

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.).

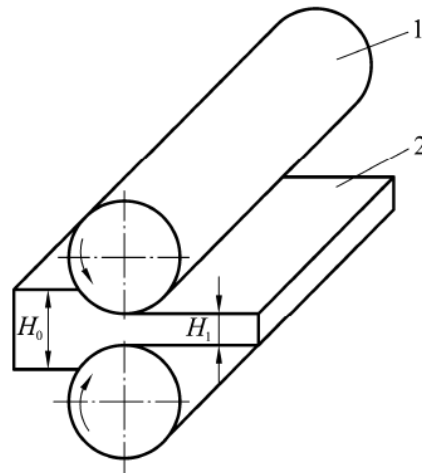


Рис. 3.1. Схема процесу поздовжньої прокатки

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.).

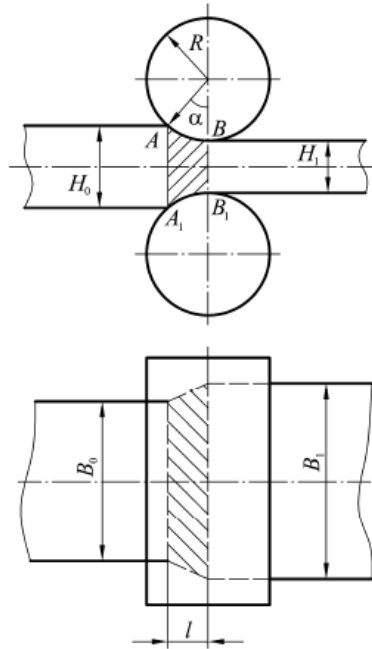


Рис. 3.2. Геометрія осередку деформації при прокатуванні

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.).

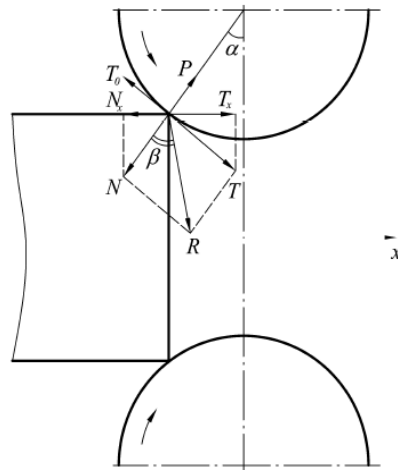


Рис. 3.3. Схема несталого періоду прокатки

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 напружка розподілена по довжині області деформації рівномірно, то результуюча сила дії валків на метал проходить через середину дуги захоплення (рис. 3.4.).

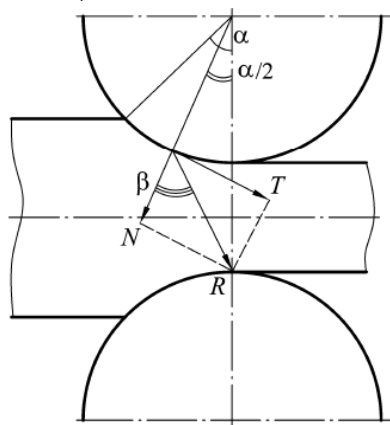


Рис. 3.4. Схема сталого періоду прокатки

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.

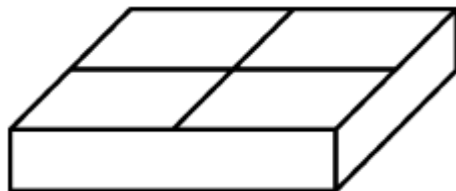


Рис. 3.5. Розмітка зразка перед прокаткою

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.

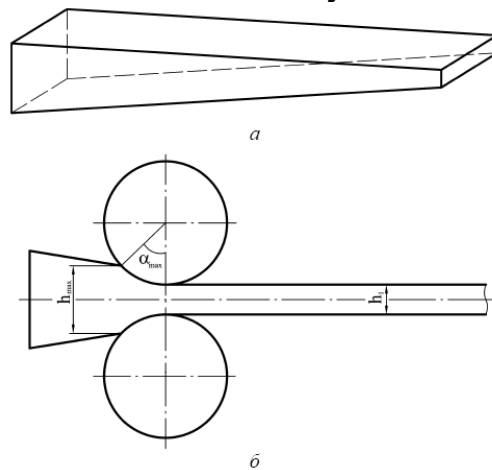


Рис. 3.6. Свинцевий зразок (клин) до і після (б) прокатки

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].