

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія



Б.П. Серeda

В.М. Проценко

І.В. Кругляк

СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Методичні вказівки до лабораторних робіт

*для студентів ЗДІА спеціальності 7.090404 «Обробка металів тиском»
денного і заочного відділень*

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія

СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Методичні вказівки до лабораторних робіт

*для студентів ЗДІА спеціальності 7.090404 «Обробка металів тиском»
денного і заочного відділень*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ОМТ,
протокол № 1 від 31.08.2010 р*

Запоріжжя
ЗДІА
2011

*Б.П. Середа, професор, д.т.н.
В.М. Проценко, к.т.н., доцент
І.В. Кругляк, к.т.н., доцент*

*Відповідальний за випуск: зав. кафедрою ОМТ,
професор, д.т.н. Б.П. Середа*

Рецензенти:

Критська Т.В., д.т.н., професор ЗДІА

Б.П. Середа, В.М. Проценко, І.В. Кругляк
Спеціальні види обробки металів тиском: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів ЗДІА спеціальності 7.090404 "Обробка металів тиском" / Б.П. Середа, В.М. Проценко, І.В. Кругляк. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 45 с.

Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів ЗДІА спеціальності "Обробка металів тиском", які включають лабораторні роботи по курсу «Спеціальні види обробки металів тиском». У кожній роботі вказано її мету, методика виконання, порядок запису даних, які досліджуються і питання, які повинні бути відображені у звіті. Описанню лабораторних робіт передуює загальна частина, в якій наведені деякі теоретичні положення, загальні положення розрахунку режимів деформації металу, опис апаратури для вимірювання і реєстрації даних.

ЗМІСТ

Вступ	4
Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт	5
Лабораторна робота № 1. Визначення коефіцієнту тертя методом осадки кільця	7
Лабораторна робота № 2. Зміна пластичності і опору деформації металу при холодному прокатуванні	11
Лабораторна робота № 3. Коефіцієнти деформації і захоплення металу валками при прокатуванні	15
Лабораторна робота № 4. Дослідження випередження при прокатуванні	23
Лабораторна робота № 5. Зміна шорсткості і мікротвердості поверхні при обкатуванні роликком	27
Лабораторна робота № 6. Кільцева розкатка	32
Лабораторна робота № 7. Вплив тиску пресування на ущільнення брикету	36
Лабораторна робота № 8. Об'ємне штампування у відкритих і закритих штампах	40
Література	44

ВСТУП

Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів ЗДІА спеціальності "Обробка металів тиском", які включають лабораторні роботи по курсу «Спеціальні види обробки металів тиском». У кожній роботі вказано її мету, методику виконання, порядок запису даних, які досліджуються і питання, які повинні бути відображені у звіті. Описанню лабораторних робіт передують загальна частина, в якій наведені деякі теоретичні положення, загальні положення розрахунку режимів деформації металу, опис апаратури для вимірювання і реєстрації даних.

У методичних вказівках містяться відомості щодо теорії, технології, обладнання та інструменту спеціальних видів обробки металів тиском. Головна увага при викладі матеріалу приділена розгляду особливостей тієї або іншої технології, призначенню технологічних режимів, устаткуванню і оснащенню, що застосовується. Матеріал викладений таким чином, щоб студент, прочитавши методичні вказівки до чергової роботи, міг самостійно її виконати при спостереженні викладача або учбового майстра.

По виконаній роботі студент складає звіт, в якому необхідно сформулювати мету роботи, описати коротку теорію питання, методику проведення роботи з вказівкою устаткування, приладів, інструменту і пристосувань. У звіті також приводяться розрахункові формули з розшифруванням величин, що входять до них.

На підставі даних, отриманих при виконанні роботи, складаються таблиці і будуються графіки. Звіти підлягають захисту і здачі викладачеві. Перелік питань для захисту приведений у кінці кожної лабораторної роботи.

Проведення лабораторних робіт по даному курсу дозволить студентам практично освоїти основи технологічних процесів спеціальних видів обробки металів тиском, види браку, що виникає при цих способах металообробки. Крім того, в ході робіт студенти повинні навчитися орієнтуватися в можливостях конкретних спеціальних видів обробки металів тиском залежно від точності, розмірів, габаритів і маси отримуваних виробів.

Отримані на лабораторних роботах практичні знання дозволять їм обґрунтовано оцінювати спосіб виготовлення деформованого напівфабрикату, який вибирається, виходячи з умов роботи конкретних деталей, враховуючи хімічний склад, структурний стан початкового матеріалу і заданий комплекс властивостей отриманого напівфабрикату.

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт

1. Перед початком роботи необхідно переконатися, що усі проходи біля обладнання, на якому виконуються роботи, вільні. Якщо майданчик, або прохід біля обладнання зайняті сторонніми предметами, які ускладнюють переміщення їх треба прибрати до початку роботи.

2. Не слід надто близько підходити до працюючого обладнання і обпиратися на нього. Забороняється під час роботи відвертатися та займатися іншими справами, які не мають відношення до виконуваної роботи.

3. Забороняється знаходитись біля деталей, що обертаються (муфт, прокатних валків, токарного верстату та ін.) в розстебнутому одязі, зі звисаючими кінцями шалей, шарфів, краваток та ін., а також з розпущеним волоссям.

4. Перед включенням кнопки «Пуск» необхідно переконатися, у тому, що всі деталі, які обертаються, закриті захисними засобами і включення агрегату не завдає небезпеки для присутніх, яких треба попередити про наступне включення.

5. Включати і виключати агрегати повинний тільки той студент, якому викладач доручив цю роботу. Під час перерви обладнання повинне бути зупинено. Після закінчення роботи обладнання повинне бути зупинено та знеструмлено.

6. Під час роботи на гідравлічному пресі та розривній машині всі операції, пов'язані з установкою зразків, бойків інструменту для прошивки, пресування та волочіння, слід проводити, коли обладнання зупинено, тобто коли всі електромотори обладнання виключено.

7. При деформації зразків на гідравлічному пресі (або на розривній машині) слід усунути можливість вискакування в бік стискуваних зразків, а також підкладувального інструменту і деталей (підкладувальних бойків, прошивнів та ін.). Для цього необхідно виконувати такі вимоги:

7.1 Контактні поверхні бойків (плит) пресу повинні бути суворо паралельними.

7.2 Висота стискуваних зразків не повинна перевищувати їх діаметр більш ніж у 2,5 разів.

7.3 Довжина прошивнів не повинна перевищувати діаметр його п'яти більше ніж у 3 рази.

7.4 Зразки для деформації, а також інструмент, що використовується (підкладні бойки, прошивні, контейнери для пресування) слід розміщувати по центру нижньої плити (бойок) пресу.

7.5. Не допускати вдавлювання пришивню в контактну поверхню нижнього бойку.

7.6. Місця можливого деформування зразків повинні бути обгороджені, а обслуговуючий персонал повинний знаходитись на відстані не ближче ніж на 2 метри від пресу.

7.7. Процеси осідання, прошивки, волочіння та пресування, металу слід вести без ривків і високих прискорень, плавно збільшуючи робоче навантаження.

8. Під час руху бойків пресу або розривної машини необхідно держати (чи придержувати) руками деформуючі зразки або підкладний інструмент (бойки, прошивні та ін.).

9. При роботі на розривній машині слід бути особливо обережним під час опускання рухомої траверси.

10. Щоб уникнути поломок обладнання необхідно виконувати деформацію зразків опусканням траверси верхнього бойка гідравлічного пресу, а також використовувати для цього нижній привід захоплення розривної машини.

11. При роботі зі зразками, які виготовлені зі свинцю, необхідно пам'ятати, що свинець - отруйний метал, тому його не слід брати руками, якщо на них є незаживлені садні, подряпини. Після роботи необхідно вимити руки. При дотриманні цих засобів обережності робота зі свинцем безпечна.

12. Після закінчення роботи вимірювальний інструмент слід здавати керівнику, а використувані зразки зібрати у місцях, які вказані керівником роботи.

13. У лабораторії виконуються наукові дослідження, часто на тому ж обладнанні, що і лабораторні роботи. Тому без спеціальної вказівки заборонено торкатись вимірювальної апаратури та зразків, які не належать до виконуваної роботи, щоб не нанести шкоди дослідженням.

14. Під час проведення робіт необхідно виконувати усі вимоги керівника.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ МЕТОДОМ ОСАДКИ КІЛЬЦЯ

Мета роботи. Дослідити роль і види тертя в процесах обробки металів тиском, визначити коефіцієнт тертя шляхом осадки кільця.

Загальні відомості. У процесах обробки металів тиском метал переміщується відносно інструменту. При цьому виникають сили, що перешкоджають переміщенню - сили тертя. Найчастіше сили тертя грають негативну роль, що виражається в наступному:

викликають високий питомий тиск на поверхні контакту, що веде до зносу інструменту і зниження точності і якості поверхні отримуваних виробів;

підвищують температуру в зоні контакту, яка може сприяти зміні фізико-хімічного стану металу, що деформується;

вимагають додаткової витрати енергії на їх подолання;

здатні змінювати схему напруженого стану при деформації, а значить, і впливати на пластичність металу;

приводять до нерівномірного плинності металу.

Проте деякі види обробки металів тиском неможливо було б здійснити без тертя, наприклад, прокатку.

На величину напруги тертя великий вплив мають такі чинники, як шорсткість інструменту, температура, величина і швидкість деформації, природа металу, що деформується, тощо. При прокатуванні у вакуумі або інертному середовищі (яка відноситься до спеціальних видів ОМТ) поверхня металу звільняється від оксидних плівок. Утворення такої поверхні призводить до підвищення сил тертя на межі металу, що обробляється і валків. Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі на 20-25 % вище, чим при прокатуванні у повітрі і підвищується з підвищенням температури прокатки.

Шорсткість контактних поверхонь при дії високої нормальної напруги приводить до затікання металу, що деформується, в мікронерівності інструменту. В результаті невеликого зсуву контактуючих поверхонь в тонкому шарі металу спостерігаються локальні деформації. При цьому ступінь деформації при контактних шарів металу і основного об'єму значно відрізняються. Інтенсивне здвиготворення в контактному шарі зміцнює його. З підвищенням інтенсивності деформації і зміцнення у контактній поверхні відбувається збільшення напруги тертя. Навпаки, мастило і підвищення якості обробки поверхні знижує рівень локальних деформацій, а отже, і напругу тертя.

В обробці металів тиском розрізняють три основні види тертя: сухе, граничне і рідинне.

При сухому терті поверхні тіл, що труться, вільні від третіх речовин (мастила, оксидів, тощо), тобто відбувається взаємодія чистих металевих поверхонь. У чистому вигляді такий вид тертя при обробці тиском не зустрічається, тому в широкій практиці сухим тертям називають тертя незмащених тіл.

Граничне тертя характеризується наявністю на поверхні тіл адсорбованих речовин, які істотно відрізняються властивостями від матеріалу, інструменту і оброблюваного тіла. При цьому має місце механічне зачеплення шорсткостей поверхонь контакту. Цей вид тертя реалізується при використанні мастил, які містять поверхнево-активні речовини, що адсорбуються на поверхнях, що труться, з утворенням міцних плівок. Такі плівки здатні витримувати високі навантаження і чинити малий опір зсуву цих поверхонь. Проте товщина мастила така мала, що шорсткості виробу і інструменту знаходяться у взаємному зачепленні.

При рідинному терті між поверхнями, що труться, є шар мастила, що виводить з механічного зачеплення шорсткості цих поверхонь. Тому рідинне тертя - це внутрішнє тертя в об'ємі мастила. Воно знайшло застосування, наприклад, при волочінні дроту. Ведуться роботи по реалізації цього виду тертя і в інших видах обробки металів тиском. Термін «рідинне тертя» умовний, оскільки мастило може бути консистентним і навіть твердим, наприклад, парафін. Головне, щоб не відбувалося дотикання поверхонь, що труться, а опір деформації самого мастила був у багато разів менше опору деформації оброблюваного металу. Відмітна особливість рідинного тертя - тиск в шарі мастила. Воно повинне бути таким, щоб могло перевести оброблюваний метал в пластичний стан. В цьому випадку мастило не видавлюватиметься з проміжку між поверхнями, що труться, а деформація виробу інструментом буде здійснюватися через шар мастила.

На напругу тертя впливає багато чинників: стан поверхонь інструменту і тіла, що деформується, величина тиску, швидкість і температура деформації, наявність мастила, спосіб її подачі, тощо. Все це пояснює складність залежності напруги тертя від перерахованих чинників. Практично використовують два спрощених закони тертя.

Згідно закону Амонтона - Кулона, сила тертя T пропорційна нормальному тиску P на поверхні контактуючих тіл:

$$T = \mu \cdot P \quad (1.1)$$

де μ - коефіцієнт тертя.

При переході до елементарної площадки закон трансформується:

$$\tau = \mu \cdot p \quad (1.2)$$

де τ - питоме тертя, або напруга тертя; p - нормальна контактна напруга.

При цьому τ може досягати межі текучості матеріалу при зсуві. Цей закон зазвичай використовують при холодній обробці тиском. У разі гарячої обробки тиском краще користуватися законом Зібеля:

$$\tau = \mu \cdot \sigma_s \quad (1.3)$$

де σ_s - межа текучості матеріалу, яка залежить від температури.

Коефіцієнт тертя при обробці металів тиском зазвичай міняється від 0,1 до 0,5. При використанні мастила він може зменшуватися до 0,03.

Чистота поверхні і застосування мастила характеризується коефіцієнтом тертя μ , який можна знайти різними способами. Один з таких способів полягає в

осадці кільцевих зразків і заснований на залежності зміни внутрішнього діаметру кільця від коефіцієнту тертя. При $\mu = 0$ кільце розширюється як

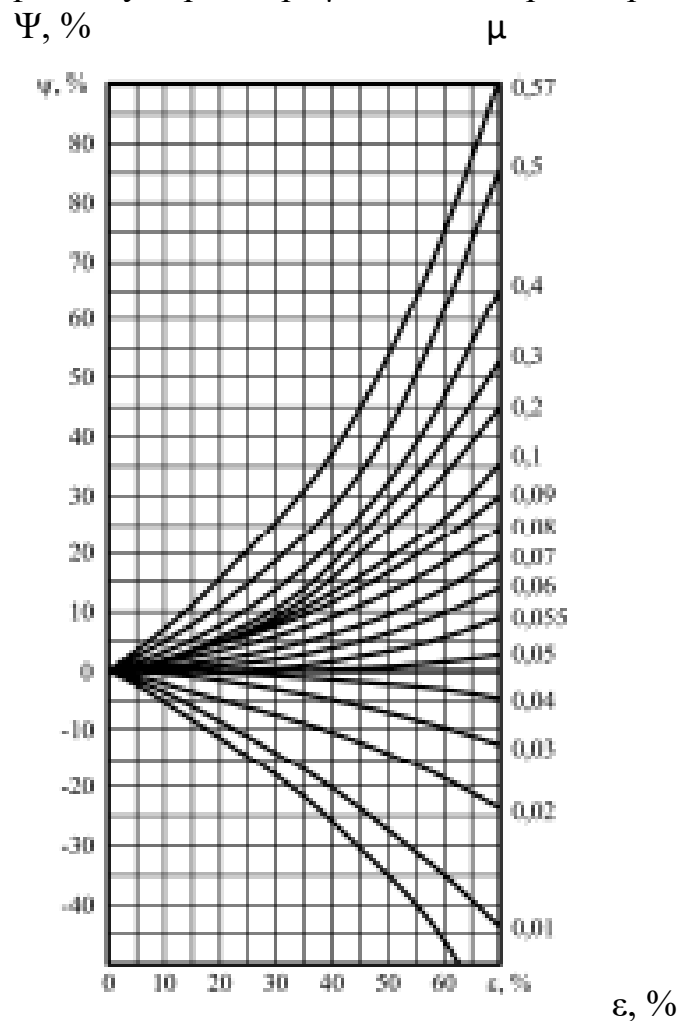


Рис. 1.1. Номограма для визначення коефіцієнту тертя методом осідання кільця

суцільний диск, при значному терті отвір звужується. Стиснення зразків проводиться між плоскими бойками з різною шорсткістю робочої поверхні. До і після осадки вимірюють товщину зразків h_0 і h_1 , діаметри внутрішніх отворів d_0 і d_1 і по формулах 1.4 і 1.5 обчислюють ε - ступінь деформації і ψ - відносне звуження отвору:

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

$$\psi = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Після цього, використовуючи графік (рис. 1.1) визначають коефіцієнт тертя. Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі визначається за формулою:

$$\mu_B = \mu \cdot 1,25 \quad (1.6)$$

Матеріали інструмент, устаткування і порядок проведення роботи.

1. Взяти чотири зразки з алюмінієвого сплаву у вигляді кільця, заміряти їх висоту h_0 і внутрішній діаметр d_0 .

2. Всі зразки по черзі осадити до однієї висоти на гідравлічному пресі, використовуючи при цьому бойки з різною якістю обробки поверхні: шорсткі, гладкі і дзеркально гладкі. Осадку на шорстких бойках провести двічі: з мастилом і без мастила.

Зміст звіту. Заміряти висоту і внутрішній діаметр зразків після осадки, відповідно, h_1 і d_1 . Обчислити по формулах 1.4 і 1.5 величини ε і ψ за допомогою яких по рис. 1.1 визначити коефіцієнт тертя μ . Коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі визначається за формулою (1.6). Всі дані занести в табл. 1.1. Робота закінчується складанням висновків.

Таблиця 1.1. - Зведена таблиця дослідних даних

Стан поверхні бойків	Висота зразку, мм		Ступінь деформації ε , %	Внутрішній діаметр зразка, мм		Відносне звуження ψ , %	Коефіцієнт тертя μ	Коефіцієнт тертя у вакуумі, μ_B
	h_0	h_1		d_0	d_1			
Шорсткі								
Гладкі								
Дзеркальні								
Шорсткі з мастилом								

Контрольні питання:

1. Яка роль тертя в процесах обробки металів тиском, у тому числі при прокатуванні у вакуумі або інертному середовищі ?
2. Перерахуйте процеси обробки металів тиском, в яких тертя грає позитивну роль.
3. Які види тертя і характеристика кожного з них ?
4. Які закони тертя ?
5. Які способи зниження коефіцієнтів тертя ?
6. Яка методика визначення коефіцієнта тертя ?
7. Назвіть способи підвищення зносостійкості інструменту для обробки металів тиском.

Література: [1], [2], [8].

ЗМІНА ПЛАСТИЧНОСТІ І ОПОРУ ДЕФОРМАЦІЇ МЕТАЛУ ПРИ ХОЛОДНОМУ ПРОКАТУВАННІ

Мета роботи. Дослідити фактори, які впливають на пластичність металу. Дослідити вплив пластичної деформації на структуру і властивості металу. Вивчити види пластичної деформації.

Загальні відомості. Пластичність - це здатність металу під дією навантаження міняти свою форму без руйнування і зберігати її після зняття навантаження.

Основними чинниками, що впливають на пластичність металів при обробці тиском, є:

- склад і структура металу, що деформується;
- характер напруженого стану при деформації;
- нерівномірність деформації;
- швидкість деформації;
- температура деформації;
- ступінь деформації;
- режим термічної обробки.

При температурах обробки, близьких до абсолютного нуля, метал має мінімальну пластичність із-за низької теплової рухливості атомів. Проте при температурах, близьких до температури плавлення металу, можливі перегрів або перепал. Найбільшу пластичність метали мають в інтервалі від температури рекристалізації до температури плавлення. Проте верхня межа повинна бути нижче за температуру окислення меж зерен. Важливим параметром структури виробу, отриманому деформацією при температурі вище за температуру рекристалізації, є розмір зерна, який сильно впливає на механічні властивості виробів. Залежність розміру зерна в металах після деформації з подальшою рекристалізацією, з одного боку, від температури, а з іншого - від ступеня деформації, зазвичай представляється об'ємними діаграмами рекристалізації, які будують за наслідками спеціальних експериментів, що проводяться. Ці діаграми характерні для кожного металу і сплаву і використовуються для вибору температурного режиму деформації.

Характер пластичної деформації залежить від процесів зміцнення і знезміцнення. У зв'язку з цим прийнято розрізняти гарячу, неповну гарячу, неповну холодну і холодну деформації.

При гарячій деформації метал не отримує зміцнення. Процес протікає при температурі, що перевищує температуру рекристалізації. Рекристалізація встигає пройти повністю. Нові рівноосні зерна повністю замінюють деформовані зерна, викривлення кристалічної ґратки відсутні.

Неповна гаряча деформація характеризується незавершеністю рекристалізації, яка не встигає закінчитися під час деформації, оскільки її швидкість нижча, ніж швидкість деформації. Частина зерен в металі

залишається деформованою, і метал зміцнюється. Виникає значна залишкова напруга, здатна привести до руйнування матеріалу. Цей вид деформації найбільш вірогідний при температурах, що трохи перевищують температуру рекристалізації. При обробці металів тиском неповна гаряча деформація майже не використовується.

Неповна холодна деформація - це деформація, при якій рекристалізація не відбувається, але протікає процес повернення. Температура деформації вище температури початку повернення, а швидкість деформації не перевищує швидкості повернення. Залишкова напруга в значній мірі знімається, а інтенсивність зміцнення знижується.

При холодній деформації знезміцнюючі процеси (повернення і рекристалізація) не відбуваються. Температурний інтервал холодної деформації розташований нижче за температуру початку повернення.

Згідно приведеної класифікації, холодна і гаряча деформація не пов'язані з конкретними температурами нагріву, а залежать тільки від протікання процесів зміцнення і знезміцнення. Тому, наприклад, деформація свинцю при кімнатній температурі відноситься до гарячої деформації, оскільки температура рекристалізації цього металу розташована в області від'ємних температур.

За об'ємом виробництва гаряча пластична обробка металів поширена частіше, ніж холодна, хоча дорожче і складніше останньої, особливо при прокатуванні металів у вакуумі або в інертному середовищі. Застосування гарячої обробки виправдане підвищенням пластичності металів і зниженням зусиль на деформацію. Завдяки гарячій обробці тиском можливо отримувати великогабаритні вироби. Холодна деформація використовується зазвичай на кінцевих стадіях отримання виробів для забезпечення точності розмірів і високої якості поверхні.

Холодна пластична деформація викликає в металі структурні зміни, що включають зміну форми кристалітів, їх кристалографічного просторового орієнтування і внутрішньої будови кожного кристаліту. Основна зміна форми кристалітів полягає у витягуванні їх у напрямі головної деформації розтягування, тоді структура стає волокнистою. Кристалічні ґратки зерен набувають переважного просторового орієнтування, виникає текстура деформації. Це один з найважливіших наслідків кристалографічної спрямованості ковзання в кожному зерні по певних площинах і напрямках просторової ґратки.

Найважливіша зміна внутрішньої будови кожного кристаліту при холодній деформації - збільшення щільності дислокацій. Вона може зрости на 5-6 порядків. Крім того, росте концентрація вакансій, з'являються ділянки з локальним разорієнтуванням кристалічної ґратки. При не дуже низькій енергії дефектів упаковки утворюються мікросмуги і формується комірчаста структура.

Із збільшенням ступеня холодної деформації показники опору деформації (σ_v ; $\sigma_{0,2}$; НВ) зростають, а показники пластичності (δ , ψ) падають. Зростання міцностних характеристик і зниження пластичних обумовлено

підвищенням щільності дислокацій, яке затрудняє ковзання тих, що вже є, а також генерування і ковзання «свіжих» дислокацій.

