

Методичні вказівки для виконання практичних
робіт з дисципліни
**«ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПЕРАЦІЙНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ПРОКАТНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

(для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм
навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти)

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від «22» вересня 2023 р.)

Обов'язково до розміщення в репозитарії

Запоріжжя 2023



Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни «Технології та операційне вдосконалення прокатних виробництв» / Укладачі С.С. Гурковська, Ю.К. Доброносів. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2023. 29 с.

В методичних вказівках з погляду операційного вдосконалення прокатних виробництв розглянуто основні питання якості прокатної продукції, її контролю, аналізу, проектуванню та забезпеченню. Надані основні методики оцінки якості та основні інструменти контролю. Методичні вказівки призначені для студентів, що освоюють курс «Технології та оперативне вдосконалення прокатних виробництв», а також всіх зацікавлених в цьому питанні студентів, аспірантів, практиків та теоретиків прокатних виробництв.

Рекомендовано для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання другого (магістерського) рівня освіти.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
Протокол №1 від «22» вересня 2023 р.

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради

Малій Х. В.
«07» вересня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023



ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1	
РОЗПОДІЛ ОДИНИЧНИХ ВИТЯЖОК ПО ПРОХОДАХ. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ОБТИСНЕНЬ ПО ГРАНИЧНИХ УМОВАХ ЗАХОПЛЮВАННЯ.....	9
2 ПРАКТИЧНА ЗАНЯТТЯ №2	
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ГАРЯЧІЙ ЛИСТОВІЙ ПРОКАТЦІ	16
3 ПРАКТИЧНА ЗАНЯТТЯ №3	
РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ОБТИСНЕНЬ ТА КАЛІБРОВКИ ВАЛКІВ ДЛЯ ПРОКАТУВАННЯ БЛЮМІВ НА БЛЮМІНГУ.....	19
ЛІТЕРАТУРА	29



ВСТУП

ВДОСКОНАЛЕННЮ ВИРОБНИЦТВА перш за все передує вироблення стратегії розвитку. Для цього використовують різні концепції управління організаційною діяльністю.

Концепція організаційної діяльності - підхід щодо організації підприємства, який базується на основній ідеї, ефективній стратегії управління та конкретному інструментарії досягнення визначених цілей.

За Ф.Котлером існує п'ять концепцій управління організаційною діяльністю:

- концепція вдосконалення виробництва,
- концепція вдосконалення товару,
- концепція інтенсифікації комерційних зусиль,
- концепція маркетингу,
- концепція соціально-етичного маркетингу та
- концепція стосунків.

Виробнича концепція (1880-1920): як видно з назви, визначальним фактором орієнтації фірми у ринковому просторі висуває виробництво.

Споживачі надають перевагу дешевим і доступним для придбання товарам. А висока ефективність виробництва дає змогу підтримувати низькі витрати і, таким чином, забезпечувати низькі ціни.

Цей підхід виправданий в одному з трьох випадків:

- існує дефіцит товарів;
- попит можна збільшити, знижуючи ціну;
- існує можливість зменшити витрати завдяки збільшенню обсягів виробництва.

Товарна концепція (1920-1930) на пріоритетне місце ставить товар. Діяльність підприємства зорієнтована на його постійне вдосконалення та розробку достатньої кількості модифікацій виробу.

Такий підхід виправданий за умов, коли для покупця низька ціна не є найважливішим аргументом на користь товару. Він готовий платити більше за унікальність товару, якщо рівень якості та властивості товару відповідають його вимогам.

Перевага такого підходу полягає у досконалості технологій, що її використовує фірма, провідна у певній галузі. Слабке місце такого підходу, як не дивно, теж у технології. Адже орієнтація на якість товару інколи не дає змоги своєчасно відчувати загрозу нових технологій, коли з'являються інші товари, які задовольняють ті самі потреби, що й товар фірми.

Наприклад, свого часу з появою пластикової упаковки було вирішено чимало проблем, пов'язаних з пакуванням товарів. Крім того, з'явилася можливість зниження ціни товару за рахунок упаковки. Тож не дивно, що ця галузь звернула на себе увагу багатьох фірм. Проте з вирішенням однієї проблеми постала інша - проблема утилізації відходів. Фірмами-



фаворитами дедалі частіше стають ті, які пропонують технології виготовлення екологічно нешкідливої упаковки, наприклад, такої, яка після закопування в землю протягом 3-4 місяців розкладається на екологічно безпечні елементи.

Збутова концепція (1930-1955) ґрунтується на самому процесі збуту. Можлива за умов недостатньої обізнаності покупця щодо властивостей товару, коли на поведінку споживача впливають різними засобами: рекламою, переконливими методами продажу, демонстраціями товару, спеціальними знижками тощо. Реалізація цієї концепції пов'язана зі значними витратами на збут.

Традиційна маркетингова концепція. (1955-1980) Неважко здогадатися, що за орієнтир фірми обираються потреби споживачів, які потрібно задовольнити краще, ніж це роблять конкуренти.

Гарантією успіху такого підходу є високий рівень життя покупців, з одного боку, і віртуозне володіння фірмами інструментами маркетингу, вміння пристосуватися до змін ринку - з іншого.

Концепція соціально-етичного маркетингу (1980-1995). Звичайно, маркетинг не є за суттю своєю альтруїстичним, хіба що за винятком неприбуткових організацій. Прагнення до прибутку є нормальним орієнтиром діяльності фірми. Але обраний нею шлях досягнення визначеної мети не повинен діяти всупереч моральним нормам і довгостроковим інтересам усього суспільства.

Реалізація концепції соціально-етичного маркетингу вимагає збалансування трьох факторів:

- прибуток організації;
- рівень задоволення запитів споживачів;
- врахування інтересів суспільства.

Йдеться, зокрема, про зростання уваги до проблем захисту довкілля, у тому числі економічними методами.

Концепція маркетингу стосунків. (1995-...) В сучасному світі товари стають все більше стандартизованими, а послуги уніфікованими. Як наслідок - маркетингові рішення різних фірм все частіше дублюються. Як за цих обставин утримати споживача? Актуальність цієї проблеми обумовила появу нової концепції управління маркетингом - маркетингу стосунків.

Маркетинг стосунків передбачає спрямованість маркетингової діяльності фірми на встановлення довгострокових, конструктивних, привілейованих стосунків з потенційними клієнтами. Орієнтація на створення довгострокових відносин між клієнтами, постачальниками, посередниками пояснює розширення спектру маркетингових функцій. Крім дослідження ринку, планування, стимулювання збуту з'являється функція взаємодії з покупцем.

Які засоби можуть бути використані для створення тісних стосунків із споживачами та партнерами? Це:



- використання матеріальних стимулів (використання знижок, впровадження системи пільг для вигідних клієнтів);
- моральне стимулювання (вивчення потреб, уподобань споживачів і пропонування індивідуалізованих товарів, орієнтованих на конкретного споживача);
- створення структурних зв'язків, які полегшували б взаємодію з покупцем (надання торгового обладнання роздрібним магазинам, що реалізують продукцію фірми; забезпечення клієнтів засобами електронного зв'язку для спрощення системи замовлення оплати товару тощо).

Кожна фірма у своїй діяльності сповідує ту чи іншу концепцію маркетингу і використовує ті чи інші види маркетингу.

Залежно від сфери застосування розрізняють маркетинг:

- споживчий;
- промисловий;
- маркетинг послуг;
- інші види маркетингу.

