

УДК 621.7.014.2

І. О. Сивак, д. т. н., проф.;

І. Ю. Кириця;

Н. В. Нікітіна

ОЦІНКА ЗДЕФОРМУВАНОСТІ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕСАХ ХОЛОДНОГО ЗВОРОТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Виконано теоретичні та експериментальні дослідження процесу зворотного видавлювання з гідростатичним підпором та без нього. Встановлено, що використання гідростатичного підпору дозволяє не тільки зменшити ступінь використаного ресурсу пластичності, а й отримати рівномірніший його розподіл.

Вступ

Технологічні процеси холодного пластичного деформування широко використовуються на машино- і приладобудівних заводах, в електро- і радіотехнічній промисловості, а також в інших галузях народного господарства. Однак можливості холодного пластичного деформування способом видавлювання використовуються ще недостатньо. Причиною є те, що традиційно проектуючи процеси обробки металів тиском, увагу приділяють визначенню енергосилових параметрів [1, 2, 3, 4] та забезпеченню геометричної точності заготовок [5, 6]. Це не дозволяє оцінити граничне формозмінення і технологічну спадковість готових виробів та зробити кількісну оцінку пошкодженості zdeформованого металу. Авторами пропонується уточнений метод оцінки zdeформовуваності заготовок в процесах холодного пластичного формозмінення.

Як впливає з робіт [7, 8], одна з основних проблем під час реалізації процесу зворотного видавлювання полягає у значній неоднорідності розподілу пластичних деформацій та використаного ресурсу пластичності по об'єму zdeформованої заготовки, що значно підвищує ймовірність появи браку, обумовленого зародженням мікротріщин. Для усунення цих недоліків авторами пропонується використання гідростатичного підпору в процесах зворотного видавлювання заготовок типу «Стакан».

Проведення дослідження

В роботі виконані експериментальні дослідження впливу умов контактної тертя та гідростатичного підпору на розподіл деформацій та інтенсивність накопичення пошкоджень в процесі зворотного видавлювання. Видавлювання проводилось за двома схемами: без гідропідпору (рис. 1а) і за запропонованою нами новою схемою — з гідропідпором, захищеною деклараційним патентом [9] (рис. 1б).

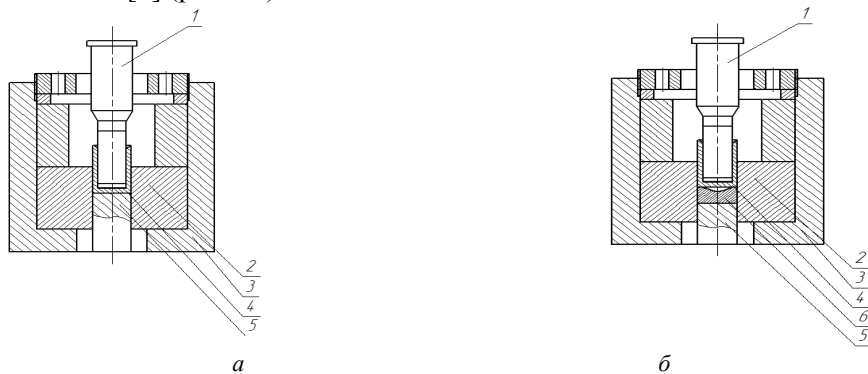


Рис. 1. Схема видавлювання:
а — без гідропідпору, б — з гідропідпором

Експериментальний пристрій, схема якого показана на рис. 1б, складається з контейнера 3, в якому встановлено матрицю 2. Щоб реалізувати гідростатичний підпор, а також створити умови рідинного тертя кільцевої проточки вкладиша 6 наповнюють консистентним мастилом марки «Літол—24». Кругла плоска заготовка 4 встановлюється на заплечики вкладиша (у схемі з гідропідпором). Як змащувальна речовина, у схемах видавлювання без гідропідпору та з використанням гідростатичного підпору, використовується «Укринол 5/5». Зверху на заготовку тисне пуансон 1. В зазор між пуансоном 1 і матрицею 2 видавлюється метал. Протипуансон 5 служить для видалення готового виробу із зони видавлювання. В роботі використані заготовки з алюмінієвого сплаву АД0. Досліди проводились на заготовках, для яких відношення діаметра D до вихідної товщини t_0 значно перевищувало значення D/t_0 , з яким починається нестационарна стадія видавлювання.

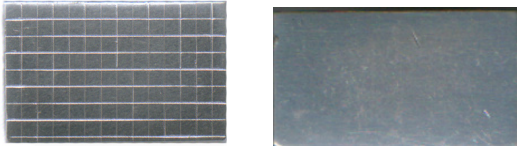


Рис. 2. Заготовка з нанесеною ділильною сіткою

Для дослідження кінематики процесу зворотного видавлювання на меридіональний переріз вихідних заготовок наносили ділильну сітку (рис. 2) кроком 2 мм за допомогою координатно-розточного верстата з числовим програмним керуванням. Оскільки внаслідок розрізання по меридіональному перерізу заготовки ставали б меншими в діаметрі, і кожен заготовку попередньо треба

було б осаджували в контейнері, а це спричинило би додаткові деформації і напруження, було запропоновано використовувати складені заготовки, тобто одна половинка з однієї заготовки, а друга з іншої. Причому на одну половинку сітка наносилась, а на іншу ні (рис. 2). Безпосередньо перед дослідом заготовки піддавались відпалу. Умови відпалу для АД0: нагрівання до 500 °С і витримання протягом 1 години, потім охолодження разом з піччю. Видавлювання проводили поетапно.

Елементи здеформованої сітки заміряли на інструментальному мікроскопі. Поле деформацій розраховували за допомогою прийомів, запропонованих І. П. Ренне [10].

Фотографії здеформованих заготовок показані на рис. 3, 4.

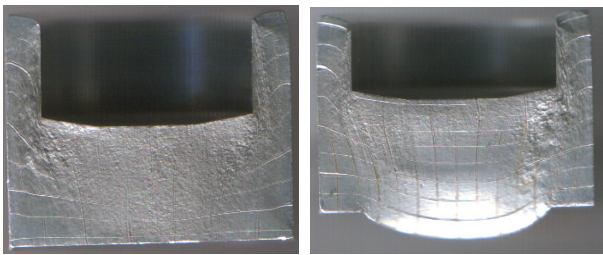


Рис. 3. Фотографії здеформованих заготовок з АД0 (проміжна стадія): а – схема без гідропідпору, б — схема з гідропідпором

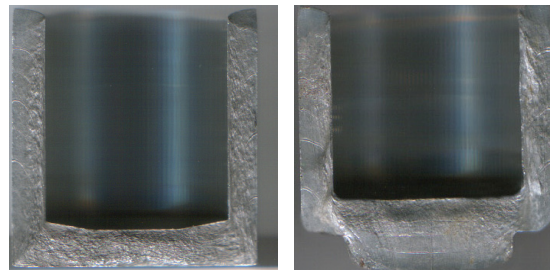


Рис. 4. Фотографії здеформованих заготовок з АД0 — кінцева стадія: а — схема без гідропідпору, б — схема з гідропідпором

В таблиці 1 наведені результати вимірювання силових параметрів в процесі видавлювання.

Таблиця 1

Результати вимірювання силових параметрів в процесі видавлювання циліндричних виробів із АД0

Схема видавлювання без гідропідпору	Проміжна стадія	Кінцева стадія
Глибина вдавлення, мм	5,5	12,22
Зусилля видавлювання, кН	130	148
Схема видавлювання з гідропідпором	Проміжна стадія	Кінцева стадія
Глибина вдавлення, мм	4,8	12
Зусилля видавлювання, кН	102	118,4

Отримані результати у вигляді ізоліній $e_u = \text{const}$ показані на рис. 5.

З аналізу отриманих результатів випливає, що використання гідростатичного підпору значно поліпшує однорідність розподілу накопиченої деформації по об'єму видавлюваної заготовки. Якщо у звичайному видавлюванні має місце значний градієнт деформацій в області контакту і, особливо, в

області контакту пуансона з заготовкою, то за наявності гідростатичного підпору $grad e_u$ зменшується майже в 4,0...5,0 разів.

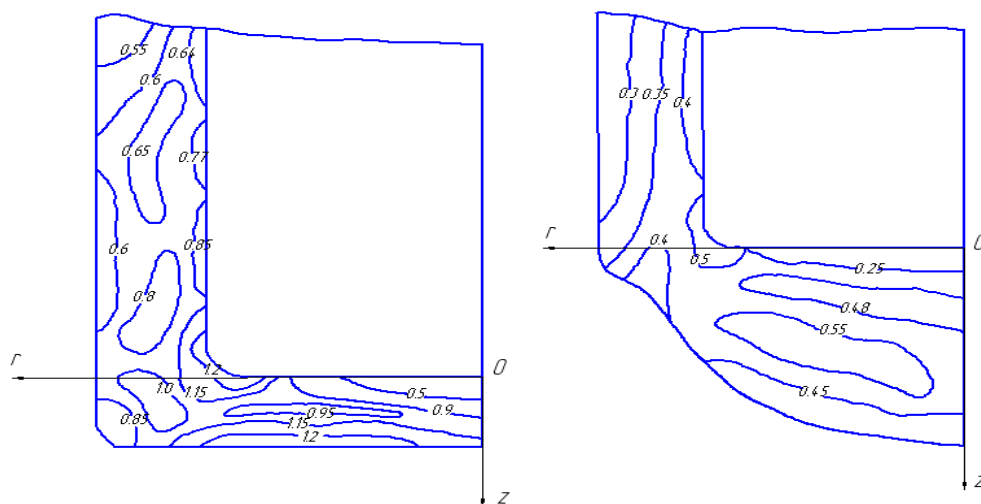


Рис. 5. Ізолінії накопиченої деформації алюмінієвих зразків АД0:
а — схема без гідропідпору, б — схема з гідропідпором

На якість і технологічну спадковість деталей машин, отриманих методом обробки металів тиском, суттєво впливає рівень та закон розподілу використаного ресурсу пластичності ψ по об'єму здеформованої заготовки.

Для оцінки здеформованості заготовок в процесі зворотного видавлювання необхідно мати інформацію про напружено-деформований стан та закон його зміни в процесі формозмінення у пластичній області. Тому, авторами розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення напружено-деформованого стану [11, 12]. При цьому використано роботи Г. Д. Деся та В. А. Огороднікова [13, 14].

В подальшому інформацію про напружено-деформований стан використовували для розрахунку показників напруженого стану та використаного ресурсу пластичності циліндричних виробів з глухим отвором у зворотному видавлюванні з урахуванням та без урахування гідростатичного підпору.

Спочатку розраховувався параметр Надаї-Лоде

$$\mu_{\sigma} = \frac{2S_2 - S_1 - S_3}{S_1 - S_3}, \tag{1}$$

де S_1, S_2, S_3 — компоненти девіатора напружень.

Далі визначався показник напруженого стану за формулою

$$\eta = \frac{\sigma_p + \sigma_{\theta} + \sigma_z}{\sigma_u}, \tag{2}$$

де $\sigma_p, \sigma_{\theta}, \sigma_z$ — компоненти тензора напружень; σ_u — інтенсивність напружень.

Результати розрахунків напружено-деформованого стану були використані для оцінки значень використаного ресурсу пластичності Ψ , який визначили за формулою

$$\Psi = \int_0^{e_u} \frac{de_u}{e_p(\eta, \mu_{\sigma})}, \tag{3}$$

де $e_p(\eta, \mu_{\sigma}) = 1,1 \exp(0,42\mu_{\sigma} - 0,51\eta)$ — поверхня граничних деформацій для АД0 і шляхи деформування небезпечних областей у зворотному видавлюванні циліндричних виробів з глухим отвором (рис. б).

Найнебезпечнішими, з точки зору руйнування, виявились точки, які знаходяться в зоні максимальних пластичних деформацій $z = 0, r = 10$ і 14 мм.

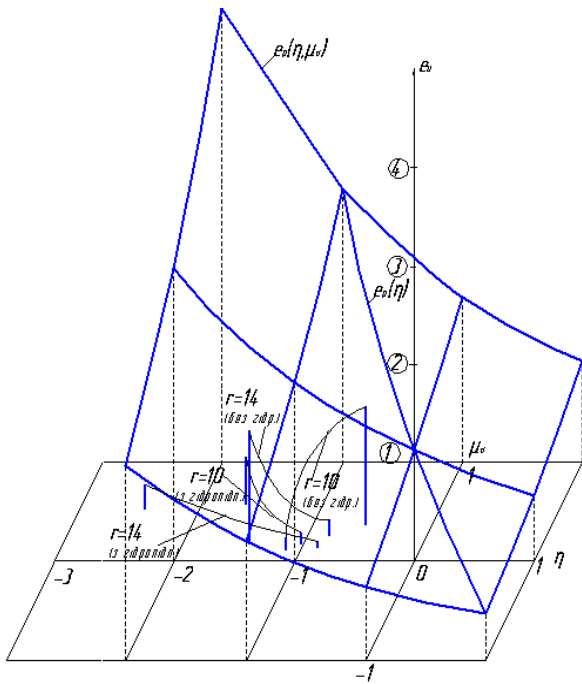


Рис. 6. Поверхня граничних деформацій АД0 і шляхи деформування небезпечних областей

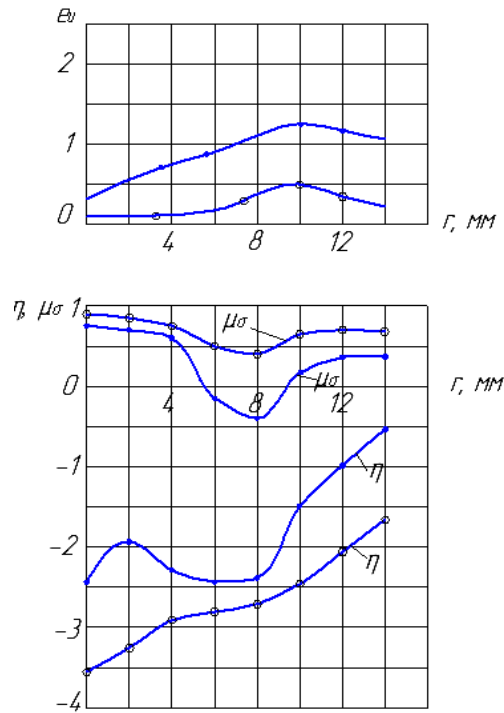


Рис. 7. Зміна інтенсивності деформацій та показників напруженого стану по радіусу заготовки АД0 для $Z = 0$:
 ● — видавлювання за схемою а,
 ○ — видавлювання за схемою б.

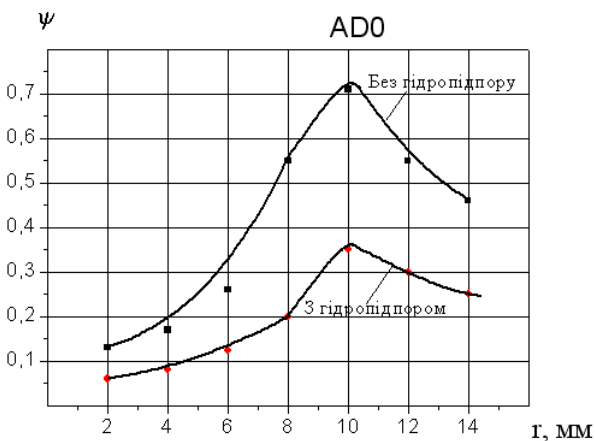


Рис. 8. Зміна використаного ресурсу пластичності по радіусу r заготовки АД0 для $Z = 0$

На рис. 7, 8 показані закони зміни інтенсивності деформацій, показників напруженого стану η і μ_σ та використаного ресурсу пластичності Ψ по радіусу заготовки в небезпечній області коли $z = 0$. З аналізу отриманих результатів випливає, що найбільша інтенсивність накопичення пошкоджень має місце в областях максимальної нерівномірності пластичних деформацій (рис. 5). Використання гідростатичного підпору дозволило не тільки зменшити ступінь використання ресурсу пластичності, а також отримати рівномірніший його розподіл (рис. 8).

