

Применение битума технологично, поскольку не требуется операции приклеивания. Оптимальная толщина битумного слоя колеблется в пределах 1,5—3 мм. Дальнейшее повышение толщины почти не влияет на характеристики затухания. Использование остальных демпфирующих материалов требует подбора специальных клеев, которые должны иметь хорошие адгезионные свойства как с материалом конструкции, так и с демпфиром. Изучаемый принцип может применяться и для демпфирования крутильных колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дитаранто Р., Блесингейл В. Затухание колебаний трехслойных балок // Тр. АН Арм. ин-та тех. Конструирования и технологии машиностроения.—1967.—№ 1.—С. 35—43.
2. Берг С., Ушакис Л., Крикян В. Демпфирование в слоистых балках с упругими телами, податливыми по отношению к сдвигу // Там же.—1967.—№ 1.—С. 19—25.
3. Гусев Н. Е. Демпфирование резонансных колебаний в конструкциях с упругими телами // Там же.—1967.—№ 1.—С. 43—55.
4. Саркисян Г. М., Свобян Е. А., Султанян Г. А. Принцип демпфирования изгибных колебаний трехслойных балок в строительных конструкциях // Промышленность, строительство и архитектура Армении.—1988.—№ 9.—С. 62—64.
5. Норин Ю. Н. Виброметрия.—М.: Машиностроиздат, 1967.—460 с.

АрмСХИ

15.11.89

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLV, № 1—2, 1992, с. 24—30

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 621.762.621.771.8

С. Г. АГБАЛЯН, С. А. АСИЛА, А. С. АРУТЮНЯН

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРУЗИИ МОНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследованы процессы компактирования порошковых материалов на основе жидкой экструзии, выбраны оптимальные параметры экструзии (температура, продолжительность нагрева, коэффициент вытяжки, исходная пористость заготовки и угол матрицы), обеспечивающие беспористую структуру. По оптимальным параметрам экструзии получены опытные партии деталей из порошков стали 40Х и изучены их механические свойства. Выявлено, что свойства экструдированных порошковых сталей не уступают стандартным, а в некоторых случаях превосходят их.

Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

Տար արտադրան միջոցով ուղղմանարվել է կրկանի հիմքով փոշեկույթերի խտացման գործընթացը: Ընտրվել են արտադրան օպտիմալ պարամետրերը (չեղման ժամանակահատված, տաքացման ջերմաստիճանը, ելակալան ծանրությունը և մատրիցի անկյունը): Բացի այդ, ուսումնասիրվում են անծակողմեն կառուցվածքի ստացումը:

Եւր արտադրման պարբերականութեան պարզապէս 40% մակնիշի փոշիներէնց պատ-
 ասովի 11 փորձնական մեքենաներ և ուսումնասիրողի նրանց մեխանիկական հատկու-
 թիւնէր. Չափողի է. որ փոշիներէնց տար արտադրումով ստացված պողպատները իրենց
 հատկութիւններով լին զիւնով ստանդարտային պողպատների հատկութիւններին և եւս յիշակ
 որոշ փոքրիկ չեղանշում են նրանց.

Одним из основополагающих направлений в порошковой металлургии является создание материалов и изделий с беспористой структурой. Пористость, являясь концентратором напряжений, резко снижает физико-механические свойства и износостойкость материала, вызывает ускоренную коррозию.

Теория и практика порошковой металлургии показывают, что наиболее компактирование металлических порошков может быть достигнуто поэтапно: 1) предварительное формование их в пористую заготовку, со спеканием или без него; 2) горячая обработка пористой заготовки давлением (формование и уплотнение до $\theta \rightarrow 0\%$) [1, 2]. К весьма перспективным методам формирования, обеспечивающим получение беспористых материалов и изделий, относится экструзия. В процессе экструзии пористых материалов наблюдается изменение не только формы тела, но и его объема, что вносит определенную особенность в характер формоизменения и силовой режим по сравнению с деформацией монолитных металлов и сплавов.

Целью работы является исследование процессов компактирования порошковых материалов методом экструзии, выбор оптимальных режимов и геометрических параметров матрицы, обеспечивающих беспористую структуру. Для этой цели принята технология, включающая формование заготовок, нагрев и экструзию. В качестве исходного материала брали железный порошок ПЖРВ. Основными факторами, влияющими на процесс экструзии, являются: T — температура, C ; τ — продолжительность нагрева, мин; λ — коэффициент вытяжки; θ_0 — исходная пористость; α — угол матрицы. Оптимизацию их осуществляли математическими методами планирования эксперимента [3, 4]. В качестве параметра оптимизации брали остаточную пористость экструдированных заготовок.