Промисловий маркетинг. На відміну від споживчого маркетингу покупцями товарів і послуг на промисловому ринку є фірми, підприємства, організації, особи, які купують товари не для власного споживання, а для використання у виробництві, перепродажу або здавання в оренду.

Специфіка промислового ринку визначає і його особливості, які можуть бути розбиті на три групи (Рис. 1):

- першою особливістю є природа попиту. Попит на промислові товари є вторинним, тобто залежним від попиту на споживчі товари та послуги, нееластичним і нестійким;
- особливості промислового покупця. Покупці на промисловому ринку приймають рішення щодо покупок колегіально. Функції, компетенція та мотивації осіб, які приймають рішення, чітко визначені. Покупці при цьому також чітко знають, товар з якими характеристиками їм слід придбати. Крім того, промислова фірма-продавець має врахувати не тільки інтереси безпосередніх покупців, а й інтереси її замовників, що пояснюється саме похідним характером попиту;

✓ Промислові товари також мають певні особливості. Оскільки, як щойно зазначалося, покупець чітко знає, що саме він хоче придбати, це значно обмежує можливості постачальника промислових товарів під час переговорів. До того ж товари промислового призначення здебільшого мають кілька варіантів використання на відміну від споживчих товарів, а також мають для фірми-покупця стратегічне значення, оскільки вони є важливою складовою технологічного процесу.

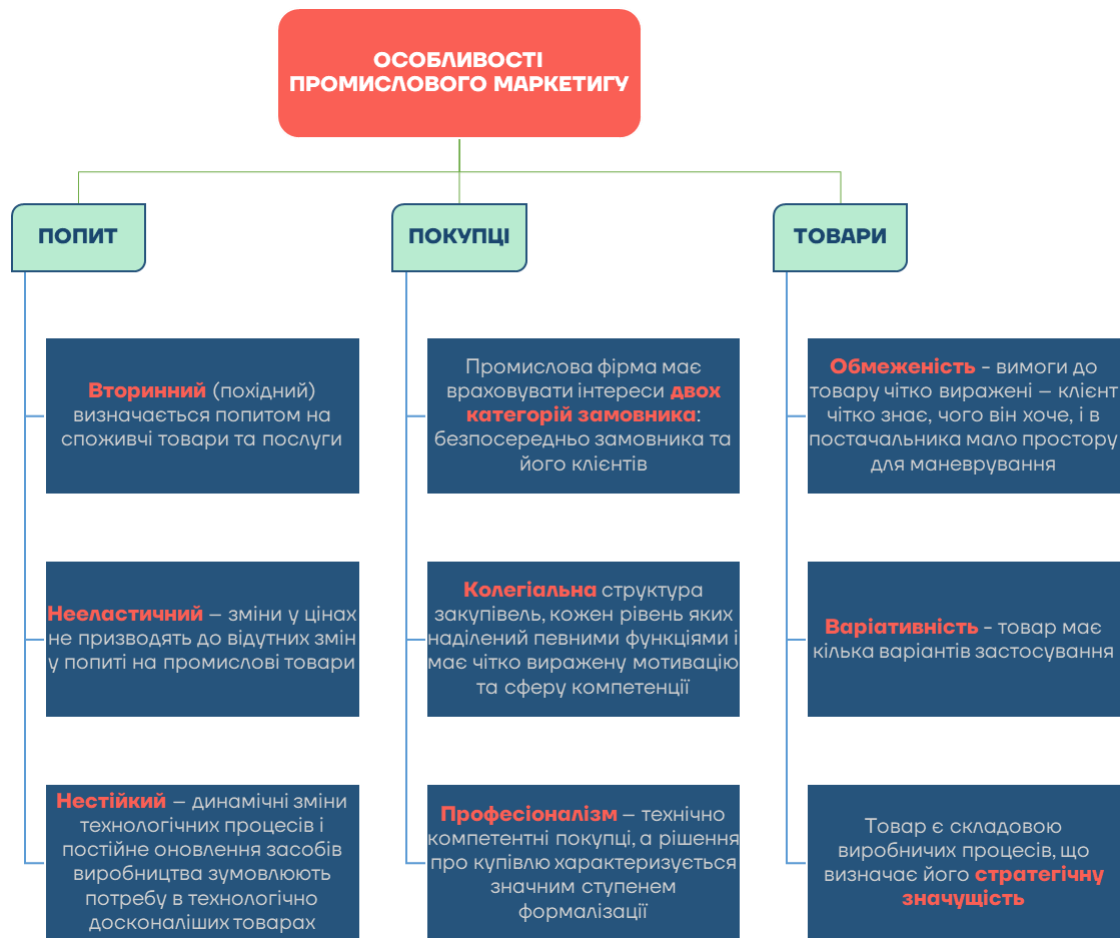


Рисунок 1 – Особливості промислового маркетингу
(за Ж. Ж. Ламбенем)

Як зазначені особливості позначаються на специфіці промислового маркетингу?

По-перше, важливою передумовою успіху є партнерство фірми-продавця і фірми-покупця на всіх етапах співпраці, починаючи з визначення вимог до товару.

Щодо ціни, враховуючи нееластичність попиту на промислові товари, цей елемент маркетингу на промисловому ринку має менше значення. Так, вітчизняна практика багаторазово підтверджувала цей факт у період підвищення цін на пальне. Наприклад, сільгосптехніка має працювати в певний період: ні посівна, ні жнива не чекатимуть. За цих умов вираз "ми за ціною не постоїмо" набуває буквального значення.

Щодо сировини, як товару промислового призначення, на перше місце в плануванні маркетингової діяльності, навпаки, виходить саме ціна (оскільки товари, що пропонуються різними постачальниками, близькі за своїми характеристиками) і... порядність постачальника.

Щодо дієвості тих чи інших форм просування товарів на промисловому ринку, перевагу віддають персональному продажу (виставкам, ярмаркам), у той час як на споживчому ринку пріоритет за рекламою.

Ще одне важливе зауваження стосується каналів розподілу. Якщо



природі споживчих товарів більше відповідає багаторівнева система збуту з розгалуженою мережею посередників, на промисловому ринку перевагу віддають прямим каналам збуту.

Отже, сучасні підприємства, що випускають прокатну продукцію найчастіше за стратегію беруть: **ПРОМИСЛОВУ СТРАТЕГІЮ СТОСУНКІВ**. Особливістю якої є:

- встановлення довгострокових, конструктивних, привілейованих стосунків з клієнтами
 - пропонування індивідуалізованих товарів, орієнтованих на конкретного споживача
 - в плануванні маркетингової діяльності на перше місце виходить ціна якщо товари конкурентів близькі за своїми характеристиками, а отже зниження собівартості
 - Для просування товарів на промисловому ринку перевагу віддають персональному продажу
 - зменшення кількості рівнів посередників
- або **ПРОМИСЛОВУ ВИРОБНИЧУ СТРАТЕГІЮ**. Особливістю якої є:
- Споживачі надають перевагу дешевим і доступним для придбання товарам. А висока ефективність виробництва дає змогу підтримувати низькі витрати і, таким чином, забезпечувати низькі ціни
 - для просування товарів на промисловому ринку перевагу віддають рекламі.
 - орієнтований на покупців, які є кінцевими безпосередніми споживачами цих товарів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

РОЗПОДІЛ ОДИНИЧНИХ ВИТЯЖОК ПО ПРОХОДАХ. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ОБТИСНЕНЬ ПО ГРАНИЧНИХ УМОВАХ ЗАХОПЛЮВАННЯ

Ціль заняття – закріплення теоретичних знань, придбання практичних навичок у визначенні й використанні коефіцієнта витяжки в технологічних розрахунках, вибору обтиснень із застосуванням методу, заснованого на граничних умовах захоплювання.

