

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГАРЯЧОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПОРИСТИХ ЗАГОТОВОК З ПОРОШКІВ ТИТАНУ, МІДІ, АЛЮМІНІЮ ПРИ ОТРИМАННІ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

При різних схемах напружено-здеформованого стану визначено оптимальні технологічні параметри й умови гарячої деформації пористих заготовок з порошків титану, міді й алюмінію. Вони забезпечують виготовлення безпористого матеріалу з найкращим комплексом властивостей міцності та пластичності на рівні литого zdeформованого металу та вище.

Ключові слова: гаряча деформація, оптимізація, порошкова заготовка, інтенсивність деформацій зсуву, щільність, структура, механічні властивості.

Технологія процесів гарячої деформації є одним з перспективних напрямів у галузі конструкційних матеріалів та виробів із заданим рівнем механічних та експлуатаційних властивостей. Тому дослідження і встановлення параметрів термомеханічного режиму, закономірностей формування структури та механічних властивостей при виробництві деталей є важливою науковою та практичною проблемою.

Метою роботи є дослідження процесів гарячої деформації пористих заготовок з порошків титану, міді, алюмінію та оптимізація їх параметрів.

Вплив гарячої деформації на структуру та властивості порошкових металів (титан ПТЕС-1, ПТЕК-1, ТГ-ТВ, мідь ПМС-1, алюміній ПА-2) досліджували в умовах всебічного рівномірного (штампування в закритому штампі) та нерівномірного (штампування з елементами витікання та видавлювання) стиску. Заготовки різної щільності ($\theta_0 = 70 - 90 \%$) отримували холодним двохстороннім пресуванням. Гарячу деформацію здійснювали на кривошипному пресі КА2330. Процеси осцилографували. Для аналізу закономірностей деформації використовували метод координатних сіток, які наносили на меридональний переріз заготовок. Інтенсивність деформацій зсуву Γ_i та деформацію зсуву γ_{fz} визначали відповідно методиці [1].

Рівень кінцевої щільності в об'ємі формованої заготовки залежить від інтенсивності деформацій зсуву, котра для даних металів є величиною постійною і залежить від щільності заготовок, схеми і ступеня деформації. При штампуванні у закритому штампі найбільш zdeформованою та ущільненою є центральна частина заготовки, а пори концентруються в приконтактних зонах утрудненої деформації. Середня відносна щільність виробів складає 98,0–98,5 %. Схе-

ма напружень на заключній стадії процесу максимально наближується до всебічного рівномірного стиску, що перешкоджає зростанню величини Γ_i та відповідній їй кінцевій щільності. Штампування з елементами витікання та видавлювання протікають за схемою всебічного нерівномірного стиску, що забезпечує подальше зростання інтенсивності деформацій зсуву та ступеня ущільнення ($\theta_0 = 99,8 - 100 \%$). Безпористий стан металу при деформації заготовок різної щільності досягається при визначених значеннях Γ_i (таблиця 1).

Таблиця 1 – Величина інтенсивності деформацій зсуву, що забезпечує отримання безпористого металу

Щільність заготовок $\theta_0, \%$	70	75	80	85	90
$\Gamma_i(\theta_0)$	2,93	2,82	2,71	2,59	2,47

Задані величини Γ_i та максимальна кінцева щільність виробів забезпечується при встановлених оптимальних параметрах деформації (рис. 1): температура 900–950 °С для титану та міді; 500–550 °С – алюмінію; ступінь деформації на першій стадії процесу (осадка) – на рівні технологічної пластичності [2], а саме $\epsilon_0 = 35 - 52 \%$ (ПТЕС-1, ПТЕК-1), 45–56 % (ПМС-1), 42–54 % (ПА-2) – при закритому штампуванні; коефіцієнт витікання $K_{вум} = 9$ (титан), 7 (мідь), 5,5 (алюміній) – при штампуванні з елементами витікання; коефіцієнт витяжки $\mu = 14$ (титан), 9 (мідь), 6 (алюміній) – при видавлюванні.