По результатам предварительных экспериментов выбраны математические модели типов

$$\theta_1 = c_1 \left(\frac{T}{100} \right)^{b_1} \tau^{b_2} \lambda^{b_3}, \quad (1)$$

$$\theta_2 = c_2 \lambda^{b_4} \theta_0^{b_5} \alpha^{b_6}. \quad (2)$$

где θ_1 , θ_2 — остаточные пористости экструдированных заготовок, %; c_1 , c_2 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5 , b_6 — неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Прологарифмировав уравнения (1) и (2), получим

$$\bar{y}_1 = b_{01} + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3, \quad (3)$$

$$\bar{y}_2 = b_{02} + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6, \quad (4)$$

где $\bar{y}_1$, $\bar{y}_2$, b_{01} , b_{02} , x_1 , ..., x_6 — логарифмические выражения.

Для решения (3) и (4) реализован полный факторный эксперимент 2^3 . Определены уровни и интервалы варьирования факторов, а также их кодированные значения. По матрицам планирования и результатам экспериментов найдены неизвестные параметры моделей (1) и (2):

$$\hat{b}_1 = e^{5,830} \left(\frac{T}{100} \right)^{-1,449} \tau^{-0,185} \lambda^{-0,975}, \quad (5)$$

$$\hat{b}_2 = e^{1,275} \lambda^{-0,890} b_{\text{исх}}^{0,032} \alpha^{0,018}. \quad (6)$$

Построчные дисперсии опытов S_i^2 (дисперсии для каждого опыта) в каждой точке факторного пространства определяли по формуле [4]

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{f}, \quad (7)$$

где y_i — результат i -го дубля (поворота) опыта в центре плана, $\bar{y}_i$ — среднее арифметическое значение всех n дублей центрального опыта, $f = (n - 1)$ — число степеней свободы (n — число повторов каждого опыта).

По результатам расчета дисперсии опытов проверяли однородность ряда дисперсий по критериям Кохрена [4], для чего находили значения G -критерия

$$G_{\text{расч}} = \frac{S_{i_{\text{max}}}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (8)$$

где $S_{i_{\text{max}}}^2$ — наибольшая в ряду дисперсия, которую сравнивают со значением G -критерия, взятым из таблицы [4] в зависимости от уровня значимости α (принимая $\alpha = 0,05$), числа степеней свободы и числа опытов N .

Ряд дисперсий считается однородным, если

$$G_{\text{расч}} < G_{\text{табл}}. \quad (9)$$

В нашем случае для модели (5) $\sum_{i=1}^N S_i^2 = 0,3172$, $S_{i_{\text{max}}}^2 = 0,0512$, а

для модели (6) — $\sum_{i=1}^N S_i^2 = 0,6906$, $S_{i_{\text{max}}}^2 = 0,1458$. Тогда по формуле

(8) для модели (5): $G_{\text{расч}} = 0,167$, а для модели (6) — $G_{\text{расч}} = 0,211$. При $\alpha = 0,05$, число степеней свободы $f = n - 1 = 1$ и число опытов $N = 9$ табличное значение $G_{\text{табл}} = 0,640$ [4]. Поскольку выполняется условие (9), то ряд дисперсий однородный.

В связи с тем, что дублирование опытов было равномерным, то адекватность принятой модели (5) и (6) оценивается по формуле [4]

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{n}{N-m} \sum_{i=1}^N (y_{ii} - \bar{y}_i)^2, \quad (10)$$

где m — число членов аппроксимируемого полинома, включая свободный член ($m=4$). Из полученных данных имеем: для модели (5) —