Завдяки волокнистій структурі і наявності текстури деформації холоднодеформований метал характеризується анізотропією властивостей. Тому для оцінки механічних властивостей виробів, отриманих холодною деформацією, необхідно випробовувати зразки, вирізані як уздовж, так і упоперек напрямку деформації. У зв'язку з цим в таких виробках розрізняють пайові, поперечні, а в об'ємних напівфабрикатах ще і висотні властивості. Зазвичай показники пластичності і ударна в'язкість поперечних зразків бувають нижчими, ніж пайових. Причина полягає в тому, що при вирізанні упоперек волокон зростає число міжзеренних меж, збагачених домішками, менш пластичних, ніж тіло зерна.

Холодна деформація застосовується в наступних випадках:

- коли перетини оброблюваного металу малі, а через велике відношення поверхні до об'єму охолодження відбувається так швидко, що практично неможливо забезпечити високу температуру в зоні деформації (прокатка тонких листів, листове штампування);
- коли необхідно отримати вироби (проволоку, листи, стрічки) з хорошою якістю поверхні і підвищеної точності;
- коли необхідно отримати вироби (проволоку, стрічки, лист) із заданим рівнем механічних властивостей.

Матеріали, інструмент, устаткування. Електрична піч для відпалу зразків, алюмінієві зразки різної початкової товщини (від 2 до 5 мм), двовалковий стан з діаметром валків 100 мм, універсальна випробувальна машина для випробувань зразків на розтягнення, лінійка.

Порядок виконання роботи:

1. Відпалені алюмінієві зразки різної початкової товщини (від 2 до 5 мм) прокатати на стані до товщини близько 1 мм.
2. Відносний обтиск при прокатуванні кожного зразка визначити по формулі

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де ε - відносний обтиск %; h_0 і h_1 - відповідно, товщина зразка до і після прокатки.

3. З недеформованої заготовки товщиною 1 мм і прокатаних смуг вирубкою в штампі виготовити зразки для випробування на розтягування.

4. Розмітити зразки, як показано на рис. 2.1.

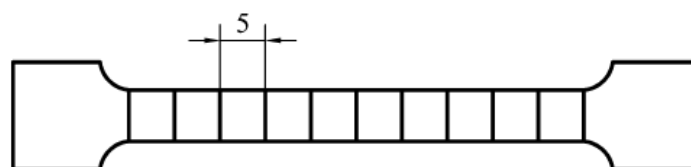


Рис. 2.1. Зразок для випробування на розтягування

Робоча довжина зразків при їх товщині $h_l = 1$ мм дорівнює 50 мм. Заміряти товщину і ширину робочої частини зразка. Визначити площу поперечного перетину робочої частини зразка до розриву F_0 .

5. Розірвати зразки (у тому числі і недеформований) на випробувальній машині, фіксуючи при цьому максимальну силу розриву.

6. Зміряти довжину зразків після розриву l_l , причому місце розриву повинне знаходитися в робочій зоні.

Зміст звіту:

1. Визначити відносне подовження δ по формулі (2.2) і тимчасовий опір розриву σ_B по формулі (2.3):

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

$$\sigma_B = \frac{P_p}{F_0} \quad (2.3)$$

де l_l - довжина зразка після розриву, мм; l_0 - довжина зразка до розриву, $l_0 = 50$ мм; P_p - максимальна сила розриву, Н; F_0 - площа поперечного перетину зразка до розриву, мм².

2. Всі дані занести в табл. 2.1.

3. За даними табл. 2.1 побудувати графіки залежностей $\sigma_B = f(\varepsilon)$; $\delta = f(\varepsilon)$. Зробити висновки.

Таблиця 2.1. - Зведена таблиця дослідних даних

h_0 , мм	h_l , мм	ε , %	F_0 , мм ²	P_p , Н	l_0 , мм	l_l , мм	σ_B , МПа	δ , %

Контрольні питання:

1. Яка пластична деформація монокристалу?
2. Яка пластична деформація полікристалу?
3. Назвіть чинники, що впливають на пластичність металу.
4. Який вплив пластичної деформації на структуру і властивості металу?
5. Назвіть види пластичної деформації.
6. В чому полягає надпластичність?

Література: [1], [2], [8], [10].

КОЕФІЦІЄНТИ ДЕФОРМАЦІЇ І ЗАХОПЛЕННЯ МЕТАЛУ ВАЛКАМИ ПРИ ПРОКАТУВАННІ

Мета роботи. Дослідити геометрію осередку деформації при прокатуванні і параметри деформації при прокатуванні. Визначити умови захоплення металу валками.

Загальні відомості. Прокаткою називається процес деформації металу шляхом обтиску початкової заготовки між валками, що обертаються, з метою зменшення поперечного перетину заготовки і надання їй заданої форми (рис. 3.1.).

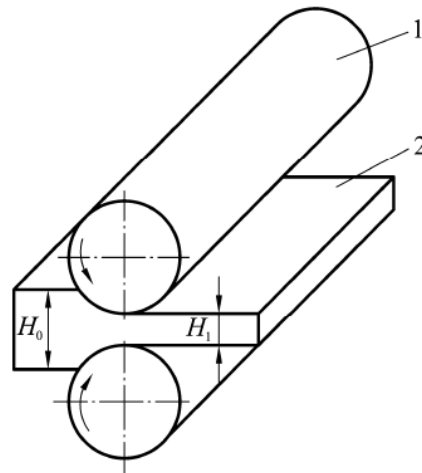


Рис. 3.1. Схема процесу поздовжньої прокатки

Прокатка - це один з найбільш поширених видів обробки металів тиском, якому піддається приблизно 80 % металу, що виплавляється. Широке застосування прокатки пояснюється рядом переваг її в порівнянні з іншими видами обробки тиском (пресуванням, волочінням), а також високою продуктивністю цього процесу і меншою вартістю отримуваних виробів.

При поздовжній прокатці, яка найбільш поширена, деформація заготовки 2 здійснюється між валками, що обертаються в різні боки, 1, зазор між якими менший, ніж початкова товщина заготовки. Процес прокатки вважають простим, або симетричним, якщо його здійснюють в гладких валках, що не калібруються, з паралельними осями, розташованими в одній площині. Обидва валки є приводними, мають рівні діаметри і обертаються в різні боки з однією окружною швидкістю. Стан поверхні обох валків однаковий, тобто однакові коефіцієнти і сили тертя на них. Нарешті, передбачається, що при прокатуванні піддають смугу прямокутного перетину з однорідними фізико-механічними властивостями у всій об'ємі і на неї діють сили тільки з боку валків.

При поздовжній прокатці одночасно пластичної деформації піддається не весь об'єм оброблюваного металу, а тільки його невелика частина, що знаходиться поблизу валків. Тому об'єм прокатуваного металу, що знаходиться

між площиною входу AA1 і площиною виходу BB1, називається геометричним осередком деформації (рис. 3.2.).

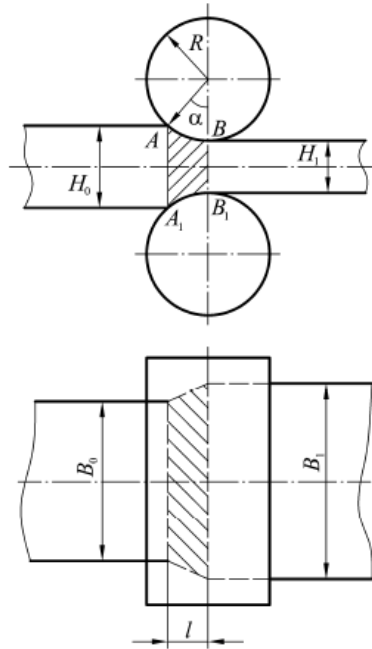


Рис. 3.2. Геометрія осередку деформації при прокатуванні

Дуга АВ, по якій метал, що деформується, контактує з валками, називається дугою захоплення, а центральний кут α , відповідний дузі захоплення, - кутом захоплення. Проекція осередку деформації на горизонтальну вісь - це довжина осередку деформації.

При прокатуванні початкова смуга товщиною H_0 обтискується валками до товщини H_1 на величину абсолютного обтиск:

$$\Delta H = H_0 - H_1 \quad (3.1)$$

Оскільки діє умова нестискуваності металу, то відбувається збільшення довжини і ширини смуги. Таким чином, форму геометричного осередку деформації при прокатуванні характеризують кутом захоплення α , висотами перетину H_0 і H_1 , довжиною осередку деформації l , а також початковою і кінцевою шириною смуги B_0 і B_1 . Для знаходження α і l використовують формули

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta H}{D} \quad (3.2)$$

$$l \approx \sqrt{R \cdot \Delta H} \quad (3.3)$$

де R і D – відповідно радіус і діаметр валків.

Для оцінки величини деформації при прокатуванні використовують такі безрозмірні величини, як коефіцієнти обтиску η , уширення β , витяжки λ , які визначаються по наступних формулах:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H_0}{H_1} \quad (3.4)$$

$$\beta = \frac{B_1}{B_0} \quad (3.5)$$

$$\lambda = \frac{L_1}{L_0} \quad (3.6)$$

де L_0, L_1 - довжина заготовки, відповідно, до і після прокатки.

За законом постійності об'єму:

$$\eta \cdot \beta \cdot \lambda = \frac{V_1}{V_0} = 1 \quad (3.7)$$

де V_0, V_1 - об'єм металу, відповідно, до і після прокатки.

Для оцінки інтенсивності деформації застосовують відносний обтиск ε_H , відносне уширення ε_B , відносне подовження ε_L :

$$\varepsilon_H = \frac{H_0 - H_1}{H_0} = \frac{\Delta H}{H_0} \quad (3.8)$$

$$\varepsilon_B = \frac{B_0 - B_1}{B_0} = \frac{\Delta B}{B_0} \quad (3.9)$$

$$\varepsilon_L = \frac{L_0 - L_1}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.10)$$

У практиці найчастіше для характеристики деформації при прокатуванні використовують коефіцієнт витяжки λ , що показує, у скільки разів збільшилася довжина заготовки після прокатки, і відносний ступінь обтиску ε :

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

Якщо прокатку здійснюють за декілька проходів, то сумарний коефіцієнт витяжки $\lambda_{\text{сум}}$ визначають, як добуток коефіцієнтів витяжки після кожного проходу:

$$\lambda_{\text{сум}} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \dots \cdot \lambda_{n-1} \cdot \lambda_n \quad (3.12)$$

де n - число проходів при прокатуванні.

Захоплення металу валками, що супроводжується зміною розмірів прокатуваної смуги, забезпечується наявністю контактної тертя між смугою і робочою поверхнею валків. Умову захоплення металу валками зазвичай розглядають для двох періодів прокатки: несталого і сталого. Перший період включає захоплення смуги валками (або примусову подачу її в щілину між валками) і заповнення області деформації до моменту утворення деякої довжини переднього кінця смуги за межами області деформації. В міру заповнення щілини між валками умови деформації металу безперервно змінюються, що дало підставу назвати даний період прокатки несталим. Розглянемо докладніше цей період (рис. 3.3.).