1.1 Теоретичні відомості

1.1.1 Розподіл одиничних витяжок по проходах

Процес прокатки супроводжується зміною геометричної форми металу, що прокатується, і його розмірів. Якщо як вихідну заготовку для проміжних розкатів і кінцевого профілю прийняти смугу прямокутного перетину, то на підставі умови сталості об'єму можна записати:

$$HBL = h_1 h_1 h_1 = h_2 h_2 h_2 = \dots = h_n h_n h_n = const$$

або в загальному вигляді

$$HBL = hbl = const \quad (1.1)$$

Зробимо перетворення, записавши рівняння (1.1) у вигляді:

$$\frac{H}{h} = \frac{l}{L} \cdot \frac{b}{B}$$

або, що те ж саме:

$$\eta = \lambda \cdot \beta.$$

Відносні величини, що входять до нього, називають:

- коефіцієнтом висотної деформації η ;

- коефіцієнтом поздовжньої деформації або коефіцієнтом витяжки або витяжкою λ ;

- коефіцієнтом поперечної деформації або коефіцієнтом розширення або розширенням β .

Переходячи до площин поперечного перерізу, маємо:

$$\lambda = \frac{\eta}{\beta} = \frac{H}{h} \cdot \frac{B}{b} = \frac{F_0}{F_1} \quad (1.2)$$

де H , B , L , F_0 – товщина, ширина, довжина й площа поперечного перерізу вихідної заготовки; h , b , l , F_1 – розміри у тих же напрямках, відповідно для профілю після прокатки.

Таким чином, **витяжкою** називають відношення площі поперечного перерізу вихідної (що задається) заготовки до площі поперечного перерізу розкату на виході з валків або кінцевого профілю. Витяжка характеризує ступінь зменшення площі поперечного перерізу розкату. Якщо це зменшення розглядається за один прохід, то витяжка називається *разовою* або *одиночною*. Якщо ж розглядається загальне зменшення площі поперечного перерізу за повне число проходів від

вихідної заготовки до кінцевого профілю, така витяжка називається *загальною* або *сумарною*.

По величині одиничних витяжок можна судити про ступінь завантаженості кожної кліти. разові витяжки на практиці приймають різними залежно від профілю, що прокатується, і типу стана, форми й місця розташування калібру.

Приклади величин одиничних витяжок для різних випадків прокатки наведені нижче.

Стани, кліти й калібри	Одиничні витяжки
Обтискні стани	
чорнові (ящичні) калібри	1,35–1,45
передчистові й чистові ромбічні й квадратні калібри	1,25–1,30
квадратні й круглі	1,25–1,30
Чорнові кліти крупносортних станів, ящичні калібри	1,35-1,45
Чистові кліти крупносортних станів:	
передчистові ромбічні й овальні калібри	1,30-1,35
чистові круглі й квадратні калібри	1,15-1,20
Середньосортні стани:	
ящичні калібри чорнових клітей	1,35-1,45
ящичні, ромбічні калібри проміжних клітей	1,30-1,35
передчистові овальні й ромбічні калібри	1,25-1,35
чистові калібри	1,15-1,20
Дрібносортні й дротопрокатні калібри:	
чорнові ящичні калібри	1,35–1,50
овальні калібри проміжних клітей	1,35–1,40
овальні передчистові калібри	1,25–1,30
чистові калібри	1,15–1,20

Рівняння (1.2) дозволяє зробити ряд висновків, що мають практичне значення. Якщо відомі площа поперечного перерізу вихідної заготовки F_0 і витяжка в даному проході, то площа поперечного перерізу розкату на виході з валків.

$$F = F_0 / \lambda$$

Довжина розкату після проходу

$$l = \lambda \cdot L = \frac{F_0}{F} L$$

По відомим витяжці й кінцевій площі поперечного перерізу розкату або його довжині визначають площу поперечного перерізу або довжину вихідної заготовки:

$$F_0 = \lambda \cdot F; L = \frac{1}{\lambda}$$



Встановимо зв'язок між разовими, середньою й загальною витяжками при прокатці.

При декількох проходах разові витяжки визначають по формулах:

$$\lambda_1 = \frac{F_0}{F_1};$$

витяжка в першому проході:

$$\lambda_2 = \frac{F_1}{F_2}.$$

витяжка в другому проході:

Після перетворень залежність між площею поперечного перерізу вихідної заготовки, площею поперечного перерізу розкату після другого проходу й витяжками в цих проходах одержує вигляд:

$$F_0 = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot F_2.$$

$$\lambda_3 = \frac{F_2}{F_3}.$$

витяжка в третьому проході:

Після додаткового перетворення визначимо значення сумарної витяжки за три проходи:

$$\lambda_{1-3} = \frac{F_0}{F_3} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3.$$

Аналогічно загальне для проходів:

$$\lambda_{\text{заг}} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \cdot \dots \cdot \lambda_n; \lambda_{\text{заг}} = \frac{F_0}{F_n} \quad (1.3)$$

Таким чином, загальна витяжка при прокатці профілю за n проходів визначається як добуток разових витяжок. Відповідно до формули (1.3) маємо:

$$F_n = \frac{F_0}{\lambda_{\text{заг}}} \text{ або } F_0 = \lambda_{\text{заг}} F_n.$$

Якщо разові витяжки вважати рівними між собою, тобто, дорівнявши їхнє значення середній витяжці, одержуємо:

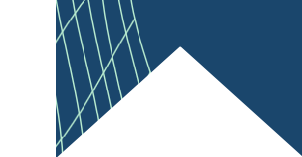
$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_n = \lambda_c^n \text{ або } \frac{F_0}{F_n} = \lambda_c^n \quad (1.4)$$

Середня витяжка характеризує ступінь завантаженості основного устаткування прокатного стану. По середній витяжці судять, наскільки інтенсивно ведеться технологічний процес прокатки, чи правильно визначений режим обтиснень і чи є резерви на прокатному стані. Середні витяжки для кожного стану визначають виходячи з умов деформації металу по проходах.

Середні витяжки для різних сортових станів наведені нижче:

Стани	Середні витяжки
Безперервні проволочні	1,38-1,385
Безперервні дрібносортні	1,32-1,35
Середньосортні	1,30-1,35
Крупнсортні	1,28-1,32

При проектуванні нових прокатних станів потрібно визначити



кількість робочих клітей. Звичайно в цьому випадку задаються вихідними величинами: розмірами заготовки й сортаментом готової продукції. Тоді число клітей або число проходів визначиться по залежності, отриманій після перетворення рівняння (1.4):

$$\lg \frac{F_0}{F_n} = n \cdot \lg \lambda_c; \quad n = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \lambda_c}. \quad (1.5)$$

Якщо відомі число проходів n , площі поперечного перерізу заготовки F_0 і кінцевого профілю F_n , то середня витяжка:

$$\lambda_c = \sqrt[n]{\lambda_{\text{зар}}} = \sqrt[n]{\frac{F_0}{F_n}} \quad (1.6)$$

Розподіл разових витяжок по проходах може бути різним: вони можуть зростати від першого проходу до останнього; спочатку зростати, а потім зменшуватися; закономірно зменшуватися від першого проходу до останнього. Все це залежить від типу стану, його характеристики, умов захоплювання, властивостей металу, що прокатується, і т.д.

