

**Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»**

Кафедра ОМТ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
"Технологія гарячого штампування"
для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка,
освітньої програми "Обладнання та технології пластичного
формування конструкцій машинобудування"
всіх форм навчання**

Запоріжжя 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Технологія гарячого штампування" для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітньої програми «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання /Укл.: Бень А.М., Єпішкін О.В. - Запоріжжя, 2024. - 32 с.

Укладач: А.М. Бень, ст. викл.
О.В. Єпішкін, асист.

Рецензент: В.В. Широкобоков, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск: О.В. Єпішкін, асист.

Затверджено
на засіданні кафедри ОМТ
протокол № 8 від 26.06.2024

Рекомендовано до видання
НМК машинобудівного факультету
протокол № 1 від 27.08.2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота №1 Дослідження процесу осаджування циліндричних заготовок на гладких бойках	5
Лабораторна робота №2 Дослідження процесу прошивання отворів .	10
2.1 Дослідження процесу відкритого прошивання глухих отворів	12
2.2 Дослідження процесу закритого прошивання глухих отворів.....	13
Лабораторна робота №3 Дослідження формування та силового режиму процесу відкритого об'ємного гарячого штампування.....	16
Лабораторна робота №4 Особливості штампування на молоті подовжених в плані поковок	20
Лабораторна робота №5 Дослідження процесу пресування суцільних та порожнистих профілів	25
5.1 Пресування суцільних профілів	28
5.2 Пресування порожнистих профілів	30
Перелік посилань.....	32

ВСТУП

Кування і гаряче штампування ведеться на обладнанні різних типів, тому в курсі вивчаються розділи: кування на молотах і ковальських гідравлічних пресах, штампування на штампувальних молотах, кривошипних гарячештампувальних, гідравлічних і гвинтових пресах, а також на горизонтально-кувальних і спеціальних машинах. Загальним для більшості операцій кування і гарячого штампування є:

- об'ємний напружений стан;
- переважання знеміцнювальних процесів, зумовлених рекристалізацією і поверненням, над зміцнюючими.

Накопичений досвід з технології кування і гарячого штампування дуже великий за обсягом і вивчення всіх або більшості існуючих типових процесів практично не представляється можливим. Пропоновані лабораторні роботи найбільш повно характеризують особливості напружено-деформованого стану та технологічні особливості операцій кування і гарячого штампування.

У лабораторних умовах моделювання процесів можливо за допомогою заготовок зі свинцю, механічні характеристики якого при нормальних температурах в лабораторії $t = 20...25^{\circ}\text{C}$ близькі до відповідних показників стали в інтервалі кувальних температур.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК НА ГЛАДКИХ БОЙКАХ

Мета роботи. Визначення залежності питомого зусилля деформування і характеру формозміни при осаджуванні циліндричних заготовок на гладких бойках від відношення висоти до діаметру і умов контактного тертя.

Матеріали, інструмент, обладнання. Циліндричні свинцеві зразки діаметром $d=30$ мм і висотою: $h_1=40$ мм – 6 шт., $h_2=60$ мм – 6 шт., $h_3=90$ мм – 6 шт.; підкладні плитки: $\varnothing d=80$ мм, $h=10$ мм з різною чистотою обробки контактних поверхонь (Ra 20; 0,25; 0,01); штангенциркуль; солідол; ацетон; універсальна випробувальна машина УИМ-50.

Теоретичні відомості. Осаджуванням називають технологічну операцію, за допомогою якої зменшують висоту заготовки з одночасним збільшенням її поперечних розмірів. У технологічних процесах кування осаджування застосовується як основна і як попередня операція. Як основна, вона застосовується для отримання форми поковки (наприклад, при куванні дисків), а як попередня (проміжне осаджування) – у багатьох випадках:

- для збільшення укову (коли в процесі кування коефіцієнт укову невеликий і не вдається ліквідувати литу структуру);
- для зменшення анізотропії механічних властивостей (наприклад, при всебічному осаджуванні штампових кубиків);
- для зменшення глибини прошивання;
- для забезпечення відповідного розташування волокон в майбутній деталі (наприклад, в деталях типу шестерень, коли радіальне розташування волокон забезпечує підвищену міцність зубів).

В процесі осаджування циліндрична заготовка приймає бочкоподібний вигляд (рис. 1.1). Це пов'язано з наявністю сил контактного тертя, внаслідок чого має місце яскраво виражена нерівномірність деформації (рис. 1.2), в зоні I - найменша, в зоні III - проміжна, в зоні II - найбільша.

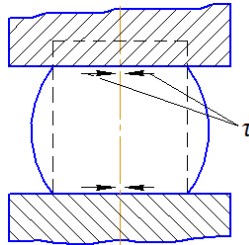


Рисунок 1.1 – Схема дії сил контактного тертя при осаджуванні заготовки

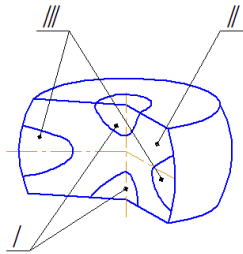


Рисунок 1.2 – Нерівномірність деформації при осаджуванні заготовки

При осаджуванні має місце неоднорідна деформація. Це зумовлюється так званою природною неоднорідністю, яка полягає в тому, що зсувні процеси (ковзання, двійникування) відбуваються не за всіма атомними площинами, а тільки за вибірковими і на відстані тисяч міжатомних проміжків. У реальних процесах кування до природної неоднорідності деформації додається неоднорідність, викликана контактними силами тертя, спрямованими проти плинку металу, в результаті чого деформація стає нерівномірною і в геометричному відношенні. Нерівномірність деформації викликається ще і наявністю зерен різної величини, а також присутністю в металі різних домішок. В результаті деформація локалізується в мікро- і макроскопічних об'ємах, з'являються рівно направлені потоки металу; процес осаджування стає складним і неоднорідним навіть в межах окремих зон, на які поділяється об'єм металу при деформації. Сили контактного тертя збільшують необхідну деформуючу силу, тому від величини контактного тертя залежить не тільки форма зразка після осаджування, але і питоме зусилля деформування (а отже, і зусилля осаджування). Вплив сил тертя на опір деформації, в свою чергу,