$$\sum_{j=1}^N (y_{1j} - \bar{y}_1)^2 = 0,2572, \quad (11)$$

$$S_{\text{ад}}^2 = 0,10288; \quad (12)$$

для модели (5) —

$$\sum_{j=1}^N (y_{1j} - \bar{y}_1)^2 = 0,5286, \quad (13)$$

$$S_{\text{ад}}^2 = 0,21144. \quad (14)$$

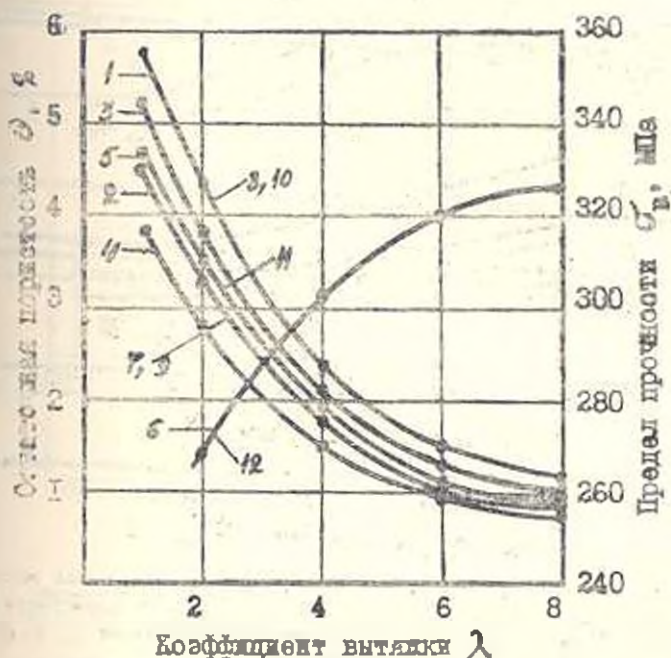


Рис. 1. Зависимость остаточной пористости и предела прочности от коэффициента вытяжки: 1-6 — $\theta_{\text{нск}} = 25\%$; $\alpha = 45^\circ$; 7-12 — $T_1 = 1100^\circ\text{C}$, $\tau_1 = 45$ мин; 1 — $T_2 = 950^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 20$ мин; 2 — $T_2 = 1120^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 20$ мин; 3 — $T_2 = 950^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 80$ мин; 4 — $T_2 = 1150^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 80$ мин; 5 — $T_2 = 1050^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 50$ мин; 6 — $T_2 = 1080^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 45$ мин; 7 — $\theta_{\text{нск}} = 15\%$; $\alpha = 30^\circ$; 8 — $\theta_{\text{нск}} = 35\%$; $\alpha = 30^\circ$; 9 — $\theta_{\text{нск}} = 15\%$; $\alpha = 50^\circ$; 10 — $\theta_{\text{нск}} = 35\%$; $\alpha = 50^\circ$; 11 — $\theta_{\text{нск}} = 25\%$; $\alpha = 35^\circ$; 12 — $\theta_{\text{нск}} = 25\%$; $\alpha = 45^\circ$.

Так как $S_{\text{ад}}^2 > S_{\text{в}}^2$ (для модели (5) $S^2 = \frac{\sum S_j^2}{N} = 0,0341$, для модели (6) $S_{\text{ср}}^2 = \frac{\sum S_j^2}{N} = 0,0767$), то адекватность модели (5) и (6) проверяем по критерию F (критерий Фишера):

$$F_{расч} = \frac{S_{\theta}^2}{S_{\epsilon}^2} = 3,017 \text{ и } 2,757. \quad (15)$$

При уровне значимости $\alpha = 0,05$, числе степеней свободы $f_{\theta} = N - m = 5$ и $f_{\epsilon} = N(n - 1) = 9$ табличное значение $F_{табл} = 3,480$ [4]. Поскольку $F_{расч} < F_{табл}$, гипотезы об адекватности модели (5) и (6) при 5%-ном уровне значимости не отвергаются.

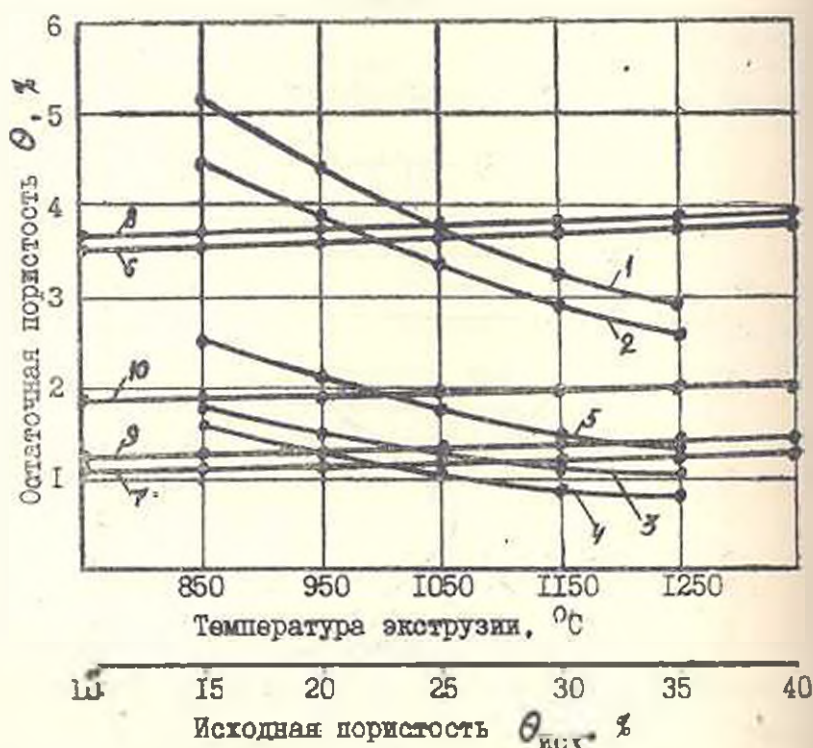


Рис. 2. Зависимость остаточной пористости экструдированных заготовок от температуры экструзии (кривые 1–5) и исходной пористости (кривые 6–10): 1–5 — $\theta_{исх} = 25\%$, $\alpha = 45^\circ$; 6–10 — $T_{\epsilon} = 1100^\circ\text{C}$, $\tau_{\epsilon} = 45$ мин; 1 — $\tau_{\epsilon} = 20$ мин, $\lambda = 2$; 2 — $\tau_{\epsilon} = 80$ мин, $\lambda = 2$; 3 — $\tau_{\epsilon} = 20$ мин, $\lambda = 6$; 4 — $\tau_{\epsilon} = 80$ мин, $\lambda = 6$; 5 — $\tau_{\epsilon} = 50$ мин, $\lambda = 4$; 6 — $\lambda = 2$, $\alpha = 30^\circ$; 7 — $\lambda = 6$, $\alpha = 30^\circ$; 8 — $\lambda = 2$, $\alpha = 60^\circ$; 9 — $\lambda = 6$, $\alpha = 60^\circ$; 10 — $\lambda = 4$, $\alpha = 45^\circ$.

Анализ моделей (5) и (6) показал, что пористость экструдированных образцов находится в прямой зависимости от основных факторов (T_{ϵ} , τ_{ϵ} , λ , $\theta_{исх}$, α). Как и следовало ожидать, большое влияние оказывает коэффициент вытяжки (λ), затем следует температура экструзии (T_{ϵ}), продолжительность нагрева (τ_{ϵ}), исходная пористость заготовки ($\theta_{исх}$) и угол матрицы (α).

На рис. 1–3 приведены графические зависимости математических моделей (5) и (6), анализ которых позволил выбрать в качестве оптимальных параметров: $\lambda = 5 \dots 8$, $T_{\epsilon} = 1050 \dots 1150^\circ\text{C}$, $\tau_{\epsilon} = 3 \dots 60$ мин, $\theta_{исх} = 20 \dots 25\%$, $\alpha = 4^\circ \dots 60^\circ$.

Выбор $\lambda=5...8$ объясняется еще и тем, что именно при этих значениях обеспечиваются высокие прочностные свойства ($\sigma_b > 312-338$ МПа). Это хорошо видно из кривых 6 и 12 (рис. 1). Высокий предел прочности экструдированного материала объясняется минимальной остаточной пористостью ($0 < 1,2\%$).

Как видно из рис. 1-3, при повышенных значениях параметров экструзии ($\lambda > 8$, $T_s > 1150^\circ\text{C}$, $\tau_s > 60$ мин, $\eta_{\text{исх}} > 25\%$, $\alpha > 60^\circ$) не обеспечивается беспористая структура, поэтому верхний предел параметров брали: $\lambda = 8$, $T_s = 1150^\circ\text{C}$, $\tau_s = 60$ мин, $\eta_{\text{исх}} = 25\%$, $\alpha = 60^\circ$.