Найпоширенішою закономірністю розподілу разових витяжок по проходах є збільшення їх з першого проходу до середніх проходів і потім зменшення до чистового проходу або прийняття максимальної витяжки спочатку й зменшення до чистового проходу. Пояснюється це зміною пластичних властивостей металу у зв'язку зі зниженням температури, а також у зв'язку з наближенням форми розкату до форми готового профілю. При малих витяжках у передчистовому і чистовому калібрах забезпечується більше точне одержання готового профілю. Крім того, до кінця прокатки збільшується тиск металу на валки у зв'язку зі зростанням опору деформації й зменшенням відносини товщини розкату до діаметра валків і щоб уникнути поломки валків деформація повинна бути знижена.

Таким чином, якщо вважати потужність електродвигунів достатньою, між коефіцієнтами деформації й інших факторів може бути наступна залежність.

Чим вище температура металу (а отже, чим нижче його опір деформації й вище пластичність), тим більшими можуть бути витяжки. З метою максимального використання устаткування рекомендується здійснювати найбільшу деформацію в перших проходах, а найменшу - в останніх, у яких опір деформації металу вище через зниження його температури по ходу прокатки. Відхилення від цієї рекомендації можливе при погіршенні умов захоплювання, які найбільш важкі в перших проходах. Тому іноді на початку прокатки зменшують витяжку за рахунок її збільшення в середніх проходах і повторному зменшенні в останніх проходах.

Середні значення витяжок для різних станів для різних профілів наведені в таблиці 1.1.

1.1.2 Розрахунок режимів обтиснень за граничними умовами захоплювання

Для здійснення надійного захоплювання металу валками необхідно

забезпечити умову:

$$\mu \geq \operatorname{tg} \alpha,$$

де α - кут контакту металу з валками.

Таблиця 1.1 - Середні коефіцієнти витяжок по клітях

Профіль	Група клітей		
	Чорнова	Проміжна	Чистова
Круглі й квадратні профілі	1,40-1,45	1,35-1,38	1,20-1,25
Кутові профілі	1,35-1,40	1,30-1,35	1,15-1,20
Балки й швелери	1,35-1,40	1,25-1,30	1,10-1,15
Рейки	1,35-1,40	1,30-1,35	1,13-1,18
Штрипс	1,40-1,45	1,25-1,35	1,15-1,23

Однак всі наступні розрахунки виконані виходячи із граничних умов захоплювання:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha \quad (1.7)$$

Кут контакту в радіанах:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} \quad (1.8)$$

Рівняння (1.7) з урахуванням виразу (1.8) можна записати у вигляді:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha = C \cdot \alpha = C \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} \quad (1.9)$$

де $C = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \operatorname{tg} \alpha}$ – коефіцієнт пропорційності.

Для реальних значень α у межах від 5° до 30° середнє значення $C_c=1,0525$.

Оскільки рівняння (1.9) записано на основі граничних умов захоплювання, то можна вважати, що $\Delta h = \Delta h_{max}$, де Δh_{max} – максимальне можливе обтиснення за прохід.

Після перетворення формули (1.9) маємо:

$$\Delta h_{max} = \frac{1}{C^2} \cdot \mu^2 R \quad (1.10)$$

де R – катаючий радіус.

З урахуванням значення $C_c=1,0525$:

$$\Delta h_{max} \approx 0,9 \cdot \mu^2 R \quad (1.11)$$

Для валків із гладкою бочкою радіус, що катає, R приймають рівним половині діаметра валка. При розрахунку режимів обтиснень по рівнянню (1.11) необхідно враховувати зношування валків, тобто їхній мінімальний діаметр. Із цією метою при розрахунках у кожному конкретному випадку вносять поправочний коефіцієнт $k_1 = 0,90 \dots 0,95$ на переточування валків. Тоді в загальному вигляді рівняння (1.11) може бути записане так:

$$\Delta h_{max} = 0,9k_1 \cdot \mu^2 R$$

При практичних розрахунках для стійкого захоплювання величину

Δh_{max} зменшують на 3... 5%. Таким чином, якщо вважати, що зменшення діаметра валків при переточуваннях становить у середньому 10%, то для розрахунків режиму обтиснень смуги при нових валках можна прийняти рівняння:

$$\Delta h_{max} = 0,9k_1k_2\mu^2R$$

де $k_2 = 0,95$ – коефіцієнт зменшення максимального обтиснення, що забезпечує стійке захоплювання.

З урахуванням обох коефіцієнтів:

$$\Delta h_{max} = 0,77\mu^2R \quad (1.12)$$

Коефіцієнт тертя метала про валки визначають по формулах Ш. Гелі з урахуванням матеріалу валків:

- для сталевих

$$\mu = 1,05 - 0,005t - 0,056V \quad (1.13)$$

- для відбілених чавунних

$$\mu = 0,94 - 0,005t - 0,056V \quad (1.14)$$

- для шліфованих сталевих або чавунних

$$\mu = 0,82 - 0,005t - 0,056V \quad (1.15)$$

де t - температура прокатки, °С; V - окружна швидкість валків, м/с.

Формули (1.13) – (1.15) дійсні при $t > 700$ °С та $V < 5$ м/с.

1.2 Задачі для самостійного розв'язання

1.2.1 Визначити площу поперечного перерізу заготовки, якщо загальна витяжка при прокатці листа перерізом 8,0x3200 мм склала 1,25.

1.2.2 Визначити довжину листа перерізом 1,5x1850 мм, якщо він отриманий із підкату довжиною 9500 мм із розмірами поперечного перерізу 6x105 мм².

1.2.3 Визначити необхідне число клітей безперервного проволочного стану, призначеного для виробництва катанки діаметром 5,5 мм із заготовки перерізом 80x80 мм.

1.2.4 Визначити максимальне обтиснення зливка на блюмінгу 1300 у першому проході. Температура зливка – 1200°С. Швидкість обертання валків – 0,75 м/с. Матеріал валків – сталь.

1.3 Індивідуальне завдання

Визначити розміри вихідної сталевий заготовки при виробництві профілю прямокутного перерізу, а також довжини розкатів після кожного проходу. Дані для розрахунку наведені в табл. 1.2.

1.4 Контрольні питання

1. Укажіть коефіцієнти деформації.
2. Дайте визначення коефіцієнта витяжки.
3. Що називають разовою й загальною витяжкою?
4. Укажіть практичне значення закону сталості об'єму.
5. Як визначити загальну витяжку якщо відомі значення витяжок по проходах?
6. Що називають середньою витяжкою? Її значення?

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Маса заготовки, т	Ширина заготовки, мм	Розміри профілю, мм		Витяжки по проходах		
			товщина	ширина	1	2	3
1	12	1100	85	1050	1,65	1,70	1,56
2	11	1030	95	1000	1,60	1,75	1,60
3	16	1120	100	1100	1,55	1,80	1,65
4	18	1230	98	1200	1,50	1,70	1,70
5	20	1450	96	1400	1,45	1,65	1,75
6	22	1500	91	1450	1,50	1,60	1,70
7	21	1550	90	1500	1,55	1,55	1,65
8	26	1600	88	1550	1,60	1,50	1,60
9	28	1620	86	1570	1,65	1,45	1,55
10	30	1630	81	1590	1,70	1,40	1,50
11	32	1740	82	1600	1,75	1,45	1,55
12	31	1850	80	1700	1,80	1,50	1,60
13	36	1920	85	1800	1,75	1,55	1,65
14	38	1980	88	1900	1,70	1,60	1,70
15	39	2040	90	1950	1,65	1,65	1,75
16	40	2150	92	2000	1,60	1,65	1,80
17	41	2200	95	2100	1,55	1,60	1,75
18	42	2250	98	2150	1,50	1,55	1,70
19	43	2260	100	2200	1,55	1,50	1,65
20	41	2300	105	2250	1,60	1,55	1,60
21	45	2220	108	2300	1,65	1,60	1,55
22	46	2300	112	2200	1,70	1,65	1,50
23	47	2130	115	2100	1,75	1,70	1,55
24	48	2050	120	2000	1,80	1,75	1,60
25	49	2000	125	1950	1,75	1,80	1,65

ПРАКТИЧНА ЗАНЯТТЯ №2

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ГАРЯЧІЙ ЛИСТОВІЙ ПРОКАТЦІ

Ціль заняття – закріплення теоретичних знань, придбання практичних навичок у розрахунках енергосилових параметрів процесу гарячої прокатки.