залежить від співвідношення геометричних розмірів, тому дуже важливим є вибір вихідних розмірів заготовки. Крім того, невірно обрані співвідношення геометричних розмірів осаджуваної заготовки можуть привести до втрати її стійкості і появи поздовжнього вигину, виправлення якого представляє певні труднощі. У зв'язку з цим в цехових умовах осаджуванню зазвичай підлягають заготовки висотою $h \leq 2,5d$.

З викладеного випливає, що, правильно вибравши відповідні розміри вихідної заготовки і зменшуючи вплив сил контактного тертя (за рахунок застосування мастила, підвищення чистоти обробки інструмента), можна досягти більш рівномірного розподілу напружень по висоті заготовки та зниження питомого зусилля деформування (а отже, і зусилля осаджування).

Порядок проведення роботи. Дев'ять моделей (по три кожного типорозміру) почергово осаджують на універсальній випробувальній машині УИМ-50. Осаджування кожного зразка виконують між підкладними знежиреними плитами з різною чистотою обробки за декілька обтиснень до висоти 8...10 мм. Величину одного обтиснення потрібно обирати однаковою в межах 5...10 мм. В процесі проведення випробувань кожного разу фіксують зусилля осаджування (за силоміром) і штангенциркулем вимірюють висоту зразка.

Після кожного обтиснення визначити:

а) абсолютну деформацію, мм:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (1.1);$$

б) приведений діаметр зразка, мм:

$$d_i = \frac{d_0 \sqrt{h_0}}{h_i} \quad (1.2);$$

в) площу поперечного перерізу зразка, м²:

$$F_i = \frac{F_0 \cdot h_0}{h_i} \quad (1.3);$$

г) питоме зусилля деформування, МПа:

$$p = P_{oc} / F_i \quad (1.4);$$

Зміст звіту. Заповнити табл. 1.1.

За результатами, наведеними в табл. 1.1, побудувати графіки залежності питомого зусилля деформування від:

- відношення висоти до діаметру зразка $q = f\left(\frac{h}{d}\right)$;
- величини абсолютного обтиснення $q = f(\Delta h)$.

Проаналізувати отримані результати дослідів і розрахунків, порівняти і зробити висновки.

Контрольні питання

1. В яких випадках застосовують осаджування?
2. Чому при вільному осаджуванні циліндричних зразків утворюється бочка?
3. Як впливають величини h/d і Δh , а також чистота обробки контактних поверхонь на питоме зусилля деформування q і зусилля осадки $P_{ос}$?
4. При яких відношеннях h/d вихідної заготовки і в якій степені деформації спостерігається поява поздовжнього вигину?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОШИВАННЯ ОТВОРІВ

Теоретичні відомості. Прошивання - це ковальська операція, за допомогою якої отримують в заготовках отвори. Прошивання буває відкритим і закритим (рис. 2.1, 2.2). При відкритому прошиванні бічна поверхня заготовки є вільною, вихідна форма заготовки викривляється: висота h зменшується (заготовка осаджується), зовнішній діаметр d нерівномірно збільшується, при закритому - заготовка укладена в матрицю, що визначає її зовнішній діаметр після прошивання, відбувається збільшення висоти заготовки при постійному діаметрі, що дорівнює діаметру матриці.

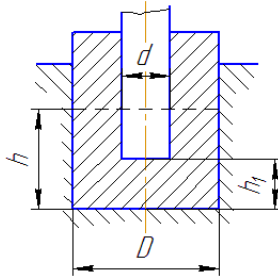


Рисунок 2.1 – Схема відкритого прошивання

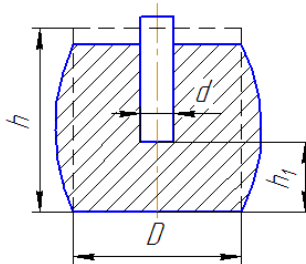


Рисунок 2.2 – Схема закритого прошивання

Форма заготовки при відкритому прошиванні має тим більше викривлення, чим менше відношення вихідного діаметру до діаметра прошивня (D/d). При $D/d < 2$ викривлення настільки значне, що

відкрите прошивання зазвичай застосовують тільки при відношеннях $D/d > 2$.

При закритому прошиванні висота заготовки збільшується тим більше, чим менше відношення D/d . Висота заготовки після закритого прошивання легко може бути визначена за умовою постійності об'єму. Закрите прошивання на практиці застосовують зазвичай при $D/d < 2$.

Формозміна при відкритому прошиванні — вельми складний процес: в початковій стадії відбувається деяке осаджування, яке супроводжується її роздачею, потім при визначеній товщині донної частини за рахунок зворотного видавлювання можливий ріст висоти. При звично застосовуваному відношенні $D/d = 2 \dots 5$ поблизу поверхні пуансона утворюється утяжина.

При закритому прошиванні висота поковки h неперервно збільшується за рахунок зворотного видавлювання металу назустріч руху пуансона (рис. 2.2).

