать различные практические задачи. Одной из простейших задач аппроксимации является задача интерполяции, для которой функции $f(x)$ и $\phi(x; \theta)$ считаются «близкими», если

$$f(x_j) = \phi(x_j; \theta), j = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

т. е. $f(x_j)$ и $\phi(x_j; \theta)$ совпадают в точках $x_j, j = 1, 2, \dots, N$.

Точки x_j обычно называют узлами интерполяции. Эта задача возникает в тех случаях, когда известно, что ошибки эксперимента настолько малы, что ими можно пренебречь. Если ошибки в экспериментальных данных существенны, в качестве критерия близости функций можно взять сумму квадратов (2)

$$\Phi(\theta) = \sum (y_j - \phi(x_j; \theta))^2 \Rightarrow \min. \quad (2)$$

Соответствующий метод аппроксимации называют методом наименьших квадратов.

В случае нелинейной формы корреляционной связи обычно используют уравнение второго порядка вида

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (3)$$

Составим сумму квадратов невязок по всем узловым точкам и потребуем минимизации квадратичного функционала:

$$S(a, b, c) = \sum (a + bx_i + cx_i^2 - Y_i)^2 \Rightarrow \min. \quad (4)$$

Условие минимизации функционала $S(a, b, c)$

$$\begin{cases} a \cdot n + b \cdot \sum X_i + c \cdot \sum X_i^2 = \sum Y_i \\ a \cdot \sum X_i + b \cdot \sum X_i^2 + c \cdot \sum X_i^3 = \sum Y_i \cdot X_i \\ a \cdot \sum X_i^2 + b \cdot \sum X_i^3 + c \cdot \sum X_i^4 = \sum Y_i^2 \cdot X_i \end{cases} \quad (5)$$

Решение системы (5) относительно a, b, c обеспечивает оптимальное расположение регрессионной линии в поле точек.

Экспериментальные зависимости пористости от давления прессования исходного порошка [25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni, а также дисперсно-упрочненных наночастицами WC и ZrO₂ гранул показаны на рис. 3.