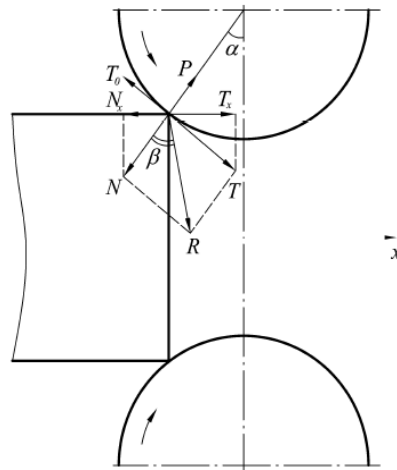


Рис. 3.3. Схема несталого періоду прокатки

При зіткненні смуги з валками, що обертаються, між ними виникає взаємодія. Валки діють на смугу нормальною силою N , прагнучи відштовхнути метал, і силою тертя T , що втягує його в зазор між валками. У свою чергу смуга тисне на валки силою P і гальмує їх обертання силою T_0 . Для визначення захоплюючої здатності валків зіставляють дію сил N і T у напрямі прокатки, тобто порівнюють горизонтальні проекції цих сил:

$$T_x = T \cdot \cos\alpha \quad (3.13)$$

$$N_x = N \cdot \sin\alpha \quad (3.14)$$

При цьому можливі три випадки. При $T_x > N_x$ відбуватиметься захоплення; при $T_x = N_x$ спостерігається стан рівноваги, тобто валки обертатимуться, а смуга залишиться нерухомою (валки «буксують» по смугі). Нарешті, якщо $T_x < N_x$, то смуга відкидається від валків. З урахуванням виразів (3.13) і (3.14) умову захоплення можна записати таким чином:

$$\frac{T \cdot \cos\alpha}{N \cdot \sin\alpha} > 1 \quad (3.15)$$

або

$$\frac{T}{N} > \operatorname{tg}\alpha \quad (3.16)$$

Якщо прийняти, що тертя в даному випадку підкоряється закону Амонтона-Кулона, тобто

$$T = \mu \cdot N \quad (3.17)$$

де μ - коефіцієнт тертя, то буде справедливим запис:

$$\mu > \operatorname{tg}\alpha \quad (3.18)$$

Оскільки при малих кутах $\operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$, то умову захоплення можна перетворити так:

$$\mu > \alpha \quad (3.19)$$

Якщо узяти рівнодіючу сил T і N , позначивши її через R (рис. 3.3), то умова захоплення прийме вигляд

$$\beta > \alpha \quad (3.20)$$

де β - кут тертя, що утворюється силами N і R .

Другий період прокатки починається з моменту виходу переднього кінця смуги через перетин виходу, а закінчується при досягненні заднім кінцем перетину виходу. Протягом всього часу протікання другого періоду параметри осередку деформації залишаються незмінними, тому другий період процесу прокатки називають сталим. Якщо прийняти, що в сталому періоді прокатки нормальна контактна напруга розподілена по довжині області деформації рівномірно, то результуюча сила дії валків на метал проходить через середину дуги захоплення (рис. 3.4.).

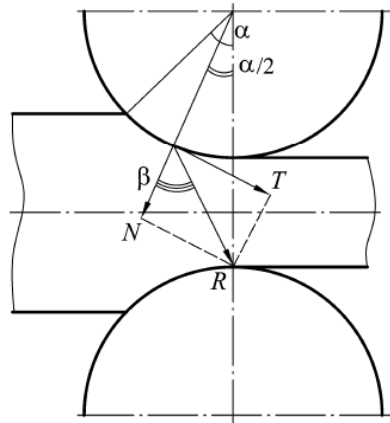


Рис. 3.4. Схема сталого періоду прокатки

Повторюючи попередні міркування, отримаємо умову захоплення для сталого періоду прокатки в наступному вигляді:

$$\beta > \alpha / 2 \quad (3.21)$$

Порівнюючи вирази (3.20) і (3.21), можна встановити, що в сталому періоді прокатки захоплення металу валками, в порівнянні з несталим періодом, полегшено удвічі. Однією з основних причин цього можна вважати те, що після заповнення зони деформації металом утворюється надмір сил тертя і тоді величину обтиску можна збільшити.

Між максимальним кутом захоплення в початковий момент α_{max} і максимальним кутом при сталому процесі α^1_{max} існує певна залежність:

$$\frac{\alpha^1_{max}}{\alpha_{max}} = K^1 \approx 2 \quad (3.22)$$

Поліпшенню захоплення металу валками сприяють наступні чинники:

- підвищення коефіцієнту тертя, наприклад, нанесенням насічок на валках, прокаткою у вакуумі або інертному середовищі;
- зниження величини обтиску;
- збільшення діаметру валків при даному обтисканні;
- використання заштовхуючої сили, направленої на заготівку уздовж осі;
- пристрій заходного клину (фрезерування переднього кінця заготівки під кутом) і так далі.

Необхідно відзначити, що хоча використання мастила утрудняє захоплення металу, холодну прокатку листів зазвичай ведуть з мастилом для отримання високої якості їх поверхні. Кути захоплення при холодному прокатуванні з мастилом складають 3-4⁰, без мастила - 5-8⁰. При гарячій прокатуванні на обтискових станах (блюмінгах і слябінгах) $\alpha = 18-34^0$.

Матеріали, інструмент, устаткування. Два алюмінієвих і два свинцевих зразки розмірами приблизно $h_0 \times b_0 \times l_0 = 10 \times 30 \times 30$ мм, клиновидний свинцевий зразок (рис. 3.6) розмірами приблизно $h_0 \times b_0 \times l_0 = (15 \div 2) \times 30 \times 50$ мм, двовалковий стан з діаметром валків 100 мм, лінійка, штангенциркуль.

Порядок проведення роботи і зміст звіту.

Дана робота розбита на 3 частини.

1. Обчислення коефіцієнтів деформації.

Зразок з алюмінію розміром $h_0 \times b_0 \times l_0$ розмітити перед прокаткою, як показано на рис. 3.5., замірявши товщину, ширину і довжину в намічених крапках.



Рис. 3.5. Розмітка зразка перед прокаткою

Потім зразок прокатати в п'ять проходів з обтиском біля одного міліметра за прохід. Після кожного проходу вимірювати h_i , ширину b_i и довжину l_i в тих же крапках. Провести розрахунки по формулах (3.1) - (3.12), заповнити табл. 3.1. і побудувати графіки залежності коефіцієнтів деформації від № проходу. Зробити висновки.

Таблиця 3.1. - Зведена таблиця дослідних даних

Номер проходу	h_i , мм	b_i , мм	l_i , мм	Δh_i , мм	F_i , мм ²	λ_i	η_i	β_i	ε_i
Вихідний									
1									
2									
3									
4									
5									

2. Визначення максимального кута захоплення в несталому періоді прокатки.

Для досліду узяти два свинцевих і один алюмінієвий зразок і заміряти їх довжину, товщину, ширину. Одна з граней зразків повинна бути ретельно запилена під косинець. Поодинці свинцевий і алюмінієвий зразки прокатати на

сухих, знежирених ацетоном валках, як вказано нижче. Валки встановити так, щоб зазор між ними був приблизно рівний 2 мм. Зразок покласти на стіл і за допомогою дерев'яного бруска злегка притиснути його обробленою гранню до валків, що обертаються. Потім поволі піднімати верхній валок до тих пір, поки зразок не захопиться валками і прокатається. Далі валки змастити маслом і, аналогічно описаному вище, прокатати другий свинцевий зразок. Після цього заміряти товщину зразка до і після прокатки і заміряти діаметр валків. По формулі (3.2) визначити максимальний кут захоплення в початковий момент α_{max} , а по формулі (3.19) приблизно коефіцієнт тертя μ . Всі дані занести в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. - Зведена таблиця дослідних даних

Матеріал зразку	Стан поверхні валків	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	$\cos\alpha$	α_{max}	μ
Свинець	Сухі						
Алюміній	Сухі						
Свинець	Змащені						
Свинець (клин)	Сухі						

3. Визначення максимального кута захоплення при сталому процесі.

Встановити зазор між валками приблизно 1-2 мм. Зразок зі свинцю, виготовлений у вигляді клину (рис. 3.6.), прокатати на сухих валках до тих пір, поки не почнеться пробуксовка валків по металу.

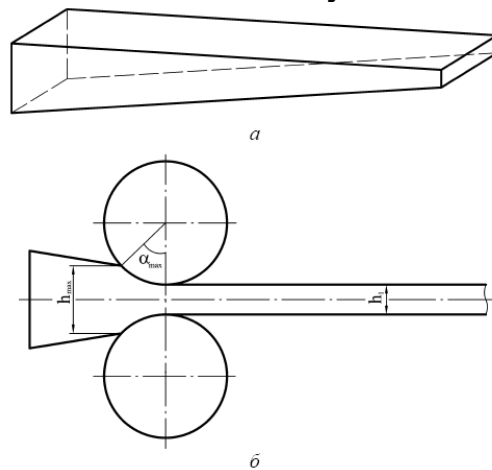


Рис. 3.6. Свинцевий зразок (клин) до і після (б) прокатки

Після цього стан зупинити, підняти верхній валок і витягувати недоказаний клин. Замірявши товщину прокатаної частини клину h_1 і товщину в місці пробуксовки h_0 (рис. 3.6.), по формулі (3.2) визначити максимальний кут захоплення при сталому процесі α_{max}^I і порівняти його з початковим кутом захоплення α_{max} (прокатка свинцевого зразку на сухих валках) по формулі (3.22). Закінчити заповнення табл. 3.2. Зробити висновки.

Контрольні питання:

1. Яка геометрія осередку деформації при прокатуванні?
2. Які параметри деформації при прокатуванні?
3. Яка умова захоплення металу валками?
4. Назвіть види поздовжньої прокатки і отримуваної продукції.
5. Яка класифікація прокатних станів?
6. Яка загальна характеристика устаткування лінії робочої кліті?

Література: [1], [2], [8-10].

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПЕРЕДЖЕННЯ ПРИ ПРОКАТУВАННІ

Мета роботи. Дослідити сутність випередження і фактори, які на нього впливають. Вивчити експериментальні способи визначення випередження і порядок його розрахунку.

Загальні відомості. В процесі прокатки в зоні деформації відбувається ковзання металу щодо валків. Це приводить до того, що швидкість металу на виході з валків більше, а на вході у валки менше, ніж окружна швидкість валків. Таке явище називається, відповідно, випередженням і відставанням. Зона, або осередок деформації, складається із зони випередження і зони відставання (рис. 4.1.).

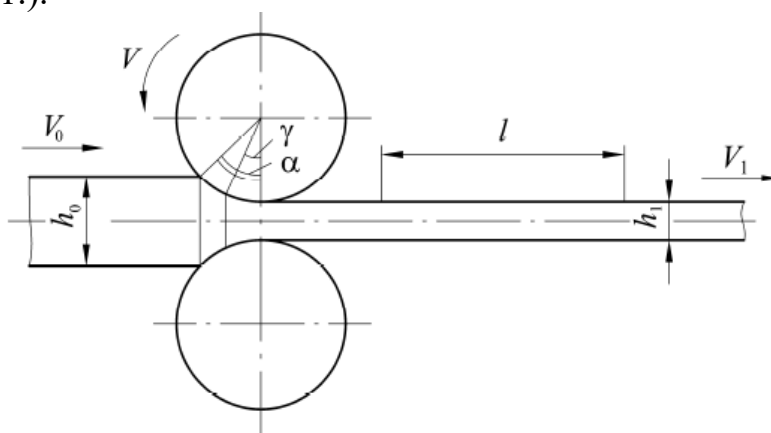


Рис. 4.1. Схема визначення випередження

Ці дві зони розділяються нейтральним перетином, положення якого характеризується нейтральним кутом γ . Випередження є швидкісним параметром процесу прокатки, який в значній мірі визначає характер розподілу і величину тиску прокатки. Це явище грає особливо велику роль при прокатуванні в багатоклітьєвих безперервних станах.

Позначимо швидкість входу металу у валки V_0 , швидкість виходу металу з валків V_1 , а окружну швидкість валків V (рис. 4.1.). У нейтральному перетині швидкості металу і валків однакові. Випередження S виражається у відсотках і може бути знайдено по формулі

$$S = \frac{V_1 - V}{V} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

Якщо відомо положення нейтрального перетину (тобто кут γ), то випередження можна знайти по формулі Дрездена:

$$S = \frac{R}{h_1} \cdot \gamma^2 \quad (4.2)$$

де R - радіус валків, мм; h_1 - товщина смуги після прокатки, мм; γ - нейтральний кут, рад.

Кут γ можна визначити по формулі І.М.Павлова:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2\beta} \right) \quad (4.3)$$

де α - кут захоплення, рад.; β - кут тертя, чисельно дорівнює коефіцієнту тертя.

Коефіцієнт випередження ξ визначається по формулі

$$\xi = 1 + S \quad (4.4)$$

Тоді швидкість входу металу у валки V_0 буде дорівнювати

$$V_0 = \frac{\xi}{\lambda} \cdot V \quad (4.5)$$

де $\frac{\xi}{\lambda}$ - відставання.

Швидкість виходу металу складе:

$$V_1 = \xi \cdot V \quad (4.6)$$

де V - окружна швидкість валків, дорівнює

$$V = \frac{\pi D}{t} \quad (4.7)$$

де t - час, необхідний для одного оберту валка; D - діаметр валка.

Випередження можна знайти і дослідним шляхом. На валок керном наносять мітку. При прокатуванні ця мітка залишить відбиток на смузі (рис. 4.1.). Оскільки відстань між відбитками на смузі більше довжини кола валка, то випередження складе

$$S = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (4.8)$$

де l_1 - відстань між двома мітками на смузі; l_0 - довжина кола валка.

На випередження впливають коефіцієнт тертя, товщина смуги, величина обтиску, діаметр валків тощо. При прокатуванні металу у вакуумі величина випередження менша, ніж при прокатуванні на повітрі, оскільки коефіцієнт тертя при прокатуванні у вакуумі вище, що пояснюється виникненням зон прилипання в осередку деформації. При обтисненні 30 % і температурі прокатки 1000⁰С випередження на повітрі в 1,2 рази більше, ніж у вакуумі.

Матеріали, інструмент, устаткування. Дві алюмінієві смуги розміром 3×40×500 мм, мінеральне мастило; ефір або спирт, двовалковий стан з діаметром валків 100 мм, лінійка, штангенциркуль, секундомір; чотири алюмінієві зразки товщиною $h_0 = 2,0; 2,5; 3,0$ і $3,5$ мм, шириною $b_0 = 30$ мм і довжиною $l_0 = 500$ мм.

Порядок проведення роботи і зміст звіту. Дана робота розбита на 2 частини.

I. *Визначення впливу коефіцієнта тертя і товщини смуги на випередження*, коли здійснюється наступне:

1. Дві алюмінієві смуги розміром 3×40×500 мм прокатати в п'ять проходів. При цьому одну смугу прокатувати в сухих валках, а другу у валках,

змащених машинним мастилом. Обтиск за прохід повинне бути постійним: $\Delta h = 0,5 - 0,7$ мм.

2. При прокатуванні за допомогою секундоміра заміряти час одного оберту валка.

3. До і після кожного проходу заміряти товщину смуг і відстань між відбитками на смугах l_1 . Для знаходження довжини кола валка l_0 використовувати формулу

$$l_0 = \pi D \quad (4.9)$$

4. По формулам (4.2) і (4.8) знайти випередження, а по формулам (4.5), (4.6) швидкості металу на вході у валки і на виході з валків. Коефіцієнти тертя при холодному прокатуванні алюмінію з мастилом прийняти $\mu = 0,08 - 0,09$, без мастила - $0,2 - 0,25$. Кут захоплення визначити по формулі

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} \quad (4.10)$$

5. Дані занести в табл. 4.1., побудувати графіки залежності випередження від коефіцієнту тертя і товщини смуги, зробити висновки.

Таблиця 4.1. - Зведена таблиця дослідних даних для частини 1

№ проходу	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	l_1 , мм	α , рад	γ , рад	S дослідне	S розрах.	V_0 м/с	V_1 м/с
Прокатки в сухих валках										
1										
2										
3										
4										
5										
Прокатки у валках, змащених машинним мастилом										
1										
2										
3										
4										
5										

II. *Визначення впливу величини обтиску на випередження, яке здійснюється таким чином:*

1. Чотири алюмінієві зразки товщиною $h_0 = 2,0; 2,5; 3,0$ і $3,5$ мм, шириною $b_0 = 30$ мм і довжиною $l_0 = 500$ мм прокатати за один прохід до товщини $h_1 = 1,7$ мм в сухих валках.

2. Зміряти товщину смуг після прокатки і відстань між відбитками.

3. По формулам (4.2) - (4.8) знайти випередження, швидкості входу і виходу смуг з валків, коефіцієнти випередження для всіх випадків.

4. Дані занести в табл. 4.2., побудувати графіки залежності випередження від величини обтиснення, зробити висновки.

Таблиця 4.2. - Зведена таблиця дослідних даних для частини 2

h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	l_1 , мм	S дослідне	S розрах.	ξ	V_0 м/с	V_1 м/с

Контрольні питання:

1. Що таке випередження?
2. Які чинники впливають на випередження?
3. Для чого необхідний облік випередження в процесах прокатки?
4. Які експериментальні способи визначення випередження?
5. Визначити порядок розрахунку випередження.

Література: [1], [2], [8-10].

ЗМІНА ШОРСТКОСТІ І МІКРОТВЕРДОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКАТУВАННІ РОЛИКОМ

Мета роботи. Дослідження впливу умов обкатування роликком на шорсткість і твердість оброблюваної поверхні.

Загальні відомості. У сучасному машинобудуванні є тенденція до заміни обробки металів різанням обробкою тиском в холодному стані, що дає ряд переваг перед обробкою різанням, зокрема, поліпшення і зміцнення поверхневого шару. Причому у виробничих умовах така заміна використовується як у випадках остаточної обробки поверхонь, заздалегідь підготовлених різанням, так і в процесі формоутворення нових поверхонь. У якості прикладів таких процесів стосовно курсу спеціальних видів обробки металів тиском можна назвати виготовлення періодичних профілів прокату, накатування різьб та профілів, тощо.

Механічні способи зміцнення робочих поверхонь деталей засновані на здібності металів до деформацій і відповідного зміцнення поверхневих шарів металу в результаті дії зміцнювально-калібруючого інструменту на оброблювану поверхню.

Способи механічного поверхневого зміцнення деталей машин вигідно відрізняються від інших методів зміцнення (термічних, хіміко-термічних, хімічних, електрохімічних і інших) тим, що при обробці тиском забезпечується отримання деталей з достатньо високою точністю розмірів (вище 7 - 8 квалітетів). Параметр шорсткості R_a , при цьому, забезпечують в межах від 1,25 до 0,32 мкм. При поверхневій механічній обробці відбувається необхідне деформаційне зміцнення металу. При цьому в поверхневому шарі оброблюваного металу виникає зазвичай сприятлива залишкова стискаюча напруга.

При обробці зовнішніх поверхонь тіл обертання (валів) широко застосування як обробна операція отримало обкатування кулями і роликками. Під дією кулі або ролика, твердість якого вища за твердість оброблюваного матеріалу, відбувається деформація виступаючих нерівностей оброблюваної поверхні: метал виступів мікронерівностей "розтікається" в обидві сторони, заповнюючи суміжні западини; шорсткість поверхні при цьому зменшується. Широко використовують зміцнюючу обробку при виготовленні деталей ковальсько-штампувальних машин і особливо при обробці штоків штампувальних молотів. Зміцнення обкатом штока підвищує його довговічність від чотирьох до шести разів.

Схема деформації нерівностей при обкатуванні кулею або роликком показана на рис. 5.1.

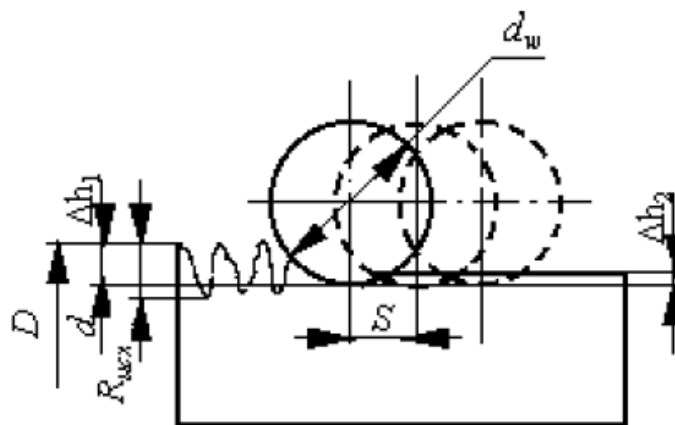


Рис. 5.1. Схема деформації нерівностей при обкатуванні кулькою або роликом

На схемі наочно показано дві характерні зони: перша зона з Δh_1 - зона пружної і пластичної деформації; друга зона пружної деформації зворотного знаку або "пружного" відновлення висотою Δh_2 . Як видно зі схеми, при пластичній деформації мікронерівностей утворюється не тільки новий рельєф поверхні, але і змінюються розміри деталі. У місці контакту кульки або ролика з оброблюваною поверхнею виникає об'ємно-напружений стан, який приводить до зміни таких фізичних показників поверхневого шару металу як твердості, меж текучості і міцності.

Відмічені показники, отримані шляхом обкатування кулькою або роликом поверхні, залежать від режимів обкатування, зокрема від зусилля обкатування P , подачі S , діаметру кулі d або діаметру ролика d_p , числа робочих ходів n .

Висота мікронерівностей в процесі обкатування помітно зменшується при збільшенні контактного тиску і зменшенні величини подачі. Висоту нерівностей R_z , мкм, при обкатуванні поверхні роликом або кулею можна розрахувати по формулі

$$R_z = R_{z_0} [1 - k_c (104 - \delta_s) \cdot \lg(q / \lambda)] \quad (5.1)$$

де R_{z_0} - початкова висота нерівностей, мкм;

k_c - коефіцієнт, залежний від способу чистової обробки: при обкатуванні кулею $k_c = 0,0076$; при обкатуванні роликом $k_c = 0,00715$;

λ - коефіцієнт, залежний від характеру розподілу напруги в осередку деформації: при обкатуванні кулею $\lambda = 6,0$; при обкатуванні роликом $\lambda = 6,5$;

δ_s - межа текучості оброблюваного металу, Н/мм²;

q - величина тиску накатування, Н/мм².

Дослідами встановлено, що для орієнтовних розрахунків величину тиску q можна приймати в межах від $1,8 \delta_B$ до $2,2 \delta_B$.

Якщо відома сила накатування P , то q можна знайти по формулі

$$q = \sqrt{\frac{0,126 \cdot P \cdot E \cdot (D/d + 1)}{D \cdot b_1}} \quad (5.2)$$

де E - модуль пружності оброблюваного матеріалу, Н/мм²;

b_1 - ширина контакту ролика з оброблюваною деталлю, мм;

D, d - діаметр оброблюваної деталі і ролика, відповідно, мм.

Число робочих ходів і швидкість обкатування в меншій мірі впливають на шорсткість поверхні.

Характеристика зміцнення. В процесі обкатування поверхні кулькою або роликом відбувається деформаційне зміцнення поверхневого шару. Глибина зміцненого шару деталі може коливатися у великих межах, від декількох мікрометрів до десятих долей міліметра. Ступінь зміцнення і величина залишкової напруги змінюються по глибині зміцненого шару. Про ступінь зміцнення деталі можна судити за наслідками вимірювання твердості поверхневого шару.

Матеріали, інструмент, устаткування. Для проведення лабораторної роботи необхідні: трикулачковий патрон, різець прохідний, центр, що обертається, роликовий обкатник, токарно-гвинторізний верстат моделі, наприклад, 1К62М, профілограф - профілометр, прилад для вимірювання твердості, мікрометр, циліндричні зразки діаметром 80 мм із сталі 45.

Порядок проведення роботи.

1. Встановити заготовку в центрах верстата, різець - в різцетримач супорта.
2. Встановити режим різання: $s=0,3$ мм/об; $t=0,2 - 0,5$ мм; $v = 2,5$ м/с.
3. Проточити з однією установкою всі ділянки заготовки.
4. Зміряти мікрометром діаметри всіх ділянок в двох взаємно перпендикулярних перетинах.
5. Зміряти середнє арифметичне відхилення профілю R_a на всіх проточених ділянках на профілометрі.
6. Закріпити заготовку в центрах верстата, а в різцетримачі замість різця встановити роликовий обкатник (рис. 5.2).
7. Встановити режими обкатування: $s = 0,2$ мм/об, $v = 0,5$ м/с.
8. Встановити для першого поясочка зусилля обкатування P_{01} . Для цього, підвести обкатник до торкання роликом поверхні першого поясочка і обертанням гвинта навантаження зробити подачу на 0,1 мм. Обкатати поясочок за один робочий хід. Повторити вказані прийоми для решти ділянок, послідовно змінюючи тиск обкатування, кожного разу збільшуючи подачу на 0,1 мм.
9. Обкатати різні ділянки з різною швидкістю подачі s .
10. Зміряти діаметри поясочків і шорсткість їх поверхні на всіх ділянках.
11. Зміряти твердість початкової і обкатаної поверхонь.

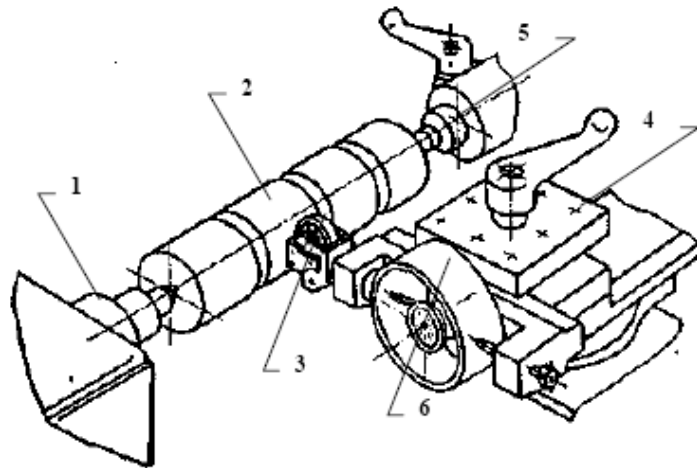


Рис. 5.2. Схема роботи обкатника

1 - патрон верстата; 2 - заготівка; 3 – ролик обкатник; 4 - різцетримач;
5 - центр; 6 - динамометр

Зміст звіту. Звіт повинен містити:

1. ескізи зразків з вказівкою марки оброблюваного матеріалу, його характеристики, розміри до і після обробки;
2. схему установки, заготівки і обкатки;
3. розрахунки теоретичної висоти мікронерівностей, отримані по формулі 5.1 і тиску по формулі 5.2. Результати дослідів звести в таблицю 5.1.;
4. графіки залежностей шорсткості поверхні від зусилля і подачі. На графіку провести горизонтальні лінії, відповідні межах областей шорсткості;
5. зробити висновки.

Контрольні питання:

1. Що більшою мірою впливає на шорсткість обкатаної поверхні: величина тиску або подачі?
2. Від чого залежить глибина зміцненого шару?
3. Як оцінюється ступінь зміцнення деталі?
4. Які методи зміцнювально-калібруючої і формоутворювальної обробки металів ви знаєте?

Літератур: [1], [3], [6].

Таблиця 5.1. - Зведена таблиця дослідних даних

Режими обкатування	Шорсткість R_a або R_z поверхні		Твердість, HRC поверхні		Висота нерівностей R_z	Величина тиску q	Примітка
	початкової	обкатаної	початкової	обкатаної			
$v=30$ м/хв $s=0,2$ мм/об P_{01} P_{02} P_{03} P_{04} P_{05}	R_{z01} R_{z02} R_{z03} R_{z04} R_{z05}	R_{z1} R_{z2} R_{z3} R_{z4} R_{z5}					
$v=30$ м/хв $P_0=1000$ Н S_1 S_2 S_3 S_4 S_5	R_{z01} R_{z02} R_{z03} R_{z04} R_{z05}	R_{z1} R_{z2} R_{z3} R_{z4} R_{z5}					

КІЛЬЦЕВА РОЗКАТКА

Мета роботи. Ознайомитися з можливостями операцій кільцевої розкатки і отримати уявлення про практичну реалізацію методу кільцевої розкатки.

Загальні відомості. В даний час в промисловості впроваджують у виробництво ресурсозберігаючі види техніки і технології; що дозволяють скоротити витрату металу і підвищити продуктивність праці.

До таких технологічних процесів відноситься і кільцева розкатка. Залежно від розмірів оброблюваної заготовки кільцева розкатка здійснюється різними способами.

Дрібні заготовки, масою до десятків кілограмів, розкатують на універсальних токарних верстатах по схемі схожою з приведеною на рис. 6.1. Розкатка здійснюється шляхом дії на заготовку розкатним роликком, укріпленим в різцетримачі за допомогою спеціальної державки.

Середні кільцеві заготовки масою до сотень кілограмів, отримані осіданням початкової заготовки з подальшою її прошивкою, розкотують на спеціальній оправці на молотах або гідравлічних пресах по схемі схожій з приведеною на рис. 6.1.

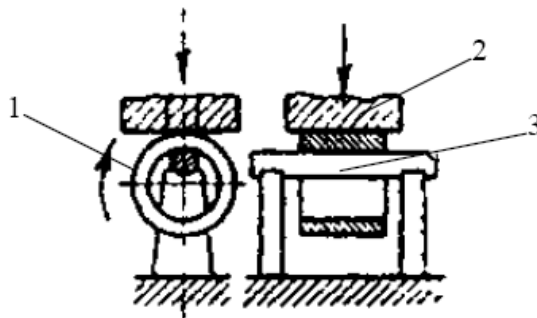


Рис. 6.1. Схема кільцевої розкатки на оправці
1 - розкочуване кільце; 2 - бойок преса або молота; 3 – оправка

Процес отримання кільцевих заготовок супроводжується значною перевитратою металу із-за великих припусків на розміри, викликаних тим, що отримана такою розкаткою заготовка не є кільцем, а представляє многогранник.

Великогабаритні заготовки, масою в декілька десятків тон, виготовляти традиційним куванням на пресах або молотах не раціонально, оскільки процес супроводжується значною перевитратою металу.

Із-за великих припусків маса поковки, у ряді випадків перевищує масу готової деталі до чотирьох разів. При цьому коефіцієнт використання металу (КВМ) складає менше 0,3. Велика витрата металу є причиною високої трудомісткості при механічній обробці, причиною підвищеної витрати ріжучого інструменту; непродуктивного завантаження високоточних верстатів при чорновій обробці деталей. При цьому збільшуються терміни виготовлення

корпусного устаткування, а отримання поковок діаметром до 7 метрів і заввишки до 4 метрів, необхідних для виготовлення обичайок для реакторів, на існуючих кувальних пресах не завжди можливо. Також виникає проблема транспортування великогабаритних заготовок, оскільки перевозити їх по залізниці неможливо, а перевезення заготовок водно - трейлерним шляхом вимагає значних витрат на будівництво спеціальних причалів і автомобільних доріг і під'їзних шляхів, і носить сезонний характер.

Розроблена і запропонована технологія розкатки кільцевих заготовок з використанням розкатного стану, яка дозволяє отримати вироби високої точності з мінімальними припусками. Параметри отримуваних на розкатних станах виробів наступні: діаметр до 8 метрів і висота до 4 метрів.

Кільцева розкатка дозволяє скоротити витрату металу майже на 30 %. Разом з цим зменшується трудомісткість кування до 25 % і механічної обробки в два рази, знижується витрата ріжучого інструменту, скорочується цикл виготовлення великогабаритних кільцевих виробів, частково вивільняються виробничі потужності сталеплавильного, ковальсько-пресового і механообробного виробництва підприємств енергетичного машинобудування.

Порядок виготовлення кільцевих заготовок шляхом розкатки наступний: на спеціалізованому підприємстві виплавляють сталь, і відливають злитки масою до 360 тон. Отримані злитки заздалегідь обробляють операціями кування з отриманням кільцевої заготовки. Їх обкатують, відрубують донну частину, осаджують, прошивають і розкатують на оправці з подальшою термообробкою. На оправці заготовки розкотують до розмірів, що дозволяють перевозити їх по залізниці, потім заготовки розкотують на стані.

Заготовку розкотують на стані до заданих розмірів з одночасною правкою в процесі розкатки, потім поковку піддають остаточній механічній обробці. При цьому припуски призначають до двох разів менше, ніж при виготовленні обичайок без використання розкатного стану, але не менше нижнього поля допуску на відхилення геометричної форми і розмірів поковок.

Розкатка кільцевих заготовок проводять на розкатних станах вертикального або горизонтального типу. Схема кільцевої розкатки представлена на рис. 6.2.

Процес розкатки на стані вертикального типу (рис. 6.2. а) здійснюють при вертикальному розташуванні осей зовнішнього 1 і внутрішнього 2 валків паралельно осі розкочуваної заготовки 3. При цьому заготовка торцевою поверхнею встановлюється на опорний стіл 4 з радіальними санчатами 6 і фіксується в процесі розкатки центруючими роликками 5 з однаковими зусиллями притиску на вході і виході заготовки.

Розкатка кільцевих заготовок на станах горизонтального (радіального) типу (рис. 6.2. б) здійснюють при горизонтальному розташуванні осей зовнішнього 1 і внутрішнього 2 валків і заготовки 3. Основною конструктивною особливістю стану є відсутність опорного столу. Його роль грають нижній 8 і верхній 7 опорні валки, що переміщуються в процесі розкатки по направляючим. Ці ж валки виконують функцію центруючих роликків.

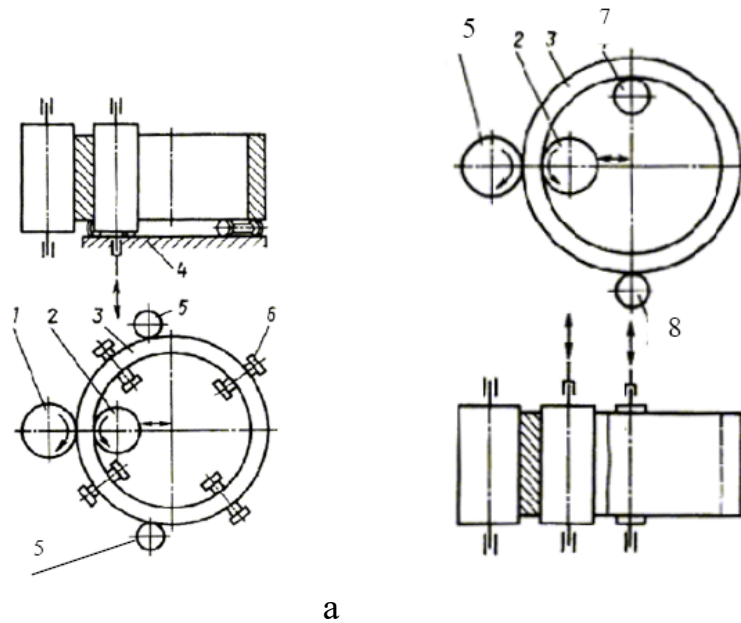


Рис. 6.2. Схема кільцевої розкатки на розкатних станах вертикального типу (а) і радіального типу (б)

1,2 – зовнішній і внутрішній розкатні валки відповідно; 3 – розкочувана заготовка; 4 – опорний стіл; 5 – центруючі (опорні) ролики; 6 – радіальні санчата; 7 – верхній і 8 – нижній опорні валки.

У відповідності із заданою областю застосування розкатний стан забезпечує виготовлення кільцевих виробів прямокутного перетину розмірами: максимальний зовнішній діаметр 8000 мм, товщина стінки до 750 мм, висота від 500 до 4000 мм. Розміри початкових заготовок: максимальний зовнішній діаметр 4500 мм, мінімальний внутрішній діаметр від 1450 мм, товщина стінки від 150 до 1000 мм, висота від 500 до 4000 мм.

Матеріали, інструмент, устаткування. У лабораторних умовах горизонтальну розкатку крупних кільцевих заготовок моделюють на токарному верстаті моделі, наприклад, 1К62М, і здійснюють також, як і розкатку дрібних заготовок. Матеріал розкочуваних заготовок: аустенітні і перлітові сталі різних марок, зокрема, високолеговані. Провести кільцеву розкатку на геометричній моделі кільця з отриманням кільця більшого діаметру.