2.1 Теоретичні відомості

Вихідні дані для розрахунку:

Характеристики матеріалу, який прокатується (σ_{T0} , a_1 , a_2 , a_3 , табл. 2.1), початкова h_0 та кінцева h_1 товщина прокату, ширина прокату b (листовій прокатці розширенням зневажаємо), радіус валків R , швидкість прокатки $V_{пр}$, температура прокатки t , коефіцієнт тертя (позначається f або μ), коефіцієнти переднього $\sigma_1/2K_C$ та заднього $\sigma_0/2K_C$ натягіння, (у більшості випадків при гарячій прокатці натягіння не перевищує 45%, тобто $\sigma_0/2K_C < 0,45$; $\sigma_1/2K_C < 0,45$. При виконанні практичної можна прийняти відсутність натягіння $\sigma_0/2K_C = \sigma_1/2K_C = 0$).

Алгоритм розрахунку:

1. Абсолютне обтиснення, мм

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

2. Відносне обтиснення

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$$

3. Довжина осередку деформації, мм

$$l = \sqrt{R \Delta h}$$

4. Середня висота осередку деформації, мм

$$h_{cp} = \frac{h_0 + h_1}{2}$$

5. Параметр висоти осередку деформації, відношення

$$l/h_{cp}$$

6. Кут захвату (розраховується при $l/h_{cp} > 2.5$), °

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h}{2R}\right)$$

7. Середня швидкість деформації, s^{-1}

$$U = \frac{V_{пр} \varepsilon}{l}$$

8. Фактична межа текучості матеріалу, усереднена в осередку деформації, за методикою Л. Андріюка, МПа

$$\sigma_{TC} = \sigma_{T0} U^{a_1} \left(\frac{2}{3} \varepsilon\right)^{a_2} \left(\frac{t}{1000}\right)^{a_3}$$

9. Подвоєний опір чистого зсуву

$$2K_c = 1.15\sigma_{TC}$$

10. Коефіцієнт напруженого стану (розраховується в залежності від

l/h_{cp})

$$\text{при } l/h_{cp} < 1$$

$$n_\sigma = 1 + 1.5(1 - l/h_{cp})^3,$$

$$\text{при } 1 < l/h_{cp} < 2.5$$

$$n_\sigma = 1 + 0.2(l/h_{cp} - 1),$$

$$\text{при } l/h_{cp} > 2.5$$

$$n_\sigma = 1 + 0.5 f(l/h_{cp} - 1).$$

10.* При наявності на тяжінні додатково обчислюють

$$n_{\sigma_2} = 1 - 0.5 \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2K_c}$$

10.** Коефіцієнти в цьому випадку перемножують

11. Середнє нормальне контактне напруження (середній тиск металу на валки), МПа

$$p_{cp} = n_\sigma 2K_c$$

12. Сила прокатки, кН (або МН)

$$P = p_{cp} b l$$

13. Перед визначенням моменту прокатки знаходимо коефіцієнт плеча (розраховується в залежності від l/h_{cp})

$$\text{При } l/h_{cp} < 0.7 -$$

$$\psi = 0.6 - 0.3(0.5 - l/h_{cp})^2,$$

$$\text{при } 0.7 < l/h_{cp} < 2.5 -$$

$$\psi = 0.6 - 0.15\sqrt{l/h_{cp} - 0.7},$$

$$\text{при } l/h_{cp} > 2.5 -$$

$$\psi = 4.4 \cdot 10^{-1} - 2.2 \cdot 10^{-2} \sqrt{l/h_{cp} - 2.5} + 4.4 \cdot 10^{-3} (10 - \alpha)$$

14. Момент прокатки на обох валках, кН·м

$$M_{np} = 2P \psi l$$

14.* За наявності натяжін момент прокатки

$$M_{np} = b l^2 \left[2p_{cp} \left(\psi + 0.1 \frac{\Delta\sigma}{2K_c} \right) + \Delta\sigma \left(0.5 - \frac{1}{l/h_{cp} x} \right) \right]$$

де $\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_0$;

σ_1, σ_0 – напруження переднього і заднього натяжін

15. Потужність прокатки, кВт

$$N_{np} = M_{np} \omega = M_{np} \frac{V_{np}}{R}$$

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів для формули Адріюка для деяких марок сталі

Марка сталі	σ_{T0}	a_1	a_2	a_3
Ст3кп	68,9	0,135	0,164	-2,80
Ст3сп	87,1	0,124	0,167	-2,54
10	81,8	0,125	0,266	-2,46
15Г	89,6	0,126	0,188	-2,74
45	87,4	0,143	0,173	-3,05
40Х	85,6	0,130	0,170	-3,62
65Г	78,2	0,166	0,222	-3,02
У7А	74,2	0,163	0,197	-2,87
У10А	80,1	0,163	0,194	-3,57

2.2 Задачі для самостійного розв'язання

2.2.1. Визначити силу P при прокатці листа зі сталі Ст3кп розмірами $h_0 \times b_0 = 10 \times 1200$ мм до товщини $h_1 = 8$ мм у валках радіусом $R = 400$ мм. Температура прокатки $t = 980^\circ\text{C}$, швидкість прокатки $V_{np} = 5$ м/с, коефіцієнт тертя $\mu = 0,2$

2.2.2. Визначити потужність N при прокатці кбснф із сталі У7А розмірами $h_0 \times b_0 = 12 \times 1500$ мм до товщини $h_1 = 10$ мм у валках радіусом $R = 400$ мм. Температура прокатки $t = 1030^\circ\text{C}$, швидкість прокатки $V_{np} = 3$ м/с, коефіцієнт тертя $f = 0,2$

2.2.3. Визначити силу та момент робочих валках при гарячій прокатці листа на товстолистовому стані 3600. Вихідна товщина листа – 40 мм. Вихідна ширина листа - 3200 мм. Товщина листа після пропуску – 28 мм. Діаметр робочих валків – 1200 мм. Матеріал листа – сталь 45. Швидкість прокатки – 3,0 м/с. Температура прокатки $t = 1050^\circ\text{C}$.

2.3 Індивідуальне завдання

Для даних з попередньої роботи (таблиця 1.2) визначити для кожного з трьох проходів силу прокатки, момент прокатки та потужність прокатки. При розрахунках прийняти Температуру по проходам: перший прохід $t_1 = 1150^\circ\text{C}$; другий прохід $t_2 = 1120^\circ\text{C}$; третій прохід $t_3 = 1100^\circ\text{C}$. Матеріал листа – сталь 10.