Тертя між пуансоном і деформованим металом призводить в початковій фазі деформації (при визначеному відношенні D/d) до втягування металу в напрямку пуансона и утворенню утяжини зі сторони верхнього торця поковки.

На характер формування і силовий режим при відкритому і закритому прошиванні великий вплив має форма пуансона (пуансон з плоским торцем, сферичним, сегментним або конічним).

Питоме зусилля деформування при відкритому прошиванні для відношення $D/d \leq 6$ можна визначити [1] за формулою:

$$p = \sigma_T \left(2 + 1,1 \cdot \ln \frac{D_i}{d} \right) \quad (2.1)$$

Діаметр після прошивання D_i визначається за формулою:

$$D_i = D \sqrt{1 + \varepsilon \left(\frac{d}{D} \right)^2}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon = 1 - h_i / h$ - наближена степінь деформації.

Питоме зусилля деформування при закритому прошиванні для відношення $D/d > 6$ визначається [1] за формулою:

$$p = 1,1 \cdot \sigma_T \cdot \left[1,5 + \frac{1}{1 - \frac{d^2}{D^2}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{2}{\sqrt{3 \cdot \frac{d}{D} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)}} \right] \quad (2.3)$$

2.1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДКРИТОГО ПРОШИВАННЯ ГЛУХИХ ОТВОРІВ

Мета роботи. Дослідження характеру формозміни і силового режиму відкритого прошивання в залежності від відношення D/d та форми прошивня.

Виявлення можливості прошивання глухого отвору на глибину більше, ніж $3/4$ висоти вихідної заготовки.

Визначення найбільш раціональної форми прошивня для прошивання отворів при вільному куванні.

Матеріал, інструмент, обладнання. Свинцеві зразки висотою $h = 30$ мм і діаметрами $\varnothing d = 20, 30, 40$ і 50 мм - по 3 шт. кожного розміру; набір пуансонів різноманітної форми (плоский, сферичний і конічний – $\varnothing 10$); пристосування для кріплення зйомних пуансонів (рис. 2.1); штангенциркуль; глибиномір; універсальна випробувальна машина УИМ-50.

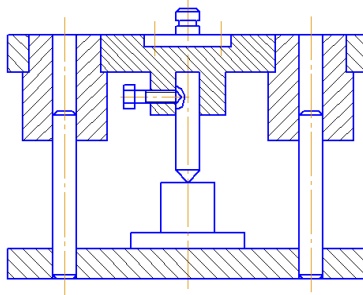


Рисунок 2.1 – Пристосування для кріплення зйомних пуансонів при відкритому прошиванні

Порядок проведення роботи. Свинцеві заготовки (діаметрами 20; 30; 40; 50 мм) прошити пуансоном з плоским торцем на глибину $3/4 h$, виміряти розміри заготовки і занести дані до табл. 2.1.

Аналогічні дії повторити з пуансонами круглої і конічної форми, дані занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати дослідів відкритого прошивання заготовок

№, п/п	Форма пуансона	Діаметр заготовки d , мм	Відношення D/d	Зусилля прошивання, H		Висота h_i , мм	Відношення h_i/h	Площа поперечного перерізу пуансона F , мм ²
				Експериментальне	Розрахункове			

Зміст звіту. На основі отриманих експериментальних даних побудувати сумісні індикаторні діаграми залежності питомого зусилля від переміщення пуансона і зробити аналіз побудованих залежностей.

Експериментальні дані по питомому зусиллю порівняти з розрахунковими, отриманими за формулою (2.1).

Контрольні питання

1. Як змінюється форма та розміри заготовок в залежності від відношення D/d при прошиванні пуансонами різної форми?
2. Як змінюється питоме зусилля деформування в залежності від відношення D/d та форми пуансонів?
3. Чому при глухому прошиванні неможливо впровадити пуансон з плоским торцем в заготовку на глибину, при якій товщина перемички значно менше діаметра пуансона?
4. Для яких конкретних операцій кування-штампування можна рекомендувати пуансони з плоским торцем, сферичним або конічним?

2.2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАКРИТОГО ПРОШИВАННЯ ГЛУХИХ ОТВОРІВ

Мета роботи. Дослідження силового режиму і характеру формозміни при закритому прошиванні глухих отворів в залежності від відношення D/d і форми торця прошивня.

Матеріали, інструмент, обладнання. Зразки свинцеві: а) суцільні $\varnothing 40$, $h = 40$ мм - 6 шт., б) складені $\varnothing 40$, $h = 40$ мм, що складаються з двох напівциліндрів, на діаметральній площині одного з них наноситься сітка з розмірами осередку 3...5 мм - 2 шт.; експериментальний штамп для закритого прошивання з набором змінних пуансонів з плоским, конічними та сферичним кінцями $d = 10$ мм (рис. 2.2); штангенциркуль; глибиномір, лінійка, кутомір; універсальна випробувальна машина УИМ-50.

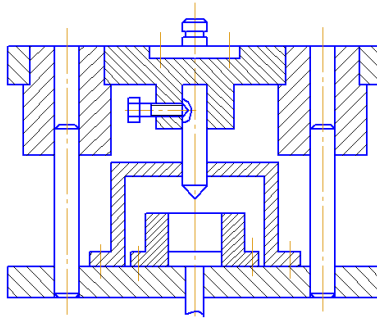


Рисунок 2.2 - Пристосування для кріплення зйомник пуансонів при закритому прошиванні

Порядок виконання роботи. Суцільні свинцеві зразки прошити пуансонами з плоским, сферичним і конічним торцями до досягнення товщини донної частини 5 мм. При кожному експерименті вести запис зусилля по ходу процесу і вимірювати висоту поковки.

Складені зразки прошити пуансонами на глибину 20 мм. Потім половинки відокремити одну від одної і за зміною координатної сітки визначити вогнище деформації і проаналізувати характер плинину металу.

Отримані експериментальні дані занести в табл. 2.2. Закрите прошивання глухих отворів робиться без мастила.

Таблиця 2.2 – Результати дослідів закритого прошивання заготовок

№, п/п	Розмір заготовки, мм		Розміри поковки, мм				Відношення D/d	Форма торця пуансона			Питоме зусилля прошивання, МПа	
	D	h	D ₁	d ₁	α°	h ₁		Плоский	Конічний	Сферичний	Експериментальне	Розрахункове

Зміст звіту. На підставі експериментальних даних побудувати графіки залежності питомого зусилля при закритому прошиванні від відношення D/d та форми торця пуансона.

Дати аналіз картини перебігу (з ескізами) при прошиванні пуансонами з плоским і конічним торцями.

Порівняти експериментальні дані по питомому зусиллю з розрахунковими, отриманими за вищенаведеними теоретичними формулами для аналогічних умов.

Контрольні питання

1. Як впливає форма торця пуансона на величину осередку деформації?
2. Чим обґрунтовується вибір форми торця пуансона в операціях закритого прошивання?
3. Як впливає кут конуса пуансона на зусилля прошивання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ТА СИЛОВОГО РЕЖИМУ ПРОЦЕСУ ВІДКРИТОГО ОБ'ЄМНОГО ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ

Мета роботи. Дослідження зміни силового режиму відкритого об'ємного штампування залежно від періоду штампування і розмірів вихідної заготовки.

Встановлення оптимального обсягу вихідної заготовки.

Визначення негативних явищ, до яких призводить нестача або надлишок обсягу вихідної заготовки.

Матеріали, інструмент, обладнання. Свинцеві циліндричні зразки $\varnothing 30$ мм і висотою $h_0 = 44; 50; 57$ мм, що відповідає відношенню:

$$\frac{H_{\text{заготовки}}}{H_{\text{поковки}}} = 1,05; 1,2; 1,36;$$

універсальна випробувальна машина; підкладний відкритий штамп (рис. 3.1); штангенциркуль, мікрометр.

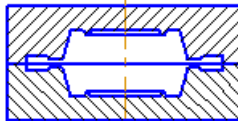


Рисунок 3.1 – Підкладний відкритий штамп

Теоретичні відомості. Особливість відкритого штампування полягає в тому, що в процесі деформування заготовки метал тече не тільки в поглиблення порожнини штампа, а й в роз'єм штампа, утворюючи задирок, який є відходом.

Частина металу, яка впливає в задирок, становить в середньому 20...25%, а в окремих випадках перевищує масу самої деталі. Процес відкритого об'ємного штампування можна поділити на три характерних періоди.

Перший період аналогічний процесу осаджування. Він закінчується в той момент, коли бокова поверхня заготовки стикається по периметру зі стінками порожнини штампу (рис. 3.2, а).

Другий період штампування, який грає головну роль при формуванні деталі, характеризується плином металу в різних напрямках. В результаті цього поступово заповнюються поглиблення порожнини штампа при одночасному плинні деякої частини металу в задирок. В кінці цього періоду штампування вся порожнина штампа заповнена металом, але загальна висота деталі дещо перевищує задану висоту виробу (рис. 3.2, б).

Третій період штампування характеризується витисненням надлишку металу в задирок. Він закінчується при досягненні заданої висоти виробу h_k (рис. 3.2, в).

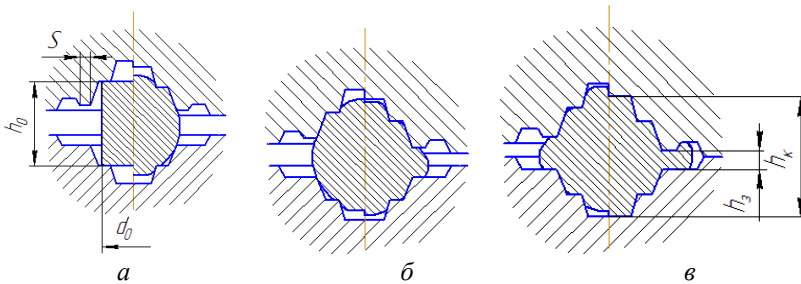


Рисунок 3.2 – Схема заповнення порожнини штампу при об'ємному штампуванні

В процесі відкритого штампування утворюється задирок, який грає позитивну роль, так як він замикає штамп по поверхні роз'єму і створює опір, що забезпечує заповнення форми. При цьому в міру зменшення товщини задирки опір плин у задирок зростає і, отже, в кінцевий момент цього періоду заповнюються ділянки порожнини штампа, що вимагають максимального питомого зусилля.

Опір плин металу в задирок, при інших рівних умовах, залежить від форми і розмірів канавки для задирки. Змінюючи розміри цієї канавки, можна досягти заповнення форми при меншій або більшій кількості металу, що витікає в задирок в перший період штампування.

Деформує зусилля P , необхідне для здійснення деформації, в кінцевий момент штампування можна уявити як суму двох складових:

$$P = P_3 + P_T, \quad (3.1)$$

де P_3 - зусилля, необхідне для деформації металу в задирок;

P_T - зусилля, необхідне для деформації металу в штампі.

Розрахункова формула для визначення зусилля штампування поковок, круглих в плані (або наближених за формою до них) з урахуванням опору задирки [1] має вигляд:

$$P = \sigma_T \left[\left(1,5 + 0,5 \cdot \frac{s}{h_3} \right) \cdot F_3 + \left(\frac{s}{h_3} - 0,375 + 1,25 \cdot \ln \frac{d}{h_3} \right) \cdot F_{II} \right], \quad (3.2)$$

де σ_T - напруження текучості матеріалу, МПа;

F_3 - площа проекції містка задирки, $м^2$;

P_n - площа проекції поковки, $м^2$;

s - ширина містка задирчастої канавки, мм;

h_3 - товщина задирки в кінцевий момент штампування, мм;

d - діаметр поковки, мм.

Порядок проведення роботи. Зразки по черзі штампують в експериментальному штампі поступовим обтисненням по 3...5 мм до змикання напівматриць. Максимальне зусилля кожного обтиснення фіксується в табл. 3.1. Після кожного обтиснення визначати:

а) фактичну висоту заготовки h_i , мм;

б) діаметр заготовки d_i , мм; для 1-го періоду діаметр d визначається виразом

$$d_i = d_0 \sqrt{\frac{h_0}{h_i}}, \quad (3.3)$$

для наступних періодів вимірюється фактичний максимальний діаметр;

в) площу поперечного перерізу заготовки F_i , $м^2$;

г) питоме зусилля, *МПа*:

$$p_i = \frac{P_i}{F_i} \quad (3.4)$$

Результати вимірів та обчислень занести до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати дослідів об'ємного штампування заготовок

Висота заготовки h_i , <i>мм</i>	Діаметр заготовки d_i , <i>мм</i>	Площа поперечного перерізу F_i , m^2	Зусилля штампування P_i , H	Питоме зусилля p_i , <i>МПа</i>

Зміст звіту. На підставі отриманих експериментальних даних побудувати сумісні графіки залежностей зусилля і питомого зусилля штампування від висоти $P = \varphi(h_i)$ і $P = f(h_i)$ та надати аналіз отриманим залежностям.

Порівняти величини зусиль штампування, отримані з експерименту і підраховані для тих же випадків за теоретичною формулою (3.2).

Контрольні питання

1. Як змінюється питоме зусилля плинучого металу в залежності від періоду штампування і об'єму вихідної заготовки?
2. Чим пояснюється зростання питомого зусилля від періоду до періоду і чому воно залежить від об'єму вихідної заготовки?
3. Який вид браку буває при нестачі і значному надлишку металу у вихідній заготовці?
4. Який оптимальний розмір вихідної заготовки по висоті в умовах даного експерименту?
5. Який негативний вплив має штампування занадто великих за об'ємом заготовок на витрату металу, стійкість штампів і зношення штампувального обладнання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ОСОБЛИВОСТІ ШТАМПУВАННЯ НА МОЛОТІ ПОДОВЖЕНИХ В ПЛАНІ ПОКОВОК

Мета роботи. Визначення впливу попереднього перерозподілу металу вздовж осі заготовки на якість заповнення остаточних рівчаків і величину відходів в задирку при штампуванні на ковальському пневматичному молоті.

Встановлення оптимальних розмірів вихідної заготовки.

Матеріали, інструмент, обладнання. Зразки свинцеві: а) $\varnothing 18$ мм, $l = 80$ мм - 1 шт., б) $\varnothing 18$ мм, $l = 90$ мм - 1 шт., в) $\varnothing 20$ мм, $l = 80$ мм - 1 шт., г) $\varnothing 22$ мм, $l = 60$ мм - 6 шт.; експериментальний молотовий штамп (рис. 4.1); кліщі; масштабна сталева лінійка; ваги лабораторні; молот приводний кувальний з масою подають частин 150 кг.

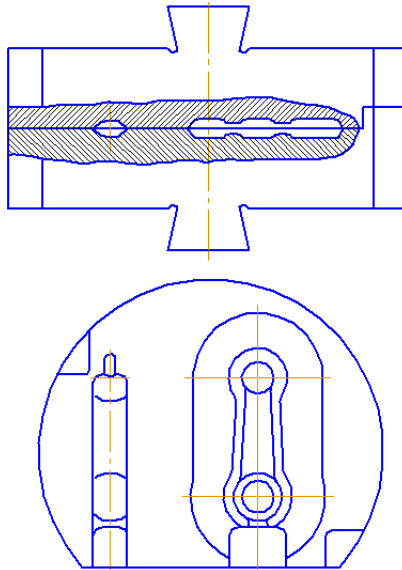


Рисунок 4.1 – Експериментальний молотовий штамп

Теоретичні відомості. При розробці технологічних процесів подовжених в плані поковок з потовщеннями на окремих ділянках (наприклад, шатунів) особлива увага приділяється питанню перерозподілу металу уздовж осі заготовки, тому що від нього залежить величина і розподіл облою, що утворюється при штампуванні в остаточному рівчаку, і величина зусилля штампування. Крім того, при штампуванні подовжених в плані поковок основним конструктивним елементом, що лімітує стійкість штампів, є місток облойної канавки, зношення якого є безпосередньою причиною виходу з ладу штампів. Так як величина зношення містка в першу чергу визначається кількістю металу, витісненого в облой, то прагнуть до зниження виходу металу в облой. Зі сказаного випливає, що зниження до мінімуму витрати необхідної для пластичної деформації, енергії і підвищення стійкості штампів може бути досягнуто за рахунок рівномірного розподілу облою по периметру поковки. Так як якісне заповнення струмків і величина відходів також залежать від величини і характеру оболую, то стає ясно, наскільки важливо правильно підготувати вихідну заготовку в заготівельних рівчаках до подальшого штампування в остаточному рівчаку.

В даний час перерозподіл металу здійснюють на станах періодичного прокатування, кувальних вальцях і на штампувальних молотах в підкатних і протяжних рівчаках. Застосування при штампуванні періодичного прокату є економічно доцільним при масовому виробництві виробів.

При великосерійному виробництві попередній перерозподіл металу вихідної заготовки зазвичай здійснюється за допомогою кувальних вальців, що встановлюються поруч зі штампувальним обладнанням.

Багаторівчакове штампування подовжених в плані поковок із застосуванням заготівельних рівчаків здійснюється зазвичай на штампувальних молотах.

Технологія штампування таких поковок на кривошипних пресах дещо відрізняється від штампування на молотах. Ця відмінність перш за все полягає в тому, що сталість ходу повзуна ускладнює виконання на кривошипному пресі протягування і підкатування. Тому при штампуванні на кривошипних пресах раціональніше протяжку і підкочування замінити переобтиском або

зовсім відмовитися від цих переходів і перейти до штампування поковок з фасонних вихідних заготовок. Оскільки швидке рівномірне нагрівання фасонних заготовок пов'язане з деякими труднощами, краще виготовляти фасонну заготовку гнуттям і штампувати її на пресі з того ж нагрівання, ніж застосовувати вихідні фасонні заготовки. Інша важлива особливість в тому, що при штампуванні на кривошипному пресі коливання розмірів визначаються, головним чином, різною величиною пружних деформацій деталей штампа і преса, які залежать від опору деформації металу в штампі. Опір же, в свою чергу, залежить від температури металу і об'єму заготовки. Надлишок металу (більше розрахункового), непрогрівання або недогрівання заготовок призводять до зростання зусилля штампування, що викликає збільшення пружної деформації деталей преса, а отже, і збільшення розмірів поковки і задирки по висоті.

Порядок проведення роботи. Ознайомитися з конструкцією штампа.

Зважити всі заготовки, відтягнути кліщовини.

Штампувати заготовку $\varnothing 18$ мм, $l = 80$ мм в остаточному рівчаку.

Штампувати заготовку $\varnothing 18$ мм, $l = 90$ мм спочатку в підкатному, а потім в остаточному рівчаку.

Штампувати заготовку $\varnothing 20$ мм, $l = 80$ мм в остаточному рівчаку.

Штампувати заготовку $\varnothing 22$ мм, $l = 60$ мм спочатку в підкатному рівчаку з виміром поперечних перерізів після кожного удару (рис. 4.2), а потім в остаточному рівчаку.

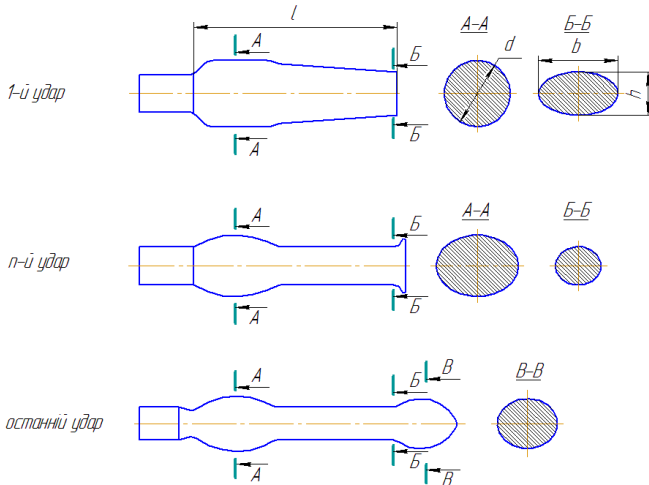


Рисунок 4.2 – Схема виготовлення подовженої в плані поковки в різних рівнях за декілька переходів

У кожному разі після штампування в остаточному рівняку вести спостереження за заповненням металом порожнини рівняку.

В отриманих поковках ножем зрізати облой і зважити облой та поковку.

Результати вимірів і зважувань занести до табл. 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Результати дослідів штампування на молоті подовжених в плані поковок

№, п/п	Розмір вихідної заготовки, мм		Маса заготовки, кг	Маса поковки, кг	Наявність кліщовини (є / немає)	Маса відходу (облой і кліщовина), кг	% відходу	Примітка *
	d	l						

* - у примітці вказати ступінь оформленості фігури поковки і рівномірності розташування облою по контуру поковки

Таблиця 4.2 - Результати дослідів штампування на молоті подовжених в плані поковок

№ удару	Розміри вихідної заготовки, мм						Довжина, мм	Видовження, мм	Примітка
	А-А		Б-Б		В-В		l	Δl	
	h_1	b_1	h_1	b_1	h_1	b_1			

Зміст звіту.

Виконати ескіз молотового штампу і поковок; ескізи поковок бажано наступні:

а) після штампування в остаточному рівчаку на молоті без попереднього підкатування;

б) після штампування в підкатному рівчаку.

Заповнити табл. 4.1, 4.2.

Проаналізувати результати і зробити висновки.

Контрольні запитання

1. Який з варіантів штампування шатуна є найбільш доцільним?

2. Чому при штампуванні на кривошипному пресі важко здійснити протягання і підкочування?

3. Які фактори впливають на штампування подовжених в плані поковок?

4. За рахунок яких чинників при штампуванні може бути недоштампування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ СУЦІЛЬНИХ ТА ПОРОЖНИСТИХ ПРОФІЛІВ

Теоретичні відомості. Пресування є одним із прогресивних технологічних процесів ковальсько-штампувального виробництва.

Пресовані вироби використовуються в якості готових виробів, а також у вигляді заготовок для штампування або для обробки їх на металорізальних верстатах. Застосовувані в даний час преси для пресування розвивають зусилля до 20 МН і вище.

Схема пресування (всебічне нерівномірне стиснення) лежить в основі більшості процесів закритого (безвідхідного) штампування, які останнім часом знаходять широке застосування. У зв'язку з цим розвиток теорії і методів розрахунку процесів пресування є вельми актуальним завданням. Метод пресування забезпечує підвищену пластичність металу і часто кращий його розподіл, що дозволяє виготовляти поковки із малопластичних високоміцних сталей і проводити обробку з найменшими відходами металу.

Залежно від напрямку плинину металу розрізняють процеси прямого і зворотного пресування. При прямому пресуванні витікання металу відбувається через матрицю в напрямку руху пуансона. При зворотному пресуванні метал тече в напрямку, протилежному руху пуансона.

На практиці також застосовують комбіноване пресування, при якому метал тече в прямому і зворотному напрямках.

Форма і розміри поперечного перерізу пресованого виробу визначаються формою і розмірами отвору матриці, через який відбувається витікання металу. Порожнистий виріб виходить за рахунок плинину металу в зазор між голкою і матрицею.

Ступінь деформації і швидкість витікання металу з очка матриці істотно впливають на якість пресованого виробу.

Робота формозміни, яка визначається площею діаграми «зусилля - шлях», залежить від величини і характеру зміни зусилля за робочим ходом (рис. 5.1).

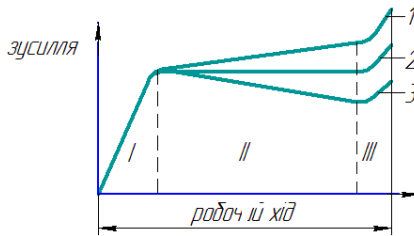


Рисунок 5.1 – Діаграма залежності зусилля від робочого ходу повзуна при пресуванні

При пресуванні суцільних профілів питоме зусилля можна визначити за залежністю:

$$p = \sigma_T \left[\left(\frac{\mu_s}{\sin \gamma} + \frac{2}{1 + \cos \gamma} \right) \cdot \ln \frac{F}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{4\mu_s l}{d} \right],$$

де σ_T - напруження текучості матеріалу, МПа;

μ_s - коефіцієнт тертя;

2γ - західний кут матриці (для плоскої матриці в розрахунках можна приймати $2\gamma = 120^\circ$);

d, l - діаметр і довжина калібруючого пояска матриці, мм;

D - діаметр контейнера, мм;

F, f - площі поперечного перерізу контейнера і очка матриці відповідно, мм²;

L - висота заготовки, осадженої по діаметру контейнера (рис. 5.2), мм.

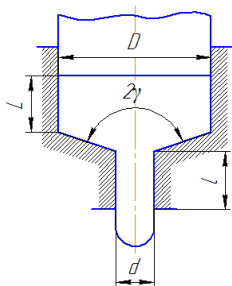


Рисунок 5.2 – Схема прямого пресування

При пресуванні круглої труби з круглої заготовки питоме зусилля на пуансоні можна визначити за формулою

$$p = kz\sigma_T \cdot \left[A \cdot \ln \frac{F_C}{F_T} + \frac{2 \cdot (L-h)}{D_{\kappa.} - d_{\text{гол.}}} \right],$$

де $k = 2,2 \dots 2,7$ - коефіцієнт, що враховує ступінь зміцнення металу;

$A = 2,5$ - коефіцієнт, що враховує характер розподілу напружень в осередку деформації;

h - висота осередку деформації, мм;

$h = \frac{D_{\kappa.}}{2 \cdot \sin \gamma}$ (тут $\gamma = 60^\circ$ - кут матриці або конуса, що утворює

мертву зону);

$z = 1,0 \dots 1,2$ - коефіцієнт, що враховує охолодження заготовки;

F_C, F_T - площі поперечного перерізу заготовки після прошивання і відпресованих труби відповідно, мм;

$d_{\text{гол.}}$ - діаметр голки.

Максимальне напруження в голці при прошиванні заготовки визначається виразом

$$\sigma_{\text{гол.}} = z \frac{L}{d_{\text{гол.}}} \sigma_T \cdot \left[0,5 \frac{D_{mp}}{d_{\text{гол.}}} (L-a) + fa \right],$$

де D_{mp} - зовнішній діаметр труби, мм;

a - довжина прошитої частини заготовки, відповідна моменту максимальних напружень в голці, яка визначається з рис. 5.3, мм.

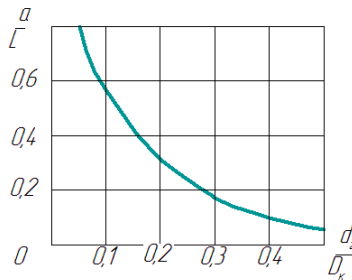


Рисунок 5.3 – Момент максимальних напружень в голці при прошиванні

5.1 ПРЕСУВАННЯ СУЦІЛЬНИХ ПРОФІЛІВ

Мета роботи. Дослідження впливу степені деформації і вхідного кута матричної лійки на силовий режим при прямому пресуванні.

Визначення мінімальної величини прес-залишку (під час пресування прутків через плоскі матриці), при якому починає з'являтися прес-утяжина.

Матеріали, інструмент, обладнання. Свинцеві зразки висотою $h = 40$ мм і діаметром $d = 40$ мм – 8 шт.; експериментальний штамп зі знімними матрицями (рис. 5.4); набір вставок (плоскі, з діаметром калібрувального отвору $d_0 = 20, 15$ і 10 мм; конічні з діаметром $d_0 = 15$ мм і західним кутом матриці $2\gamma = 150, 120, 90$ і 60°); штангенциркуль; кутомір; лінійка; універсальна випробувальна машина.

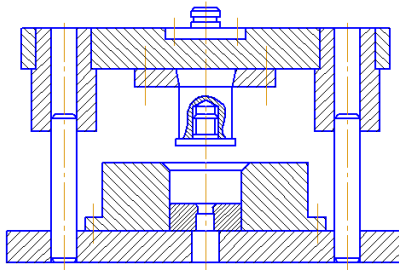


Рисунок 5.4 - Експериментальний штамп зі знімними матрицями

Порядок проведення роботи. Свинцеві заготовки пресувати через плоскі і конічні вставки із записом індикаторних діаграм.

Пресування через плоскі вставки виконувати до величини прес-залишку, рівного 5 мм. Після цього вести процес з зупинками і оглядами через 0,5 ... 1,0 мм до моменту появи прес-утяжини. Степінь деформації визначити за формулою

$$\varepsilon = \frac{F - f}{F} \cdot 100 \% ,$$

де F - площа поперечного перерізу приймача;

f - площа поперечного перерізу очка вставки (або стержня, отриманого видавлюванням).

Дослід проводити без змащення і з мастилом.

Пресувати через конічні вставки без змащення.

Дані експериментів занести до табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати дослідів пресування суцільних профілів

Діаметр заготовки контейнера D , мм	Висота заготовки L , мм	Західний кут матриці 2γ	Діаметр калібруючого пояска матриці d , мм	Зусилля пресування P , Н	Питоме зусилля p , МПа	
					Експериментальне	Розрахункове

Зміст звіту. На підставі отриманих експериментальних даних побудувати графіки питомого зусилля в залежності від величини переміщення пуансона і від західного кута матриці і дати аналіз отриманих кривих.

Порівняти величини питомого зусилля пресування, отриманих з експерименту і підрахованих для тих же випадків за теоретичної формулою.

Контрольні запитання

1. Чим пояснюється зростання питомого зусилля в кінці процесу при пресуванні через плоскі вставки?
2. Чим пояснюється поява прес-утяжини при пресуванні через плоскі вставки в кінці процесу?
3. Чим пояснюється падіння зусилля в ході процесу після початку плину металу?
4. Чи залежить початок утворення прес-утяжини від степені деформації?

5.2 ПРЕСУВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ПРОФІЛІВ

Мета роботи. Дослідження впливу степеня деформації і кута вхідного конуса вставки на силовий режим пресування порожнистих виробів з суцільних і порожнистих заготовок.

Матеріали, інструмент, обладнання. Свинцеві зразки: а) $\varnothing 40$, $l = 40$ мм – 3 шт., б) $\varnothing 40$, $l = 40$ мм – 3 шт. з отвором $\varnothing 10$; експериментальний штамп зі змінними вставками (рис. 5.4); набір плоских (з діаметром калібруючого пояса $d_0 = 12$ мм) і конічних (з діаметром $d_0 = 16$ мм і західним кутом матриці $2\gamma = 90, 120$ і 150°) вставок; набір голок довжиною 45 мм і діаметром $d_{гол.} = 10$ мм з плоским і конічним (60°) торцем; штангенциркуль; лінійка; універсальна випробувальна машина УІМ-50.

Порядок проведення роботи. Суцільні свинцеві заготовки пресувати через плоскі вставки з попереднім прошиванням отвору плоскою голкою $d_{гол.} = 10$ мм. Свинцеві заготовки з отвором пресувати через конічні вставки з голкою з конічним торцем.

Пресувати без змащення із записом діаграм «шлях - зусилля». Процес закінчити при прес-залишку, що дорівнює 5 мм. Дані експерименту занести в табл. 5.1.

Зміст звіту. На підставі проведених експериментів побудувати графіки залежності питомого зусилля від величини переміщення, пуансона і західного кута матриці і дати аналіз отриманих кривих.

Порівняти питомі зусилля пресування, отриманих з експерименту і розрахованих для тих же умов за теоретичними формулами.

Контрольні запитання

1. Які напруження виникають в голці в ході процесу пресування?
2. Які фактори впливають на положення максимуму напруження в голці в ході процесу?
3. Які характерні стадії можна виділити в процесі пресування порожнистого виробу із суцільної заготовки?
4. Які фактори впливають на зусилля при пресуванні порожнистих виробів?
5. В яких місцях в заготовці при пресуванні порожнистого виробу утворюються «жорсткі» зони?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гаряче об'ємне штампування: навчальний посібник / І.С. Алієв, Я.Г. Жбанков. Краматорськ : ДДМА, 2013. 244 с.
2. Forging, Stamping and General Smithing... / B. Saunders. E. & F.N. Spon, limited, 2012. 512 p.
3. ASM Handbook, Volume 4A: Steel Heat Treating Fundamentals and Processes / Editor: Jon Dossett and George E. Totten. ASM International, 2013. 784 p.
4. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування / Ж.П. Дусанюк, І.О. Сивак, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський. Вінниця : ВНТУ, 2006. 106 с.
5. ASM Handbook Volume 14A: Metalworking: Bulk Forming. Editor: S.L. Semiatin. ASM International, 2005. 888 p.