Порядок проведення роботи.

1. Відповідно до методичних вказівок провести моделювання кільцевої розкатки кільця на токарному верстаті.
2. Провести розкатку кільця на токарному верстаті із стоншуванням стінки при різних режимах.
3. Встановити оправку з поміщеною на ній заготовкою в центрах верстата, а в різцетримачі супорта встановити роликовий обкатник.
4. Розкотати кільцеву заготовку із зміною форми.
5. Зміряти діаметри і шорсткість поверхні на оброблених ділянках.
6. Зміряти твердість початкової і обкатаної поверхонь.
7. Виявити чинники, що впливають на параметри кільцевої розкатки.

Зміст звіту. Звіт повинен містити:

1. мета роботи;
2. загальні відомості;
3. схеми розкатки на станах радіального і вертикального типу;
4. результати практичної частини лабораторної роботи;
5. зробити висновки по роботі.

Контрольні питання:

1. У чому полягає ефективність процесів розкатки?
2. Показати можливості кільцевої розкатки.
3. Які діапазони оброблюваних заготовок?
4. Види устаткування для розкатки.
5. Відмітні особливості розкатних станів.

Література: [1], [3], [6].

ВПЛИВ ТИСКУ ПРЕСУВАННЯ НА УЩІЛЬНЕННЯ БРИКЕТУ

Мета роботи. Вивчення впливу тиску пресування на щільність брикетів.

Загальні відомості. Щільність брикету, що пресується зростає по мірі збільшення прикладеного до нього тиску. Графіки залежності зміни відносної щільності (чи пористості) від тиску пресування відповідно формулі (7.1)

$$(\Pi)=f(P) \quad (7.1)$$

називають діаграмами пресування. Останні мають велике практичне значення при вивченні пресованості різних порошків (у т.ч. при прокатуванні металевих порошків) і при розробці технології виготовлення тих чи інших заготовок і деталей. Залежність між величинами що розглядаються в загальному вигляді можна виразити монотонною кривою (рис.7.1.) з характерними ділянками: швидким наростанням щільності на першому за рахунок більш щільного упакування часток порошку при їхньому відносному переміщенні під дією зовнішнього тиску, далі поступово уповільнюється збільшення щільності та росту і тиску пресування, завдяки деформації самих часток порошку.

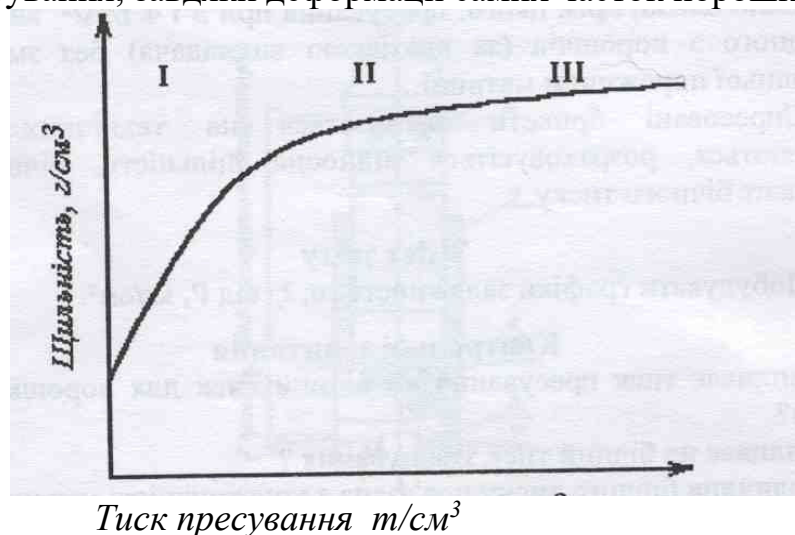


Рис. 7.1. Вплив тиску пресування на щільність брикету.

Вже на першій стадії процесу через тертя часток порошку одна об одну, взаємного їх зачеплення і заклинювання починається процес деформації, що, розвиваючись спочатку на виступах і шершавостях поверхні порошкових часток, поступово поширюється по їх об'єму.

В процесі пресування збільшуються площі контактних ділянок, терміновість брикету і розвивається наклеп часток, що ускладнює протікання деформації. Пресованість порошків залежить не тільки від твердості, пластичності металів до їх здатності деформуватися, але і визначається такими характеристиками, як 1) форма і розмір часток, 2) гранулометричний склад, 3) стан поверхні, 4) ступінь її окислення таї ін. Таким чином, на поведження порошку при пресуванні впливає сукупність великої кількості факторів, що змушує вивчати процес пресування для кожного конкретного випадку. З

аналітичних залежностей, зв'язуючих щільність з тиском пресування, у найбільш простій і загальній формі відбивають експериментальні дані (які принаймають, в межах реально застосованих тисків до 6-7 т/см²) рівняння М.Ю.Бальшина:

$$\lg p = -m \cdot \lg \beta + \lg p_{max} \quad (7.2)$$

чи

$$\lg p = m \cdot \lg v + \lg p_{max} \quad (7.3)$$

де p - тиск пресування

p_{max} - розрахунковий максимальний тиск, при якому пористість наближається до нульового значення,

β - відносний об'єм брикету при наданому тиску,

v - відносна щільність при даному тиску,

m - так званий показник спресованості, який залежить від властивостей порошку і насамперед, від тих, які визначають насипну вагу.

У цих рівняннях не враховується вплив наклепу і зовнішнього тертя, тобто вони відносяться до брикетів з малим $H:D$ та із змащеними стінками прес-форми.

Графічно ці рівняння описують прямою лінією (рис.7.2.). Відрізок, що відтинається прямою на ординаті, відповідає тому розрахунковому тиску p_{max} , при якому пористість досягає нульового значення ($\beta = 1$), і в ідеальному випадку (при відсутності втрат тиску на тертя порошку об стінки прес-форми), рівному максимальному критичному напруженню σ_k (тиску витікання металу).

Із графіка також видно, що $\lg \alpha$ чисельно дорівнює "показнику спресованості" - m

Тому, що рівняння Бальшина $\lg p = -m \lg \beta + C$ виведено при допущенні відсутності зовнішнього тертя і наклепу порошку в процесі пресування, реальні залежності, побудовані у логарифмічних координатах, можуть відхилитися від прямої лінії, як правило, опуклістю вниз внаслідок розвитку наклепу при підвищенні тиску.

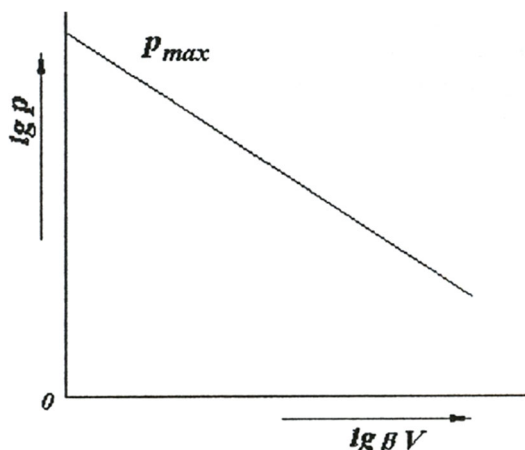


Рис. 7.2 - Залежність відносного об'єму від тиску пресування.

З другого боку в ряді випадків деякі властивості поверхні порошку, наприклад окисленість її, можуть змушувати криві вигинатися опуклістю догори. В цьому і іншому випадках "показник спресованості" - m не

залишається постійним, а критичне напруження σ_k на контактних ділянках при даному ступені ущільнення оцінюється відрізком, що відтинається на ординаті дотичної до кривої, проведеної через точку, що відповідає даному значенню відносного об'єму β (чи відносній щільності ν). Сумарний вплив різних факторів може призвести до того, що реальна залежність виявиться близькою до прямолінійної.

Таким чином, про характер спресованості порошку в кожному окремому випадку варто судити по діаграмах спресованості і по характеру кривої $lg \beta$ ($lg \nu$) = $f(lg p)$ з урахуванням фізичних властивостей порошку (форма і величина часток, гранулометричний склад, стан поверхні і т.д.).

Матеріали, інструмент, устаткування.

1. Порошки чи суміші за вказівкою викладача по 50-150 г,
2. Прес-форма діаметром 12-16 мм - 2 ,
3. Прес гідравлічний - 1 ,
4. Пристосування для змащення прес-форми - 1 ,
5. Стеротекс чи машинна олія -10 г,
6. Лабораторні технічні терези - 2 ,
7. Штангенциркуль та мікрометр - по I,
8. Шпатель - 2 шт.
9. Паперові пакетики (калька чи глянцева папір) для навішень - 4.

Порядок проведення роботи. Робота за вказівкою викладача виконується з 2-3 видами порошків чи сумішей за одним з наступних варіантів.

Варіант 1. 2-3 види порошків з відомими характеристиками (форма і розмір зерен, гранулометричний склад, насипна вага й ін.), що відрізняються здатністю до деформування, наприклад, олово, мідь, залізо, вольфрам.

Варіант 2. 2-3 види порошків чи сумішей того самого складу, але миючих різну насипну вагу й різні фізичні властивості, наприклад, порошки, отримані різними способами.

Варіант 3. 2-3 види сумішей з різним вмістом графіту, наприклад, 0,1 і 5 вага. %.

Відповідно розраховані брикети ($H:D \leq 0,25$) відважуються на лабораторних технічних терезах. Пресування виконуються у сталевій прес-формі діаметром 12-16 мм на гідравлічному пресі при тисках 0,5; 1, 2, 4 т/см² і т.д. (до тиску, зазначеного викладачем). Перед кожним пресуванням порожнина матриці повинна бути змащена стеротексом чи машинною олією (при виконанні варіанта 3 змащувати матрицю не слід).

Після пресування брикети зважуються на лабораторних чашкових терезах і обмірюються штангенциркулем. На брикетах позначається щільність (пористість) (P), відносна щільність (ν), і відносний об'єм (β).

Зміст звіту. Отримані результати зводяться в таблицю, за даними якої будуються наступні графіки:

- 1) графік залежності відносної щільності брикетів від тиску пресування $\nu = f(p)$;

- 2) графік залежності пористості брикетів від тиску пресування $\Pi = f(p)$
3) графіки залежності відносної щільності і відносного об'єму брикетів від тиску пресування в логарифмічних координатах $lg v = f(lg p)$, $lg \beta = f(lg p)$.

На кожен графік наносяться 2 - 3 криві, що відповідають дослідженим складам. За графіком 3 визначаються p_{max} у рівнянні Бальшина. У випадку, якщо $m \neq const$, варто визначити два значення показника спресованості для двох обраних тисків: мінімального і максимального. Надати рисунок прес-форми.

При обговоренні результатів потрібно пояснити характер отриманих залежностей, розходження між складами, причини відхилення ходу кривих від прямолінійного. Зробити висновки.

Примітка. В окремих випадках рекомендується 3 студентам, які виконують один з варіантів, скласти загальний звіт і обговорити вплив на спресованість усіх вивчених факторів.

Контрольні питання:

1. Як впливають пластичні властивості порошків на їх спресованість?
2. Як впливають форми, розмір і стан поверхні часток порошку на їх спресованість?
3. У чому полягає вплив змащування на процес пресування?

Літератур: [1], [4], [5], [11].

ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ У ВІДКРИТИХ І ЗАКРИТИХ ШТАМПАХ

Мета роботи. Вивчити процеси об'ємного штампування у відкритих і закритих штампах, дослідити інструмент та обладнання для об'ємного штампування. Порівняти зусилля штампування у відкритих і закритих штампах.

Загальні відомості. При гарячому об'ємному штампуванні перебіг металу примусово обмежується поверхнями інструменту (порожнинами струмків штампу), що викликає перерозподіл об'єму заготовки. Заготовка, деформуючись в струмках, заповнює їх і приймає форму штампованої поковки.

Крім високої продуктивності в порівнянні з куванням, штампування забезпечує отримання поковок з високою точністю розмірів, що зменшує витрату металу на виготовлення деталі і знижує трудомісткість при подальшій обробці металу різанням. Крім того, цей вид обробки металів тиском сприяє отриманню поверхні поковок високої якості. Подальші за гарячим штампуванням обробні операції (наприклад, калібрування в холодному стані) підвищують якість поверхні поковок, а допуски розмірів при цьому знижуються. Тому всі підвищені витрати на штампування і виготовлення інструменту окупаються економією металу і витратами на механічну обробку поковок. Разом з тим штампуванням можливо отримання виробів вельми складної форми, у багатьох випадках не здійснимих куванням без напуску. Стосовно спеціальних видів обробки металів тиском штампування застосовується при виготовленні залізничних коліс і бандажів, у метизному виробництві, у суміщених процесах виробництва металовиробів, тощо.

Штампуванням виготовляють поковки переважно масою до 100 кг, проте бувають поковки масою і до 400-500 кг і навіть до 2 т.

Застосовують два види штампування (рис. 8.1.): облойну (із задиркою) у відкритих штампах (рис. 8.1., а) і безоблойну (за відсутності задирки) в закритих штампах (рис. 8.1., б).

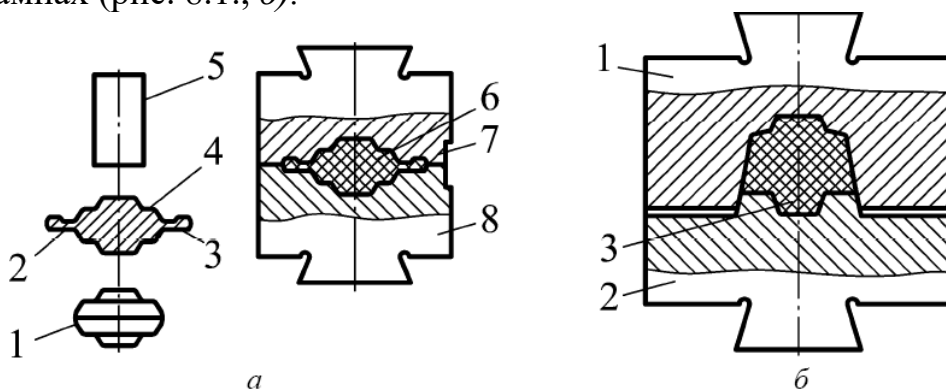


Рис. 8.1. Штампи для гарячого штампування на молоті:
а – відкритий; б - закритий

При облойному однострумковому штампуванні поковки 1 отримують з циліндричної заготовки 5 в штампі, що складається з двох частин: верхньої 7, прикріпленої до баби, і нижньої 8, прикріпленої до штампу і шаботу молота. Для полегшення виїмки поковок бічні поверхні струмків роблять з ухилами $\alpha = 3 - 12^\circ$. Нагріту заготовку 5 укладають в нижню половину штампу на торець. При деформації метал заповнює струмок, формуючи чорнову поковку 4. При облойному штампуванні задирка 2, 3 утворюється по місцю роз'єму штампу із-за надлишку металу. Початок появи задирки випереджає заповнення металом струмків штампу. При подальшому зменшенні зазорів штампу задирку створює підпір по контуру поковки, що сприяє заповненню металом кутів штампу, тобто облой виконує певну технологічну функцію. Заусенечну щілину між частинами штампу виконують у вигляді спеціальної канавки по периметру поковки. Після деформації облой віддаляється на штампах обрізів. Облойне штампування має широке застосування, оскільки надійно забезпечує заповнення порожнин штампу.

При безоблойному штампуванні в закритому штампі заготовку поміщають в порожнини нижньої частини штампу 2 і процес деформації виконують верхньою частиною. Невелика задирка, яка може утворитися по площині роз'єму, не впливає на процес штампування і є результатом неточності розмірів заготовки. Для видалення поковки 3 з штампу застосовують виштовхувачі або стінки штампу виготовляють з ухилом. Основною перевагою безоблойного штампування є знижена витрата металу.

Сортамент штамповок, що отримуються у відкритих штампах, ширший. Обидва методи передбачають штампування в одному або декількох струмках.

При закритому штампуванні об'єм заготовки повинен бути рівний об'єму порожнини струмка, тому допуски на прокатки і оброблення заготовок повинні бути мінімальними, незначними. Отримати абсолютно точні за об'ємом заготовки для закритого штампування практично неможливо і не має сенсу, оскільки у міру зносу струмка штампу об'єм його порожнини, збільшується. Надлишки металу у разі великого об'єму заготовки витісняються в зазори по місцю сполучення частин штампів, а також в спеціальну порожнину (компенсатор), виконану в якій-небудь частині струмка штампу. Закрите штампування дозволяє економити метал. Крім того, при закритому штампуванні відпадає необхідність проводити обрізання облоя.

При відкритому штампуванні деформація металу відбувається по менш жорсткій схемі тривісного стиснення, чим при закритому штампуванні, у якого можливість для витіснення металу за межі порожнини вельми обмежена. Як наслідок, величина питомого зусилля при відкритому штампуванні буває декілька менше, ніж при закритій. Загальне зусилля при штампуванні складається із зусилля деформації металу в порожнині штампу і зусилля, необхідного для обтиску задирки в порожнині роз'єму штампу. Задирка відкритого штампу значна за розміром і збільшує фактичну площу обтиску, особливо у невеликих поковок. Зіставлення загальних зусиль при відкритому і закритому штампуванні однакових поковок показує різні результати залежно

від того, яка величина додаткового зусилля для обтискань задирки у відкритому штампі.

Чим більше відносна частка задирки в загальній площі поковки, тим більше загальне зусилля, необхідне для штампування у відкритому штампі. Для зменшення нормальної напруги на задирці можна передбачити його товщим, що сприятливо позначиться на стійкості штампу, проте, в цьому випадку зростають відходи металу, оскільки при збільшенні величини задирки ширина його також повинна бути збільшена для забезпечення гальмування при витісненні надмірного металу в заусеничну канавку. Враховуючи, що на долю металу в собівартості поковок доводиться 60-80 %, об'єм задирки встановлюють по можливості найменшим (10-15 % від маси поковки).

Закрите штампування дозволяє економити цей метал. Крім того, при закритому штампуванні відпадає необхідність проводити обрізання обля.

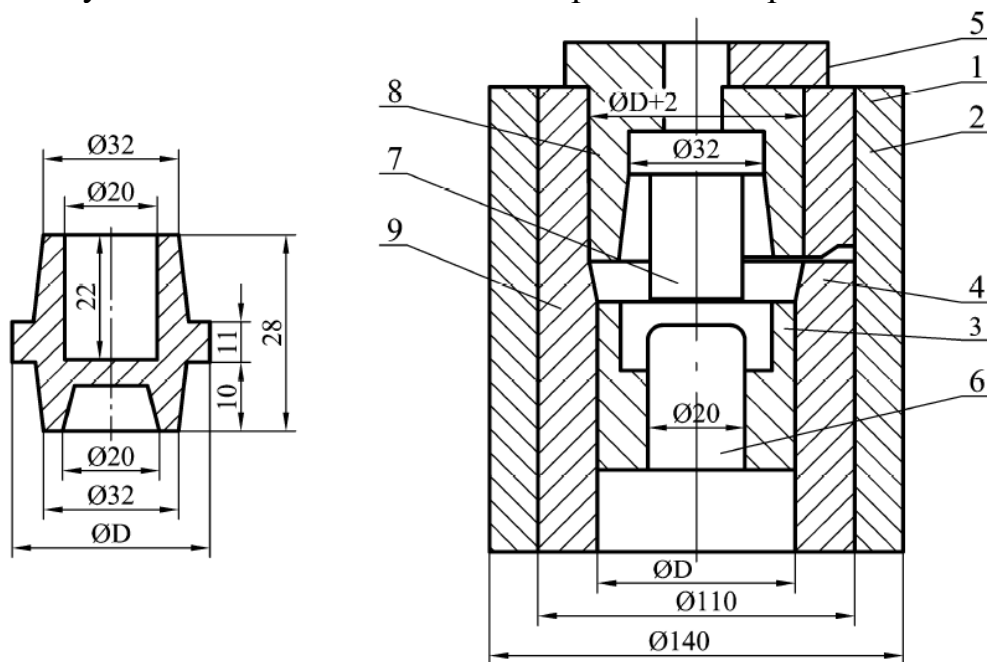


Рис. 8.2. Креслення поковки і пристосування для відкритого і закритого штампування

Матеріали, інструмент, устаткування. Для виконання даної роботи використовується пристосування, що імітує штамп (рис. 8.2.). Пристосування включає: 1 - стакан направляючий; 2 - вставку верхню; 3 - вставку нижню; 4 - об'їму нижню; 5 - об'їму верхню; 6, 7 - вкладиші; 8 - вставку; 9 - втулку проміжну. Також застосовується прес гідравлічний, циліндричний свинцевий зразок $\varnothing 50$ мм, штангенциркуль; лінійка; трикутник.

Порядок проведення роботи та зміст звіту.

1. По кресленню поковки (рис. 8.2.) визначити її об'єм. Ця операція виконується підрахунком елементарних об'ємів, із яких складається заготівка. Об'єм заготівки для відкритого штампування знайти із співвідношення $V_{заг} = 1,2 V_{пок.}$

2. Вибрати висоту циліндричної свинцевої заготівки діаметром 50 мм.

3. Послідовно провести штампування з використанням штампу для відкритого і закритого штампування. В процесі досліджень фіксувати зусилля штампування.

Всі дані звести в табл. 8.1. Зробити висновки.

Таблиця 8.1. - Зведена таблиця дослідних даних

Вид штампування	Площа поковки F , мм ²	Об'єм поковки, мм ³		Зусилля штампування P , кН
		без облоя	з облоєм	

Контрольні питання:

1. Які особливості об'ємної штамповки у відкритих штампах?
2. Які особливості об'ємної штамповки в закритих штампах?
3. Порівняйте процеси кування і об'ємного штампування.
4. Який інструмент використовується для об'ємного штампування?
5. Яке устаткування використовується для об'ємного штампування?
6. Охарактеризуйте технологію об'ємного штампування.

Література: [1], [3], [5], [12].

ЛІТЕРАТУРА

1. Серета Б.П. Обробка металів тиском. Навч. посібник. –Запоріжжя: Вид. ЗДІА, 2009. - 343 с.
2. Долженков Ф.Е. и др. Горячая обработка металлов в вакууме и инертной среде. – К.: Техника, 1969. - 200 с.
3. Диомидов Б.Б., Литовченко Н.В. Технология прокатного производства. – М.: Металлургия, 1979. – 488 с.
4. Виноградов Г.А. Прокатка металлических порошков. - М.: Металлургия, 1969. – 382 с.
5. Кобелев А.Г. Технология слоистых металлов. - М.: Металлургия, 1991. – 248 с.
6. Миропольский Ю.А. Накатывание резьб и профилей. - М.: Машиностроение, 1976. – 215 с.
7. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е. А. Попов. - М. : Машиностроение, 1977. - 423 с.
8. Грудев, А. П. Теория прокатки / А. П. Грудев. - М.: Металлургия, 1988.-240 с.
9. Суворов, И. К. Обработка металлов давлением / И. К. Суворов. - М.: Высш. шк., 1980. - 364 с.
10. Мастеров, В.А. Теория пластической деформации металлов давлением / В.А. Мастеров, В. С. Берковский. - М.: Металлургия, 1989. - 400 с.
11. Грабарник. Л.М. Прессование цветных металлов и сплавов и сплавов / Л.М. Грабарник, А.А. Нагайцев. - М.: Металлургия, 1991. - 342 с.
12. Семенов, Е.И. Технология и оборудованиековки и объемной штамповки / Е.И. Семенов, В.Г. Кондратенко, Н.И. Ляпунов. - М.: Машиностроение, 1978. - 310 с.