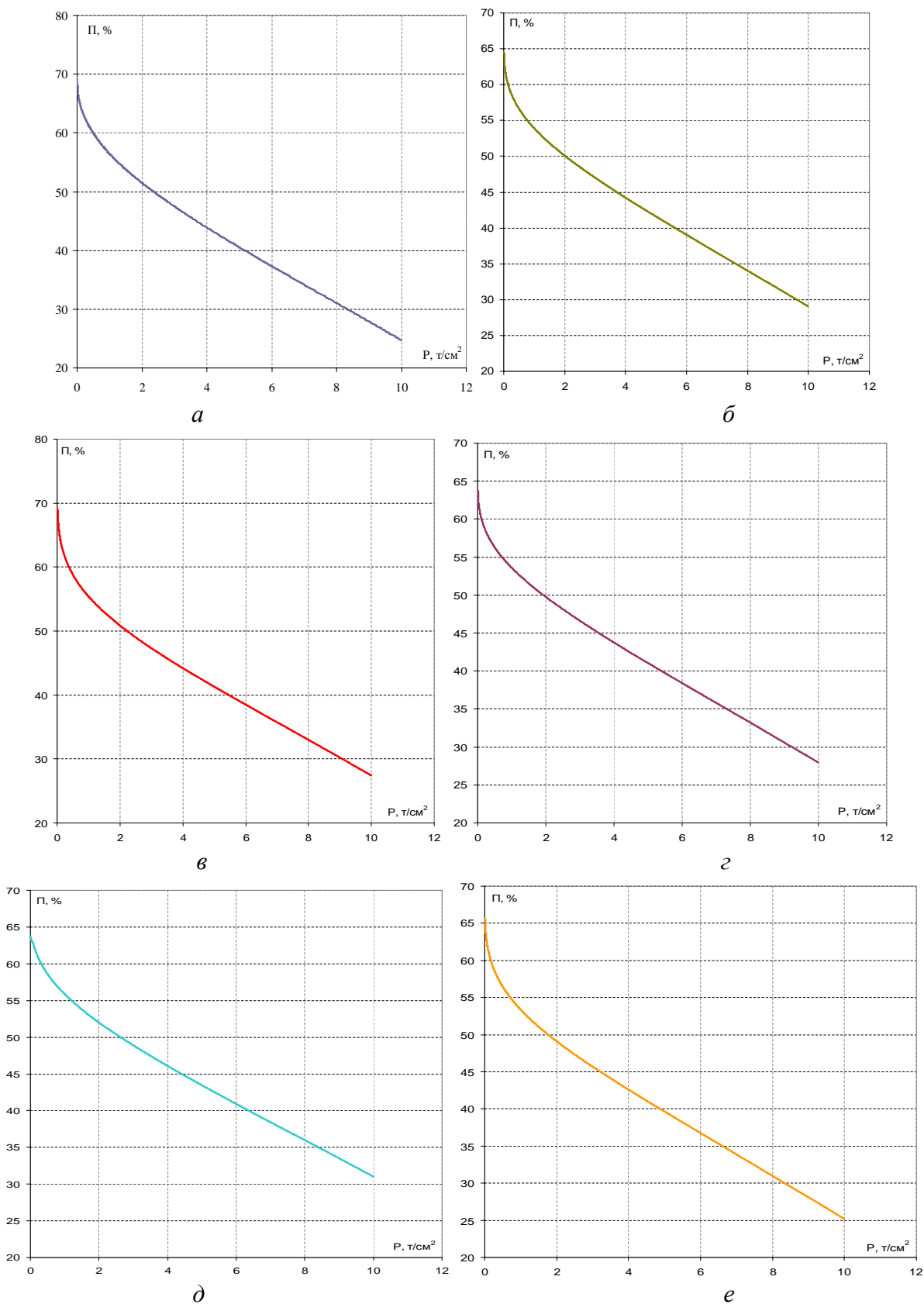


Рис. 3. Зависимости пористости от давления прессования для смесей а – [25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni; б – [25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni, 3 мин МППИ; в – [25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni, 6 мин МППИ; г – [[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+5,3%WC, 3 мин МППИ; д – [[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+1,3% ZrO2 3 мин МППИ; е – [[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+5,3% WC, 6 мин МППИ

Из результатов анализа показанных на рис. 3 зависимостей следует, что процесс уплотнения можно разбить на два характерных участка зависимости пористости от давления – линейный и нелинейный. Зависимость $\Pi = f(P)$ переходит от нелинейной к линейной при давлении прессования 3,4–4,0 т/см²

Криволинейный участок зависимости $\Pi = f(P)$ описывается уравнением вида

$$\Pi = a + bP + cP^2 \quad (6)$$

Для определения коэффициентов регрессии a, b, c в системе неравенств (5) составили специальную программу в *Microsoft Excel*.

Регрессионные зависимости пористости от давления прессования сведены в таблице.

Регрессионные зависимости пористости от давления прессования

Состав	Регрессионное уравнение
[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni	$\Pi = 1,29P^2 - 11,54P + 69,28$ при $P \leq 4$ т/см ² $\Pi = 56,46 - 3,18P$, при $P > 4$ т/см ²
[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni 3 мин МПП1	$\Pi = 1,09P^2 - 9,44P + 64,50$ при $P \leq 4$ т/см ² $\Pi = 54,18 - 2,52P$, при $P > 4$ т/см ²
[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni 6 мин МПП1	$\Pi = 1,71P^2 - 12,78P + 69,18$ при $P \leq 3,63$ т/см ² $\Pi = 55,20 - 2,78P$, при $P > 3,63$ т/см ²
[[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+5,3% WC 3 мин МПП1	$\Pi = 1,27P^2 - 9,68P + 63,64$ при $P \leq 3,42$ т/см ² $\Pi = 54,20 - 2,63P$, при $P > 3,42$ т/см ²
[[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+1,3% ZrO ₂ 3 мин МПП1	$\Pi = 0,96P^2 - 8,35P + 64,68$ при $P \leq 3,71$ т/см ² $\Pi = 56,02 - 2,50P$, при $P > 3,71$ т/см ²
[[25% Co+25% Fe+50% Cu] +30% Ni]+5,3% WC 6 мин МПП1	$\Pi = 1,77P^2 - 12,16P + 65,65$ при $P \leq 3,27$ т/см ² $\Pi = 54,09 - 2,83P$, при $P > 3,27$ т/см ²



Рис. 9. Общий вид перлины после работы в канатной пиле

Общий вид перлины после работы в качестве элемента режущего инструмента показана на рис. 9.

Проаналізовано модель процесу ущільнення зв'язувального матеріалу з абразивними частинками.

Ключові слова: зв'язка, абразивні частинки, канатна пила.

The model of the compaction process during compaction binder with abrasive particles.

Key words: ligament, abrasives, rope saws.

Литература

1. Diamond Tools in Metal Bonds Dispersion Strengthened with Nanosized Particles for Cutting Highly Reinforced Concrete / A. A. Zaitsev, D. A. Sidorenko, E. A. Levashov, et al. // J. of Superhard Mat. – 2010. – 32. – N. 6. – P. 423–431.
2. Пат. 2432247 РФ, МПК В24 D003/06, В82 В001/00. Связка на основе меди для изготовления алмазного инструмента / Е. А. Левашов, В. А. Андреев, В. В. Курбаткина и др. – Заявл. 01. 03. 2010; Опубл. 27.10.2011, Бюл. № 30.

Поступила 12.06.12