

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів»

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизованих
металургійних машин та обладнання
Протокол № 16 от 09.10.2019

Краматорськ 2019

УДК 621.771

Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів: методичні вказівки до лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізація «Інжиніринг автоматизованих машин і агрегатів» / В. А. Федорінов, Ю. К. Доброносів. – Краматорськ : ДДМА, 2019. - 76 с.

Викладено короткі теоретичні відомості та порядок проведення практичних занять дослідницького характеру, а також методика обробки отриманих результатів та вимоги до звіту. Наведено контрольні запитання для самостійної перевірки рівня підготовки до виконання лабораторних робіт.

Укладачі

В. А. Федорінов, проф.

Ю. К. Доброносів, доц.

Відп. за випуск В. І. Чередниченко, лаб.

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

В ході виконання лабораторних робіт студенти самостійно аналізують отримані результати, встановлюють кількісні та якісні взаємозв'язки окремих явищ, які супроводжують процес прокатки. Всі роботи носять дослідницький характер.

Правила виконання лабораторних робіт

1 Лабораторні роботи виконуються за затвердженим кафедрою графіком, який вивіщується в лабораторії на дошці оголошень кафедри.

2 До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, які ознайомилися завчасно з її змістом і методикою виконання, які вивчили відповідні розділи теоретичного курсу.

3 Перед початком лабораторних робіт розподіляються обов'язки між членами бригади (академічна група розбивається на 4 ... 5 бригад). Лабораторні роботи в групі можуть також проводитися по декількох дисциплінах спеціальності одночасно.

4 Роботи виконуються в послідовності, наведеній в методичних вказівках. Заключним етапом кожної роботи є обробка і аналіз експериментальних даних, порівняння їх з теоретичними, аналіз причин розбіжності цих даних, висновки за результатами роботи.

5 По завершенні роботи до закінчення занять студенти приступають до складання звіту.

6 Звіт про виконану лабораторній роботі пред'являється викладачеві в кінці заняття або перед початком чергового заняття. В іншому випадку студент до подальших занять не допускається. При наявності правильно оформленого звіту дозволяється захист лабораторної роботи.

7 При захисті лабораторної роботи студент зобов'язаний знати основні теоретичні положення по даній роботі, методику тих чи інших вимірів, вміти пояснити значення отриманих залежностей і їх характер. До роботи в лабораторії допускаються особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Правила по техніці безпеки при виконанні лабораторних робіт

1 Забороняється включати лабораторні установки без дозволу керівника заняття.

2 При роботі лабораторного стану дозволяється перебувати тільки з боку обслуговування.

3 Завдання зразків в робочі валки стану робити тільки за допомогою спеціального дерев'яного штовхача.

4 Забороняється включати нажимной механізм в період обертання валків прокатного стану.

5 На що працюють установки не можна спиратися і без потреби чіпати їх руками.

6 Забороняється йти зі свого робочого місця і переходити на інше без дозволу викладача.

7 Робоче місце необхідно утримувати в чистоті і порядку.

8 Після проведення роботи необхідно відключати електрообладнання від джерел живлення.

Загальні вказівки по оформленню звітів

1 Звіти про лабораторних роботах оформляються в спеціальному зошиті (журналі) в порядку черговості виконання робіт.

2 Схеми і графіки виконуються олівцем, обов'язково із застосуванням креслярського приладдя.

3 Елементи схем повинні бути виконані відповідно до вимог ЕСКД.

4 Графіки рекомендується виконувати на міліметровці. Значення аргументів слід відкладати по горизонтальній осі, а значення функції - по вертикальній.

5 Уздовж осей слід наносити масштабні шкали, поділу яких повинні бути рівномірними.

6 Звіт повинен містити мету роботи, короткий опис основних теоретичних положень, опис лабораторної установки і порядок проведення експерименту, обговорення результатів експерименту і висновки.

1 Лабораторна робота №1

ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОГО ТЕРТЯ НА ХАРАКТЕР І ЗУСИЛЛЯ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ОСІДАННІ. ЗАКОН НАЙМЕНШИМИ ОПОРУ І ПРАВИЛО НАЙМЕНШИЙ ПЕРИМЕТР

Мета роботи - практичне ознайомлення з особливостями деформації зразків різної геометричної форми, вивчення прояву закону найменшого опору, а також правила найменшого периметра і подоби, визначення протяжності зон ковзання і прилипання для різних умов контактного тертя.

Загальні вказівки

В даний час відомо і широко використовується в техніці велика кількість методів обробки металів тиском, заснованих на пластичній деформації матеріалу. Попри всю різноманітність цих методів їм властиві загальні закономірності перебігу матеріалу, з якими зручно знайомитися на найпростішому методі обробки тиском - осаді між паралельними бойками. При осаді зразка між бойками преса зменшується висота зразка і збільшується два інших розміру, при цьому частки металу переміщуються відносно поверхні бойків.

В процесі деформації на поверхнях контакту тіла, що деформується з бойками виникають нормальні p_x і дотичні * напруги.

Контактні дотичні напруження впливають на величину і розподіл нормальних напружень, рівнодіюча яких становить зусилля деформації. З ростом дотичних напружень на контактній поверхні зусилля деформації зростає.

У порівнянні з внутрішнім об'ємом зовнішні сили тертя перешкоджають деформованому металу переміщенню оброблюваного матеріалу по контактній поверхні бойка і тим самим викликають нерівномірне деформування зразка (рис. 1.1). Нерівномірність деформації небажана, тому що при цьому погіршуються властивості оброблюваного матеріалу, збільшується ймовірність появи тріщин, опір деформації зростає.

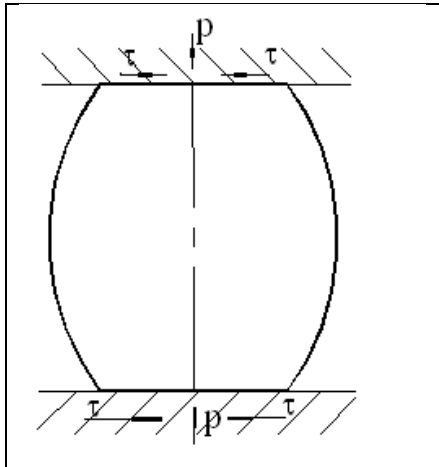


Рисунок 1.1 – Схема осаджування циліндричного зразка

У порівнянні з внутрішнім об'ємом зовнішні сили тертя перешкоджають деформованому металу переміщенню оброблюваного матеріалу по контактній поверхні бойка і тим самим викликають нерівномірне деформування зразка (рис. 1.1). Нерівномірність деформації небажана, тому що при цьому погіршуються властивості оброблюваного матеріалу, збільшується ймовірність появи тріщин, опір деформації зростає.

Характер деформації в обсязі тіла залежить від його геометричних параметрів і умов тертя на контактних поверхнях. При деякому стисненні і наявності сил тертя на контакті відбувається бочкообразування (подвійне або одинарне), яке виражається тим сильніше, чим більше перешкоду течією частинок металу на контактній поверхні. Перебіг металу в площині, перпендикулярній напрямку опаді, можна було б зобразити схемою (рис. 1.2), званої радіальною. Практично усунути тертя неможливо, але можна звести його до мінімуму шляхом використання якісних мастил. Очевидно, в цьому випадку деформація при осаді буде відбуватися рівномірно і поперечний переріз зразків при різних ступенях деформації матиме вигляд подібних фігур (рис. 1.3). В цьому і полягає правило подібності.

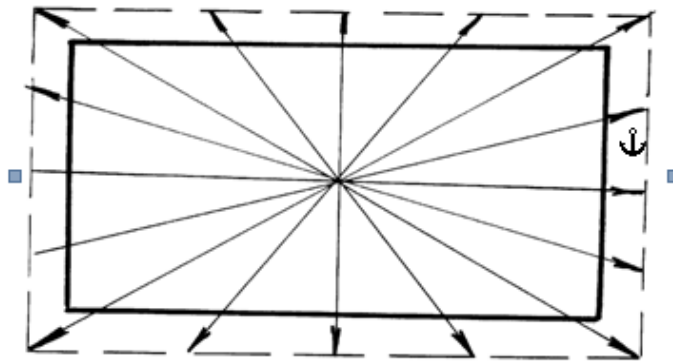


Рисунок 1.2 – Схема течії металу при відсутності тертя на контакті

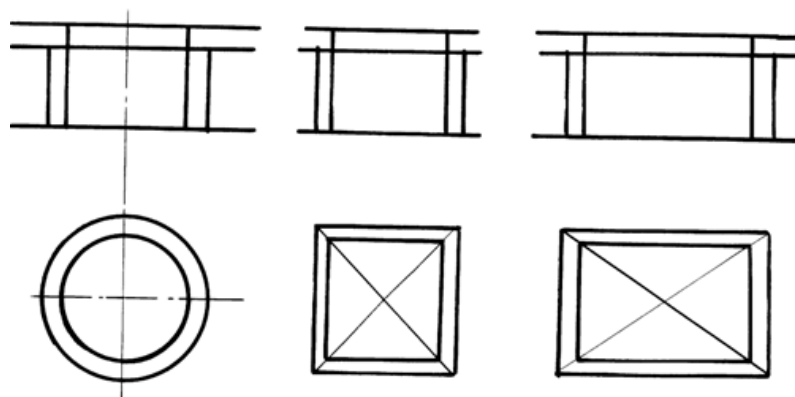


Рисунок 1.3 – Схеми, що ілюструють правило подібності

Контактні сили тертя істотно ускладнюють картину перебігу при осаді. Природно, що кожна точка обсягу деформованого тіла буде переміщатися в процесі деформації в тому напрямку, в якому її переміщенню виявляється найменший опір. Такими напрямками є найкоротші нормалі до периметру перетину, і схеми течії металу в цьому випадку називають нормальними. Цей закон відомий в обробці металів тиском як закон найменшого опору.

На рис. 1.4 представлений приблизний вигляд в плані зразків, осаджені при наявності на контактних поверхнях значного тертя. Очевидно, чим далі відстоїть частка матеріалу (A1, A2, A3) від краю зразка, тим більший опір тертя їй доводиться долати при переміщенні в процесі деформації. З іншого боку, на частинки матеріалу, розташовані на бісектрисах кутів прямокутного і квадратного в плані зразків, діють в напрямку країв зразків однакові сили опору так, що в процесі деформації ці частки переміщуються уздовж бісектрис і, отже, ці лінії зберігають свою прямолінійність. Таке ж відображення справедливо і щодо прямої BB1 (див. рис. 1.4), рівностоящих від кордонів вихідної контактної поверхні.

Так як по обидва боки від зазначених вище ліній метал тече в істотно різних напрямках, вони називаються лініями розділу течії. У напрямі більшої осі при осіданні паралелепіпеда діє велика сила опору переміщенню, в напрямку меншої осі – менша сила. Це призводить до того, що в процесі деформації менші розміри збільшуються швидше і відбувається

вирівнювання розмірів зразка. В результаті прямокутна на початку деформації площа контакту перетворюється в декілька спотворений еліпс, все більше в процесі деформації наближається до кола, тобто до фігури з найменшим периметром. Таким чином, це правило, зване правилом найменшого периметра, впливає із закону найменшого опору і є його наслідком.

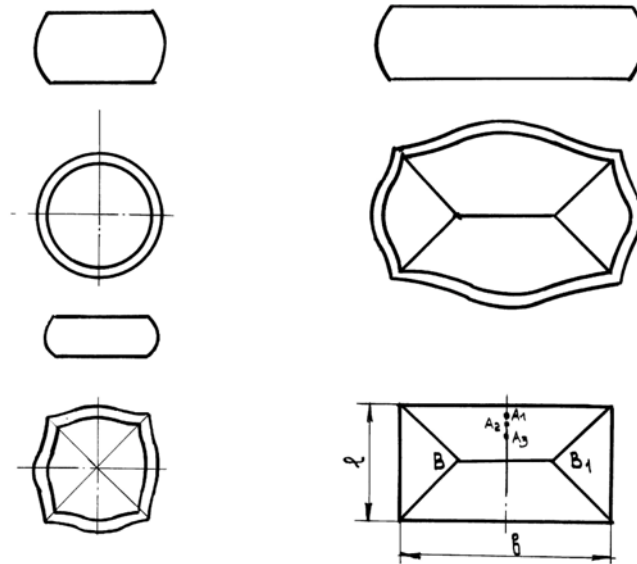


Рисунок 1.4 – Вид зразків після осідання з тертям на контактних поверхнях

Якщо розмір b у багато разів більше l , переміщення в напрямку боку b настільки ускладнене, що розмір b практично не змінюється і деформація зразка відбувається в умовах, близьких плоскому деформованому стану, коли одна з головних деформацій дорівнює нулю. В цьому випадку при інших рівних умовах нормальні контактні напруги згідно з теоретичними висновками повинні бути на 15% вище в порівнянні з деформацією в умовах лінійного деформованого стану.

Наявність контактної тертя ускладнює переміщення деформованого матеріалу щодо робочої поверхні інструменту. При деяких співвідношеннях геометричних розмірів і певних значеннях коефіцієнта тертя величина дотичних напружень сил тертя досягає значення K (опір чистому зрушенню) і переміщення металу на

контактної поверхні стає неможливим. Поряд із зоною ковзання на контактної поверхні утворюється зона прилипання.

Контактні сили тертя визначають характер розподілу контактних нормальних напружень, що діють на робочу поверхню інструменту (см.рис.1.1). У першому наближенні картину їх розподілу можна отримати, деформуючи зразок бойком, які мають вертикальну щілину. Тоді, якщо вважати, що поведінка матеріалу в пластичному стані може бути в деякій мірі уподібнено поведінки в'язкої рідини, висота затікання матеріалу в щілину повинна визначатися тиском, що діє у краю щілини, і профіль

видавненого в щілину гребеня повинен відповідати характеру розподілу контактних тисків.

Матеріальне забезпечення

- 1 Лабораторний гідравлічний прес зусиллям 39,2 кН.
- 2 Штангенциркуль, лінійка, рейсмус.
- 3 Зразки з технічного свинцю з наступними формою і розмірами:
циліндричні - $h_0 = 20$ мм, $d_0 = 20$ мм - 2 шт.
 $h_0 = 15$ мм, $d_0 = 40$ мм - 1 шт. ;
кубічні - $h_0 = 15$ мм, $b_0 = 15$ мм
 $l_0 = 15$ мм - 2 шт.
зразки у формі
паралелепіпеда- $h_0 = 15$ мм, $b_0 = 15$ мм
 $l_0 = 30$ мм - 2 шт.

Порядок проведення експериментів

Опит 1. Для з'ясування характеру поперечної деформації осаджуються зразки круглого, квадратного і прямокутного перетинів з обтисненням $\ast = 0,5$, з мастилом і без неї. Перед осадкою зразки ретельно вимірюють, а на торцях зразків квадратного і прямокутного перетинів з допомогою лінійки і рейсмуса наносять лінії розділу течії. При осаді зразків фіксують зусилля деформації, величину якого визначають за формулою

$$P = \pi q d_n^2 / 4, \quad (1.1)$$

де q - тиск рідини в порожнині преса;
 d_n - діаметр плунжера преса.

Для виявлення впливу тертя на характер перебігу металу і зусилля деформації при осіданні цей досвід повторюють з мастилом.

Після опаді ескізують форми зразків в плані і заповнюють таблиці 1.1 і 1.2. Відносне обтиснення \ast при осаді визначають за формулою

$$\varepsilon = (h_0 - h_1) / h_0 \quad (1.2)$$

де h_0, h_1 - висота зразка до і після деформації.

Досвід 2. Для виявлення розподілу нормальних контактних напружень при осіданні на пресі осаджують зразок ($d_0 = 40$ мм і $h_0 = 15$ мм). При осаді використовують бойки, один з яких має вертикальну щілину. Форма гребеня, отриманого в результаті опаді, деяким чином відповідає епюрі нормальних контактних напружень. У журналі необхідно зробити ескіз зразка після деформації.

Обробка результатів експерименту

Кількісні результати дослідів занести в таблиці 1.1 і 1.2. Проаналізувати вплив умов тертя на контактні на контакті на характер пластичної течії металу, на протяжність зон ковзання і прилипання на контактній поверхні, на зусилля деформації P при осаді. Дати пояснення встановлених закономірностей і висновки за результатами дослідів.

Таблиця 1.1 – Експериментальні дані осадження циліндричних зразків

Опыт, его условия	$D_1, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	D/h	$\Delta h_1, \text{мм}$	$P_1, \text{кН}$	$D_6, \text{мм}$	$D_k, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$d_3, \text{мм}$	$d_4, \text{мм}$	$d_{cp}, \text{мм}$	$\varepsilon, \%$	$F_k, \text{мм}^2$	$P_{cp}, \text{МПа}$

Таблиця 1.2 – Експериментальні дані опади зразків з прямокутними і квадратними підставами

Услови я опыта	$h_0, \text{мм}$	$b_0, \text{мм}$	$L_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$\Delta h_1, \text{мм}$	$b_1, \text{мм}$	$B_2, \text{мм}$	$b_3, \text{мм}$	$l_1, \text{мм}$	$L_2, \text{мм}$	$l_3, \text{мм}$	$l_4, \text{мм}$	$\varepsilon, \%$	$F, \text{мм}$	$P, \text{кН}$	$P_{cp}, \text{МПа}$

Величину контактної поверхні знайти виходячи з закону сталості обсягу

$$F_k = V / h_1 \quad (1.3)$$

де V - об'єм зразка.

Величину середніх контактних напружень підрахувати за формулою

$$p_{cp} = P / F_k \quad (1.4)$$

На основі аналізу результатів експерименту зробити висновок про особливості перебігу металу при осіданні зразків різної геометричної форми в різних умовах тертя, показавши прояв правил подібності та найменшого периметра.

Пояснити відмінність величин P_{cp} , що виникають при осаді зразків різної геометричної форми і при осаді однакових зразків, але з різними умовами тертя.

Контрольні питання

- 1 Як впливає тертя на контактній поверхні на характер перебігу металу і зусилля деформації при осіданні паралельними штампами?
- 2 У чому проявляється правило найменшого периметра при осіданні зразків прямокутних перетинів?
- 3 У чому полягає закон найменшого опору і який його вплив на характер перебігу частинок, що осаджується, металу?
- 4 Як визначити зусилля деформації, що для цього треба знати?
- 5 Що являє собою лабораторну установку?
- 6 Як визначається зона прилипання на контактної поверхні? Чим вона характеризується?
- 7 Які умови необхідно створити на контактної поверхні, щоб зменшити нерівномірність деформації зразків?
- 8 Який знак напружень, що виникають в середній частині зразків при утворенні бочки?
- 9 Чим пояснюється можливість появи тріщин на бічній поверхні зразка при утворенні бочки?
- 10 Який зв'язок між нерівномірністю деформації при осіданні і механічними властивостями деформованого металу?
- 11 Чи залежить характер деформації в обсязі тіла від геометричних параметрів осередку деформації?
- 12 В якому випадку можливе подвійне бочкообразування при осіданні циліндричного зразка?
- 13 В якому випадку опади для реальних умов має місце радіальна схема течії металу?

2 Лабораторна робота № 2

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОГНИЩА ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ПРОКАТЦІ. ЗАКОН СТАЛОСТІ ОБСЯГУ. НАСТРОЙКА СТАНУ НА ПРОКАТКИ

Мета роботи - вивчення параметрів, що характеризують вогнище деформації при прокатці, і закону сталості обсягу при пластичної деформації; придбання навичок налаштування табором в прокатку смуг потрібної товщини; побудова пружною характеристики робочої кліті стану.

Загальні вказівки

Параметри осередку деформації

Частина обсягу, укладеного між валками і відповідного обсягу АВВ1А1 (рис. 2.1), називають вогнищем деформації. Експериментальними дослідженнями встановлено, що пластична деформація поширюється також і на зони, прилеглі до цього обсягу. У зв'язку з цим обсяг АВВ1А1 прийнято називати геометричним осередком деформації, або контактною зоною деформації.

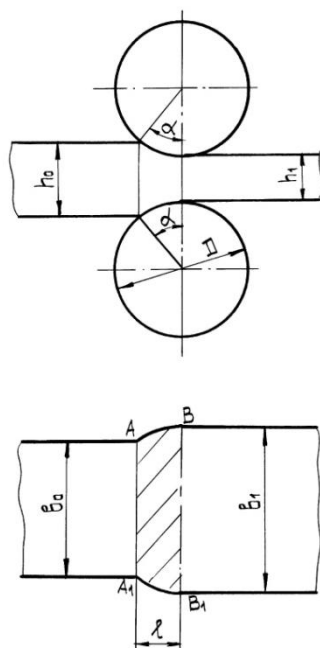


Рисунок 2.1 – Схема осередку деформації при прокатці

Геометричний вогнище деформації характеризують такі величини:

- висота смуги на вході в валки h_0 і виході з валків h_1 ;
- абсолютна обтиснення $\Delta h = h_0 - h_1$; (2.1)
- відносне обтиснення $\Delta h / h_0$; (2.2)
- початкова b_0 і кінцева b_1 ширина смуги;
- абсолютна розширення $\Delta b = b_1 - b_0$; (2.3)
- діаметр робочих валків D ;
- кут контакту α , що визначається за формулами

$$\cos \alpha = 1 - \Delta h / D, \quad (2.4)$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}, \quad (2.5)$$

де R - радіус робочих валків;

- горизонтальна проекція дуги контакту l , що визначається за формулою

$$l = \sqrt{\Delta h R}, \quad (2.6)$$

- коефіцієнти витяжки смуги, поперечної і висотної деформацій:

$$\lambda = F_0 / F = l_1 / l_0; \quad \beta = b_1 / b_0; \quad \eta = h_1 / h_0, \quad (2.7)$$

де F_0, F_1 - площі поперечного перерізу смуги до і після прокатки;

- середня висота смуги

$$h_{cp} = (h_0 + h_1) / 2. \quad (2.8)$$

Геометричні характеристики осередку деформації (l / h_{cp} , α , b_0 / h_0 або l / h_{cp} , α , b_0 / l) і умови тертя на контактній поверхні визначають напружено-деформований стан і кінематику течії металу в осередку деформації. Рівність цих відносних величин (при різних абсолютних розмірах вогнища

деформації, але збереженні умов тертя на контактних поверхнях) визначає ідентичні умови деформації, що може використовуватися при моделюванні процесів прокатки. Такі величини називають критеріями подібності.

Закон сталості обсягу

Дослідами встановлено, що обсяг металу в результаті пластичної деформації практично не змінюється. Незначна зміна обсягу під час гарячої прокатки литого металу пов'язане з його ущільненням, так як заварюються раковини, порожнечі, мікротріщини. При подальшій прокатці ущільнений метал вже зберігає постійний питома вага. Тому припускають, що обсяг металу при обробці тиском залишається постійним.

Для тіла, що має форму прямокутного паралелепіпеда, закон сталості обсягу виражається наступним рівністю:

$$h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1, \quad (2.9)$$

де h_0, b_0, l_0 - висота, ширина і довжина паралелепіпеда до деформації;
 h_1, b_1, l_1 - висота, ширина і довжина паралелепіпеда після деформації.

При прокатці є заданою наперед висотна деформація смуги h_0 / h_1 . Поздовжня деформація, або витяжка, $* = l_1 / l_0$ може бути визначена цілком точно лише при знанні величини поперечної деформації b_1 / b_0 .

У деяких випадках (прокатка широких смуг, листів) величиною розширення можна знехтувати. Тобто вважати $b_0 = b_1$. Тоді з виразу (2.9) знаходимо:

$$h_0 / h_1 = l_1 / l_0$$

При прокатці товстих листів з слябів, коли ширина сляба недостатня для того, щоб прокатати лист необхідної ширини, процес прокатки ведуть в дві стадії.

Спочатку виробляють прокатку сляба в поперечному напрямку до отримання необхідної ширини. Для цього гуркіт прокочують з "виверсткой", тобто з поворотом в горизонтальній площині на 90°, при цьому внаслідок подовження відбувається розкочування вихідної ширини, а початкова довжина практично не змінюється. Потім, після отримання необхідної ширини, гуркіт знову повертають на 90° і прокатку ведуть в поздовжньому напрямку.

На практиці закон сталості обсягу використовують при прокатці з "виверсткой" коли необхідно розрахунком визначити проміжну товщину $h_{пр}$, при якій ширина розкату досягне необхідного розміру $b_{пр} = b_1$. Це можна зробити, використовуючи умову сталості обсягу

$$h_0 b_0 l_0 = h_{пр} b_{пр} l_{пр} = h_1 b_1 l_1. \quad (2.10)$$

Розрахунок ведуть без урахування розширення, приймаючи $l_0 = l_1$ гр:

$$h_{пр} = h_0 b_0 / b_1. \quad (2.11)$$

Кінцеву довжину смуги також визначають з рівняння (2.10):

$$l = h_{пр} v_{пр} / h_1 v_1. \quad (2.12)$$

Налаштування стану

Налаштування стану полягає в регулюванні валків і встановлення необхідного відстані між валками для отримання смуги заданого розміру.

Регулювання валків з гладкою бочкою зводиться до досягнення паралельності осей валків. Якщо валки непаралельні, то одна кромка прокатої смуги виходить тонше інший.

Витяжка окремих елементів металу по ширині смуги залежить від величини обтиску, отже, після прокатки кромки смуги будуть різної довжини і тому вона скривиться. Викривлення відбувається в бік більшої товщини смуги (в бік меншої витяжки).

При наявності викривлення смуги роблять регулювання валків, тобто поджатие одного боку валків по відношенню до іншої. Це може бути здійснено шляхом роздільної роботи нажимними гвинтами.

Регулювання каліброваних валків поряд з установкою валків паралельно один одному передбачає поєднання струмків верхнього валка з відповідними струмками нижнього валка.

Після регулювання валків необхідно встановити розчин валків, що забезпечує прокатку смуги заданої товщини. При цьому потрібно враховувати, що під дією сили прокатки елементи робочої кліти пружно деформуються. Сумарна пружна деформація складається з наступного:

- пружного прогину валків і пружного радіального стиснення їх бочок і шийок;
- пружного стиснення вкладишів, подушок, натискних гвинтів;
- пружного розтягування (з вигином) стійок станин;
- пружного вигину верхньої і нижньої поперечини станин.

В результаті всіх перерахованих деформацій відстань між валками при прокатці збільшується і товщина смуги стає більше, ніж встановлений до прокатки зазор. Отже, щоб отримати необхідну товщину смуги h_1 , необхідно встановити розчин валків:

$$h = h_1 - f_c, \quad (2.13)$$

де f_c - сумарна пружна деформація кліти.

При цьому пружною деформацією самої смуги, з огляду на її незначності, можна знехтувати. Величина f_c зазвичай знаходиться із залежності

$$f_c = f(P), \quad (2.14)$$

яка іноді називається "пружною характеристикою стану". Отримують цю залежність для кожного стану окремо експериментально, шляхом вимірювання зусилля прокатки і величини пружної деформації робочої кліті.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторний прокатний стан.

2 Микрометр, штангенциркуль.

3 Зразки з технічного свинцю:

$h_0 = 8$ мм, $b_0 = 40$ мм, $l_0 = 80$ мм - 1 шт;

$h_0 = 5$ мм, $b_0 = 60$ мм, $l_0 = 80$ мм - 1 шт.

4 Прямокутні смуги з алюмінію завтовшки 1,0 ... 1,5 мм, шириною 20 мм (3 шт.) і 40 мм (3 шт.), довжиною 100 мм

Порядок проведення експериментів

Робота складається з трьох частин.

У першій частині вивчають геометричні параметри, що характеризують вогнище деформації при прокатці, набуваючи навички практичного їх визначення (досвід 1). У другій частині здійснюють дослідну перевірку закону сталості обсягу і застосовують його при прокатці з "виверсткой" (досліди 2 і 3). У третій частині набувають навички настройки стану на прокатку смуги потрібної товщини, визначають пружну деформацію робочої кліті (досвід 4).

Досвід 1. Прокатку свинцевого зразка розмірами 8x50x100 мм зробити за 4 пропуску з обтисканнями 3, 2, 1, 0,5 мм. Для кожного пропуску визначити значення товщини і ширини зразка, занести кількісні результати досвіду в таблицю 2.1.

Досвід 2. Для дослідної перевірки закону сталості обсягу і його практичного застосування взяти зразок розмірами 5x60x80 мм. Ретельно виміряти вихідні розміри h_0 , b_0 , l_0 . Необхідно отримати лист шириною 70 мм і товщиною 1 мм. Для отримання необхідної ширини зразок необхідно прокатати в напрямку В (рис. 2.2) за один пропуск. Попередньо необхідно розрахунком визначити проміжну товщину $h_{пр}$. Потім зразок "виверстать" і катати в напрямку А до отримання кінцевої товщини $h_1 = 1$ мм з обтисканнями за кожен прохід * h * 1 мм. Заміривши розміри зразка після першого і другого пропусків, перевірити закон сталості обсягу.

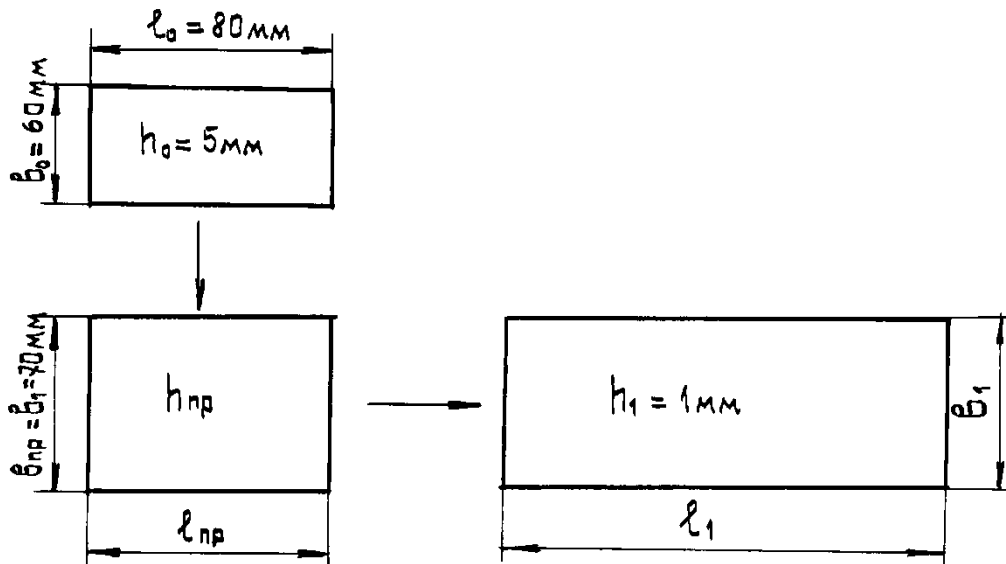


Рисунок 2.2 – Схема прокатки з виверсткою

Таблиця 2.1-Геометричні параметри осередку деформації

Номер пропуску	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	b_0 , мм	b_1 , мм	Δb , мм	l , мм	α , мм	λ , мм	ε , %	F_0 , мм ²	F_1 , мм ²	h_{cp}	$\frac{l}{h_{cp}}$	$\frac{b_0}{h_0}$

Кількісні дані досвіду занести в таблиці 2.2, 2.3.

Таблиця 2.2 - Дані дослідної перевірки закону сталості обсягу

Замер	h_0 , мм	b_0 , мм	l_0 , мм	h_1 , мм	b_1 , мм	l_1 , мм	Объем образца, мм ³	
							До деформації	После деформації

Таблиця 2.3 –Опытные данные прокатки с "выверсткой"

Параметры полосы	h_0 , мм	b_0 , мм	l_0 , мм	$h_{пр}$, мм	h_1 , мм	b_1 , мм	l_1 , мм

дано

отримано розрахунком

виміряна фактично

рівнянням сталості обсягу, визначити розрахунком кінцеву довжину смуги.

ДОСВІД 3. Перевірити паралельність валків. З цією метою прокатати алюмінієвий зразок шириною 20 мм з відносним обтисненням $\ast = 20 \dots 30\%$. Попередньо встановити розчин валків, рівний вихідної товщині смуги. Для цього заготовку ввести між обертовими валками з вихідною боку кліті на

довжину 20 ... 30 мм і верхній валок опускати доти, поки смуга не буде викинута валками.

Якщо прокатана смуга має "серповидність", то необхідно опустити або підняти відповідний гвинт натискного механізму. Паралельність валків можна вважати досягнутою по усуненні "серповидно" смуги.

Для визначення пружної деформації робочої кліті прокатати 3 зразка шириною $b_0 = 20$ мм і 3 зразка шириною $b_0 = 40$ мм з обтисканнями 20,30 і 40%. Зразки повинні бути вирізані з одного аркуша.

При прокатці фіксувати величину обтиску за вказівником розчину валків (* z) і зусилля прокатки P за допомогою месдоза. Розміри зразків до і після прокатки і значення (* z) і P занести в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Досвідчені дані по визначенню пружною деформації кліті

Геометрические параметры полосы			Обжатие		P, кН	Δz , мм	F, мм
h_0 , мм	b_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	ε , %			

Обробка результатів експериментів.

Кількісні результати дослідів занести в таблиці 2.1 і 2.4. Обчислення геометричних параметрів осередку деформації за формулами (2.1) ... (2.8). Розрахунок необхідного проміжного обтиску при прокатці з "виверсткой" здійснювати за формулою (2.11), а розрахунок кінцевої довжини смуги - по формулі (2.12). За формулою (2.14) визначити величину пружної деформації кліті і побудувати графіки залежностей $f_c = f(P)$ і $f_c = f(*h)$ для смуг шириною $b_0 = 20$ і 40 мм. За розрахунковими даними досвіду 1 побудувати діаграму фактичного розподілу обтиснень і витяжок по проходах.

На основі аналізу результатів експериментів зробити висновок про можливість використання закону сталості обсягу в практичних розрахунках.

Проаналізувати характер пружною характеристики робочої кліті лабораторного стану.

Контрольні питання

- 1 Що таке вогнище деформації?
- 2 В чому відмінність між геометричним і фізичним вогнищами деформації?
- 3 Які величини характеризують геометричний вогнище деформації?
- 4 Які параметри осередку деформації визначають напружено-Деформівні-рванное стан і кінематику течії металу в осередку деформації?
- 5 Які умови моделювання процесу прокатки?
- 6 Як діаметр валків впливає на довжину осередку деформації при прокатці?
- 7 Як визначається витяжка смуги при прокатці?
- 8 У чому полягає закон сталості обсягу?
- 9 Яке практичне значення закону сталості обсягу?
- 10 Як дослідним шляхом перевірити прояв закону сталості обсягу?

- 11 Що таке прокатка з "виверсткой", і в яких випадках до неї вдаються?
- 12 У яких випадках прокатки розширення можна не враховувати?
- 13 Який параметр стану обмежує довжину сляба при прокатці з "виверсткой"?
- 14 Чому відбувається ущільнення литого металу під час гарячої прокатки?
- 15 У чому полягає настройка стану?
- 16 Чим обумовлений дефект "серповидно" смуги?
- 17 Вкажіть складові пружною деформації кліті, Як визначити пружну характеристику кліті?

3 Лабораторна робота №3

ВИВЧЕННЯ УМОВ ЗАХОПЛЕННЯ МЕТАЛУ ПРИ ПРОКАТЦІ. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ

Мета роботи - визначення максимального кута контакту в момент захоплення і при сталій прокатці, а також співвідношення між цими величинами; вивчення впливу зовнішнього тертя на умови захоплення металу валками; практичне визначення коефіцієнта тертя.

Загальні вказівки

У валки метал втягується завдяки силам тертя, які з'являються на поверхні контакту металу з валками під впливом зусилля, що виникає при стисненні смуги по висоті. Контактна тертя впливає на умови захоплення металу валками, а характер розподілу на контактні дотичних напружень впливає на напружений стан і кінематику течії металу в осередку деформації. Тому виявлення величини і характеру розподілу дотичних напружень на контактні є необхідною умовою при визначенні силових і кінематичних параметрів процесу прокатки теоретичним шляхом.

Існує кілька припущень про закон розподілу дотичних напружень на контактних поверхнях валків.

До найбільш поширених слід віднести такі закони:

Закон сухого тертя (закон Кулона-Амонтона). Закон заснований на припущенні, що прокатуваний метал по поверхні валків ковзає по всій дузі контакту: в зоні відставання - проти напрямку обертання валків, а в зоні випередження - у напрямку обертання валків (рисунок 3.1, а).

Контактні дотичні напруження * пропорційні нормальним напруженням P_x : (закон Зібеля). Згідно з цим законом дотичні напруження приймають

$$\tau = P_x f , \quad (3.1)$$

де f - коефіцієнт зовнішнього тертя.

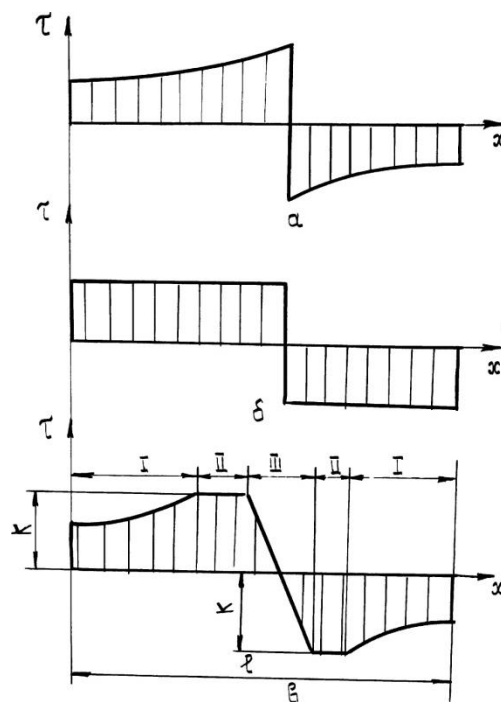
Закон постійних дотичних напружень. Згідно з цим законом дотичні напруження приймають по всій довжині дуги контакту постійними (рис. 3.1, б):

$$\tau = 2Kf = \text{const} , \quad (3.2)$$

де K - опір металу чистому зрушенню.

Закон ковзання-прилипання. Згідно з цим законом по довжині дуги контакту мають місце зони ковзання і прилипання (рис. 3.1, в).

Відносна протяжність цих зон, а також характер розподілу дотичних напружень на контакті залежать від ряду факторів, у тому числі від l / h_{cp} і f . Зона прилипання має місце при $\tau_x = K$.



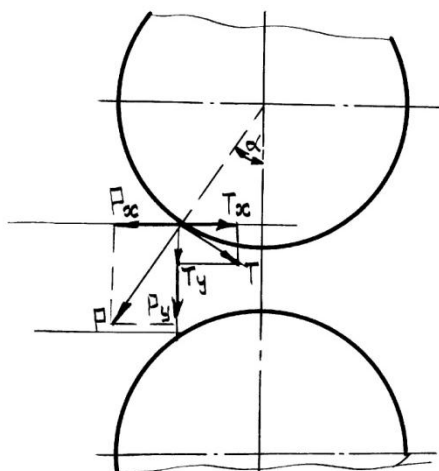
а- по закону сухого тертя; б-за законом постійних дотичних напружень; в- за законом ковзання-прилипання

Малюнок 3.1 – Схеми розподілу дотичних напружень на контактних поверхнях валків

При прокатці величина кута контакту α не може збільшуватися безмежно. Межі, до яких при даному діаметрі валків можна збільшувати обтиснення, а отже, і кут контакту, можуть бути встановлені з умови вільного захоплення металу валками, якщо розглянути рівновагу сил, що діють з боку валків на прокочується смуги, в момент зіткнення валків з її переднім кінцем. При цьому в точці А, положення якої визначається величиною кута α , діятимуть сили: радіальна (нормальна) P і сила тертя (дотична) T (рису. 3.2).

Очевидно, що співвідношення між горизонтальними проекціями P_x і T_x цих сил визначатиме можливість здійснення захоплення смуги валками. При $T_x \geq P_x$ захоплення відбудеться. При $T_x = P_x$ буде мати місце рівновага:

обертові валки НЕ будуть ні втягувати смугу в осередок деформації, ні виштовхувати смугу з нього.



Малюнок 3.2- Схема сил при захопленні смуги валками

Оскільки $T_x = T \cos \alpha$, $P_x = P \sin \alpha$, а $T = fP$, то $\operatorname{tg} \alpha_3 = f$.

Так як захоплення металу валками можливий лише при $T_x > P_x$, то

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = f. \quad (3.3)$$

При сталій прокатці, тобто коли весь вогнище деформації заповнений металом, можна провести аналогічні міркування. У першому наближенні можна прийняти рівномірний розподіл контактних напружень по дузі контакту. При такому допущенні рівнодіюча P переміститься до середини осередку деформації. Точка її застосування визначиться половиною кута контакту $\alpha/2$.

При цьому умови усталений процес стає здійснимо, коли

$$\operatorname{tg}(\alpha_y / 2) < f. \quad (3.4)$$

В межах практично здійснених кутів контакту можна наближено прийняти $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$, тоді отримані нерівності запишуться у вигляді:

$$\alpha_3 < f; \quad \alpha_y / 2 < f. \quad (3.5)$$

З зіставлення зазначених виразів випливає, що

$$\alpha_y / \alpha_3 \approx 2, \quad (3.6)$$

тобто після захоплення металу валками можна збільшувати обтиснення Δh .

Методи визначення коефіцієнта тертя

З відомих найбільш поширені такі методи визначення коефіцієнта тертя при прокатці: по максимальному куті захоплення, випередження, кліщовий метод, метод Бленда-Форда.

Метод визначення коефіцієнтів тертя по максимальному куті захоплення

Метод полягає в наступному (см.рис. 3.2).

Для зведених валків горизонтальна складова T_x , яка сприяє втягуванню металу у валки, мала і природного захоплення не відбудеться. Якщо почати розводити валки, а смугу тримати в зіткненні з валками, то настане момент, коли горизонтальні складові T_x і R_x дорівнюватимуть. При настанні рівноваги системи сил спостерігається легке здригання зразка.

При подальшому мінімальному збільшенні зазору між валками відбудеться захоплення металу, так як виконується умова (3.3).

Даний метод дозволяє визначити коефіцієнт зовнішнього тертя в момент захоплення.

Метод визначення коефіцієнта тертя випередження

Випередження може бути теоретично підраховано по формулі

$$S = \frac{R}{h_1} \gamma^2, \quad (3.7)$$

де R - радіус валка;

γ - нейтральний кут;

h_1 - кінцева товщина.

Формула, що зв'язує значення кутів (нейтрального γ , захоплення α і тертя β), має вигляд

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\beta}\right) \quad (3.8)$$

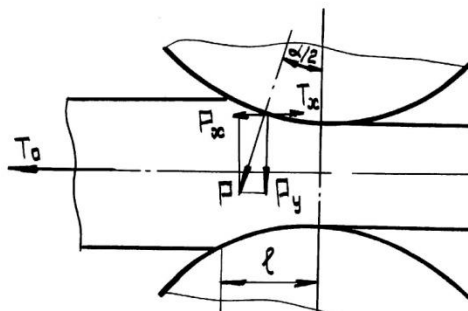
Величину випередження S отримують експериментально (методом кернів), підставляють в теоретичну формулу (3.7) і вирішують її щодо величини γ .

Коефіцієнт тертя визначають по залежності (3.8) з урахуванням того, що $f = \text{tg}\beta$.

Однак цей метод недостатньо точний через великої кількості припущень при виведенні формул випередження і труднощі точного вимірювання випередження.

Кліщовий метод визначення коефіцієнта тертя

Метод служить для визначення коефіцієнта тертя безпосередньо під час прокатки. Смугу задають в валки, а з заднього боку захоплюють клещами для створення натягу T_0 , що забезпечує пробуксовку смуги (рис. 3.3)



Малюнок 3.3-Схема сил в осередку деформації і розподіл дотичних напружень при визначенні коефіцієнта тертя кліщовим методом

З умови рівноваги: $T_0 + 2P_x - 2T_x = 0$; $T_0 + 2P_y \operatorname{tg}(\alpha/2) - 2P_{yf} = 0$ знаходять:
 $f = T_0 / 2P_y + \operatorname{tg}(\alpha/2)$.

Величини T_0 і P_y визначають експериментально, кут α обчислюють. Цей метод передбачає рівномірний розподіл дотичних напружень одного знака на контактній поверхні.

Метод Бленда-Форда

У цьому методі заднім натягом T_0 смуги домагаються, щоб випередження S стало рівним нулю, тобто швидкість руху смуги на виході з валків дорівнювала окружній швидкості валків ($V_1 = V_b$). В цьому випадку нейтральне перетин буде близьким нулю, тобто $\gamma \rightarrow 0$, і тоді сили тертя будуть діяти на контактній поверхні в одному напрямку. За вимірним крутним моментом M на валку і рівнодіюча контактних сил P можна визначити коефіцієнт тертя μ_y у при сталому процесі прокатки:

$$f_y = \frac{M}{PR}$$

де R - радіус валка.

Матеріальне забезпечення

- 1 Лабораторний прокатний стан.
- 2 Мікрометр (або штангенциркуль).
- 3 Зразки з технічного свинцю у вигляді паралелепіпеда з розмірами 10x30x80 мм - 2 шт.
- 4 Клиновидні зразки (рисунок 3.4) - 2 шт.

Порядок проведення експериментів

Відповідно до особливостей визначення кутів контакту і коефіцієнтів тертя при захопленні і встановилася прокатці робота передбачає два досвіду.

ДОСВІД 1. Визначення максимального кута α_3 при захопленні

При проведенні досліду використовують зразки з розмірами 10x30x80 мм. Перед прокаткою ретельно вимірюють їх товщину і записують результати вимірювання в таблицю 3.1.

Необхідно стежити за тим, щоб передня грань зразка була строго перпендикулярна його поздовжньої осі, щоб передні кромки зразка були прямолінійні і на них не було задирок, так як ці дефекти суттєво впливають на умови захоплення.

Таблиця 3.1 - Досвідчені дані визначення кутів контакту і коефіцієнтів зовнішнього тертя при прокатці свинцю

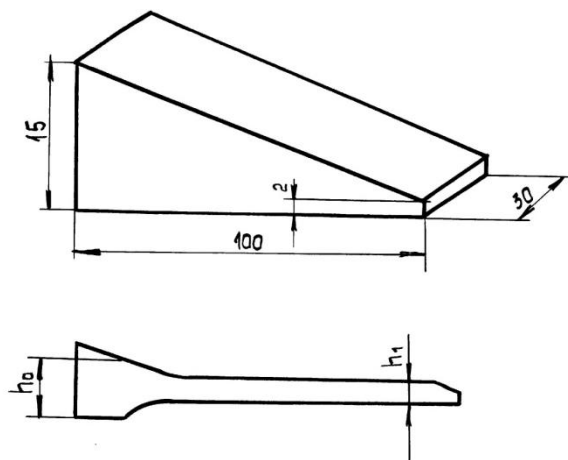
Образец	h_0 , мм	H_1 , мм	Δh , мм	D_1 , мм	α_z , рад	α_y , рад	f_z	f_y	Состояние поверхности валков, условия смазки
---------	---------------	---------------	--------------------	---------------	---------------------	---------------------	-------	-------	--

Перед проведенням експерименту валки зводять (зазор між валками повинен бути 3 мм), потім, злегка притискаючи зразок до обертових валків, поступово розводять їх. Перед втягуванням металу у валки з'явиться вібрація зразка. При подальшому мінімальному збільшенні зазору між валками зразок буде втягнутий і прокачаний.

Прокатати два зразки: без змащення і з мастилом. Виміряти товщину зразків після прокатки.

ДОСВІД 2. Визначення максимального кута контакту при сталій прокатці

При проведенні досліду використовують клиновидні зразки (див.рис 3.4) .. Зразки задають в валки тонким кінцем. Попередній зазор в валках 2 ... 3 мм. Валки будуть втягувати клиновидну смугу, обтиску її до товщини h_1 . Оскільки товщина ділянок клина, що надходять в валки, безперервно зростає, так само невинно зростає і абсолютна обтиснення Δh .



Малюнок 3.4- Клиноподібний зразок

У якийсь момент часу валки почнуть буксувати. Після цього стан зупиняють, валки розводять, зразок виймають з валків і на ньому вимірюють h_0 і h_1 . За цим величинам визначають абсолютне обтиснення Δh , а потім за допомогою формул - максимальний кут α_y і величину коефіцієнта тертя * у. Прокатати два зразки: один без змащення, а другий з мастилом.

Обробка результатів експериментів

Кількісні результати дослідів занести в таблицю 3.1. значення кутів α_z , α_y у і коефіцієнтів тертя f_z , f_y визначити за формулами (1.3), (1.4).

На основі аналізу результатів експерименту зробити висновки про залежність максимальних кутів в момент захоплення і при сталій прокатці від

коефіцієнтів зовнішнього тертя, а також про ступінь відхилення досвідченого значення відносини α_y/α_z від теоретичного. Проаналізувати позитивну і негативну роль тертя при прокатці.

Контрольні питання

- 1 Як впливає зовнішнє тертя на зусилля деформації і витрата енергії при прокатці?
- 2 Як розподіляються дотичні напруження по закону сухого тертя?
- 3 Як розподіляються дотичні напруження по закону Зібеля?
- 4 Як розподіляються дотичні напруження по закону ковзання-прилипання?
- 5 У чому полягає метод визначення коефіцієнта тертя по максимальному куті контакту?
- 6 У чому сутність методу визначення коефіцієнта тертя випередження?
- 7 У чому полягає метод Бленда-Форда?
- 8 Яке умова вільного захоплення металу валками?
- 9 Як поліпшити умова захоплення металу валками при прокатці?
- 10 Як змінюється напрямок рівнодіючої контактних сил при захопленні, якщо зазор між валками зростає?
- 11 Вкажіть технологічні параметри, які визначаються експериментально, при знаходженні коефіцієнта тертя методом Бленда-Форда.
- 12 Як визначити максимальний кут контакту при сталій прокатці?
- 13 Яке співвідношення між кутами контакту при сталій прокатці і в момент захоплення?

4 Лабораторна робота №4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПЕРЕДЖЕННЯ ПРИ ПРОКАТЦІ В ГЛАДКИХ ВАЛКАХ

Мета роботи - практичне вивчення явища випередження при прокатці; вивчення впливу на величину випередження відносини $l / h\sigma$ і кута контакту.

Загальні вказівки

Внаслідок закону найменшого опору і закономірностей, вивчених в лабораторній роботі №1, швидкості переднього V_1 і заднього V_0 решт смуги, що проходить через вогнище деформації, і окружна швидкість самих валків V_b не однакові:

$$V_0 < V_b < V_1. \quad (4.1)$$

Явище, коли швидкість виходу смуги з валків перевищує окружну швидкість самих валків, називається випередженням.

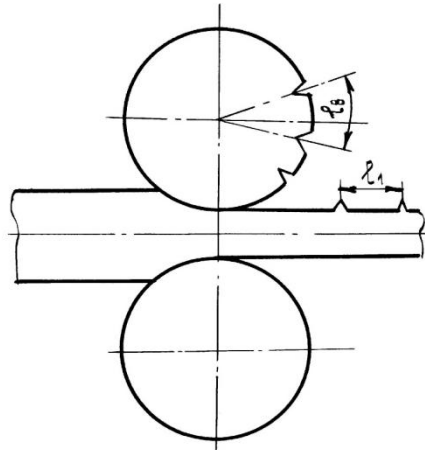
Випередження визначається за формулою $S = (V_1 - V_b) / V_b$.

Випередження є важливим параметром прокатки при налаштуванні безперервних станів. Залежно від величини випередження при даній схемі обтиску і величини натягів визначають кутову швидкість валків.

Експериментально випередження можна визначити методом кернів (рис. 4.1) з урахуванням пропорційності швидкостей і переміщень

$$S = (l_1 - l_b) / l_b, \quad (4.2)$$

де l_b - довжина дуги між кернами на валку;
 l_1 - відстань між відбитками на смузі



Малюнок 4.1-Схема визначення випередження методом кернів

На поверхню валка на деякій відстані один від одного накернівають поглиблення, які під час прокатки смуги дають відбитки на ній у вигляді горбків. При вимірі легко виявити, що відстань між горбками l_1 на смузі більше відстані між заглибленнями на поверхні валка l_b .

При гарячій прокатки, коли l_1 вимірюють після охолодження металу, необхідно робити поправку на зміну за рахунок температури:

$$l_1 = l_1^0 + \alpha_T (t_1^0 - t_0^0), \quad (4.3)$$

де t_1^0 і t_0^0 - температури прокатки і вимірювання;

α_T - коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу смуги.

Величина випередження залежить від геометричних розмірів осередку деформації, умов тертя на контактній поверхні і натяжений (підпорів):

$$S = f(l/h_{cp}; \alpha; b_0/l; \sigma_0; f), \quad (4.4)$$

де α - кут контакту;

σ_1, σ_0 — напруги переднього і заднього натяжений;

f - коефіцієнт тертя.

Чим більше $l/h_{cp}; \alpha; b_0/l; \sigma_1$ і f_1 тим більше випередження.

Заднє натяг зменшує випередження.

Випередження може бути підраховано за формулою Дрездена:

$$\frac{P_1}{h_1} \gamma^2, \quad (4.5)$$

де γ - нейтральний кут.

Нейтральний кут γ може бути визначений при прокатці тонких смуг ($l/h_{cp} > 3$) за формулою Фінка:

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{2} - \frac{1 - \cos \alpha}{2f}, \quad (4.6)$$

де α - кут контакту.

Ця формула отримана в припущенні рівномірного розподілу швидкостей по висоті перетинів осередку деформації і дає задовільні результати при прокатці відносно тонких смуг в умовах плоскої деформації ($l/h_{cp} > 3$; $b_0/l > 5$).

При прокатці товстих і середніх смуг, коли $l/h_{cp} < 3$, випередження може бути підраховано за формулами, отриманими В.Ф.Потапкіним на основі методу полів ліній ковзання і враховує нерівномірний розподіл швидкостей по вертикальних перетинах осередку деформації:

$S = 1 + 32\alpha l/h_{cp}$ - при $l/h_{cp} \leq 2$;

$S = 3,8 + 0,62(\alpha - 5)$ - при $1 < l/h_{cp} < 2,5$,

де S - випередження, %;

α - кут контакту, град.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторний прокатний стан.

2 Свинцеві зразки розмірами:

8x50x150 мм - 1 шт. ;

4x50x150 мм - 1 шт.

3 Штангенциркуль.

Порядок проведення експериментів

ДОСВІД 1. Визначення залежності випередження від l/h_{cp} при інших рівних умовах

Для цього зразок розмірами 8x50x150 мм прокатати за 5 пропусків з однаковими обтискуваннями $\Delta h = 1,5$ мм.

Перед прокаткою на поверхні одного з валків наносять керни заміряють відстань між ними по дузі l_b (см.рисунок 4.1).

ДОСВІД 2. Визначення залежності випередження від кута контакту при постійному відношенні l/h_{cp}

Для цієї мети прокочують 2 свинцевих зразка: зразок розмірами 8x50x150 мм прокатати з обтисненням $\Delta h = 3,0$ мм, а зразок розмірами 4x50x150 мм - з обтисненням $\Delta h = 0,9$ мм.

Обробка результатів експериментів

Вихідні та кінцеві розміри зразків і відстані між відбитками на смузі в дослідах після кожного пропуску занести в таблицю 4.1.

Для випадків, коли $l/h_{cp} \geq 3$, величину випередження визначити за формулою Дрездена, а при $l/h_{cp} < 3$ - за формулою В.Ф.Потапкіна.

За досвідченим і розрахунковими даними побудувати графічні залежності $S = f(l/h_{cp})$.

Таблиця 4.1 - Досвідчені та розрахункові дослідження випередження при прокатці

Опыт	Про-пуск	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	b_0 , мм	b_1 , мм	$\frac{l}{h_{cp}}$	α , рад	$\frac{b_0}{l}$	$S_{эк}$, %	$S_{т.ср.}$, %
------	----------	------------	------------	-----------------	------------	------------	--------------------	----------------	-----------------	--------------	-----------------

Проаналізувати вплив відносини l/h_{cp} і кута контакту на величину випередження.

Контрольні питання

- 1 Яке явище називають випередженням?
- 2 Назвіть експериментальні методи визначення випередження. У чому їх суть?
- 3 Перерахуйте фактори, що впливають на величину випередження. Виділіть групу факторів, які сприяють зменшенню випередження.
- 4 Як впливають на випередження переднє і заднє натягу?
- 5 Як впливає на випередження ширина смуги? Поясніть.
- 6 Як впливає на величину випередження ступінь деформації металу?
- 7 Який вплив на випередження надає кут контакту?
- 8 Який вплив на випередження надає зростання діаметра валків при інших різних умовах?
- 9 Який вплив на випередження надає зміна ставлення l/h_{cp} ?
- 10 Як підпори впливають на величину випередження?
- 11 На яких станах необхідно точно враховувати випередження? Чому?
- 12 З яких міркувань вибирають кутові швидкості валків безперервних станів?

5 Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ УШИРЕНІЮ ПРИ ПРОКАТЦІ В ГЛАДКИХ ВАЛКАХ

Мета роботи - вивчення впливу коефіцієнта зовнішнього тертя, відносного обтиску, ширини смуги, числа проходів (дробності деформації) на розширення металу при прокатці; виявлення залежності розподілу розширення по ширині смуги; ознайомлення з формулами для підрахунку розширення і оцінка їх точності.

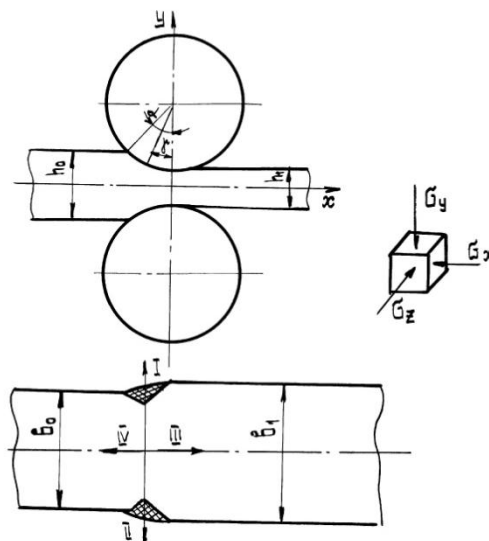
Загальні вказівки

При прокатці поряд зі зменшенням висоти заготовки (обтисненням) і її подовженням (витяжкою) відбувається також збільшення ширини прокочується смуги, зване розширенням. У більшості випадків розширення являє собою негативне явище, оскільки воно знижує загальну витяжку при прокатці і викликає в бічних крайках смуги значні напруження розтягу. У той же час при прокатці фасонних профілів завдяки розширенню домагаються кращого заповнення калібрів. Найчастіше для оцінки величини розширення користуються виразом (2.3).

Рідше для цієї мети використовують поняття відносного розширення $\varepsilon_b = (b_1 - b_0) / b_0$ і коефіцієнта розширення $\beta = b_1 / b_0$.

При аналізі розширення враховують напружений стан смуги при прокатці, яке характеризується тривісним стисненням (рисунок 5.1). Відповідно до закону найменшого опору при пластичній деформації основна маса металу в результаті обтиску переміщається в подовжньому напрямі. Однак в деяких випадках напруги σ_z і σ_x по своїй величині наближаються одна до одної і відповідно зростає величина розширення.

Для теоретичного аналізу А.І. Целікова, Б.П. Бахтіновим, Д.І. Старченко та іншими прийнята схема розвитку розширення в осередку деформації, представлена на малюнку 5.1.



Малюнок 5.1 Схема осередку деформації при прокатці

Відповідно до цієї схеми вогнище деформації ділиться на чотири зони: дві з них (I і II), прилеглі до бічних крайках, називаються зонами прагнення металу до розширення. Необхідно відзначити, що такий розподіл вогнища деформації умовно, так як смуга в осередку деформації поводить себе як єдине ціле, і для її руху характерно сталість коефіцієнтів витяжок елементарних смужок по ширині. В результаті, завдяки впливу зовнішніх зон, частина металу, що знаходиться в зонах I і II, деформується в подовжньому

напрямку і, навпаки, частина металу із зон III і IV зміщується в поперечному напрямку. На величину розширення впливає велика кількість чинників.

Внаслідок закону найменшого опору зі зміною величини обтиску відбувається зміна напруженого стану по всіх трьох осях. При прокатці з малими обтисканнями відбувається зменшення протяжності осередку деформації в поздовжньому напрямку при збереженні його поперечних розмірів. Таким чином, об'ємний напружений стан характеризується в цьому випадку сильним зростанням поперечних напружень у порівнянні з поздовжніми, що сприяє збільшенню витяжки та зменшенню розширення.

При великих обтиснутих співвідношення між поздовжніми і поперечними напруженнями за рахунок збільшення поздовжньої протяжності осередку деформації змінюється на користь розширення і величина останнього зростає. З цієї причини під час прокатки смуги в кілька окремих пропусків із загальним обжатием Δh_c сумарне розширення виходить меншим у порівнянні з прокаткою за один прохід з тим же обжатием Δh_c .

Зміна коефіцієнта тертя в першу чергу вплине на деформацію в тому напрямку, в якому відбувається переважне переміщення металу щодо валків, тобто для звичайних випадків прокатки - в напрямку витяжки. Але так як поздовжня і поперечна деформації пов'язані між собою рівнянням сталості обсягу, то при сталості обтиску зміна коефіцієнта тертя позначиться прямим чином на витяжці і побічно - на розширенні.

Зі зниженням коефіцієнта тертя (мастило валків) при даному обтисненні, коли полегшується перебіг металу в подовжньому і поперечному напрямках, від нього бере зріст лише витяжка, а розширення, навпаки, зменшується. З ростом коефіцієнта тертя зменшується витяжка металу і зростає розширення. Якщо є відступ від цього правила, то причину слід шукати в особливих умовах напруженого стану.

При зміні ширини смуги напружений стан змінюється, головним чином, в напрямку однієї осі. Якщо збільшувати ширину смуги, то при постійності всіх інших умов відбувається різке зростання поперечних напружень з відповідним зростанням відносини цієї напруги до поздовжнього. Зрозуміло, що при цьому поперечна деформація ускладнюється, а поздовжня полегшується. При прокатці вузьких смуг, навпаки, значення напруг σ_x і σ_y (см.рисунок 5.1) ближчі один до одного, як і величини відповідних деформацій.

Зовнішні зони викликають суттєве зменшення розширення. Тому в середній по довжині частини смуги розширення завжди менше, ніж на кінцях. Дія зовнішніх зон на розширення полягає в прагненні вирівняти витяжки, тобто деформації в поздовжньому напрямку центральної і бокових частин (кромки) прокочується смуги.

Зі збільшенням переднього і заднього натяжений розширення зменшується. Однак переднє натяг надає значно менший вплив на величину розширення, ніж заднє. Встановлено, що при наявності заднього натягу на підході металу до валяння в ньому з'являється зона утяжки, де ширина і висота перерізу смуги незначно зменшуються. У зв'язку з наявністю цієї зони

фактична ширина смуги, що входить в валки, буде менше вихідної. Тому сумарна величина розширення виходить значно менше, ніж при прокатці металу без заднього натягу.

Для підрахунку розширення різними авторами було запропоновано досить велика кількість формул, що відрізняються в основному числом врахованих факторів.

Найбільш повно всі фактори, що впливають на розширення, враховані у формулі А.І.Целікова:

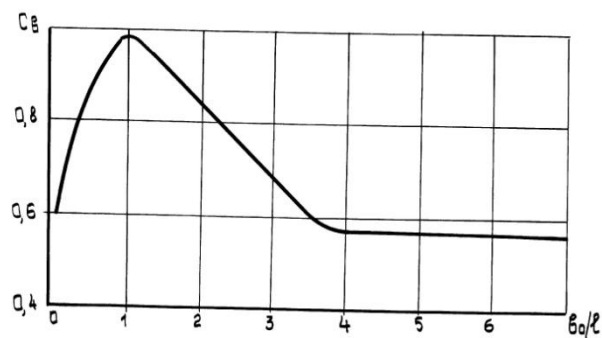
$$\Delta b = 0,58 C_b C_\sigma \left(\sqrt{R \Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right) \ln \frac{h_0}{h_1}, \quad (5.1)$$

де C_b , C_σ - коефіцієнти, що враховують вплив ширини смуги (рисунок 5.2) і натягу.

Значення коефіцієнта C_σ може бути знайдено з виразу: $C_\sigma = 1 - 2\sigma_0 / \sigma_\phi$,

де σ_0 - напруга заднього натягу;

σ_ϕ - напруга розтягування, при якому настає пластична деформація металу.



Малюнок 5.2- Залежність коефіцієнта C_b від b_0 / l

Необхідно відзначити особливості вимірювання ширини зразків в процесі експериментів. Справа в тому, що в залежності від умов прокатки виходить різне обрис бічних граней смуги: опукле, увігнуте або прямолінійний. У зв'язку в цим існує кілька методів підрахунку середньої ширини смуги після прокатки.

Метод сталості обсягу

Цей метод придатний, якщо дослідним шляхом визначені висотна і поздовжнє деформації. Тоді з умови сталості обсягу знаходимо:

$$b_1 = b_0 \frac{h_0 / h_1}{l_1 / l_0} \quad \text{або} \quad b_1 = b_0 \frac{\eta}{\lambda}$$

а повне усереднене розширення

$$\Delta b = b_1 - b_0 = b_0 \left(\frac{\eta}{\lambda} - 1 \right).$$

Метод рівновеликих площин

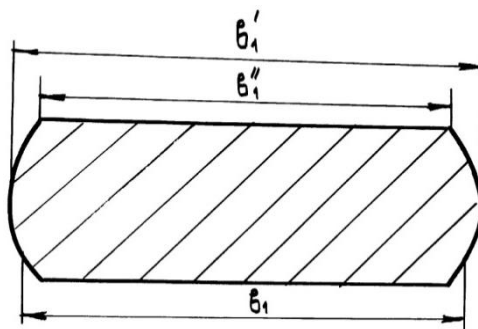
Метод полягає в підрахунку площі поперечного перерізу смуги після прокатки і в перетворенні перетину в рівновеликий прямокутник з висотою, що дорівнює висоті смуги. Іншу сторону рівновеликого прямокутника вважають шириною смуги після прокатки. Справжня площа поперечного перерізу може бути визначена, наприклад, шляхом викреслювання контуру поперечного перерізу з подальшим планеметріюванням або як частка від ділення обсягу смуги на її довжину після прокатки.

Емпіричний метод (І.Я.Тарновського)

Ширину смуги після прокатки визначають за емпіричною формулою (рис.5.3):

$$b_1 = b_1'' + a(b_1' - b_1''), \quad (5.2)$$

де $a = 0,5 \dots 0,67$ - коефіцієнт, що враховує ступінь опуклості бічної поверхні.