2.4 Контрольні питання

1. Як залежить сила прокатки від довжини осередку деформації?
2. Від чого залежить потужність двигуна?
3. Що характеризує l/h_{cp} ?
4. Який фізичний сенс коефіцієнту плеча моменту?
5. Як впливає коефіцієнт тертя на силу прокатки?
6. Що таке середня швидкість деформації?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ОБТИСНЕНЬ ТА КАЛІБРОВКИ ВАЛКІВ ДЛЯ ПРОКАТУВАННЯ БЛЮМІВ НА БЛЮМІНГУ

Ціль заняття – вивчити особливості виготовлення блюмів на блюмінгу, освоїти метод розрахунку режимів обтиснень для виробництва блюмів, оволодіти навичками побудови калібрів та їх розміщення на валках блюмінгу.

3.1 Метод розрахунку режиму обтиснень

1. Використовуючи вихідні дані (початковий діаметр валків, розміри зливка, марку сталі, розміри перерізу блюма), приймають висоту калібрів.

На валках блюмінгу розміщують один калібр «гладка бочка» висотою 50-150 мм та декілька ящичних калібрів різної ширини, але однакової висоти, яку приймають у межах 160-230 мм. В окремих випадках ящичні калібри можуть мати різну висоту, яка зменшується до чистових калібрів. Зазор між буртами приймають 15-20 мм.

2. Знаходимо середній катаючий діаметр валків по калібрам:

$$D_{к.сеп} = 0,9 \cdot D_0 - h_{к_i}, \quad (3.1)$$

де D_0 - початковий діаметр валків, діаметр по буртам;

$h_{к_i}$ - висота і-го калібру.

Коли висота ящичних калібрів різна:

$$D_{к.сеп} = 0,9 \cdot D_0 - h_{сеп}, \quad (3.2)$$

де $h_{сеп}$ - середня висота калібрів.

$$h_{сеп} = \frac{h_{к_1} + h_{к_2} + h_{к_3} + \dots + h_{к_n}}{n},$$

де $h_{к_1}$, $h_{к_2}$, $h_{к_3}$ та $h_{к_n}$ — висота ящичних калібрів;

n - кількість ящичних калібрів (приймається приблизно).

3. Визначаємо максимальній кут захвату.

На підставі практичних даних $\alpha_{max} = 25 \div 27^\circ$ для рядових, та $\alpha_{max} = 22 \div 25^\circ$ - для легованих і спеціальних сталей. При цьому треба враховувати, що α_{max} значно залежить від швидкості прокатування та форми калібру. Для точного визначення α_{max} використовують дані таблиці 3.1.

4. Знаходимо максимальне середнє обтиснення за прохід:

$$\Delta h_{сеп} = D_{к.сеп} (1 - \cos \alpha_{max}). \quad (3.3)$$

5. Розраховуємо сумарне обтиснення:

- по стороні Н:

$$\sum \Delta h_H = H_0 - h_K + k(B_0 - b_K), \quad (3.4)$$

де H_0 , B_0 - розміри поперечного перерізу зливка;

h_K , b_K - розміри поперечного перерізу готового блюму;

k - коефіцієнт, що враховує збільшення ширини штаби при прокатуванні.

Таблиця 3.1 – Кути захвату при прокатці на блюмінгу

Вид калібру	Кути захвату, °, при швидкості, м/с						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Гладка бочка	24,5	23,5	22,5	21,5	20,0	16,0	14,0
Ящичні калібри	27,5	26,0	24,5	24,0	23,0	19,0	17,0
Калібри з насічкою	32,0	31,0	30,0	28,0	26,0	24,0	21,0

Коефіцієнт k приймають в межах $0,10 \div 0,25$.

- по стороні В:

$$\sum \Delta h_B = B_0 - b_K + k(H_0 - h_K). \quad (3.5)$$

6. Кількість проходів для кожної сторони:

- по стороні Н:

$$n_H = \sum \Delta h_H / \Delta h_{\text{сер}}. \quad (3.6)$$

- по стороні В:

$$n_B = \sum \Delta h_B / \Delta h_{\text{сер}}. \quad (3.7)$$

Округляємо кількість проходів до найближчого цілого числа таким чином, щоби сума ($n_H + n_B$) дорівнювала цілому непарному числу.

Уточнюємо обтиснення за прохід при прокатуванні по одній та іншій стороні:

- по стороні Н:

$$\Delta h_{\hat{1}} = \sum \Delta h_{\hat{1}} / n_{\hat{1}}. \quad (3.8)$$

- по стороні В:

$$\Delta h_{\hat{a}} = \sum \Delta h_{\hat{a}} / n_{\hat{a}}. \quad (3.9)$$

7. Призначаємо порядок кантувань. При цьому треба враховувати такі особливості:

а) кантування призначають після парного проходу;

б) при прокатуванні сталей відповідального призначення (наприклад, рельсової або трубної сталі) кантування виконують після другого проходу, а для «м'яких» марок - після чотирьох або шести;

в) треба дотримуватись умов, коли відношення для гладкої бочки і для ящичкових калібрів;

г) останнє кантування виконують перед останнім проходом.

8. Використовуючи розрахунок обтиснень по кожній стороні, знаходимо змінення висоти розкату по проходам, розраховуємо розширення та ширину після проходу.

Висота розкату після і-го проходу:

$$h_i = h_{i-1} - \Delta h_i. \quad (3.10)$$

де Δh_i - обтиснення по стороні Н або В відповідно до прийнятої схеми прокатування.

Розширення знаходимо за формулою А.П. Чекмарьова:

$$\Delta b_i = \frac{2 \cdot b_{i-1} \cdot \Delta h_i}{(h_{i-1} + h_i) \left[1 + (1 + \alpha_i) \left(\frac{2 \cdot b_{i-1}}{D_{к.сер_i} \cdot \alpha_i} \right)^n \right]}, \quad (3.11)$$

де b_{i-1} , h_{i-1} - ширина та висота штаби, що задається в калібр;

Δh_i - обтиснення по стороні Н або В відповідно до прийнятої схеми прокатування;

h_i - висота калібру, де здійснюється прокатування;

α_i - кут захвату, рад.;

$D_{к.сер_i}$ - середній катаючий діаметр калібру;

n - показник ступеню.

$$\left. \begin{aligned} n &= 1 \text{ при } 2 \cdot b_{i-1} \leq D_{к.сер_i} \cdot \alpha_i, \\ n &= 2 \text{ при } 2 \cdot b_{i-1} > D_{к.сер_i} \cdot \alpha_i. \end{aligned} \right\}$$

$$\alpha_i = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{сер.i}}{D_{к.сер_i}} \right) \quad \text{або} \quad \alpha_i = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta h_{сер.i}}{D_{к.сер_i}}}. \quad (3.12)$$

Ширина штаби після проходу:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b_i. \quad (3.13)$$

Складаємо таблицю режимів обтиснень і при необхідності її корегуємо.

3.2 Побудова калібрів та розміщення їх на валках

Ширину першого калібру (гладка бочка) приймають на 50 мм більше за максимальну ширину зливка або на 150÷200 мм більше ширини слябу.

В залежності від ширини розкату, який задається в ящичний калібр, обирають ширину калібру по дну струменя (рис. 2.1):

$$b_k = k_c \cdot b_0, \quad (3.14)$$

де k_c - коефіцієнт, що обирають в залежності від умов прокатування в калібрі;

b_0 - ширина штаби, що задається в калібр.

При прокатуванні штаби в калібрі за один прохід (неперервний заготовочний стан, чорнова неперервна група клітей та таке інше) найважливішою умовою є стійкість штаби в калібрі при прокатуванні та покращення умов захвату, тому в цьому випадку k_c знаходиться в межах $(0,95 \div 1,00)$. При використанні ящичного калібру для прокатування штаби

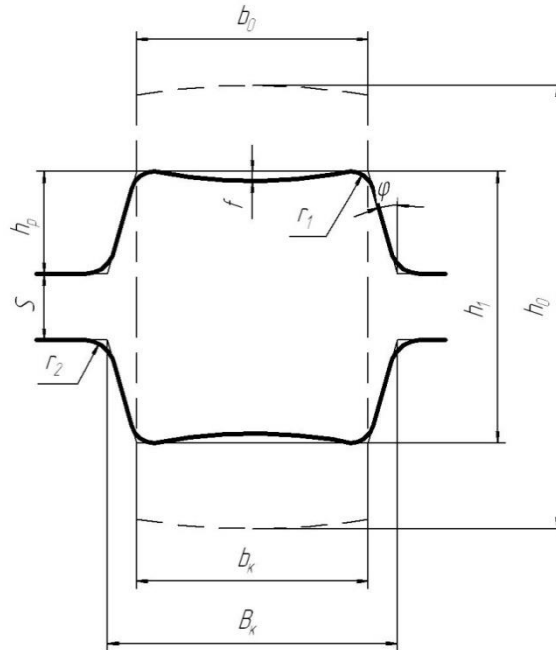


Рисунок 3.1 – Схема ящичного калібру

за декілька проходів або прокатування розкатів різних розмірів найбільш важливою умовою стає вірне заповнення калібру (тобто відсутність переповнення), тому в цьому випадку k_c звичайно знаходиться в межах $(1,00 \div 1,05)$.

Ширина каркасу калібру біля розділу повинна бути такою, щоби при прокатуванні в ньому штаби не виникало переповнення. Звичайно передбачають, що калібр буде заповнений металом до початку радіусу закруглення біля розділу, тому ширину каркасу біля розділу приймають на $(1 \div 5)$ мм більше кінцевої ширини штаби:

$$B_k = b_1 + (1,0 \div 5) \text{ мм.} \quad (3.15)$$

де b_1 - кінцева ширина штаби, що прогнозується.

Після визначення глибини струменю та ширини каркасу калібру по дну та біля розділу можна розрахувати величину випуску калібру:

$$\psi = \frac{B_k - b_k}{2 \cdot h_p} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \text{tg} \psi = \frac{B_k - b_k}{2 \cdot h_p}, \quad (3.16)$$

де h_p — глибина струменя.

Глибина струменю для ящичних калібрів звичайно знаходиться в

межах:

$$h_p = (0,2 \div 0,45)h_1.$$

Для випадку прокатування на блюмінгу глибина струменю визначається прийнятою початковою висотою калібру та зазором між валками:

$$h_p = \frac{h_{кi} - S}{2}, \quad (3.17)$$

де $h_{кi}$ - висота калібру;

S - зазор між валками.

На практиці прийнято конструювати ящичні калібри при звичайній глибині струменів з випуском $5 \div 20$ % та при невеликій глибині струменів - $25 \div 40$ %. Тому можна використовувати й інший алгоритм визначення ширини каркасу калібру біля розділу: спочатку прийняти величину випуску калібру (чим ближче до готового перерізу, тим менший випуск), а потім, виходячи з його значення та попередньо визначеної висоти калібру визначають ширину каркасу калібру біля розділу:

$$B_k = b_k + h_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.18)$$

де h_p - глибина струменю;

$\operatorname{tg} \varphi$ - випуск калібру в долях одиниці.

При використанні другого способу після визначення ширини калібру біля розділу обов'язково перевіряють виконання умови (3.14), при необхідності виконують корегування.

Радіуси заокруглень приймають конструктивно в залежності від розмірів розкату:

$$r_1 = (0,1 \div 0,2)h_1. \quad (3.19)$$

$$r_2 = (0,8 \div 1,0)r_1. \quad (3.20)$$

В деяких випадках дно ящичного калібру виконують з опуклістю (рис. 3.1). Це сприяє покращенню стійкості розкату на рольгангах, запобігає переповненню при прокатуванні в наступному калібрі після кантування на 90° . Величину опуклості приймають у межах $0,5 \div 5,0$ мм в залежності від розмірів профілю, що прокатується.

Площу поперечного перерізу розкату після прокатування в ящичному калібрі можна приблизно визначити за формулою:

$$F_1 = 0,98 \cdot h_1 \cdot b_1. \quad (3.21)$$

Далі визначають діаметри валків. На блюмінгах валки яких приводяться від спільного електродвигуна приймається нижній тиск в межах: $\Delta D_H = 10 \div 15$ мм.

Діаметр верхнього валка:

$$D_p^B = D_{\text{сер}} - h_k - \frac{\Delta D_H}{2}. \quad (3.22)$$

Діаметр нижнього валка:

$$D_p^H = D_p^B + \Delta D_H. \quad (3.23)$$

Перевірка:

$$D_{\text{сеп}} = 0,5 \cdot (D_{p_i}^H + D_{p_i}^B + 2 \cdot S) = \text{const}$$

3.3 Приклад розрахунку режиму обтиснень

Вихідні дані:

початковий діаметр валків: $D_0 = 1150$ мм;

розміри перерізу зливка: $H_0 \times B_0 = 740 \times 760$ мм;

розміри перерізу бlyома: $h_k \times b_k = 300 \times 300$ мм;

марка сталі: сталь 45.

1. Приймаємо кількість калібрів на валках - 4.

Висота першого калібру (гладка бочка): $h_{k1} = 120$ мм для інших:

$$h_{k2} = h_{k3} = h_{k4} = 180 \text{ мм.}$$

2. Середній катаючий діаметр валків (3.1):

$$D_{\text{к.ср.}} = 0,9 \cdot 1150 - 180 = 855 \text{ мм.}$$

Окремо по калібрам:

$$D_{k1} = 0,9 \cdot 1150 - 120 = 915 \text{ мм.}$$

$$D_{k2} = D_{k3} = D_{k4} = 0,9 \cdot 1150 - 180 = 855 \text{ мм}$$

3. Приймаємо максимальний кут захвату $\alpha_{\text{max}} = 26^\circ$.

4. Середнє обтиснення:

$$\Delta h_{\text{ср}} = 855 \cdot (1 - \cos 26) = 86,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\Delta h_{\text{ср}} = 85$ мм.

5. Сумарне обтиснення по кожній стороні:

$$\Delta h_{\Sigma H} = 740 - 300 + 0,15(670 - 300) = 495 \text{ мм.}$$

$$\Delta h_{\Sigma B} = 670 - 300 + 0,15(740 - 300) = 436 \approx 435 \text{ мм.}$$

6. Число проходів по кожній стороні:

$$n_H = \frac{495}{85} = 5,8;$$

$$n_B = \frac{435}{85} = 5,1.$$

Приймаємо $n_H = 6$ проходів, $n_B = 5$ проходів.

Загальна кількість проходів: $6 + 5 = 11$ проходів.

Уточнюємо обтиснення:

- по стороні Н:

$$\Delta h_H = \frac{495}{6} = 82,5 = 80 \text{ мм.}$$

- по стороні В:

$$\Delta h_B = \frac{435}{5} = 87 = 85 \text{ мм.}$$

7. Призначаємо схему кантування:

$$\text{НННН} \times \text{ВВВВ} \times \text{НН} \times \text{В} \quad \text{або} \quad 4 \times 4 \times 2 \times 1.$$

8. Розраховуємо розміри штаби по проходам.

Висота штаби після першого проходу (3.10).

$$h_1 = 740 - 80 = 660 \text{ мм.}$$

Кут захвату (3.12)

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{915}} = 0,418 \text{ рад.}$$

Розширення штаби після першого проходу (3.11)

$$\Delta b_1 = \frac{2 \cdot 670 \cdot 80}{(740 + 660) \left[1 + (1 + 0,418) \left(\frac{2 \cdot 670}{915 \cdot 0,418} \right)^2 \right]} \approx 4,2 \text{ мм.}$$

Отримане розширення округляємо до числа кратного 5 мм. Приймаємо $\Delta b_1 = 5 \text{ мм}$.

Подальші розрахунки ведемо аналогічно. При цьому необхідно пам'ятати, що по стороні В (після кантування) обтиснення дорівнюють 85 мм.

9. За результатами розрахунків складаємо попередню таблицю режимів обтиснень (табл. 3.3).

Згідно таблиці 3.3, розмір бlyому по стороні В отримали на 10 мм менше, а по стороні Н - на 10 мм більше заданого. Для корегування таблиці 3.3 зменшуємо обтиснення по стороні В в останньому калібрі з 85 до 75 мм.

По стороні Н приймаємо збільшення обтиснень в проходах 9, 10 на 5 мм. Розширення зміниться незначно, тому перераховувати його немає необхідності.

У випадках, коли обтиснення змінюються більш ніж на 10 мм, слід уточнювати значення розширення (розраховувати заново).

Після корегування складаємо режим обтиснень (табл. 3.4).

Та виконуємо монтажне креслення валків (рис. 3.2).

Таблиця 3.3 – Попередній режим обтиснень при прокатуванні блюму 300x300 мм

№ проходу	Сторона, по якій виконується обтиснення	Розміри штаби, мм		Обтиснення Δh , мм	Розширення Δb , мм
		Н	В		
0		740	670		
1	Н	660	675	80	5
2	Н	580	680	80	5
3	Н	500	685	80	5
4	Н	420	690	80	5
кантування					
5	В	605	425	85	5
6	В	520	430	85	5
7	В	435	440	85	10
8	В	350	450	85	10
кантування					
9	Н	370	360	80	10
10	Н	290	375	80	15
кантування					
11	В	290	310	85	20

Таблиця 3.4 – Скорегований режим обтиснень при прокатуванні блюму 300x300 мм

№ прох.	Сторона, по якій виконується обтиснення	№ калібру	Розміри розкату, мм		Обтиснення Δh , мм	Розширення Δb , мм	Відношення b/h	Кут захвату, рад./град.	Показники циферблату S , мм
			Н	В					
0			740	670					
1	Н	I	660	675	80	5		0,418/23,95	560
2	Н		580	680	80	5		0,418/23,95	480
3	Н		500	685	80	5		0,418/23,95	400
4	Н		420	690	80	5	1,683	0,418/23,95	320
кантування									
5	В	II	605	425	85	5		0,483/27,68	425
6	В		520	430	85	5		0,483/27,68	340
7	В		435	440	85	10		0,483/27,68	255
8	В		350	450	85	10	1,222	0,483/27,68	170
Кантування									
9	Н	III	365	360	85	10		0,438/25,00	185
10	Н		280	375	85	15	1,375	0,438/25,00	100
Кантування									
11	В	IV	300	300	75	20		0,47/27,01	120

3.6 Контрольні запитання

1. Які типи калібрів використовуються на блюмінгу, їх розміри?
2. Як визначається висота та ширина калібрів?
3. Призначення та величина нахилу стінок калібру на валках блюмінгу.
4. Як впливає швидкість прокатки на величину кута захвату при прокатці на обтискних станах? Допустимі значення кутів захвату.
5. Якими факторами визначається кількість та розподіл кантувань?
6. Що називається блюмом, слябом та їх характерні розміри?
7. Яким чином призначається тиск валків на обтискних станах при груповому та індивідуальному приводі валків?

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку режиму обтиснень для прокатування блюму

№ варіанту	Діаметр валків D ₀ , мм	Довжина бочки L _б , мм	Розміри зливка HxB, мм	A	B
				Розмір блюмів hxb, мм	Розмір блюмів hxb, мм
1	1300	2500	825x720	250x250	230x260
2	1300	2500	740x670	250x280	220x290
3	1300	2500	825x720	270x280	250x290
4	1300	2500	825x720	300x300	270x310
5	1300	2500	825x720	320x320	300x330
6	1300	2500	825x720	350x350	330x340
7	1300	2500	1000x850	280x320	240x280
8	1300	2500	1000x850	320x340	300x320
9	1300	2500	1000x850	360x360	340x330
10	1150	2800	740x670	250x250	220x270
11	1150	2800	740x670	270x280	250x290
12	1150	2800	740x670	240x280	210x260
13	1150	2800	740x670	215x235	200x240
14	1150	2800	740x670	200x220	220x230
15	1150	2800	740x670	220x220	200x220
16	1150	2800	825x720	240x250	220x240
17	1150	2800	825x720	270x280	250x270
18	1150	2800	825x720	300x320	320x320
19	1150	2800	825x720	200x200	220x220
20	950	2300	825x720	220x220	200x230
21	950	2300	825x720	230x240	250x260
22	950	2300	825x720	180x210	185x200
23	950	2300	825x720	180x180	200x210
24	950	2300	740x670	215x235	240x240
25	950	2300	740x670	220x220	175x210

ЛІТЕРАТУРА

1. Операційна досконалість та управління якістю прокату. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Технології та оперативне вдосконалення прокатних виробництв» (для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Укладач Т. О. Кулік. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2023. 50 с.
2. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологія процесів прокатування та волочіння МОДУЛЬ 1. Основи калібровки. Обтисно-заготовочне виробництво» для студентів спеціальності 6.050401 – «Обробка металів тиском» всіх форм навчання / Є.В. Галицький, М.М. Штода — Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011 р. – 53 с.
3. Adrienne Grimsley. From Vision to Victory: The Blueprint to Operational Excellence : ASIN, 2023. 239 p.
4. Luca Dell'Anna. Best Practices for Operational Excellence: Simple Procedures That Work for Manufacturing and Logistics : Tapa blanda, 2020. 246 p.
5. Власенко Т. А. Методологічний базис управління стратегічними змінами підприємства. Дніпро, 2019.
6. Крикун О. О. Управління якістю. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 48 с.
7. Кулик Т.А. Управление качеством и взаимозаменяемость: конспект лекций для студентов всех форм обучения. Краматорск : ДГМА, 2013. 112 с.
8. Кулік Т.О. Стандартизація та якість продукції. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка» всіх форм навчання. Краматорськ : ДДМА, 2021. 56 с.
9. Момот О. І. Менеджмент якості та елементи системи якості : Навч. посібник. К.: Центр учбової літератури, 2007. 368 с.
10. Мороз О. В., Ткачук Л. М. Організаційно-економічні фактори управління якістю на підприємствах : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 137 с.
11. Основы управления качеством продукции и услуг: учебное пособие / С.Л. Никитченко, В.А. Полуян, С.А. Балюк; под общ. ред. С.Л. Никитченко. Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2020. 107 с.
12. Пуліна Т. В., Маланіна Д. К. Контролінг системи управління якістю машинобудівного підприємства. Запоріжжя: ЗНТУ, 2015.
13. Управління якістю : навч. посібник / Д. П. Лойко, О. В. Вотченікова, О. П. Удовіченко, М. А. