

Лабораторна робота № 4

КОЕФІЦІЄНТИ ДЕФОРМАЦІЇ І ЗАХВАТУ МЕТАЛУ ВАЛКАМИ ПРИ ПРОКАТУВАННІ

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

Теоретичні відомості

Прокаткою називається процес деформації металу шляхом обтиску початкової заготовки між валками, що обертаються, з метою зменшення поперечного перетину заготовки і додання їй заданої форми (рис. 4.1.).

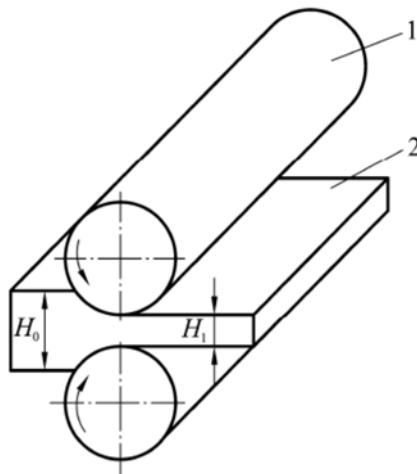


Рисунок 4.1 - Схема процесу поздовжньої прокатки

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 [5].

При поздовжньому прокатуванні, 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 штабу прямокутного перетину з однорідними фізико-механічними властивостями у всім об'ємі і на неї діють сили тільки з боку валків.

При поздовжньому прокатуванні 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. 4.2.).

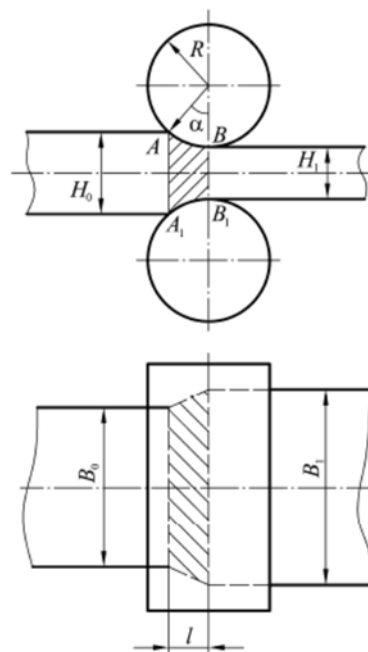


Рисунок 3.2 - Геометрія осередку деформації при прокатуванні

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

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

$$\Delta H = H_0 - H_1 \quad (4.1)$$

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

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta H}{D} \quad (4.2)$$

$$l \approx \sqrt{R \cdot \Delta H} \quad (4.3)$$

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:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H_0}{H_1} \quad (4.4)$$

$$\beta = \frac{B_1}{B_0} \quad (4.5)$$

$$\lambda = \frac{L_1}{L_0} \quad (4.6)$$

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

За законом постійності об'єму:

$$\eta \cdot \beta \cdot \lambda = \frac{V_1}{V_0} = 1 \quad (4.7)$$

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 :

$$\varepsilon_H = \frac{H_0 - H_1}{H_0} = \frac{\Delta H}{H_0} \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_B = \frac{B_0 - B_1}{B_0} = \frac{\Delta B}{B_0} \quad (4.9)$$

$$\varepsilon_L = \frac{L_0 - L_1}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (4.10)$$

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 :

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \cdot 100\% \quad (4.11)$$

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

$$\lambda_{\text{сум}} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \dots \cdot \lambda_{n-1} \cdot \lambda_n \quad (4.12)$$

де n - число проходів при прокатуванні.

Захват металу валками, що супроводжується зміною розмірів прокатуваної штаби, забезпечується наявністю контактної тертя між штабою і робочою поверхнею валків. Умову металу валками зазвичай розглядають для двох періодів прокатки: несталої і сталої. Перший період включає захват штаби валками (або примусову подачу її в щілину між валками) і заповнення області деформації до моменту утворення деякої довжини переднього кінця штаби за межами області деформації. В міру заповнення щілини між валками умови деформації металу безперервно змінюються, що дало підставу назвати даний період прокатки несталом. Розглянемо докладніше цей період (рис. 4.3.). При зіткненні штаби з валками, що обертаються, між ними виникає взаємодія. Валки діють на штабу нормальною силою N , прагнучи відштовхнути метал, і силою тертя T , що втягує його в зазор між валками.

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

$$\mu > \alpha \quad (4.19)$$

Якщо узяти рівнодіючу сил T і N , позначивши її через R (рис. 4.3), то умова захвату прийме вигляд

$$\beta > \alpha \quad (4.20)$$

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

Другий період прокатки починається з моменту виходу переднього кінця штаби 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 напружка розподілена по довжині області деформації рівномірно, то результуюча сила дії валків на метал проходить через середину дуги захвату (рис. 4.4.).

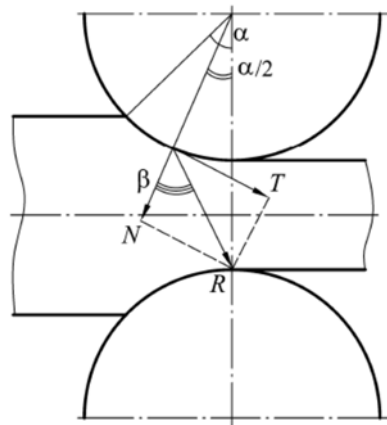


Рисунок 4.4 - Схема сталого періоду прокатки

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

$$\beta > \alpha / 2 \quad (4.21)$$

Порівнюючи вирази (4.20) і (4.21), можна встановити, що в сталому періоді прокатки захват 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 захвату в початковий момент α_{max} і максимальним кутом при сталому процесі α_{max}^l існує певна залежність:

$$\frac{\alpha_{max}^l}{\alpha_{max}} = K^1 \approx 2 \quad (4.22)$$

Поліпшенню захвату 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 захват металу, холодну прокатку листів зазвичай ведуть з мастилом для отримання високої якості їх поверхні. Кути захвату при холодному прокатуванні з мастилом складають $3-4^\circ$, без мастила - $5-8^\circ$. При гарячому прокатуванні на обтискних станах (блюмінгах і слябінгах) $\alpha = 18-34^\circ$.

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. 4.6) 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. 4.5., замірявши товщину, ширину і довжину в намічених крапках.

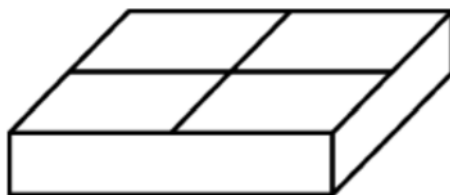


Рисунок 4.5 - Розмітка зразка перед прокаткою

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 (4.1) - (4.12), заповнити табл. 4.1. і побудувати графіки залежності коефіцієнтів деформації від № проходу. Зробити висновки.

Таблиця 4.1 - 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 захвату 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 (4.2) визначити максимальний кут захвату в початковий момент α_{max} , а по формулі (4.19) приблизно коефіцієнт тертя μ . Всі дані занести в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - 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 захвату при сталому процесі.

Встановити зазор між валками приблизно 1-2 мм. Зразок зі свинцю, виготовлений у вигляді клину (рис. 4.6.), прокатати на сухих валках до тих пір, поки не почнеться пробуксовка валків по металу.

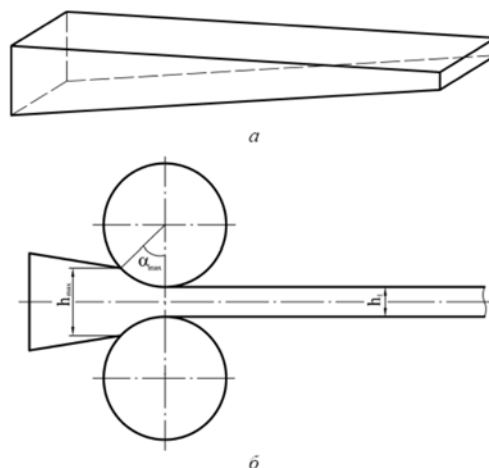


Рисунок 4.6 - Свинцевий зразок (клин) до і після (б) прокатки

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. 4.6.), по формулі (4.2) визначити максимальний кут захвату при сталому процесі α^I_{max} і порівняти його з початковим кутом захвату α_{max} (прокатка свинцевого зразку на сухих валках) по формулі (4.22). Закінчити заповнення табл. 4.2. Зробити висновки.

Контрольні запитання:

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