Малюнок 5.3- Схема до розрахунку розширення по методу І.Я.Тарновського

Матеріальне забезпечення

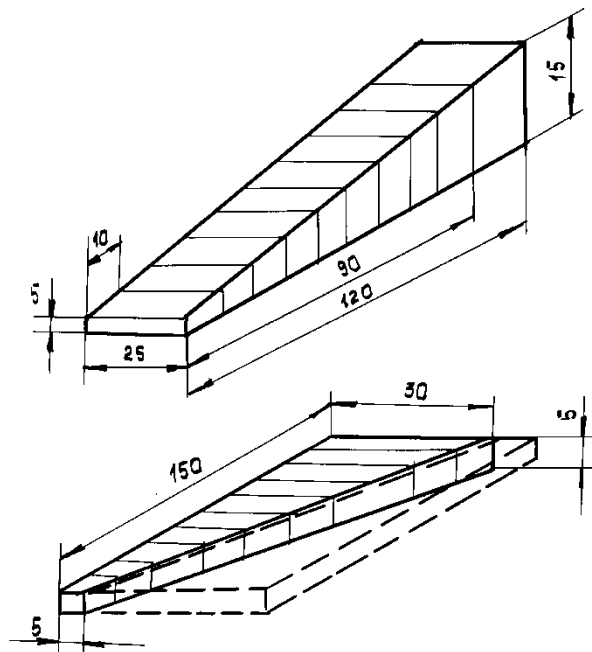
- 1 Лабораторний прокатний стан.
- 2 Зразки з технічного свинцю:
клиноподібна смуга розмірами, зазначеними на малюнку 5.4 - 2 шт. ;
клиноподібна смуга розмірами, зазначеними на малюнку 5.5 - 2 шт. ;
смуга розмірами 10x10x130 мм-2 шт.
- 3 Смуга з алюмінію розмірами 1,0x40x150 мм - 1 шт.
- 4 Штангенциркуль, масштабна лінійка, рейсмасс.

Порядок проведення експериментів

З урахуванням факторів, що впливають на величину розширення, робота передбачає виконання кількох окремих дослідів.

ДОСВІД 1. Встановлення залежності розширення від відносного обтиску

На бічних поверхнях клиноподібної смуги (див.рис. 5.4) з двох сторін провести вертикальні ризики через 10 мм. Виміряти товщину зразка по кожній ризик і результати занести в таблицю 5.1.



Малюнок 5.4- Зразки для проведення дослідів 1-3

Встановити зазор між валками 4 ... 4,5 мм і прокатати зразок тонким кінцем вперед в сухих валках. Після прокатки виміряти ширину і товщину зразка у кожній ризики. Ширину зразка виміряти по контактній поверхні b_1'' і по бочці b_1' .

Таблиця 5.1 - Досвідчені та розрахункові дані дослідження розширення при прокатці

Опыт	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	ϵ , %	b_0 , мм	b_1' , мм	b_1'' , мм	$b_{1.}$, мм	Δb_{ϕ} , мм	Δb_n , мм	Δb_p , мм	β_{ϕ}
------	---------------	---------------	--------------------	-------------------	---------------	----------------	-----------------	------------------	---------------------------	----------------------	----------------------	----------------

ДОСВІД 2. Встановлення залежності розширення від коефіцієнта зовнішнього тертя

Як зразок використовувати таку ж клиновидную смугу і з такою ж розміткою, як і в попередньому досвіді. Її прокатати з таким же обтисненням в валках зі змазкою. Уможливити відбір проб зразка.

ДОСВІД 3. Встановлення залежності розширення від ширини смуги

Як зразок служить клиноподібна смуга (см.рисунок 5.4), яку розмічають так, як це показано на малюнку. По кожній ризик вимірюють ширину і висоту зразка. Вихідні розміри заносять в таблицю 5.1.

Смугу прокатують в сухих валках з обтисненням близько 40%. З метою збереження сталості обтиску уздовж зразка доцільно прокатувати не один зразок, а два, складені так, щоб утворився прямокутник і сумарне зусилля двох зразків було постійним (на малюнку 5.4 положення другого зразка показано пунктирною лінією). В цьому випадку необхідно стежити, щоб між зразками був зазор (якщо зразки будуть щільно прилягати одне до одного, це призведе до стримування розширення).

Після прокатки вимірюють розміри зразка в перетинах, зазначених ризиками. ДОСВІД 4. Встановлення залежності розширення від числа проходів (дробності деформації)

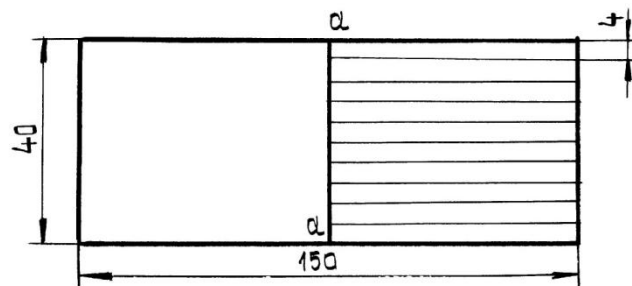
Як зразки використовують дві свинцеві смуги перетином 10x10 мм. На бічних поверхнях зразків на відстані 100 мм один від одного наносять вертикальні ризики і вимірюють вихідні розміри зразків h_0 і b_0 .

Зразки прокочують з однаковим сумарним обтисненням $\Delta h = 5 \dots 6$ мм, причому перший зразок прокочують за один прохід, а другий - за 10 ... 12 проходів з обтисненням в кожному проході по 0,5 мм.

Визначають розміри обох зразків після прокатки. Причому ширину смуги після прокатки доцільно визначати на мірної 100-міліметрової базі, користуючись законом сталості обсягу $b_1 = b_0 h_0 l_0 / h_1 l_1$, де $l_0 = 100$ мм.

Отримані дані зводять у таблицю 5.1.

ДОСВІД 5. Встановлення залежності розподілу розширення по ширині смуги



Малюнок 5.5- Схема розмітки зразка для досвіду 5

Для проведення цього досвіду беруть алюмінієву смугу розмірами 150x40x1,0 мм і на половині її довжини наносять координатну сітку, як це показано на малюнку 5.5. Відстань між штрихами має бути однаковим і дорівнювала 4 мм. Потім зразок згинають уздовж лінії а-а так, щоб координатна сітка виявилася всередині зразка.

Зразок прокочують за один-два проходи з сумарним обтисненням 1,0 ... 1,2 мм. Щоб обидві половини не зрушили одна щодо іншої, смугу слід задавати в валки згином вперед.

Після прокатки ретельно вимірюють відстань між ризиками.

Обробка результатів експерименту

Результати вимірювань і розрахунків занести в таблицю 5.1.

При обробці результатів експерименту 1 середню величину ширини визначити, використовуючи метод І.Я.Тарновського. Визначити для перетинів зразка, зазначених ризиками, значення відносного обтиску ϵ , розширення Δb_ϕ V_ϕ і коефіцієнта розширення β_ϕ . Підрахувати для цих випадків величину розширення за формулою А.І.Целікова. Побудувати експериментальні графіки залежностей $\Delta b_\phi=f(\epsilon)$, $\beta_\phi=f(\epsilon)$ і розрахункові графіки $\Delta b_p=f(\epsilon)$.

Примітка. Для обробки результатів цього та наступних дослідів значення коефіцієнта a , що входить в формулу (5.3), може бути прийнято рівним 0,65, а значення коефіцієнтів тертя μ при прокатці свинцю в сухих валках і з мастилом можуть відповідати даним роботи №3.

Примітка. Для обробки результатів цього та наступних дослідів значення коефіцієнта a , що входить в формулу (5.3), може бути прийнято рівним 0,65, а значення коефіцієнтів тертя μ при прокатці свинцю в сухих валках і з мастилом можуть відповідати даним роботи №3.

Обробку результатів досвіду 2 здійснити так само, як в досвіді 1, з поданням таких же експериментальних і розрахункових графічних залежностей. Порівняти результати першого і другого дослідів і зробити висновок про вплив коефіцієнта зовнішнього тертя * на величину розширення.

При обробці результатів експерименту 3 визначити величину абсолютного розширення Δb і коефіцієнт розширення β . Розрахувати розширення в цих перетинах за формулою А.І. Целікова. Побудувати розрахункові і фактичні залежності $\Delta b=f(b_0)$ и $\beta=f(b_0)$.

За результатами досвіду 5 побудувати криву розподілу розширення по ширині смуги.

На основі аналізу результатів експерименту зробити висновки, в яких коротко сформулювати виявлені при проведенні дослідів закономірності залежності розширення від різних факторів.

Контрольні питання

- 1 Що називають зонами прагнення до розширення?
- 2 Який закон пластичної деформації визначає обсяг зон прагнення до розширення?
- 3 Чи впливає і як обсяг зон прагнення до розширення на величину розширення?
- 4 Як визначається розширення в зонах випередження і відставання?
- 5 Як впливають на розширення переднє і заднє натягу?
- 6 Як впливають на розширення зовнішні зони? Поясніть більше розширення на кінцях смуги.
- 7 Як впливає на розширення зовнішнє тертя?
- 8 Як впливає на розширення ширина смуги?
- 9 Чи залежить розширення від обтиску і діаметра валків?
- 10 Поясніть максимальну величину розширення при $b_0 / l = 1$.
- 11 У яких випадках прокатки розширення є негативним явищем? Чому?

12 Назвіть методи підрахунку середньої ширини смуги після прокатки. Розкрийте сутність цих методів.

13 Чи впливає і як дробність деформації на величину розширення?

6 Лабораторна робота №6

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЗОН НА СЕРЕДНІЙ КОНТАКТНА ТИСК

Мета роботи - ознайомлення з методикой виявлення впливу зовнішніх зон на середнє контактний тиск і практичне вивчення закономірностей цього впливу; експериментальне визначення діапазону відносин l / h , в якому проявляється вплив зовнішніх зон.

Загальні вказівки

Величину середнього контактного тиску в осередку деформації визначають дві групи факторів. До першої відносяться механічні властивості прокочується матеріалу, ступінь деформації, швидкість деформації і температура. Ці фактори визначають величину практичної межі плинності матеріалу σ_{ϕ} і подвоєного опору чистому зрушення $2K_c=1,15\sigma_{\phi}$. Друга група чинників враховує особливості напруженого стану металу в осередку деформації, зумовлені особливостями конкретного виду деформації. До них відносяться зовнішні зони, умови тертя, наявність натягу або підпору. Кількісно їх вплив враховує коефіцієнт напруженого стану n_{σ} :

$$n_{\sigma} = n'_{\sigma} n''_{\sigma} n'''_{\sigma}, \quad (6.1)$$

де n'_{σ} - враховує вплив зовнішніх зон;

n''_{σ} - враховує вплив умов тертя;

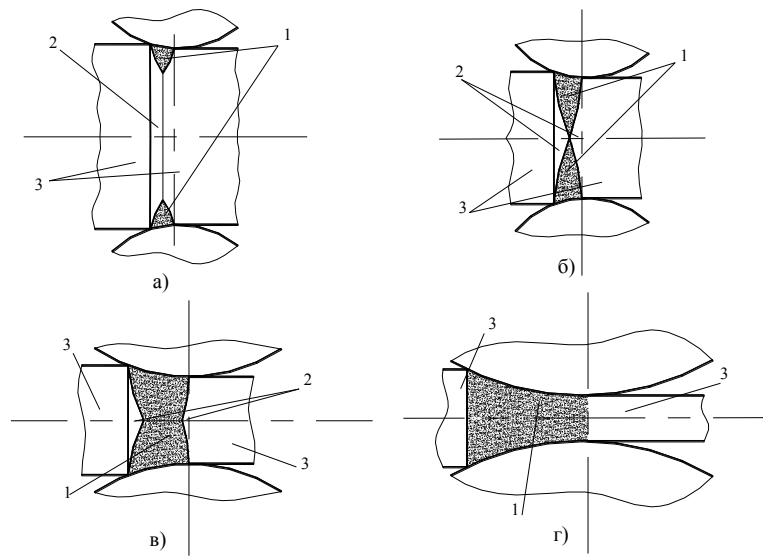
n'''_{σ} - враховує вплив натяжених або підпорів.

Натягу і підпори є зовнішніми силами, що прикладаються до деформованість прокату і впливають на напружений стан через зовнішні зони. До них можуть ставитися також сили, що діють на метал з боку провадок стану.

Умови тертя і зовнішні зони викликають нерівномірність розподілу деформації по висоті і ширині смуги в перетинах, що обмежують геометричний вогнище деформації. У зв'язку з цим в зазначених перетинах виникають напруги розтягання-стиску, під впливом яких змінюється напружений стан в осередку деформації. Вплив умов тертя було вивчено в лабораторній роботі №1, тому більш детально розглянемо вплив зовнішніх зон.

Зовнішні зони - це частини металу, прилеглі безпосередньо до вогнища деформації. Кількісно особливості зовнішніх зон описує ставлення l / h_{cp} . Залежно від цього відносини зони пластичної деформації можуть займати певний обсяг геометричного осередку деформації (рисунок 6.1). При l / h_{cp}

$<0,12$ пластична деформація локалізується в приконтактних обсягах металу і з збільшенням цього відносини поширюється на весь обсяг осередку деформації (див. Рисунок 6.1).



а – $l/h_{cp} < 0,1$; б – $l/h_{cp} = 0,12$; в – $0,12 < l/h_{cp} < 3$; г – $l/h_{cp} > 3$

Малюнок 6.1- Зони пластичної деформації (1), зовнішні зони всередині (2) і поза (3) вогнища деформації при різних значеннях l/h_{cp}

Є умови, при яких коефіцієнт напруженого стану досягає максимуму. Це відповідає розриву єдиного осередку деформації на прилеглі до валянням зони. При цьому ступінь нерівномірності деформації найбільша. В цьому випадку, відомому як завдання Прандтля, коефіцієнт напруженого стану

$$n'_{\sigma} = \frac{2K \left(\frac{\pi}{2} + 0,5\pi \right)}{2K} = 2,57, \quad (6.2)$$

де K - опір металу чистому зрушення.

Це відповідає відношенню $l/h_{cp} \approx 0,12$.

Для визначення коефіцієнта напруженого стану $n \leq n'$, що враховує вплив зовнішніх зон, використовуємо умову, що зовнішні зони і при прокатці, і при осаді надають практично однаковий вплив на напружений стан в осередку деформації. Тому можна обмежитися вивченням впливу зовнішніх зон при осаді.

Для цього необхідно провести осадку зразків з одного і того ж матеріалу при наявності і відсутності зовнішніх зон і однакових інших умовах деформації.

Сила деформації при наявності зовнішніх зон

$$P' = 2Kn'_{\sigma}F, \quad (6.3)$$

де F - площа осередку деформації.

Очевидно, що без зовнішніх зон $n \leq n' = 1$ і система опаді $P = 2KF$.

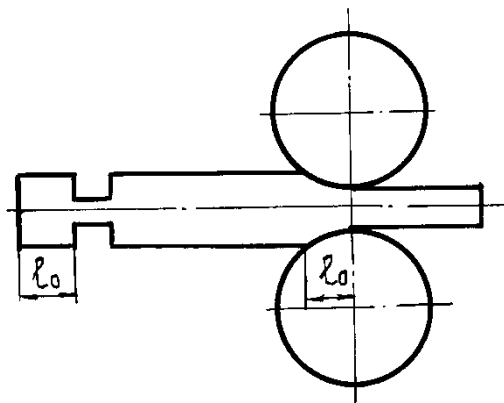
Забезпечивши для обох випадків $F = \text{const}$ (тому що матеріал однаковий, то $2K = \text{const}$), отримаємо:

$$n'_\sigma = \frac{P'}{P}.$$

Практично вказаний досвід проводиться наступним чином. Моделювання опади з зовнішніми зонами здійснюють, осаджуючи довгу свинцеву пластину фігурними бойками фіксованої ширини. Моделювання опади без зовнішніх зон здійснюють, осаджуючи між гладкими бойками прямокутний зразок фіксованих розмірів. Для дотримання умови $F = \text{const}$ ширина зразка повинна бути рівна ширині фігурного бойка, а його довжина - ширині свинцевою смуги в першому досвіді.

Необхідно мати на увазі, що в даному експерименті величина відносного обтиску ϵ повинна бути не дуже великою, тому що в протилежному випадку умови подібності деформування за схемами I та II порушуються. Дійсно, при стисненні за схемою I контактна площа практично постійна і дорівнює площі бойка. При стисненні за схемою II вона збільшується обернено пропорційно висоті зразка h , в результаті чого вплив контактного тертя зростає. Цей факт може помітно спотворити результати експерименту. Тому величина відносного обтиску повинна бути не більше 10 ... 15%.

Аналогічний досвід можна провести і при прокатці. З цією метою слід прокатувати зразки, які мають по довжині дві ділянки: одна довжиною 10 ... 20 довжин дуг контакту, інший, рівний одній дузі контакту (рисунок 6.2). Ділянки розділені прорізом (невеликим пазом). При прокатці таких зразків порівнюється середнє контактний тиск на першому і другому ділянках і визначається (як їх ставлення). Перший ділянку буде деформуватися при наявності зовнішніх зон, другий - без них. Як показують досліди, значення при прокатці трохи нижче, ніж при осадці.



Малюнок 6.2- Схема до визначення при прокатці

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторний гідравлічний прес зусиллям 39,2 кН, обладнаний індикатором годинникового типу для фіксації переміщення плунжера.

2 Штангенциркуль.

3 Зразки з технічного свинцю:

прямокутна смуга розмірами

20x40x200 мм - 1 шт. ;

зразки у вигляді паралелепіпедів

розмірами 20x40x5 мм, 20x40x10 мм,

20x40x20 мм; 20x40x30 мм по - 1 шт.

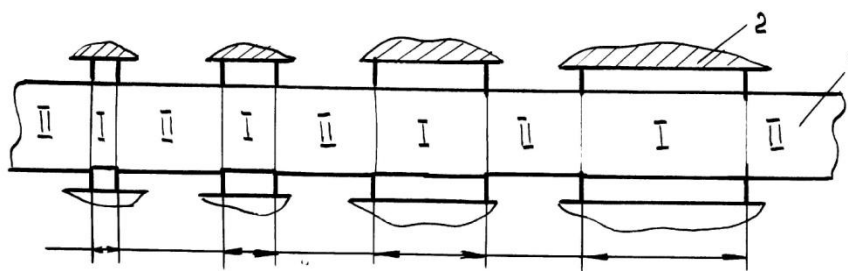
4 Набір змінних бойків шириною 5, 10, 20, 30 мм.

5 Пристосування для установки змінних бойків, що забезпечує їх співвісність.

Порядок проведення експериментів

Робота передбачає виконання дослідів за двома схемами опади.

За схемою I (рисунок 6.3) між бойками різної ширини I, що забезпечує отримання різних значень відносини l/h , послідовно деформують свинцеву смугу з обтисненням $\Delta h = 2,0$ мм. В процесі опади за допомогою індикатора фіксують положення бойка, що відповідає цьому обтисненню (відносне обтиснення $\varepsilon = 10\%$), і відповідне йому тиск рідини під плунжером.

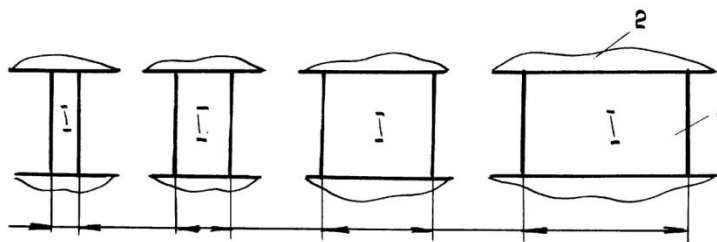


- вогнище

деформації; II- зовнішні зони

Малюнок 6.3- Схема опади смуги 1 фігурними бойками 2 (осаду з зовнішніми зонами)

Аналогічний експеримент повторюється при деформації за схемою II (малюнок 6.4). В цьому випадку деформується НЕ смуга, а чотири зразки зазначених вище розмірів. Розміри I зразків відповідають розмірам I бойків в першому досвіді.



Малюнок 6.4- Схема опади зразків кінцевої ширини I гладкими бойками 2

Обробка результатів експериментів

За отриманими значеннями зусилля опади смуги і зразків визначити силу опади P (P') і середнє контактний тиск p_{cp} (p'_{cp}) для різних відносин l/h , але при однаковому відносному стисненні $\varepsilon = 10\%$.

Для визначення сили опади необхідно показання манометра гідравлічного преса помножити на площу плунжера:

$$P(P') = p \frac{\pi d^2}{4}$$

де p - тиск в гідравлічному пресі;

d - діаметр плунжера гідравлічного преса.

Середнє контактний тиск

$$p_{cp} (p'_{cp}) = \frac{P (P')}{F (F')}$$

Всі дані експерименту занести в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Образец			Ширина бойка l_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	ε , %	$\frac{l_0}{h_0}$	$P(P')$, Н	S , мм ²	$P_{cp}(P'_{cp})$, Н/мм ²	n'_{σ}
h_0 , мм	b_0 , мм	l_0 , мм									

На підставі отриманих експериментальних даних побудувати спільно графіки зміни i . Крім того, за формулою (6.1) підрахувати значення і побудувати графічну залежність.

На основі аналізу результатів експерименту зробити висновки, в яких виділити діапазон значень l/h , при яких проявляється вплив зовнішніх зон, а також максимальне і мінімальне значення, отримані експериментально.

Контрольні питання

- 1 Що називають зовнішніми зонами?
- 2 Які причини впливу зовнішніх зон на напружений стан металу в осередку деформації?
- 3 Вкажіть фактори, що визначають напружений стан металу в осередку деформації.
- 4 Перелічіть фактори, що впливають на опір металу деформації.
- 5 Вкажіть діапазон l/h_{cp} , в якому проявляється вплив зовнішніх зон.
- 6 У чому сутність методики визначення n'_{σ} при осадці?
- 7 Що мають на увазі під величиною n'_{σ} ?
- 8 Вкажіть максимальне і мінімальне значення n'_{σ} і відповідні їм значення l/h_{cp} .
- 9 У чому сутність методики визначення n'_{σ} при прокатці?

ПРОКАТКА КВАДРАТНИХ І КРУГЛИХ ПРОФІЛЕЙ

Мета роботи - вивчення характеру деформації металу при прокатці у витяжних калібрах систем ромб-квадрат і овал-квадрат, визначення витяжки, обтиску і розширення по проходах.

Загальні відомості

Прокаткою отримують прості і фасонні профілі самих різних перетинів і розмірів.

Прокатка тонких і товстих листів проводиться на станах з гладкими робочими валками.

Прокатка простих і фасонних профілів здійснюється на станах з каліброваними валками.

Завдання калібрування профілю включають:

- визначення найбільш раціональної форми розкату в кожному перехідному перетині;
- визначення мінімального числа проходів, за яке можна отримати готовий профіль з урахуванням оптимального навантаження устаткування, тобто забезпечення максимальних витяжок за прохід;
- забезпечення заданого температурного режиму, щоб зниження температури було мінімальним, а її розподіл по перетину - рівномірним;
- вибір форми калібрів, що забезпечують мінімальну енергію деформації, щоб гуркіт не перетиснути і вільно виходив з калібру;
- забезпечення простоти настройки прокатних клітей, мінімізацію простоїв стану, підвищення його продуктивності;
- раціональну калібрування бочки прокатних валків, тобто найбільш доцільне розташування калібрів по довжині бочки валків.

У валках шляхом обточування на вальцетокарні верстаті виконуються вирізи-струмки. У кожній спільно працюючій парі валків струмки, розташовані один над іншим, складають калібр.

Основними завданнями калібрування валків є встановлення послідовних форм поперечного перерізу, визначення їх розмірів після кожного пропуску, розмірів калібрів і їх розташування в валках.

При прокатці простих сортових профілів (квадрат, коло, прямокутник і т.д.) застосовують різні системи калібрування, тобто різні поєднання форм калібрів.

Обрана система калібрування повинні забезпечити найбільш швидке зменшення поперечного перерізу прокочується смуги, тобто дати можливість отримати максимально можливі витяжки. Чим більше витяжка, тим вище продуктивність стану.

Коефіцієнт витяжки \square при прокатці визначається як відношення площі поперечного перерізу смуги до прокатки F_0 до площі поперечного перерізу

після прокатки F_1 або як відношення довжини смуги після прокатки L_1 до довжини смуги до прокатки L_0 :

$$\lambda = F_0 / F_1 = L_1 / L_0. \quad (7.1)$$

Відношення площ поперечного перерізу смуги до і після даного пропуску, тобто витяжку в даному пропуску називають приватної.

Сумарна витяжка на весь процес дорівнює добутку приватних витяжок:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_n. \quad (7.2)$$

При прокатці профілю в кілька пропусків можна визначити середню витяжку за пропуск:

$$\lambda_{cp} = \sqrt[n]{\lambda_{\Sigma}} = \sqrt[n]{F_0 / F_n}. \quad (7.3)$$

Знаючи середню і сумарну витяжку, можна визначити число пропусків:

$$n = \lg \lambda_{\Sigma} / \lg \lambda_{cp}. \quad (7.4)$$

Розглянемо калібрування при прокатці квадратного перетину. Для цього можна використовувати систему ящиків калібрів системи ромб-квадрат і овал-квадрат.

Систему калібрів ромб-квадрат застосовують як витяжний (обтискний), а також для отримання чистового квадратного профілю. Дана система використовується на безперервно-заготовочних станах і станах остаточної приставки.

Переваги системи калібрів ромб-квадрат:

- можливе отримання геометрично точних квадратів з правильно виконаними кутами;
- наявність проміжних квадратів забезпечує можливість прокатки чистових квадратів і заготовок декількох розмірів;
- є можливість отримання в одному квадратному калібрі декількох суміжних розмірів шляхом різної установки верхнього валка;
- можливе досягнення значних витяжок;
- має місце відносна рівномірність деформації по ширині калібру;
- форма калібрів запобігає утворенню тріщин і рванина на краях деформуваної смуги.

Недоліки системи калібрів ромб-квадрат:

- в порівнянні з рівновеликими ящиків калібрами ромбические і квадратні калібри мають глибший вріз в валки, що веде до ослаблення їх бочок;
- значна різниця в катають діаметрах по ширині калібру (а отже, і в окружних швидкостях) викликає додаткове тертя і швидший його знос;
- метал обжимається в двох взаємно перпендикулярних напрямках, в силу чого відбувається подстигиваніє гострих кутів і утворення дефектів в цьому місці.

Зазначені переваги і недоліки системи ромб-квадрат визначають можливість застосування даної системи на сортових і обтискних станах. Найбільш часто система ромб-квадрат застосовується в поєднанні з ящиків калібрами або з калібрами системи овал-квадрат.

Метод побудови калібрів по системі ромб-квадрат полягає у виборі ширини подальшого калібру понад висоти попереднього на величину розширення, тобто ширина ромба береться більше діагоналі надходить в нього квадрата, а висота його - менше діагоналі подальшого квадрата на величину розширення в цих калібрах.

У практичних калібрах витяжка в системах ромб-квадрат коливається в залежності від сторони квадрата в межах 1,3-1,6; в чорнових калібрах - від 1,25-1,45. Якщо проміжні квадратні калібри використовують в якості чистових для випуску готового продукту, то величина витяжки визначається розмірами проміжних квадратів. При виборі витяжок між ромбом і квадратом коефіцієнт форми калібру дорівнює одиниці, а порівняно найбільші витяжки, що застосовуються в цих системах, простота настройки дозволяють з метою спрощення розрахунків у багатьох випадках вважати, що витяжки в першому і другому пропусках будь-якої пари калібрів (пари ромб-квадрат) рівні. Систему калібрів овал-квадрат найбільш часто застосовують при прокатці дроту і дрібносортних стали. Ця система застосовується після того, як розміри смуги зменшаться до 75 ... 50 мм. Система калібрів овал-квадрат дозволяє в мінімальне число пропусків зменшити площу поперечного перерізу смуги до необхідних розмірів.

Переваги системи калібрів овал-квадрат:

- система дозволяє отримувати великі витяжки (в овалі- до 2,0; в квадраті- до 1,8), що скорочує число пропусків, зменшує витрату енергії і валків (завдяки більш високій температурі прокатки), число клітей і число робочих, зайнятих на стані;
- на відміну від системи прямокутних калібрів, ромб-квадрат і ромб-ромб, застосування овальних калібрів забезпечує оновлення кутів смуги;
- в силу чергування кантовок на 90 і 450 смуга обжимається не в двох напрямках, а в чотирьох, що покращує структуру металу і підвищує його якість;
- вріз овальних калібрів в валки незначний, що сприяє підвищенню їх міцності.

Недоліки системи калібрів овал-квадрат:

- нерівномірність деформації металу по ширині овальних і квадратних калібрів призводить до збільшення напруги в металі і зносу валків;
- витяжки в овальному та квадратному калібрах сильно відрізняються між собою, тому безперервні чорнові групи дротяних і дрібносортних станів, розраховані на застосування цих калібрів, насилу можуть бути використані для інших систем калібрів; різні витяжки в овальному та квадратному калібрах призводять до нерівномірного зносу валків (овальний калібр зношується швидше квадратного), що створює додаткові труднощі при експлуатації стану.

Досліджувана в даній роботі система витяжних калібрів овал-квадрат призначена для прокатки круглої сталі. Овальні калібри виконані перетином двох дуг, проведених рівними радіусами, при цьому, щоб уникнути переповнення калібр виконаний з деяким запасом ширини. Такий метод

калібрування дозволяє дещо зменшити нерівномірність деформації по ширині в овалі і краще зберігати високу температуру.

У практичних калібрування витяжка в системах овал-квадрат коливається в межах 1,3-2, при цьому витяжки між овалом і квадратом розподіляються нерівномірно: велику витяжку дають в овальному калібрі, меншу - в квадратному.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторний прокатний стан дуо 200x250 з комплектом каліброваних валків (рисунок 7.1).

2 Свинцевий зразок $h \times b \times l = 20 \times 20 \times 150$ мм - 2 шт.

3 Штангенциркуль, щуп.

Порядку проведення експериментів

Виміряти діагональ b_{K0} , сторону a_0 квадратної заготовки і побудувати валки стану згідно зі схемою, передбаченою на малюнку 7.1. При правильному налаштуванні валків з калібрів 2 і 4 повинні виходити відповідно квадрат зі стороною 17 мм і коло діаметром 16 мм.

Зразок прокатати в системах калібрів ромб-квадрат, а потім овал-коло.

Після прокатки вихідної заготовки в ромбічній калібрі необхідно виміряти h_p b_p (рисунок 7.2), а потім розрахунковим шляхом визначити:

ширину і висоту ромба без урахування заокруглень, прийнявши $r = 1,0$ мм

$$b_1 = b_p + 2r(\sqrt{1 + (b_p / h_p)^2} - 1),$$

$$h_1 = h_p + 2r(\sqrt{1 + (h_p / b_p)^2} - 1);$$

площа ромбу

$$F_p = b_1 h_1 / 2;$$

площа вихідної квадратної заготовки

$$F_{K0} = a_0^2;$$

Коефіцієнт витяжки:

$$\lambda_p = F_{K0} / F_p = 2a_0^2 / b_1 h_1.$$

Для визначення обтиску і розширення в ромбічній калібрі методом наведеної смуги площі ромба і надходить в нього квадрата замінюються рівновеликими по площі прямокутниками, що мають ту ж ширину, що і калібр.

Таким чином визначається:

середня висота вихідної квадратної заготовки

$$H_{cp} = a_0^2 / b_{K0};$$

Середня висота ромбу

$$h_{cp} = F_p / b_p ;$$

обтиснення в ромбічній калібрі

$$\Delta h_p = H_{cp} - h_{cp} = a_0^2 / b_{K0} - F_p / b_p ;$$

Відносне обтиснення

$$\varepsilon_p = \Delta h_p / H_{cp} ;$$

Уширення в ромбічному калібрі

$$\Delta b_p = b_p - b_{K0} .$$

Після прокатки ромбічної смуги в квадратному калібрі необхідно виміряти і розрахувати:

площа квадрата

$$F_{K1} = a_1^2 ;$$

Коефіцієнт витяжки

$$\lambda_K = F_p / F_{K1} = b_p h_p / 2a_1^2 ;$$

Середня висота ромбічної заготовки

$$H_{cp} = F_p / h_p ;$$

Середня висота квадрата

$$h_{cp} = a_1^2 / b_{K1} ;$$

Обтиснення у квадратному калібрі

$$\Delta h_K = H_{cp} - h_{cp} = F_p / h_p - a_1^2 / b_{K1} ;$$

Відносне обтиснення

$$\varepsilon = \Delta h_K / H_{cp} ;$$

розширення в квадратному калібрі

$$\Delta b_K = b_{K1} - h_p .$$

Після прокатки заготовки в овальному калібрі необхідно виміряти b_0 , h_0 , m (рисунок 7.3), а потім розрахунковим шляхом визначити:

площа овалу

$$F_0 = (m/h_0 + 2)b_0 h_0 / 3 ;$$

Радіус овалу

$$R = \sqrt{\frac{b_0^2 + (h_0 - m)^2}{4} + (h_0 - m)^2} ;$$

Коефіцієнт витяжки

$$\lambda = F_{K1} / F_0 ;$$

Середня висота овалу

$$h_{cp} = F_0 / b_0 ;$$

Обтиснення в овальному калібрі

$$\Delta h_0 = a_1 - h_{cp} = a_1 - F_0 / b_0 ;$$

Відносне обтиснення

$$\varepsilon = \Delta h_0 / a_1 ;$$

розширення в овальному калібрі

$$\Delta b_0 = b_0 - a_1 .$$

Після прокатки овальної смуги в круглому калібрі необхідно виміряти діаметр кола d і розрахувати:

площа кола F_{KP} ;

коефіцієнт витяжки

$$\lambda_{KP} = F_0 / F_{KP};$$

середню висоту круга

$$h_{cp} = F_{KP} / d;$$

середню висоту овальної заготовки

$$H_{cp} = F_0 / h_0;$$

обжатие в круглом калибре

$$\Delta h_{KP} = H_{cp} - h_{cp} = F_0 / h_0 - F_{KP} / d;$$

относительное обжатие

$$\varepsilon = \Delta h_{KP} / H_{cp};$$

уширение в круглом калибре

$$\Delta b_{KP} = d - h_0.$$

Обробка результатів експериментів

Результати вимірювань після кожного пропуску та розрахункові дані занести в таблицю 7.1.

Побудувати графіки зміни коефіцієнтів витяжки та відносних обтиснень за перепустками.

Визначити сумарну витяжку.

Таблиця 7.1 - Експериментальні та розрахункові дані прокатки в калібрах

Калибр	a,d, мм	b, мм	h, мм	n, мм	R, мм	F ₁ , мм	λ	H _{cp} , мм	h _{cp} , мм	Δh , мм	Δb , мм	ε	λ_{Σ}
Ромб-квадрат													
Овал													
Круг													

Контрольні питання

- 1 Дати визначення струмка, калібру.
- 2 Вказати основні завдання калібрування валів.
- 3 Як визначити коефіцієнти приватної і сумарною витяжок?
- 4 Як визначити середню витяжку за пропуск?
- 5 Як визначити число пропусків, знаючи середню і сумарну витяжки?
- 6 У наших випадках застосовують систему калібрів ромб-квадрат, на яких станах її використовують?
- 7 Переваги та недоліки системи калібрів ромб-квадрат.
- 8 У наших випадках застосовують систему калібрів овал-квадрат. На яких станах?
- 9 Переваги та недоліки системи калібрів овал-квадрат.

Як визначити обтиснення і розширення методом наведеної смуги? У чому сутність методу?

8 Лабораторна робота № 8 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ ПРОКАТКИ ЗЛИТКІВ НА КОЕФІЦІЄНТ МАШИННОГО ЧАСУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СТАНУ

Мета роботи - з'ясування впливу способу прокатки зливків (по одному, парами або по три) на коефіцієнт машинного часу і продуктивність стану; оволодіння методикою розрахунку режиму обтиснень при прокатці слябів.

Загальні вказівки

Під коефіцієнтом машинного часу одноклетьевим обжимного стану k_m розуміють відношення машинного часу проходів τ_m до ритму прокатки T :

$$k_m = \tau_m / T, \quad (8.1)$$

де $T = \tau_m + \tau_n$;

τ_n - час пауз.

При прокатці злитків на реверсивних блюмінгах і слябінгах в кліті прокатного стану виконують кілька проходів відповідно до розрахованими режимами обтиснень, паузи між якими використовують на установку верхнього валка, реверсування двигунів, кантування розкату, передачу його з калібру в калібр. Чим коротше гуркіт, тим менше тривалість проходу, тим більшу частку в ритмі прокатки складають паузи.

З метою підвищення продуктивності стану іноді на блюмінгах і слябінгах ведуть прокатку двох або трьох злитків одночасно, якщо потужності приводних двигунів і механічне обладнання табору дозволяють здійснити таку технологію. У цьому випадку за рахунок зниження частки часу пауз в ритмі прокатки зростає коефіцієнт машинного часу, а отже, продуктивність стану.

Методика розрахунку режиму обтиснень при прокатці слябів

При прокатці на блюмінгу широких слябів лімітуючим фактором в більшості випадків є потужність двигуна, і тому в основу розрахунку режиму обтиснень приймається максимальне обтиснення, яке визначається по допустимому моменту двигуна. Порядок розрахунку в цьому випадку наступний:

1 Визначають найбільший допустимий момент з урахуванням потужності двигуна за рівнянням

$$M_{\max} = \frac{2,5N\eta}{\omega} - M_{\text{гр}} - M_{\text{д}}^a - M_{\text{хх}}$$

де 2,5 - коефіцієнт перевантаження;
 N - потужність двигуна;
 \square - механічний к.к.д. табору (0,94-0,98 - без шестеренні кліті і 0,86-0,93 з шестеренні кліттю);
 \square - кутова швидкість, з-1;
 - динамічний момент при прокатці з розширенням, Нм;
 M_{тр} - момент для подолання сил тертя в опорах валів, Нм;
 M_{х.х} момент холостого ходу, Нм.

2 По найбільшому моменту прокатки і значенням середнього контактного напруги p_{cp} визначають величину максимального обтиску:

$$M_{пр} = 2P\psi l = 2p_{cp} b\psi R\Delta h_{max},$$

звідкіля

$$\Delta h_{max} = \frac{M_{пр}}{2p_{cp} b\psi R}.$$

На підставі експериментальних даних можна прийняти, що при прокатці на блюмінгу і слябінгу коефіцієнт плеча рівнодіючої сил $\square = 0,5$.

3 Обчислюють середнє обтиснення $\Delta h_{cp} = (0,8 - 0,9)\Delta h_{max}$.

4 Визначають число проходів "долілиць":

$$n = (h_0 - h_K) / \Delta h_{cp}$$

де h_0 - висота зливка, мм;

h_K - висота сляба, мм.

5 Визначають число ребрових проходів. Залежно від різниці ширини зливка і ширини сляба спочатку призначають 2-4 ребрових проходу. Надалі для зняття розширення призначають ще 1-2 ребрових проходу і один ребровий прохід перед останнім проходом.

де h_0 - висота зливка, мм;

h_K - висота сляба, мм.

5 Визначають число ребрових проходів. Залежно від різниці ширини зливка і ширини сляба спочатку призначають 2-4 ребрових проходу. Надалі для зняття розширення призначають ще 1-2 ребрових проходу і один ребровий прохід перед останнім проходом.

У деяких випадках, якщо дозволяє якість поверхні металу, спочатку виробляють прокатку плазом (8-14 проходів), потім гуркіт кантують і прокочують на ребро для отримання потрібної ширини, потім прокочують плазом і за 1-2 проходу до кінця прокатки знову прокочують на ребро (1-2 проходу) для отримання остаточного розміру по ширині. В останніх одному або двох проходах гуркіт прокочують плазом. Якщо сумарне обтиснення в ребрових проходах невелика (100-250 мм), то реброві проходи призначають тільки перед закінченням прокатки. Такий метод прокатки дозволяє зменшити число ребрових проходів і, отже, збільшити продуктивність блюмінга. Зменшення числа ребрових проходів здійснюється за рахунок виключення перших ребрових проходів і більш інтенсивного обтиску металу в ребрових проходах.

6 Складають режим обтиску. При складанні режиму обтиску потрібно враховувати конусність злитка і знижений коефіцієнт тертя при наявності пічної окалини в перших проходах.

Для полегшення роботи оператора стана товщину розкату після проходу рекомендують передбачати кратної 5 або 10 мм, що і враховують при складанні схеми обтиснень. При розрахунку режиму обтиснень для лабораторного стану кінцеву товщину розкату приймають кратною 0,5 мм.

7 Конструюють калібри і розміщують їх на валках. При прокатці слябів вигідно, з точки зору економії часу, гладку бочку розміщувати по середині валка, а калібри для прокатки на ребро - зліва і праворуч від неї.

8 Здійснюють оцінку прийнятого режиму обтиснень по можливості захоплення металу валками і міцності валків. При прокатці плазом кут контакту не повинен перевищувати 240, а при прокатці на ребро- 280.

Процес прокатки слябів на слябінгу простіше, ніж на блюмінгу. Наявність вертикальних валків на слябінгу дозволяє отримати сляб потрібної ширини без кантування смуги і її прокатки на ребро.

Оскільки лімітуючим фактором при прокатці широких слябів на слябінгах є потужність двигуна, то метод розрахунку режиму обтиснень такий же, як і для прокатки широких слябів на блюмінгу.

Обтиснення вертикальними валками обмежується міцністю цих валків і деталей їх приводу.

Якщо вертикальні валки встановлені перед кліттю з горизонтальними валками, то їх необхідно переміщати тільки перед непарними проходами. У парних проходах у вертикальних валках тільки знімають розширення, отримане за два проходи в горизонтальних валках.

При визначенні величини максимального обтиску значення $P_{ср}$ в лабораторній роботі беруть орієнтовно рівним 30-50 Н / мм².

Матеріальне забезпечення

- 1 Лабораторні стани дуо з діаметрами валків 160 і 200 мм.
- 2 Штангенциркуль, секундомір, тахометр.
- 3 Зразок з технічного свинцю у вигляді паралелепіпеда з розмірами 20x30x100 - 6 штук.

Порядок проведення експерименту

За розрахованої схемою обтиснень зробити прокатку заготовки трьома способами:

Прокатати одну заготовку від першого до останнього проходу.

Прокатати відразу дві заготовки, задаючи їх у валки послідовно одна за одною.

Аналогічно прокатати три заготовки. Секундомір включати в момент початку проходу і вимикати в момент виходу розкату з валків. При одночасної прокатки двох або трьох злитків секундомір включати в момент

Таблиця 8.2 - Визначення продуктивності стану при різних способах прокатки зливків

Число одно- временно прокатываемых слитков	$n_{сл},$ $\sum_{i=1}^n 1$ мм	$\tau_m,$ с	$\tau_{xp},$ с	T, С	k_m	A, %
1						100
2						
3						

За отриманими дослідними даними зробити висновки про вплив способу прокатки зливків на продуктивність стану.

Контрольні питання

- 1 Дайте визначення коефіцієнта машинного часу обжимного стану.
- 2 Які сутність многосліткової прокатки і умови її реалізації?
- 3 Вкажіть порядок розрахунку обтиску по допустимому моменту двигуна.
- 4 Вкажіть принцип призначення ребрових проходів.
- 5 Вкажіть фактори, що лімітують обтиснення при прокатці широких слябів.
- 6 Вкажіть особливість призначення обтиснень в перших проходах при прокатці злитка.
- 7 Вкажіть порядок роботи натискних механізмів вертикальних валків слябінга.
- 8 Як визначити довжину розкату після проходу?
- 9 Як визначити тривалість машинного часу?
- 10 Як визначити годинну продуктивність обжимного стану?

9 ЛАБОРАТОРНА РАБОТА № 9 МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМ ПРОКАТКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ТОЛСТИХ ЛИСТІВ

Мета роботи - вивчення схем прокатки товстих листів, оволодіння методикою розрахунку режиму обтиснень для випадку прокатки листа на одноклетьевим товстолистовому стані, придбання навичок фабрикації листового розкату, слябів (або злитків).

Загальні вказівки

До товстолистової сталі відносять листи товщиною 4-160 мм, шириною 800-3800 мм і довжиною 2000-120000 мм. У деяких випадках довжина листів може бути 25000 мм, а ширина - 5000 мм. Товсті листи, в залежності від їх призначення, прокочують з сталей різних марок.

Прокатку товстолистової сталі здійснюють на безперервних, напівнеперервних, двох - і одноклетьевим станах. Вихідним продуктом для

виробництва товстих листів служать сляби, отримані з обтискних станів (слябінгів, блюмінгів-слябінгів) або з МНЛЗ, а також плоскі злитки.

Залежно від типу прокатного стану, призначення листів, виду і розмірів вихідного продукту і деяких інших факторів вибирають послідовність розрахунку калібрувальних даних, але у всіх випадках обов'язково вирішуються наступні завдання:

1 Фабрикація листового розкату, тобто визначення розмірів готового листа в холодному стані з урахуванням кратності вирізаних листів, проб, кінцевий і бічний обрізу (рисунок 9.1).

2 Фабрикація сляба (або злитка), тобто визначення розмірів, форми і маси сляба (або злитка) з урахуванням втрати металу на чад при нагріванні в нагрівальній печі.

3 Визначення способу завдання гуркоту по ходу прокатки. При виробництві листів з слябів застосовують різні схеми прокатки в залежності від вимог, що пред'являються до готових листам, типу стану і співвідношення між шириною сляба і листа. Однак визначальним при виборі схеми є ширина готового прокату b' . Якщо ширина сляба $B < b'$, то для розбивки ширини використовують схеми (рисунок 9.2, а-в):

- а) на кут - поперек-уздовж;
- б) вздовж - поперек- уздовж;
- с) поперек - уздовж.

Якщо $B = b'$, приймають схему прокатки уздовж (див. Рисунок 9.2, г). Якщо довжина сляба l дорівнює ширині листа b' , то приймають схему прокатки поперек (див. Рисунок 9.2, д).

4 Визначення значень обтиснень по проходах з урахуванням температурно-швидкісних і інших умов прокатки.

5 Визначення розмірів гуркоту кожного проходу.

На сучасному одно- і двухклетьевим станах однієї з найбільш поширених є схема (рисунок 9.2, б), що застосовується при прокатці товстолистової сталі з слябів, ширина яких менше ширини листової сталі. В цьому випадку процес прокатки складається з трьох стадій.

На першій стадії в чотирьох поздовжніх проходах проводиться руйнування окалини і вирівнювання товщини слябів, яка внаслідок того, що зім'яло решт при різанні на ножицях неоднакова. Крім того, прокатка сляба зменшує звуження решт листа, яке буде тим менше, чим більше витяжка при прокатці сляба уздовж в перших проходах і чим більше ширина сляба.

На другій стадії сляби прокочують поперек для отримання необхідної ширини b' листової сталі. Цю стадію процесу прокатки зазвичай називають розбивкою ширини листової сталі.

На третій стадії прокатки отримують необхідну довжину і товщину листа. Для цього гуркіт знову повертають на 900 і ведуть прокатку уздовж.

Ширина злитків, що застосовуються для прокатки листової сталі, завжди менше ширини листів. Тому процес прокатки товстолистової сталі з злитків також складається з трьох стадій: прокатки зливків уздовж для зняття конусности (вирівнювання товщини по довжині), прокатки поперек для

отримання необхідної ширини листової сталі і прокатки в поздовжньому напрямку для отримання необхідної довжини і товщини листової сталі.

Методика расчета режима обжатий

По данным размерам готового листа h , b , и l устанавливают его номинальную массу:

$$G_n = hbl\gamma$$

де γ - щільність металу (для свинцю $\gamma = 11,3$ кг / дм³).

Визначають розміри необрізної (чорного) листа та його масу

$$b=(1,05-1,08);$$

$$l=(1,10-1,12);$$

$$G'_n = hbl'\gamma.$$

При гарячій прокатки мають місце втрати металу в результаті освіти пічної окалини (угар металу). На листових станах гарячої прокатки угар металу становить від 1 до 3%, в залежності від типу нагрівального пристрою. Це враховують при виборі маси сляба.

При прокатці свинцевого листа при кімнатній температурі маса необрізного листа дорівнює масі сляба (угар металу відсутній, а кратність різку приймають рівною 1). Довжину вихідного сляба визначають за виразом

$$L_{сл} = G'_n / HB\gamma, \quad (9.1)$$

де H і B - задані товщина і ширина вихідного сляба.

Залежно від співвідношення ширини сляба і листа встановлюють порядок завдання гуркоту в валки. Якщо ширина сляба менше ширини готового листа, то прокат може йти за схемами, наведеними на малюнку 9.2, а, б, в або д (при $L_{сл} \approx b_{л}$). При проведенні даної лабораторної роботи передбачена прокатка за схемою всіх напрямках-уздовж.

Встановлюють обтиску, яких припускаються спочатку в перших проходах, а потім і в наступних. При прокатці аркушів факторами, що обмежують обтиску, можуть бути умови захоплення металу валками в перших пропусках, міцність валків і крутний момент приводного двигуна - в наступних.

З умови міцності валків допускається кут захоплення при поздовжньої задачі в валки в перших проходах-

$$\alpha_{\max. пр.} = P_{\max} / P_{сх} BR, \quad (9.2)$$

а в наступних проходах:

$$\alpha_{\max. пр.} = P_{\max} / P_p b' R, \quad (9.3)$$

де $P_{СЛ}$ і P_p - середні нормальні контактні напруги.

На підставі знайдених допускаються кутів захоплення визначають обтиснення в перших (зазвичай двох) поздовжніх проходах

$$\Delta h = R\alpha^2, \quad (9.4)$$

і товщину розкату після першого h_1 , другого h_2 і інших проходів:

$$h_1 = H_0 - \Delta h_1, h_2 = h_1 - \Delta h_2 \text{ и т.д.}$$

Після визначення товщини розкату встановлюють його довжину після кожного проходу:

$$l_1 = b'_n / h_1 V \gamma = HL_{сл} / h_1 ;$$

$$l_2 = HL_{сл} / h_2 \text{ или } l_2 = h_1 l_1 / h_2 .$$

При розрахунку режиму обтиснень на товстолистовому стані розширенням гуркату можна знехтувати.

Довжина гуркату після перших двох (чотирьох) поздовжніх проходів повинна бути менше довжини бочки валків.

Якщо $> L_b$, то необхідно провести коригування обтиснень в перших двох (чотирьох) проходах, задавшись допустимою довжиною розкату після цих проходів l_{2max} (l_{4max}) /. Мінімальна товщина розкату після перших поздовжніх проходів h_{2min} (h_{4min}) складе:

$$h_{2(4)min} = HL_{сл} / l_{2(4)max} .$$

Сумарне обтиснення в перших поздовжніх проходах

$$\Delta h_{c,np} = H - h_{2(4)}$$

Розподіляють між проходами

$$\Delta h_{c,np} = \Delta h_1 + \Delta h_2 \text{ или } \Delta h_{c,np} = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 .$$

Після уточнення обтиску за кожен прохід встановлюють розміри розкату після кожного проходу: $h_1, b_1, l_1, h_2, b_2, l_2$ і т.д.

Далі здійснюють розрахунок режиму обтиснень при завданні гуркату поперек.

Встановлюють сумарний коефіцієнт обтиску (витяжки) при розбивці ширини розкату:

$$\lambda_n = b' / b_{2(4)}$$

і товщину розкату при досягненні заданої ширини:

$$h_n = h_{2(4)} / \lambda_n .$$

Сумарне обтиснення при прокатці листа поперек

$$\Delta h_{c,n} = h_{2(4)} - h_n .$$

Це обтиснення має бути розподілено на кілька (n_n) проходів (n_n - парне число). Допустимий кут захоплення при поперечної задачі в валки визначають з виразу

$$\alpha_{max.n} = P_{max} / P_p l_{2(4)} R . \quad (9.5)$$

Встановивши за виразом (9.5) величину допустимого за пропуск кута захоплення, а потім обтиску $\square h$ (9.4) при поперечної задачі розкату, визначають необхідну кількість пропусків при розбивці ширини:

$$n_n = \Delta h_{c,n} / \Delta h .$$

Отримане число округлюють (в бік збільшення) до найближчого парного, після чого для випадку двох перших поздовжніх проходів уточнюють за перепустками і т.д.) так, щоб

$$\Delta h_{c,n} = h_2 - h_n = \Delta h_3 + \Delta h_4 + \dots + \Delta h_n .$$

З огляду на зменшення товщини розкату по ходу прокатки при розрахунку рекомендується передбачити умову

$$\Delta h_3 > \Delta h_4 > \dots > \Delta h_n.$$

Після уточнення обтиснень встановлюють розміри розкату після кожного проходу h_3, b_3, l_3 і т. Д.

Сумарне обтиснення в наступних проходах

$$\Delta h_c = h_n - h.$$

Граничне обтиснення за прохід встановлюють по допустимому куті захоплення, знайденому з виразу (9.3). В останньому і передостанньому проходах обтиску зменшують з метою отримання листів з мінімальною різнотовщинністю. Визначаючи обтиснення і розміри розкату після кожного проходу, доходять до кінцевої заданої товщини листа h таким чином, щоб загальна кількість останніх поздовжніх (і всіх) проходів було непарним.

Матеріальне забезпечення

- 1 Лабораторні стани дуо з діаметрами валків 160 і 200 мм.
- 2 Штангенциркуль, лінійка.
- 3 Зразок з технічного свинцю у вигляді паралелепіпеда з розмірами 20x50x100 - 1 штука.

Порядок проведення експерименту

За заданими розмірами готового листа 3x80x360 мм і сляба розрахувати режим обтиснень. Результати розрахунків занести в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 - Режим обтиснень при прокатці аркуша розмірами 3x80x360 мм

Номер прохода	Направление прокатки	Обжатие, мм	Размеры раската, мм												λ	$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}$
			H		h		B		b		L		l			
			Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт		
0																
1	Вдоль															
2																
...	Поперек															
...																
...	Вдоль															
...																
...																

При прокатці листа на лабораторному стані, коли розміри дослідного зразка невеликі, знайдені значення будуть дуже великими і вийдуть за межі реально застосовуваних, а прийняти \square_{\max} з умов захоплення у всіх проходах буде також неправильно, тому що умови захоплення можуть бути лімітуючим фактором при прокатці аркушів тільки в перших проходах. Тому

при розрахунку режиму обтиснень на лабораторному стані умовно приймають допустиме значення $P_{\max} = 60$ кН.

Граничний кут захоплення в перших проходах $\alpha_{\max.пр.}$, Який визначається умовами захоплення металу валками, доцільно прийняти рівним 0,18 радий. (10,3 град.).

При визначенні α_{\max} за формулами (9.2) і (9.3) нормальні контактні напруги приймають орієнтовно: в перших проходах $P_{СЛ} = 20 \dots 30$ Н / мм² і в наступних проходах $P_p = 40 \dots 60$ Н / мм².

На підставі виконаних розрахунків зробити прокатку листа заданих розмірів. Після кожного проходу виміряти товщину, ширину і довжину розкату і дані занести в таблицю 9.1.

До початку прокатки, після перших поздовжніх проходів, розбивки ширини розкату і закінчення прокатки зробити обведення розкату. Рекомендується обведення розкату виробляти олівцем різного кольору, накладаючи гуркіт на попередні обведення (побудова обводок полегшується, якщо на гуркіт нанести поздовжню вісь). Отриманий гуркіт розмітити за розмірами заданого аркуша (див. Рисунок 9.1).

Обробка результатів експерименту

На підставі зіставлення досвідчених і розрахункових даних зробити висновок про можливість збереження розрахованого режиму обтиснень або про необхідність коригування його.

Контрольні питання

- 1 Як визначається витяжка смуги при прокатці?
- 2 У чому полягає закон сталості обсягу?
- 3 У яких випадках вдаються до розбиття ширини листової сталі? Які методи розбивки ширини листової сталі Ви знаєте?
- 4 Який параметр стану обмежує довжину сляба при розбивці ширини листової сталі?
- 5 Що служить вихідним продуктом для виробництва товстих листів?
- 6 Назвіть типову послідовність розрахунку калібрувальних даних при виробництві товстолистої сталі.
- 7 Назвіть схеми прокатки товстих листів з слябів. Охарактеризуйте кожна з цих схем.
- 8 Назвіть схему виробництва товстих листів з злитків.
- 9 Вкажіть фактори, що визначають обтиску на товстолістовому стані.
- 10 Від чого залежать допустимі кути захоплення під час гарячої прокатки сталі?

10 Лабораторна робота № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСОМ ТРАВЛЕННЯ ВІДПАЛЕНИХ СМУГ

Мета роботи - вивчення процесу травлення гарячекатаних смуг і вплив концентрації розчинів кислот на швидкість травлення.

Загальні відомості

Після гарячої прокатки на поверхні смуги утворюється окалина товщиною 0,1 ... 0,15 мм, яка за структурою і твердістю відрізняється від решти металу і може викликати дефекти на поверхні смуг при холодній прокатки. Для її видалення використовують хімічний, електрохімічний і механічний (безкислотний) способи. Найбільше застосування знайшов хімічний спосіб видалення окалини в розчинах кислот, який називається травленням.

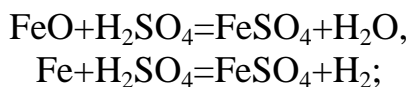
Окалина - результат окислення гарячого металу киснем, що містяться в навколишньому повітрі.

Структура і товщина шару окалини на гарячекатаній смузі залежать від тривалості її перебування на рольганге після гарячої прокатки, температури кінця прокатки і змотування в рулон, маси рулону і режиму його охолодження. Зі збільшенням тривалості перебування смуги на рольганге і температури прокатки товщина шару окалини збільшується по параболічному закону. При температурі кінця прокатки 600 ... 800°C на смузі утворюється шар окалини переважно з легкотравимого вюстіта FeO. З підвищенням температури з 860 до 930°C товщина шару окалини збільшується з 75 до 150 мм при одночасному збільшенні в окалинні частки Fe₂O₃ (гематит) і Fe₃O₄ (магнетит), які є важко розчинними складовими окалини. Для отримання легкокорозійної окалини оптимальною температурою змотування смуги в рулон є температура не більше 600.

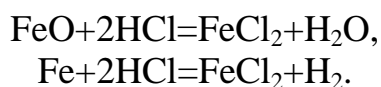
Травлення здійснюють в безперервних травильних агрегатах (НТА) зі швидкістю 100 ... 120 м / хв для сірчано-кислотного травлення і до 360 м / хв для соляно-кислотного травлення. Лінія НТА містить машини для розмотування, зварювання та накопичення смуги, для механічної ломки окалини, травильні гвинти, ванни холодної промивки, нейтралізації в 2% - ному розчині NaOH, гарячої промивки та обладнання для промаслювання, порізки і змотування смуг в рулони. Загальна довжина НТА досягає 290 ... 350 м, з яких 120 ... 125 м займають безпосередньо травильні ванни.

Механічна ломка окалини перед травленням значно скорочує його тривалість. Кислота через тріщини, що утворилися при цьому в шарах окалини, вільно досягає вюстіта, прилеглого до залізній основі і розчиняє переважно цей шар. Виділяється при розчиненні металевого заліза водень сприяє відриву і видалення розташованих вище шарів Fe₃O₄ і Fe₂O₃. Реакції взаємодії FeO і Fe з кислотами протікають у такий спосіб:

в сірчаної кислоте-



В соляній кислоті



При травленні в цих розчинах частково розчиняються Fe₂O₃ і Fe₃O₄.

Інтенсифікацію травлення смуговий вуглецевої сталі здійснюють за наступними напрямками:

- застосування пристроїв для механічної ломки окалини;

- підігрів смуги перед входом на ділянку травлення;
- зміна складу і властивостей травильних розчинів;
- зміна конструкції травильних ванн.

Для механічної ломки окалини в безперервних травильних агрегатах застосовують окаліноломателі, згинально-розтяжні машини, дресирування стани. Дресирування смуги здійснюють з обтисненням 0,5 ... 2%, достатнім для виламування окалини. Найбільш ефективно дроблення окалини відбувається в згинально-розтяжних машинах при багаторазовому вигині під час проходження між роликками. При механічному виламуванні може віддалятися 40-50% окалини.

Смуги перед травленням підігрівають до температури травильного розчину в ваннах з гарячою водою, в 2-3% -них розчинах кислоти або в печах з газовим підігрівом.

Один із способів інтенсифікації травлення - застосування розчинів соляної кислоти замість сірчаної. При концентрації кислот в розчинах в межах 20% час травлення в розчині соляної кислоти при температурі 800С в 2,5 рази нижче, ніж в розчині сірчаної кислоти. У практичних умовах оптимальний вміст сірчаної кислоти в розчині становить 20 ... 30%, а температура розчину 85-950С; оптимальний вміст соляної кислоти в розчині - 18 ... 25%. На відміну від сірчаної соляна кислота розчиняє саму окалину і мало взаємодіє з металом. Для зниження втрат металу в розчин додають інгібітори, що покривають поверхню металу тонким захисним шаром, що перешкоджає його контакту з кислотою. Недоліком використання соляної кислоти є її висока летучість. Тому застосування соляно-кислотного травлення вимагає ретельної герметизації травяна і промивних ванн НТА, гумміровкі трубопроводів, ємностей для зберігання і перевезення.

Останнім часом застосовується технологія травлення в дрібних плоских ваннах, висота яких в 8-10 разів менше існуючих. Основна відмінність між глибокою (висота 2 м) і дрібною ваннами полягає в тому, що в дрібній ванні смуга ковзає на гідродинамічній подушці поблизу дна за рахунок захоплення травильного розчину смугою і підпору циркуляційним насосом. Завдяки високій швидкості смуги (до 6 м / с) і малому обсягу ванн кислота добре перемішується, що забезпечує якісне травлення. Обслуговування дрібних ванн значно легше і безпечніше, ніж глибоких, зокрема для ліквідації обривів смуги.

Матеріальне забезпечення

- 1 Ванни з розчинами сірчаної кислоти і з водою.
- 2 Сталеві відпалені зразки з окалиною.
- 3 Годинники.

Порядок проведення експерименту

Взяти три зразка, один з них з невеликим обтисненням прокатати в кліті дуо, другий вручну зігнути знакомепеременним вигином, імітуючи процес в правильній машині, третій зразок не деформувати. Занурити зразки в ванну з 26% -ми сірчаної кислоти і зафіксувати час травлення. Протруєне зразки промити в воді.

Аналогічний досвід провести для травлення в 19% -ому розчині сірчаної кислоти. Результати вимірів часу занести в таблицю 10.1.

Таблиця 10.1 - Час травлення зразків

Раствор	Образец		
	Недеформированный	Прокатанный	Со знакопеременным изгибом

За результатами дослідів зробити висновок про ефективність травлення зразків з попередньої ламкою окалини і без неї в розчинах різної концентрації.

Контрольні питання

- 1 Вкажіть причини виникнення окалини і необхідність її видалення.
- 2 Назвіть хімічний склад і температуру виникнення складових окалини.
- 3 Запишіть реакції травлення в сірчаної та соляної кислоти.
- 4 Назвіть напрямки інтенсифікації процесу травлення.
- 5 Які види механічної ломки окалини використовують в безперервних травильних агрегатах?
- 6 Чому механічна ломка окалини сприяє процесу травлення?
- 7 Вкажіть переваги і недоліки травлення в розчині соляної кислоти.
- 8 Назвіть особливості процесу травлення в малих ваннах.
- 9 Охарактеризуйте способи задушення окалини.
- 10 Як впливає температура прокатки і час перебування на рольгангах на величину шару окалини?

11 Лабораторна робота №11

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СМАЗКИ НА ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ СМУГ

Мета роботи - вивчення впливу технологічних мастил, що застосовуються при холодній прокатки смуг, на енергосилові параметри процесу прокатки, оцінка ефективності дії різних мастил і способів їх нанесення.

Загальні відомості

Мастило має найважливіше значення при холодній прокатки металу. Вона впливає на продуктивність стану, стійкість валків, витрата електроенергії, рівномірність товщини стрічки і листа і стан їх поверхні. Частина мастила, яку забирає прокочується стрічка, захищає метал від корозії до наступної операції і при зберіганні на складі. При подальших операціях мастило повинна легко віддалятися з поверхні металу.

Застосування ефективної мастила дозволяє значно знизити тиск металу на валки, зменшити пружні деформації валків і деталей стану і, таким чином, створити умови для інтенсивної деформації металу.

При прокатці виникає тертя двох видів: внутрішній молекулярне тертя частинок металу, який зумовлює опором деформації; зовнішнє тертя стрічки об поверхню валків.

Внутрішнє молекулярне тертя може бути значно зменшено пом'якшувальною термічною обробкою металу, а зовнішнє - застосуванням мастила.

На сучасних станах холодної прокатки в якості технологічних мастил застосовують мінеральні та рослинні олії, тваринні жири, синтетичні мастила на основі природних і синтетичних жирних кислот.

Технологічні мастила наносять на поверхню прокочується смуги або в чистому вигляді, або у вигляді водних емульсій. Ефективність мастила визначається наявністю в ній поверхнево-активних речовин, здатних адсорбуватися на поверхні з утворенням міцних мастильних плівок. Тому часто в цілях підвищення мастильної здатності мінеральних емульсій в останні додають активні масла в чистому вигляді.

При виборі мастила для холодної прокатки жерсті необхідно застосовувати мастила, які не розкладаються в осередку деформації і не утворюють сажистий наліт. Широке застосування на сучасних станах холодної прокатки знаходить пальмова олія, у якого хороша змазує здатність обумовлюється присутністю 7-17% жирних кислот. При 250-2900С пальмова олія зберігає високі властивості, що особливо важливо для інтенсивних режимів прокатки, при яких в осередку деформації утворюється висока температура. Недоліком пальмового масла є його дорожнеча.

На температуру масла в процесі прокатки впливає ряд факторів, в першу чергу швидкість прокатки, величина обтиснень, число пропусків, час холостого ходу між пропусками, спосіб охолодження мастила та її подачі.

При підвищенні швидкості холодної прокатки, що спостерігається на сучасних прокатних станах, кількість енергії, що перетворюється в тепло, збільшується. Частина тепла, що утворюється в процесі прокатки, сприймається валками. Збільшення діаметра валків в результаті їх розігріву призводить до зміни товщини смуги. Крім того, розігрів валків вище допустимої норми може призвести до поломки валків. Для забезпечення стабільних умов прокатки необхідно зберігати сталість температури бочки валка.

Як відомо, валки для станів холодної прокатки піддають термічній обробці - гартуванню та відпуску. Відведення утворюється в зоні деформації тепла необхідний для того, щоб в процесі прокатки валків забезпечити температуру, нижче температури відпустки валків. Крім того, нерівномірна, що змінюється температура поверхні валків викликає поява в них внутрішніх напружень, які можуть привести до утворення тріщин або сколювання валків, а також до коробоватості і хвилястості готового прокату.

Всі зростаючі вимоги до якості поверхні холоднокатаного листового прокату пов'язані з необхідністю застосування більш ефективних технологічних мастил, які забезпечували б не тільки зменшення тертя, але і поліпшення якості поверхні прокату.

Все в більшій мірі застосовують комплексні системи змащення смуги - попереднє промаслювання підкату в лініях безперервного травлення і подальше використання мастильно-охолоджуючих емульсій. Це дозволяє в ряді випадків відмовитися від використання під час прокатки листового прокату товщиною не менше 0,4 мм технологічних мастил, в тому числі дефіцитного касторової олії.

Ефективність застосування мастил при холодній прокатки залежить не тільки від правильного їх складу, але і від способу подачі на метал і валки. Спосіб подачі мастила повинен забезпечувати її рівномірний розподіл і економію її витрачання. Результатом нерівномірного розподілу мастила може бути нерівномірна витяжка і коробоватість листів.

Технологічні мастила і мастильні рідини можуть подаватися нанесенням мастила або на смугу після травлення, або безперервно на валки і поверхня прокочується смуги в процесі прокатки.

Для змащення в процесі холодної прокатки стали застосовують емульсії, механічні дисперсії активних масел у воді (в залежності від умов і швидкості прокатки концентрація масла знаходиться в межах 5-30%, дисперсія з більшою концентрацією масла застосовується при прокатці металу на п'ятиклетевом станах). На ряді станів подача масла і води здійснюється незалежно.

Необхідно подавати мастило або охолоджуючу рідину до місця зіткнення металу з валками.

Мастило повинна забезпечувати отримання досить міцної плівки, а охолоджуюча рідина - мати максимальну здатність поглинати тепло. Подача великої кількості охолоджувальної рідини на валки швидкісних станів холодної прокатки дозволяє підтримувати температуру валків в заданих межах. На більшості станів їх температура не перевищує 700С. Таке поєднання властивості досягається застосуванням водних емульсій відповідних масел. При використанні емульсії застосовують високопродуктивні установки, продуктивність яких встановлюють в залежності від умов роботи стану і сортаменту прокату. Місткість резервуару для емульсії в 15-25 разів перевищує її хвилинний витрата.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторні стани дуо-160, дуо-200 і кварто 55 / 250x200, обладнані месдоза і силовимірвальне шпинделями.

2 Комплект тензометричної апаратури.

3 Микрометр, штангенциркуль, чертілка.

4 Зразки довжиною 200-250 мм з міді, алюмінію або їх сплавів, вирізані з однієї смуги товщиною 0,5-1,0 мм, шириною 50-80 мм в кількості 6 шт.

5 Мастило двох-трьох типів, ацетон технічний або неетилований бензин.

Порядок проведення експерименту

До початку прокатки на зразки, поблизу їх кінців, нанести дві поперечні ризики, відстань між якими прийняти за вихідну довжину зразка L_0 . За допомогою штангенциркуля виміряти довжину L_0 і ширину b_0 зразків (для вимірювання ширини в середині кожного зразка провести додаткову поперечну риску). Мікрометром визначити вихідну товщину смуги.

Всі зразки прокатати при постійному зазорі між валками. Перед прокаткою кожного чергового зразка валки промити ацетоном або бензином.

Перший зразок прокатати в сухих валках, три останніх - із застосуванням різних мастил, які нанести безпосередньо перед прокаткою на валки і смугу. На останній зразок мастило нанести за 20-30 хв до початку прокатки і прокатати в валках, змазаних безпосередньо перед прокаткою. При прокатці використовувати рослинні, синтетичні і мінеральні мастила. При прокатці фіксувати зусилля прокатки P і крутний момент M на шпинделях стану.

Після прокатки зробити виміри товщини, ширини зразків і відстань L_1 між ризиками.

Досвідчені дані занести з таблицю 11.1.

Таблиця 11.1- Результати холодної прокатки смуг із застосуванням різних мастил

Вид смазки	Размеры полосы, мм						Δh , мм	$\frac{B_1}{B_0}$	$\frac{L_1}{L_0}$	P , Н	$\frac{P_{cp}}{H}$, мм ²	M , Нм
	до прокатки			после прокатки								
	h_0	B_0	L_0	h_1	B_1	L_1						

Обробка результатів експерименту

За отриманими дослідними даними підрахувати для кожного випадку прокатки обтиснення Δh , коефіцієнти розширення b_1 / b_0 і витяжки L_1 / L_0 . Середні нормальні напруги без урахування пружного сплющивання валків определяється за формулою

$$P_{cp} = P / b_{cp} \sqrt{R\Delta h}$$

Результати розрахунків занести в таблицю 11.1. Дати аналіз дослідних даних, відзначити вплив мастила та способу її нанесення на геометричні та енергосилові параметри прокатки, порівняти дію різних мастил.

Контрольні питання

- 1 Яка роль технологічного мастила при холодної прокатки?
- 2 Чому застосування технологічних мастил забезпечує можливість прокатки більш тонких смуг?
- 3 Чому нерівномірний нанесення мастила по ширині смуги призводить до її викривлення, утворення хвилястості?
- 4 Чому застосування мастила при прокатці призводить до зниження нормальних контактних напружень?
- 5 Які види тертя виникають при прокатці?
- 6 Вкажіть механізм дії мастила, ніж визначається ефективність мастила.

- 7 Назвіть види мастила і вимоги, що пред'являються до них.
- 8 Які фактори визначають температуру мастила в процесі прокатки?
- 9 З яких міркувань визначають витрата технологічної мастила?
- 10 Для чого необхідний відвід тепла, що утворюється в осередку деформації?
- 11 Вкажіть способи подачі технологічного мастила.

12 Лабораторна робота № 12 ВПЛИВ ПЕРЕДНЬОГО І ЗАДНЕГО НАТЯГУ НА ЗУСИЛЛЯ І МОМЕНТ ПРОКАТКИ

Мета роботи - вивчення впливу переднього і заднього натяжений решт смуги на обтиснення, зусилля і момент прокатки.

Загальні відомості

Прокатку смуг і стрічок на реверсивних і безперервних станах здійснюють з додатком переднього або одночасно переднього і заднього натяжений до кінців смуги. Натяг смуги між клітьми безперервного стану забезпечують за рахунок вибору відповідних швидкостей валків по клетям. Натяг заднього кінця смуги в першій кліті безперервного стану або в першому проході на реверсивному стані створюють розмотувачем, роликівими і прес-проводками. Переднє натяг смуги в останній кліті безперервного стану, а також переднє натяг смуг у всіх проходах і заднє натяг смуги в другому і наступних проходах на реверсивному стані створюють за допомогою намотувально-натяжних пристроїв (металів). Для створення значних натягів, наприклад на дресирувальних станах, застосовують натяжні і тягнуть станції.

Поздовжні зусилля (в напрямку прокатки), прикладаються до кінців смуги, змінюють характер розподілу і величину нормальних і дотичних напружень на контактних поверхнях металу з валками, що робить істотний вплив на енергосилові параметри прокатки і деформацію валків (змінюється співвідношення між поздовжньої і поперечної деформаціями металу, що прокочується, полегшуються умови отримання планшетній смуги).

Матеріальне забезпечення

- 1 Лабораторні стани дуо-200 і кварто 55 / 250x200, обладнані моталками, месдоза і силовимірвальне шпинделями.
- 2 Комплект тензометричної апаратури.
- 3 Микрометр, штангенциркуль.
- 4 Смуга з міді, алюмінію або сплавів товщиною 0,3 ... 1,5 мм, шириною 50-120 мм.

Порядок проведення експерименту

Заправити смугу в стан. За допомогою штангенциркуля і мікрометра виміряти вихідну ширину і товщину смуги. Здійснити прокатку смуги без перегинів. Потім, беручи напруга натягу рівним 0,2; 0,3; 0,4 від межі текучості металу, що прокочується, встановити зусилля натягу переднього T_1 і заднього T_0 рещт смуги за формулами:

$$T_1 = \sigma_1 b_1 h_1, \quad T_0 = \sigma_0 b_0 h_0,$$

де σ_1, σ_0 - напруги переднього і заднього натяжений;

b_1, b_0 - ширина смуги після і до прокатки;

h_1, h_0 - товщина смуги після і до прокатки.

Здійснити по три досвідчених прокатки з переднім, заднім і одночасно переднім і заднім натягу кінців смуги. Всі досвідчені прокатки здійснити при однаковому розчині валків. Під час дослідів фіксувати зусилля прокатки P , момент прокатки M на шпинделях, переднє і заднє натягу, товщину і ширину смуги до і після прокатки. Досвідчені дані занести в табл. 12.1.

Таблиця 12.1 - Досвідчені дані прокатки

№ пп	Усилие натяжени я, Н		Напряжен ие натяжения Н/мм ²		Размеры образцов, мм				Показатели деформации			Усилие прокатк и, Н	Момент прокатки, Нм
					до прокат ки		после прокатк и		Δh	λ	$\frac{b_1}{b_0}$		
	h_0	b_0	h_1	b_1									
	T_1	T_0	σ_1	σ_0									

Обробка результатів експерименту

За отриманими дослідними даними підрахувати напруги натягу смуги σ_0, σ_1 , обтиснення Δh , коефіцієнт витяжки λ . Результати розрахунків занести в табл. 12.1.

За отриманими дослідними даними побудувати графіки залежності $\Delta h, \lambda, P$ і M від величини натягу. На кожному графіку уявити криві зміни відповідного параметра прокатки при наявності переднього, заднього і спільної дії натяжений.

На підставі отриманих дослідних даних зробити висновок про вплив натяжений смуги на процес прокатки.

Контрольні питання

- 1 Яка роль натяжений при прокатці смуг?
- 2 Яким шляхом створюють натяг на безперервних реверсивних станах?
- 3 Яким чином натягу впливають на розподіл зон відставання і випередження в осередку деформації?
- 4 Як натяг впливає на величину випередження металу в осередку деформації?
- 5 Як натягу впливають на величину розширення при прокатці?
- 6 Чому з ростом переднього натягу випередження зростає?

7 Чому заднє натяг надає більший вплив на зміну величини розширення, ніж переднє?

8 Чому додаток натяжений веде до зниження нормальних контактних напружень в осередку деформації?

9 Чому із застосуванням натяжений з'являється можливість прокатки більш тонких смуг?

10 Чому із застосуванням заднього натягу момент прокатки зростає?

11 Чому із застосуванням натяжений полегшуються умови отримання планшетних смуг?

13 Лабораторна робота № 13

ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НА ЯКІСТЬ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Мета роботи - вивчення факторів, що викликають нерівномірне деформацію смуги, і впливу нерівномірної деформації на якість листового прокату.

Загальні відомості

У елементарної теорії прокатки процес деформації смуг і листів розглядається з припущенням про рівномірності обтиснень по їх ширині. При цьому вважають, що валки мають однаковий діаметр, строго циліндричну форму і обертаються з однаковими окружними швидкостями. Смуга має строго прямокутний перетин, товщина смуги до і після прокатки по всій ширині постійна, що відповідає її рівномірному обтисненню.

Насправді навіть при прокатці прямокутних смуг в циліндричних валках має місце лише деяке наближення до нерівномірного обтиснення. Нерівномірність деформації в виробничих умовах крім впливу зовнішнього тертя і зовнішніх зон може бути ще обумовлена: нециліндричну обрисами робочих поверхонь валків (пружні прогин і радіальне стиснення циліндричної бочки, її нерівномірний розігрів, знос), перекосом і неконтрольованим перехрещуванням осей валків, нерівномірним перетином прокочується смуги та ін. Нерівномірність деформації викликається також неоднорідністю пластичних властивостей оброблюваного металу. Така неоднорідність може бути наслідком декількох причин, зокрема нерівномірного розподілу температур по перетину зливків, (подстужений з поверхні або непрогрітий), відмінності в хімічному складі окремих зон (прокатка биметалла).

У виробничих умовах зазвичай має місце дія відразу декількох факторів, що викликають нерівномірність деформації. Нерівномірне деформація в більшості випадків - вкрай небажане явище, тому що вона призводить до збільшення зусиль і потужностей, необхідних для деформації,

може проявлятися у вигляді спотворень правильної форми розкату (освіта волнистости, коробоватості, "серповидно", поздовжнього і поперечного вигину смуги). Нерівномірне деформування завжди викликає додаткові напруження, які в певних умовах можуть стати причиною утворення тріщин, розривів та інших дефектів. Основними факторами, що зумовлюють небажані явища при нерівномірному деформуванню і, зокрема, при нерівномірному обтиску по ширині, є: вплив окремих частин смуги по її ширині один на одного в осередку деформування внаслідок безпосереднього зв'язку між ними і дію зовнішніх частин смуги. При відсутності двох останніх чинників окремі частини смуги отримали б природні витяжки відповідно до обтисненням. Насправді ж смуга отримує деяку загальну довжину, тобто витяжки вирівнюванням. На практиці це призводить до таких явищ:

в зонах більшого обтиску витяжка скорочується в порівнянні з її природною величиною, що супроводжується появою стискають напружень в поздовжньому напрямку і посиленням перебігу металу в поперечному напрямку; надлишок витяжки проявляється у вигляді хвилястості і складок;

в зонах зниженого обтиску витяжка примусово зростає проти своєї природної величини; це веде до виникнення розтягуючих поздовжніх напружень і до деякого ослаблення течії металу в ширину; під впливом поздовжніх напружень можливе утворення тріщин;

при протіканні процесу несиметричною прокатки (прокатка в валках різного діаметру, з різними окружними швидкостями, прокатка з різними умовами тертя на контактних поверхнях, прокатка нерівномірно нагрітого по висоті перетину металу, прокатка биметалла і ін.) наявна нерівномірність деформування проявляється у вигляді поздовжнього і поперечного вигинів смуги.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторні прокатні стани дуо-160, дуо-200.

2 Зразки для прокатки:

зразки з технічного свинцю товщиною 0,8 ... 1,0 мм зі складеними крайками на ширину 5, 10, 15 мм, ширина зразків - 40 мм, довжина - 100 мм - 3 шт.

алюмінієва смуга розмірами 0,8 ... 1,2x40x100 мм і загостреною (на 5 мм) крайкою -1 шт;

алюмінієва смуга розмірами 0,6 ... 0,8x60x100 мм -1 шт;

свинцева і алюмінієва картки розмірами 1,0x40x100 мм, складені в пакет і закріплені від зсуву заклепками (імітація биметалла) -1 шт;

смуга з технічного свинцю розмірами 2,0x40x100 мм -1 шт.

3 Штангенциркуль, масштабна лінійка.

Порядку проведення експериментів

Роботою передбачено проведення п'яти дослідів.

Досвід 1. Свинцеві зразки зі складеними краями прокатати в один прохід з обтисненням 0,4 ... 0,6 мм.

Досвід 2. Прокатати алюмінієвий зразок із загостреною кромкою в один-два проходи з обтисненням $\square = 30 \dots 40\%$.

Досвід 3. Алюмінієву смугу товщиною 0,6 ... 0,8 мм прокатати в один прохід з обтисненням 30 ... 40%, перед прокаткою на поверхню у кромки нанести масло.

Дослід 4. Пакет з 2 смуг, що імітує біметал, прокатати з обтисненням 0,8 мм.

Досвід 5. Свинцевий зразок перетином 2,0x40 мм прокатати в перекошених валках. виправити утворилася "серповидність".

Обробка результатів експериментів

Уявити малюнки зразків до і після прокатки в кожному досвіді. Намітити технологічні заходи щодо запобігання та усунення розглянутих дефектів.

Дати аналіз причин, що викликали ті чи інші дефекти при проведенні дослідів.

Контрольні питання

- 1 Чим пояснити появу "серповидно" при прокатці?
- 2 Що таке "серповидність" смуги при прокатці?
- 3 Які явища спостерігаються в зонах більшого обтиску при прокатці смуги?
- 4 Які явища спостерігаються в зонах меншого обтиску при прокатці смуги?
- 5 Чим пояснити появу тріщин на загостреною кромці зразка при його прокатці?
- 6 Який вид дефекту виникає при розходженні умов тертя по ширині смуги?
- 7 Який вид дефекту виникає при прокатці біметалла?
- 8 Які явища і дефекти спостерігаються при прокатці зразка з потовщеними краями?
- 9 Які явища і дефекти спостерігаються при прокатці зразка з потовщеною серединою?
- 10 Вкажіть причини і напрямки вигину біметалічною смуги при прокатці пакета з карток свинцю і алюмінію.
- 11 Вкажіть причини, що викликають нерівномірність деформації смуг по ширині.
- 12 Назвіть заходи щодо усунення поперечної різнотовщинності смуги і забезпечення заданої форми прокату.

14 Лабораторна робота № 14 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУГ ПРИ ПРОКАТЦІ

Мета роботи - вивчення законів розподілу нормальних і дотичних контактних напружень при прокатці, практичне визначення параметрів прокатки на основі штифтового методу.

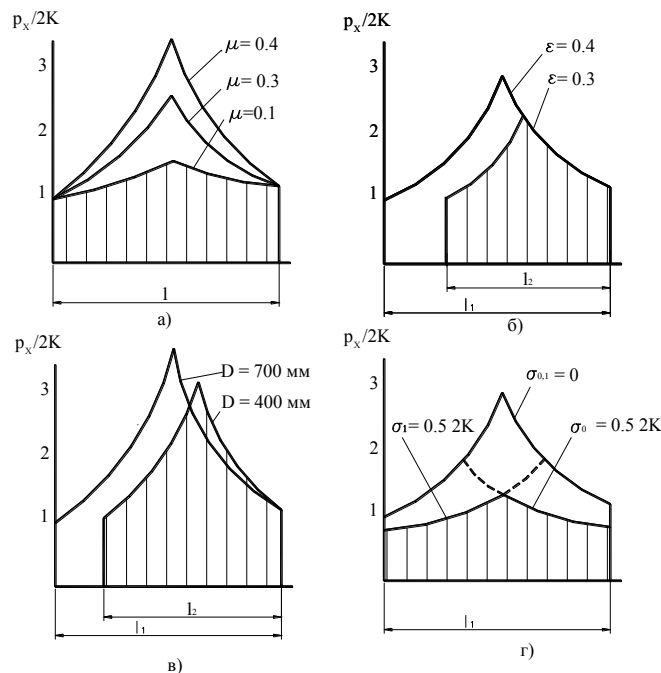
Загальні вказівки

При проектуванні технологічних процесів прокатки і устаткування прокатних станів необхідно знати зусилля прокатки, яке визначає характеристику робочої кліти стану і потужність двигуна. У свою чергу, характеристика обладнання визначає розміри прокату і ступінь деформації, допустимі при прокатці металу на цьому обладнанні.

У ряді випадків поряд з повним зусиллям необхідно знати розподіл напружень по контактній поверхні. Так, крутний момент і потужність двигуна при прокатці залежать від повного зусилля прокатки і відстані від центру валка до повного зусилля. Це відстань (плече рівнодіюча) залежить від розподілу нормальних і дотичних напружень на контактній поверхні. Від величини і характеру розподілу напруг по дузі контакту металу з валками залежать випередження і розширення металу, точність прокатки і знос валків.

В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що в кожній даній точці дуги контакту нормальне напруження зростає з ростом коефіцієнта тертя, обтиску, діаметра валків і зменшується при наявності переднього і заднього натяжень.

Теоретичні епюри нормальних контактних напружень для випадку, коли на поверхні контакту існують тільки ділянки ковзання, наведені на рис. 14.1.



а) - з різними коефіцієнтами тертя; б) - з різними обтисканнями; в) - в валках різного діаметру; г) - з переднім і заднім натягом

Малюнок 14.1 - Епюри нормальних контактних напружень при прокатці

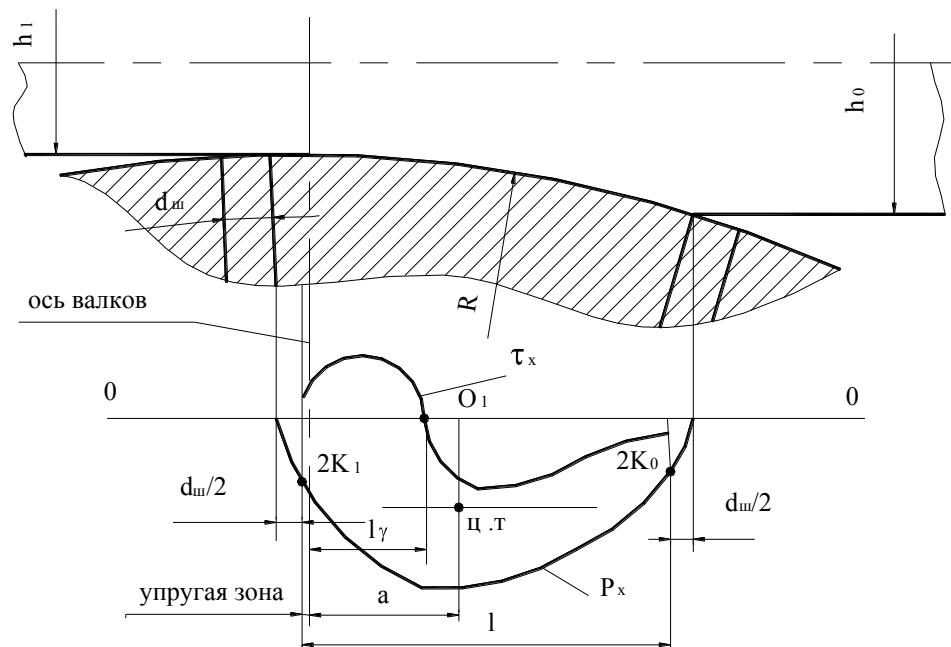
Зростання контактних напружень при прокатці з ростом коефіцієнта тертя, обтиску і діаметра валків обумовлений тим, що відбувається при цьому ростом сил тертя на поверхнях контакту, а зменшення контактних

напружень з ростом напруг від переднього і заднього натяжений обумовлено відповідним зменшенням сил тертя і зміною характеру напруженого стану металу в осередку деформації.

Теоретичні епюри розподілу дотичних напружень на контактних поверхнях валків наведені на рис. 3.1.

Знання фактичних законів зміни нормальних і дотичних напружень і їх значень необхідно для оцінки напружено-деформованого стану металу і на цій основі-раціональної побудови технології процесу прокатки.

Для визначення контактних напружень можна використовувати поляризаційно-оптичний метод або ж спеціальні, так звані точкові месдоза (штифтовий метод). В останньому випадку в процесі прокатки тиск сприймається торцем спеціального металевого штифта діаметром 1,5 ... 2,5 мм, зануреного у тілі прокатного валка (рис. 14.2).



Малюнок 14 .2- Схема до обробки осцилограм контактних напружень

У процесі прокатки штифт деформується в осьовому напрямку і згинається під дією дотичних сил, при цьому значення деформації штифта пропорційні нормальному і дотичним зусиллям, чинним на його торець. Пружна деформація штифта фіксується параметричеськими датчиками і реєструється за допомогою осцилографа.

За допомогою трикомпонентної штифтової месдоза на осцилографі одночасно можна фіксувати всі три складові контактного напруги, що діє на торцеву поверхню штифта. При виконанні співвідношення $l / d_{ш} \leq 10$ (тут l - довжина дуги контакту; $d_{ш}$ - діаметр штифта) одержувані осцилограми досить точно відображають характер зміни нормальних P_x і дотичних τ_x , σ_y контактних напружень в осередку деформації.

Показання осцилографа перераховують на одиниці зусилля Q_x, T_x, T_y , за якими визначають нормальні і дотичні контактні напруги, використовуючи наступні співвідношення:

$$P_x = \frac{4Q_x}{\pi d_{\text{ш}}^2}, \tau_x = \frac{4T_x}{\pi d_{\text{ш}}^2}, \tau_y = \frac{4T_y}{\pi d_{\text{ш}}^2}. \quad (14.1)$$

Одне з істотних відмінностей епюр, побудованих на основі дослідних даних, від наведених на рис. 14.1 полягає в наявності куполоподібної вершини у епюр, отриманих з досвіду. Це знаходиться у відповідності з теорією в тому випадку, якщо приймається закон розподілу контактних дотичних напружень, наведений на рис. 3.1, в.

При обробці осцилограм необхідно мати на увазі, що штифт месдоза починає фіксувати тиск на валок, як тільки його передня точка торкається поверхні смуги при вході в в Алкі, і закінчує вплив на месдоза, коли його задня точка перестане стикатися з металом. Тому поверхню штифта повністю стикається з металом по довжині, що дорівнює різниці між довжиною дуги контакту і діаметром штифта. Для того, щоб врахувати цю особливість, отриману з досвіду і скориговану з урахуванням масштабу записи, абсцису осцилограми зменшують на величину, рівну половині діаметра штифта $d_{\text{ш}}$ (з кожного з його кінців). Як ординат для отриманих таким чином початкової і кінцевої точок дуги контакту беруть величину, рівну констант $2K_0$ і $2K_1$.

За осцилограмами можна визначити наступні параметри прокатки:

1 Довжину дуги контакту

$$L = M_x x_c - d_{\text{ш}} \quad (14.2)$$

де x_c - довжина осцилограми,

M_x - масштаб запису по довжині осцилограми;

$$M_x = V_b / V_{\text{ф}}; \quad (14.3)$$

V_b - окружна швидкість валка;

$V_{\text{ф}}$ - швидкість руху фотострічки.

Розподіл по дузі контакту складових P_x, \square_x і \square_y контактної напруги визначається по залежностям (14.1) з урахуванням того, що

$$Q_x = M_{Q_x} u_{Q_x}; \quad T_x = M_{T_x} u_{T_x}; \quad T_y = M_{T_y} u_{T_y}, \quad (14.4)$$

де $M_{Q_x}, M_{T_x}, M_{T_y}$ - масштаби записи, які визначаються при тарировке вимірювальної схеми;

$u_{Q_x}, u_{T_x}, u_{T_y}$ - значення ординат кривих на осцилограмме.

2 Нейтральний кут γ по положенню точки O_1 при $\square_x = 0$:

$$\gamma = l_{\gamma} / R, \quad (14.5)$$

де R - радіус валка.

3 Зміна по довжині дуги контакту коефіцієнта тертя

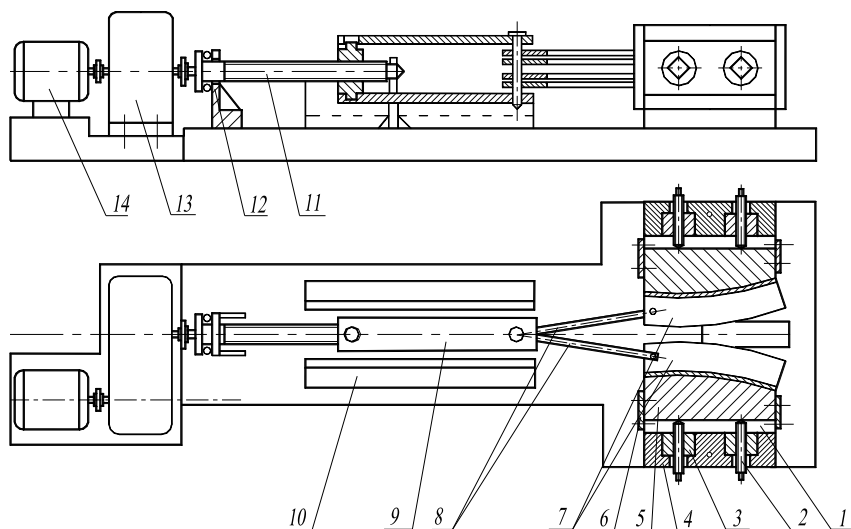
$$\mu = \tau_x / P_x. \quad (14.6)$$

4 Значення коефіцієнта плеча рівнодіючої сил при прокатці

$$\psi = a / l,$$

де a - плече рівнодіючої сил під час прокатки (визначається за положенням центра ваги опори нормальних контактних напружень).

Для забезпечення достатньої точності експериментального визначення нормальних і дотичних контактних напружень з використанням трикомпонентної месдоза необхідною умовою є виконання співвідношення $l / d_{ш} > 10$. Отже, при наявності діаметра штифта $d_{ш} = 2,15$ мм, що визначається, в свою чергу, умовами забезпечення необхідної жорсткості, радіус робочих валків повинен бути досить великим: $R > 100$, $d_{2ш} / \square h$ ($\square h$ - абсолютна обтиснення смуги), що робить доцільним використання спеціальних пристроїв, що моделюють процес прокатки в робочих валках великого діаметру.

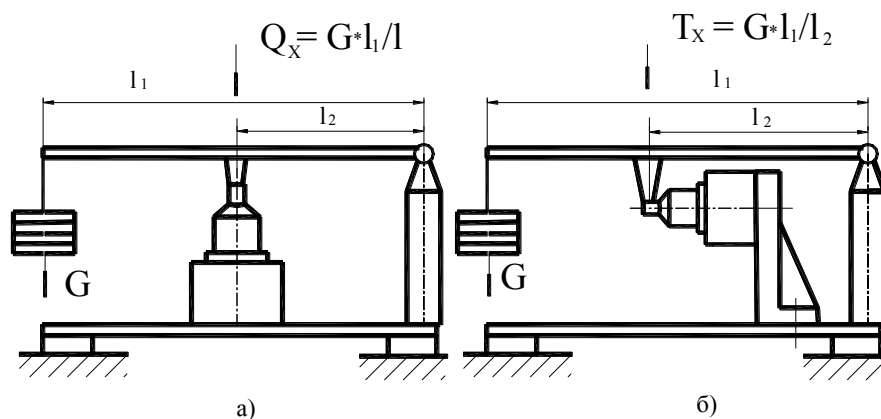


Малюнок 14.3- Експериментальний пристрій для пластичної деформації

Експериментальний пристрій по а.с.№332870, №1085073, №1129796 для пластичної деформації металу (рис. 14.3) містить станини 1 і натискні гвинти 2, які пов'язані з гайками 3, розміщеними нерухомо в поперечині 4, а також за допомогою ключового подушкою 5, зафіксованої від осьових переміщень планками 6.

Роль прокатних валків в пристрої виконують сегменти 7, які за допомогою тяг 8 шарнірно пов'язані з повзуном 9, зафіксованим від обертання напрямними 10 і пов'язаним шарнірно з гайкою гвинтової передачі. Приводний гвинт 11 зафіксований від осьових переміщень опорою 12 і має привід, що включає циліндричний редуктор 13 і електродвигун змінного струму 14 потужністю 10 кВт. Швидкість переміщення повзуна становить 3,33 мм / с, а радіус робочих поверхонь обох сегментів - 750 мм.

Трехкомпонентная месдоза, що служить для вимірювання нормальних і дотичних контактних напружень, розміщена безпосередньо в тілі одного з сегментів. Схема тарировки зазначеної месдоза, що використовується при проведенні експериментальних досліджень, показана на рис. 14.4.



Малюнок 14.4- Схема тарировки трикомпонентної месдоза нормальних напружень- а) і дотичних напружень- б)

Матеріальне забезпечення

- 1 Пристрій для пластичної деформації металу.
 - 2 Комплект тензометричної апаратури з осцилографом Н-145.
 - 3 Штангенциркуль
 - 4 Зразок з технічного свинцю
- $h_0 = 5 \text{ мм}; b_0 = 50 \text{ мм}; l_0 = 150 \text{ мм} - 1 \text{ шт.}$

Порядку проведення експериментів

Встановити месдоза на тарувального пристрій і зробити її тарировки в осьовому і тангенціальному напрямках. Виміряти вихідні розміри зразка, налаштувати пристрій і здійснити його деформацію з обтисненням 3 мм, описуючи становище світлового променя на фотострічці. Виміряти кінцеві розміри зразка.

Обробка результатів експерименту

За даними тарировки визначити значення M_{Qx} , M_{Tx} . Використовуючи зазначені коефіцієнти і отриману осцилограму, знайти масштаб запису M_x , значення нормальних і дотичних контактних напружень по довжині дуги контакту, розділивши останню на 10 ділянок.

Отримати повний перелік коефіцієнтів тертя μ . Дані занести в табл. 14.1.

Таблиця 14.1 - Експериментальні значення напруг і коефіцієнта тертя

Координати точки (x/l)	Напруження, Н/мм ²		Коефіцієнт тертя
	P_x	τ_x	
0,0			
0,1			
0,2			

0,3			
0,4			
0,5			
0,6			
0,7			
0,8			
0,9			
1,0			

Примітка. За початок координати 1 прийняти перетин на вході металу в осередок деформації. Визначити довжину дуги контакту, нейтральний кут α , побудувати залежності $P_x = f(\alpha / l)$, $\alpha_x = f(x / l)$, $\alpha_x = f(x / l) / P_x$. Знайти центр ваги епюри і значення коефіцієнта плеча рівнодіючої α .

Контрольні питання

- 1 Для чого необхідно знати закони розподілу контактних напружень по довжині осередку деформації і їх значень?
- 2 Які фактори впливають на величину нормальних контактних напружень?
- 3 Які шляхи зниження контактних напружень при прокатці?
- 4 Вкажіть методи визначення контактних напружень.
- 5 У чому полягає штифтовий метод визначення напружень при прокатці?
- 6 Яка особливість трикомпонентної штифтової месдоза?
- 7 Які особливості та порядок розшифровки осцилограм, отриманих штифтовим методом?
- 8 Які параметри можна визначити по осцилограмами, отриманим штифтовим методом?
- 9 Як визначити довжину дуги контакту, нейтральний кут, значення напруг, коефіцієнтів тертя, коефіцієнта плеча рівнодіючої сил при прокатці?
- 10 Які особливості експериментального пристрою для пластичної деформації металу?
- 11 Яким чином здійснюється тарировка трикомпонентної штифтової месдоза?

15 Лабораторна робота № 15

МОДЕЛЮВАННЯ СПОСОБОВ ПРОКАТКИ ТОЛСТИХ ЛИСТІВ ВИСОКОГО ЯКОСТІ

Мета роботи вивчення способів прокатки товстих листів, що забезпечують підвищений вихід придатного прокату.

Загальні відомості

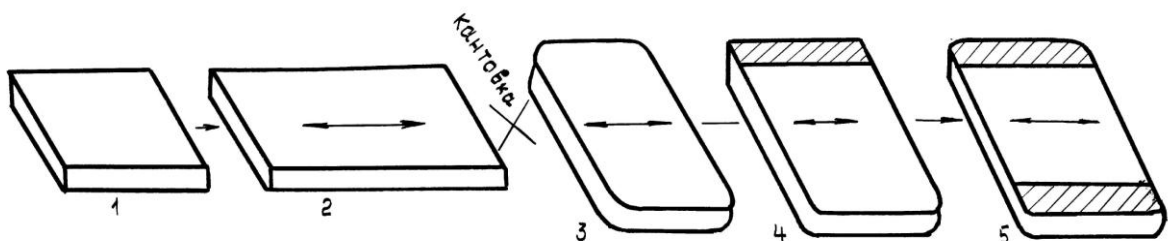
Підвищення вимог споживачів до якості товстолистового прокату, який широко використовується в різних галузях промисловості, призвело в умовах сформованого виробництва до необхідності відшукування нових шляхів вирішення цієї проблеми.

Для отримання високоякісного товстолистового прокату необхідне дотримання технологічних режимів і контролю якості на всіх переділах, починаючи від виплавки сталі і закінчуючи обробкою товстого листа. На кожному етапі виробництва закладається той комплекс властивостей, який відповідає вимогам споживачів.

У зв'язку з тим, що проблема економії металу в даний час стоїть найгостріше, особлива увага приділяється розробці нових і вдосконаленню застосовуваних способів і технологічних режимів прокатки, використання яких сприяє зменшенню витрати металу і підвищенню виходу придатного. При прокатці товстолистового прокату підвищення виходу придатного домагаються різними шляхами, основною з яких передбачає усунення різнотовщинності по довжині аркуша, крайової і центральної волнистості, а також отримання заданого профілю листа і прямокутної форми поверхні.

Нова технологія, впроваджена на товстолистовому стані заводу фірми "Кавасакі сейтецу" в Тібі (Японія), забезпечує економію до 1,5% металу в результаті скорочення обрізу бічних і торцевих краєнок товстого листа.

Після прокатки в вертикальній клітці метал піддається поперечній прокатці з додатковим обтисненням кінців розкату (різнотовщинності прокатка), що досягається нахилом верхнього валка попеременно в одну й іншу сторони при двох додаткових проходах. Різнотовщинності прокатка дозволяє заповнити кути на кінцях гуркоту, в результаті чого вихід придатного прокату підвищується на 1,5%. Схема прокатки за даною технологією представлена на рис. 15.1.



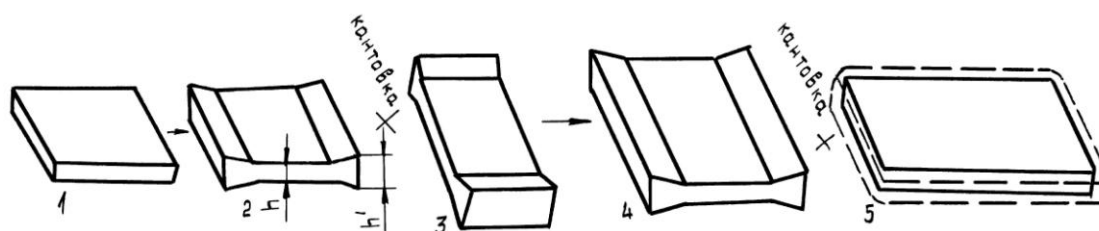
Малюнок 15.1- Схема прокатки товстих листів на заводі фірми "Кавасакі сейтецу"

Аналогічні цілі (поліпшення форми товстого листа в плані) були поставлені при розробці нового способу прокатки фірмою "Ніппон Кока" (Японія).

При реалізації схеми прокатки, "всіх напрямках-уздовж" після проходів уздовж гуркіт повертають на 90° і в останньому проході при розбивці по ширині деформують зі слабким обжатиєм переднього і заднього кінців

(на момент розбивки). Таким чином отримують гуркіт з потовщеними краями. При прокатці уздовж на останньому етапі завдяки потовщеним бічним гранях заповнюються кути і досягається правильна прямокутна форма листа (кінці листів не мають "мов"). Цей спосіб можна розглядати як протилежний способу, запровадженого на заводі в Тібі. Але результат застосування обох однаковий: значно підвищується якість товстого листа. Для можливості отримання і прокатки розкату з потовщеними кінцями стан повинен бути оснащений швидкодіючим гідравлічним натискним пристроєм з достатнім ходом і швидкістю переміщення плунжера. Впровадження цього способу на стані 4700 дозволило збільшити вихід придатного на 3% в результаті зменшення обрізу.

Відходи металу при прокатці товстого листа пов'язані з поздовжньої і поперечної різнотовщинністю. З метою скорочення втрат металу в обріз фірмами USINOR і CLECIM (Франція) розроблений технологічний процес прокатки EGO, який передбачає утворення потовщень на кінцях гуркоту в формотворчих проходах поздовжньої і поперечної прокатки. При подальшій прокатці ці потовщення усуваються. Основні положення процесу EGO аналогічні технології, розробленої фірмою "Ніппон Кока" (Японія). Але на відміну від японської технології в процесі EGO потовщені кінці утворюються вже перед першим поворотом гуркоту на 90°. На рис. 15.2 наведена схема процесу EGO.



Малюнок 15.2- Схема процесу EGO

Величина потовщення $\Delta h = h' - h$ становить 10 мм при довжині 200 ... 500 мм. Швидкість плунжера натискного пристрою при формуванні потовщення кінців становить близько 20 мм / с.

Застосування способу EGO дозволяє зменшити бічну і кінцеву обріз листа.

При виробництві товстолистового прокату на реверсивних станах, які мають в своєму складі кліті з вертикальними валками, перерозподіл сумарного обтиску між парними і непарними проходами дозволяє підвищити вихід придатного. Ширина переднього кінця розкату при прокатці в вертикальних валках менше, ніж ширина середньої частини. У процесі прокатки в горизонтальних валках на кінцях, особливо задньому, виникає додаткове розширення. Донецьким науково-дослідним інститутом чорної металургії спільно з Маріупольським металургійним комбінатом "Азовсталь" розроблена схема прокатки товстого листа, що передбачає два варіанти. За першим варіантом сляб без обтиску подається на вихідну боку кліті з

вертикальними валками, після чого встановлюють необхідний зазор між валками і виконують обтиснення бічних граней сляба, що надходить в кліть заднім кінцем. Таким чином, отримують гуркіт, ширина заднього кінця якого менше ширини переднього кінця. У непарних проходах реверсивної прокатки в горизонтальних валках відбувається переважне розширення заднього кінця розкату, а в парних - переднього.

За другим варіантом сляб обжимають в кліті з вертикальними валками за звичайною схемою, після чого його кантують на 1800 і заднім кінцем задають в кліть з горизонтальними валками. Застосування такого способу також дозволяє компенсувати спотворення форми розкату. Ця схема з кантуванням сляба застосована на товстолистовому стані 3600 металургійного комбінату "Азовсталь". Її впровадження сприяло збільшенню виходу придатного на 8 кг / т прокату.

З метою зменшення витрати металу при прокатці товстого листа на стані 2800 Алчевського металургійного комбінату застосовують профіліровану прокатку в кліті з вертикальними валками. Тут обжимають середню частину сляба в більшій мірі, ніж кінці, в результаті чого утворюється гуркіт увігнутої форми. Це компенсує розширення при розбивці ширини. Таким чином, при поздовжньої прокатці опуклість гуркоту по ширині або знижується, або усувається.

Матеріальне забезпечення

1 Лабораторні стани дуо з діаметрами валків 160 і 200 мм.

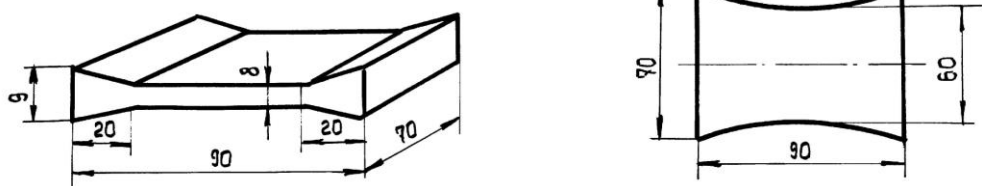
2 Штангенциркуль, масштабні лінійки.

3 Зразки для прокатки:

Зразок з технічного свинцю у вигляді паралелепіпеда з розмірами 8x70x90 мм - 1 шт.

Зразок з технічного свинцю з потовщеними кінцями (рис. 15.3, а).

Зразок з технічного свинцю з увігнутими краями (рис. 15.3, б).



Малюнок 15.3- Зразки (а) з потовщеними краями, (б) з увігнутими краями

Порядку проведення експериментів

Роботою передбачено проведення трьох дослідів.

Досвід 1. Свинцевий зразок у вигляді паралелепіпеда прокатати поперек в один прохід з обтисненням 2 ... 3 мм, імітуючи розбивку сляба по ширині при звичайній прокатці.

Досвід 2. Свинцевий зразок з потовщеними кінцями прокатати поперек в один прохід з обтисненням середній частині зразка в 2 ... 3 мм, імітуючи

один прийом способу EGO, пов'язаний з розбивкою сляба по ширині після його профілювання при прокатці уздовж.

Досвід 3. Свинцевий зразок з увігнутими краями прокатати поперек в один прохід з обтисненням 2 ... 3 мм, імітуючи розбивку сляба по ширині за способом, що застосовується на Алчевському меткомбінаті.

Обробка результатів експериментів

Уявити малюнки зразків до і після прокатки в кожному досвіді.

Дати аналіз явищ, що дозволяють зменшити бічну і кінцеву обріз при використанні описаних способів прокатки.

Контрольні питання

1 Які фактори визначають вихід придатного прокату при виробництві товстих листів?

2 Вкажіть причини, що викликають необхідність обрізки крайок і кінців листа.

3 Вкажіть основні шляхи підвищення виходу придатного прокату.

4 У чому сутність способу прокатки, що застосовується фірмою "Ніппон Кока" (Японія)?

5 У чому сутність способу прокатки, що застосовується фірмою "Ніппон Кока" (Японія)?

6 У чому сутність процесу EGO?

7 У чому сутність технології, використовуваної на комбінаті "Азовсталь"?

8 У чому сутність способу прокатки, що застосовується на Алчевському меткомбінаті?

9 Назвіть схеми прокатки товстих листів з слябів.

Список рекомендуемой літератури

- 1 Целиков А.И., Никитин Н.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки.- М.: Металлургия, 1980.- 320 с.
- 2 Прокатное производство: Учебник для вузов.- 4-е изд./ П.И.Полухин, Н.М.Федосов, А.А.Королев, Ю.М.Матвеев.- М.: Металлургия, 1988.- 696 с.
- 3 Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением.- М.: Металлургия, 1973.- 490 с.
- 4 Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением.- М.: Металлургия, 1967.- 340 с.
- 5 Рокотян С.Е. Теория прокатки и качество металла.- М.: Металлургия, 1981.- 223 с.
- 6 Теория прокатки :Справочник / А.И.Целиков, А.Д.Томленов, В.И.Зюзин и др.- М.: Металлургия, 1982.- 335 с.

- 7 Грудев А.П. Внешнее трение при прокатке.- М.: Metallургия, 1973.- 288 с.
- 8 Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением:Справочник.- М.: Metallургия, 1982.- 321 с.
- 9 Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.Н. Калибровка прокатных валков: Учеб. пособие для вузов.- М.: Metallургия, 1971.- 512 с.
10. Диомидов Б.В., Литовченко Н.В., Третьяков А.В. Технология прокатного производства: Учеб. пособие для вузов.- М.: Metallургия, 1979.- 488 с.