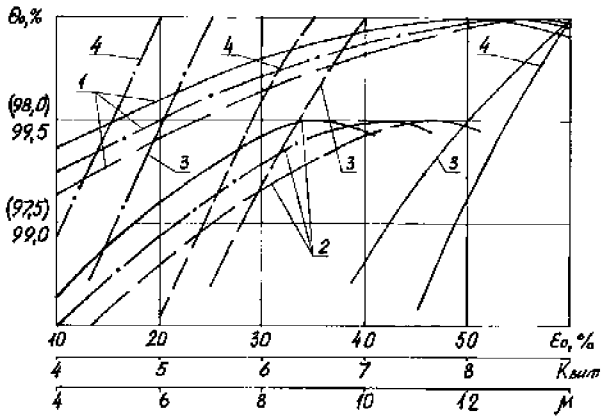


Рис. 1.

Для досягнення однакової кінцевої щільності металу процеси деформації за схемою всебічного рівномірного стиску, порівняно з нерівномірним, протікають при більшому тиску (рис. 2). Штампування в закритому штампі з максимально допустимою деформацією при осадці на рівні технологічної пластичності за схемою всебічного нерівномірного стис-

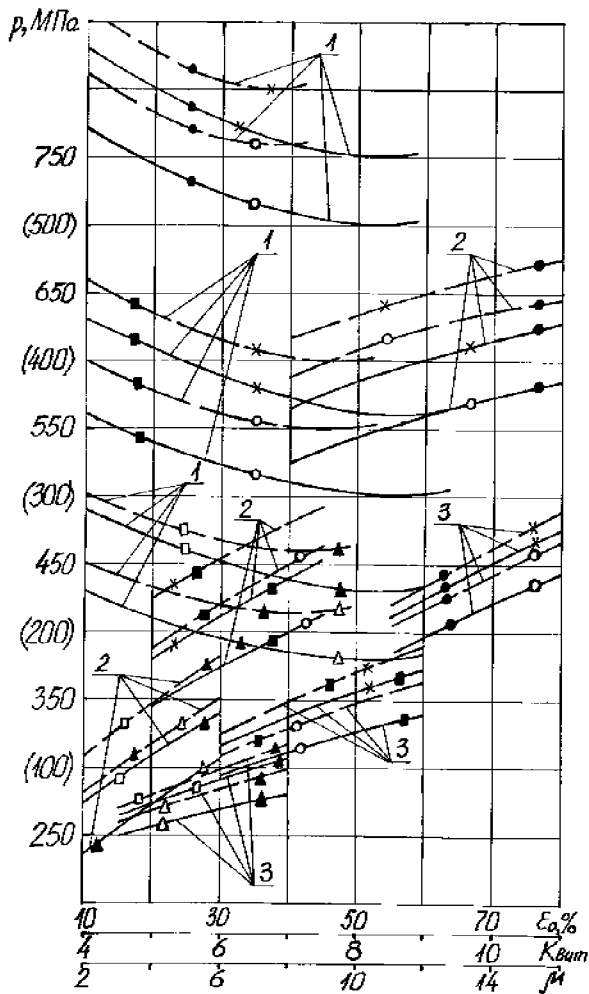


Рис. 2.

ку, порівняно з рівномірним, протікає при мінімальному тиску. Подальше зменшення тиску забезпечується при штампуванні з елементами витікання та при видавлюванні. Максимальну щільність матеріалів при встановлених оптимальних деформації і температурі забезпечує тиск 700–800 МПа (титан), 500–600 МПа (мідь) і 380–460 МПа (алюміній) – при штампуванні в закритому штампі, 560–650 МПа (титан), 400–480 МПа (мідь) і 290–365 МПа (алюміній) – при штампуванні з елементами витікання, 220–260 МПа (титан), 120–160 МПа (мідь) і 70–95 МПа (алюміній) – при видавлюванні.

Встановлено, що щільність, яка досягається – не єдиний критерій, що визначає формування структури і властивостей металу. В залежності від схеми напружено-деформованого стану при однаковій кінцевій щільності порошкового металу змінюються характеристики викривлення пігулки координатної сітки, мікроструктура, пластичні властивості і, особливо, ударна в'язкість (КСУ). Досягнення визначеного рівня Γ_i і відповідної щільності відбувається без (або з малими значеннями) деформації зсуву γ_{rZ} – при всебічному рівномірному стиску, із зростанням γ_{rZ} – при всебічному нерівномірному стиску (рис. 3). Аналіз фрактограм зламу зразків після деформації показав, що при всебічному рівномірному стиску на границях зерен утворюються скупчення оксидних плівок. Кількість ділянок крихкого міжзеренного зламу в зразках зменшується при переході від рівномірного до нерівномірного стиску, який сприяє більш регулярному розподілу оксидних плівок в об'ємі металу із зростанням кількості зон їх розриву та підсиленню дифузії

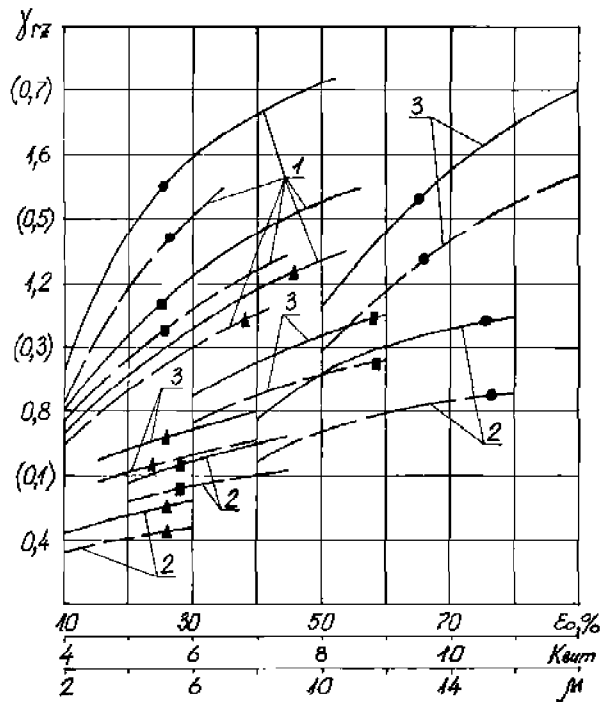


Рис. 3.

у процесі деформації. При цьому рівень пластичних властивостей і ударної в'язкості змінюється в широкому діапазоні, наприклад,

$\delta = 28 - 42\%$, $\psi = 40 - 57\%$, $KCU = 750 - 1900 \text{ кДж/м}^2$ для порошкового титану ПТЕС-1, ПТЕК-1. Більш високі пластичні властивості, особливо ударну в'язкість порошкового титану, при рівні міцності $\sigma_B = 400 - 440 \text{ МПа}$, забезпечує всемірний нерівномірний стиск (видавлювання і штамповка з елементами витікання): $\delta = 40 - 42\%$ і $32 - 35\%$, $\psi = 54 - 57\%$ і $42 - 47\%$, $KCU = 1750 - 1900 \text{ кДж/м}^2$ і $1200 - 1330 \text{ кДж/м}^2$ відповідно, або сполучення всебічного рівномірного з наступним нерівномірним стиском (штампування в закритому штампі та видавлювання): $\delta = 32 - 36\%$, $\psi = 44 - 48\%$,

$KCU = 1400 - 1540 \text{ кДж/м}^2$ порівняно з рівномірним (штампування в закритому штампі): $\delta = 28 - 32\%$, $\psi = 40 - 45\%$,

$KCU = 750 - 850 \text{ кДж/м}^2$. Ударна в'язкість – важли-

віший показник при встановленні відповідності властивостей виробів умовам експлуатації. Вона визначається рівнем деформації зсуву (рис. 4, 5).

Враховуючи, що незалежно від схеми або ряду схем деформації при однакових $\Gamma_i(\gamma_{rz})$ отримані ідентичні щільність, структура і рівень властивостей матеріалів, оптимальною деформацією, що визначає параметри побудови технологічної схеми виготовлення виробів з необхідними властивостями, прийнята $\Gamma_i(\gamma_{rz})$. Деформація $\Gamma_i(\gamma_{rz}) \geq \Gamma_i(\theta)(\gamma_{rz} \geq \gamma_{rz}(X))$ забезпечує отримання безпористого матеріалу з найкращим комплексом властивостей міцності і пластичності на рівні литого здеформованого металу і вище нього. Значення $\gamma_{rz}(X)$, які визначають вплив схеми деформації та виду матеріалу на величину деформації зсуву, наведено в таблиці 2.

Отже, в результаті проведених досліджень визначено оптимальні параметри термомеханічного режиму та умови гарячої деформації пористих заготовок з порошоків титану, міді й алюмінію при різних схемах напружено-здеформованого стану.

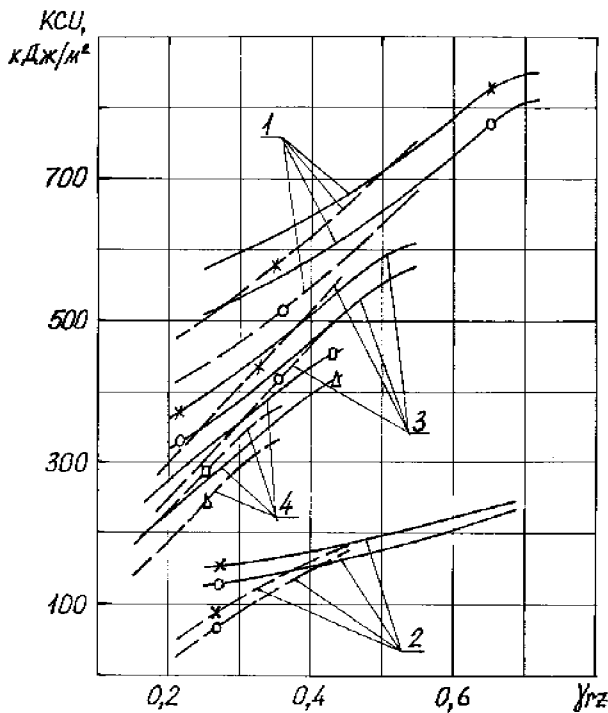


Рис. 4.

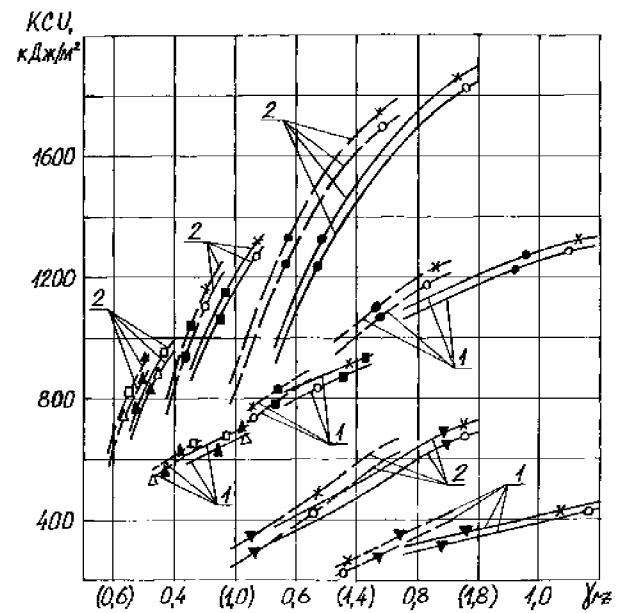


Рис. 5.

Таблиця 2 – Величина деформації зсуву, що забезпечує максимальний рівень механічних властивостей порошкового металу

Схема деформації	$\gamma_{rz}(X)$		
	титан	мідь	алюміній
Штампування в закритому штампі	0,72	0,55	0,45
Штампування з елементами витікання	1,10	0,72	0,52
Видавлювання	1,80	1,10	0,80

Список літератури

1. Павлов В. А. Исследование горячей деформации и уплотнения порошковых металлов / В. А. Павлов, М. И. Носенко // Порошковая металлургия. – 1988. – № 1. – С. 1–6.

2. Изменение деформационных характеристик порошковых заготовок из порошков титана, меди и алюминия / [Павлов В. А., Носенко М. И., Попов Б. В., и др.] // Порошковая металлургия. – 1987. – № 9. – С. 20–24.

Одержано 13.12.2010

Носенко М.И., Павлов В.А. Оптимизация процессов горячей деформации пористых заготовок из порошков титана, меди, алюминия при получении деталей конструкционного назначения

При различных схемах напряженно-деформированного состояния определены оптимальные технологические параметры и условия горячей деформации пористых заготовок из порошков титана, меди, алюминия, обеспечивающие получение безпористого материала с наилучшим комплексом прочностных и пластических свойств на уровне и выше, чем у литого деформированного металла.

Ключевые слова: горячая деформация, оптимизация, порошковая заготовка, деформация сдвига, плотность, структура, механические свойства.

Nosenko M., Pavlov V. Optimization of titanium, copper and aluminum powders porous billets hot deformation during machine parts producing

The optimal technical parameters and conditions for hot strain of porous billets made of titanium, copper and aluminum powder are determined for various patterns of stressed-strength state. They provide production of non-porous material with the best complex of strength and plastic properties similar or higher then those of cast deformed metal.

Key words: hot deformation, optimization, powder billet, intensity of shear strain, shear strain, density, structure, mechanical properties.