Висновки

1. Отримано розподіл накопиченої деформації по меридіальному перерізу заготовки для зворотного видавлювання без гідропідпору та за схемою з використанням гідростатичного підпору.
2. Для достовірнішої оцінки здеформовуваності металів при об'ємному напруженому стані, який має місце в процесі зворотного видавлювання, удосконалено метод оцінювання здеформовуваності за рахунок використання поверхні граничних деформацій замість діаграм пластичності.
3. Встановлено, що використання гідростатичного підпору за запропонованою схемою зворотного видавлювання, у порівнянні зі схемою без гідропідпору, дозволило не тільки зменшити ступінь використаного ресурсу пластичності, а й отримати рівномірніший його розподіл.
4. Результати дослідження здеформовуваності заготовок в процесі зворотного видавлювання, представлених у вигляді шляхів деформування в небезпечних областях, дозволяють рекомендувати моделювання вказаного процесу для інших матеріалів з відомою діаграмою пластичності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчинников А. Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. — М.: Машиностроение, 1983. — 200 с.
2. Смирнов-Аляев Г. А. Механические основы пластической обработки металлов. — Л.: Машиностроение, 1968. — 271 с.
3. Евстратов В. А. Теория обработки металлов давлением. — Харьков: Высшая школа, 1981. — 248 с.
4. Мартиросян Ф. А. Определение поля напряжений и размеров очага пластических деформаций при обратном выдавливании // Изв. ВУЗов. Машиностроение. — 1966. — № 10. — С. 147—154.
5. Антонюк Ф. И., Ланской Е. Н. Точность холодной объемной штамповки, выполняемой на кривошипных прессах с упорами и без упоров // КШП.ОМД. — 2003. — № 11. — С. 18—24.
6. Антонюк Ф. И., Ланской Е. Н. Точность холодной объемной штамповки, выполняемой на кривошипных прессах с упорами и без упоров // КШП.ОМД. — 2004. — № 1. — С. 19—29.
7. А. с. № 173107 СССР, МКИ В2715/12. Способ выдавливания металлических изделий / Ю. П. Можейко, Н. К. Розенталь. — № 807016/25 —27; Оpubл. 07.12.62, Бюл. № 18. — 2 с.
8. А. с. № 677800 СССР, МКИ В21J13/02. Штамп для выдавливания полых деталей / М. И. Поксеваткин, М. А. Седешев (СССР). — № 2541392/25—27; Заявлено 09.11.77; Оpubл. 05.08.79, Бюл. № 29. — 2 с.
9. Пат. 14662 А Україна, МПК⁷ В 21 J 13/02. Штамп для холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів типу стакан / Огородников В. А., Сивак І. О., Кириця І. Ю. — № 11932; Заявл. 12.12.2005; Оpubл. 15.05.2006., Бюл. № 5. — 2 с.
10. Ренне И. П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки. — Тула: ТПИ, 1970. — 146 с.
11. Сивак І. О., Нікітіна І. Ю. (Кириця І. Ю.) Деформовність заготовок в процесі оберненого видавлювання // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2004. — № 6. — С. 70—73.
12. Нікітіна І. Ю. (Кириця І. Ю.) Напружений стан при оберненому видавлюванні циліндричних заготовок // XXXIII наук.-техн. конференція проф.-виклад. складу, співробітників та студентів університету з участю працівників наук.-дослід. орг. та інженерно-техн. працівників підприємств м. Вінниці та області, присвяченої 80-річчю професора І. В. Кузьміна. Вінниця, 21 — 24 березня. 2004 р. — Вінниця, 2004. — С. 140.
13. Дель Г. Д. Технологическая механика. — М.: Машиностроение, 1978. — 174 с.
14. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении. — К.: УМК ВО, 1989. — 152 с.

Рекомендована кафедрою технології та автоматизації машинобудування

Надійшла до редакції 17.12.07
Рекомендована до друку 25.12.07

Сивак Іван Онуфрійович — завідувач кафедри технології та автоматизації машинобудування, **Кириця Інна Юрійвна** — асистент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, **Нікітіна Наталія Василівна** — старший викладач кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва.

Вінницький національний технічний університет