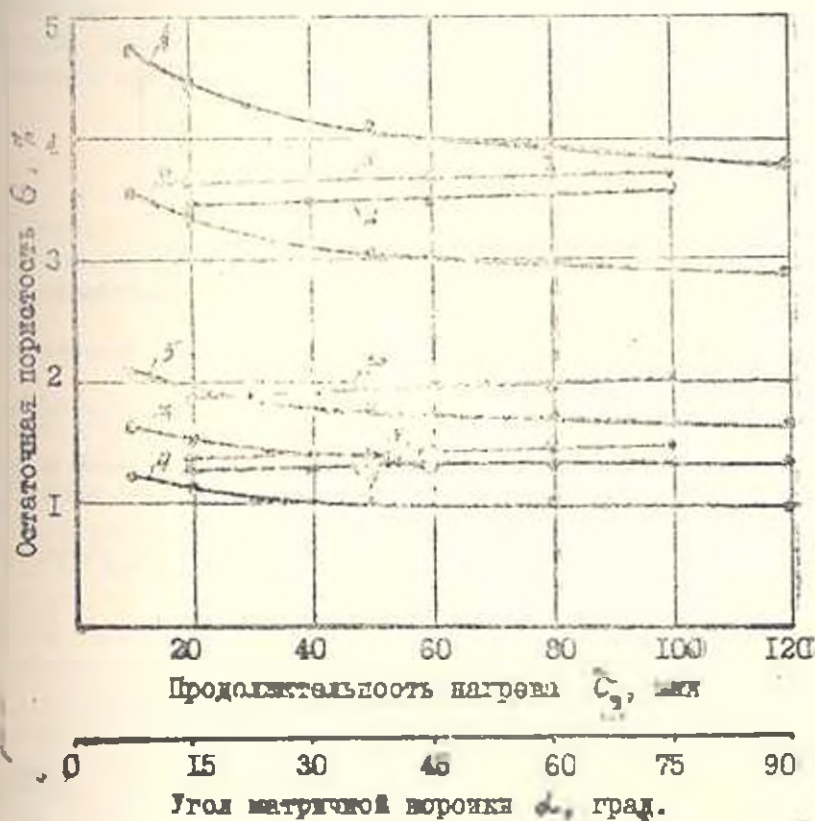


Рис. 3. Зависимость остаточной пористости экструдированных заготовок от продолжительности нагрева экструзии (кривые 1-5) и угла матрицы (кривые 6-10): 1-5 - $\eta_{\text{исх}} = 25\%$, $\alpha = 45^\circ$; 6-10 - $T_s = 1100^\circ\text{C}$, $\tau_s = 45$ мин; 1 - $T_s = 950^\circ\text{C}$, $\lambda = 2$; 2 - $T_s = 1150^\circ\text{C}$, $\lambda = 2$; 3 - $T_s = 950^\circ\text{C}$, $\lambda = 6$; 4 - $T_s = 1150^\circ\text{C}$, $\lambda = 6$; 5 - $T_s = 1050^\circ\text{C}$, $\lambda = 4$; 6 - $\lambda = 2$, $\eta_{\text{исх}} = 15\%$; 7 - $\lambda = 6$, $\eta_{\text{исх}} = 15\%$; 8 - $\lambda = 2$, $\eta_{\text{исх}} = 35\%$; 9 - $\lambda = 6$, $\eta_{\text{исх}} = 35\%$; 10 - $\lambda = 4$, $\eta_{\text{исх}} = 25\%$.

По оптимальным параметрам экструзии изготовлены опытные партии деталей из порошков стали 40X и изучены их механические свойства (табл.). Для сравнения приведены механические свойства литых и горячепрессованных порошковых сталей. Как видим, свойства экструдированных порошковых сталей и стандартных примерно равны.

тогда как свойства горячепрессованных сталей несколько ниже, что связано с остаточной пористостью.

Таблица

Механические свойства конструкционных легированных сталей (стандартных [5] и порошковых)

Марка стали	$\sigma_{0.2}$ МПа	$\sigma_{0.2}$ МПа	δ_5 %	δ_5 %	КС, кДж/м ²	НВ МПа	Тер. обработки
Стандартные: 40Х (ГОСТ 4543-71)	850	1000	10	45	600	217— 269	Закалка — 860°C в масле, отпуск — 500°C в воде или в масле
Порошковые: П40Х (горячепрес- сованные, $\eta_0 = 4-5\%$)	534	741	8	38	50	201— 210	
П40Х (экструдиро- ванные, $\eta_0 = 12\%$)	800 820	1000 1050	10—12	42—45	550 620	220 261	

ЛИТЕРАТУРА

1. Маврукин Н. В. Технологии порошковой металлургии. — Ереван: Айтастан, 1986. — 232 с.
2. Павлов В. А., Кипарисов С. С., Шербина В. Я. Обработка давлением порошковых цветных металлов. — М.: Металлургия, 1977. — 176 с.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976. — 279 с.
4. Пивник Ф. С., Арсов Я. Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. — М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. — 304 с.
5. Журавлева В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали: Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981. — 391 с.

ЕрНИИ

7.11.1991

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLV, № 1-2, 1992, с. 30—35.

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.1.001.24

ДЖАГАРА ДИБАН ИБРАГИМ

ТЕОРЕМА ТЕЛЛЕДЖЕНА, ПРИМЕНИТЕЛЬНАЯ К ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

Впервые доказывалась применимость теоремы Телледжена к электроэнергетическим системам и получена её необходимая форма.

Полученная теория проверена численным примером.

Из 2, Библиогр.: 3 назв.

Առաջին անգամ ապացուցվում է Քելվինի թեորեմի կիրառելիությունը էլեկտրաէներգետիկական համակարգի համար և ստացվում է նրա անհրաժեշտ սահման կառուցված տեսությանը ստուգված է բխյուն օրինակով: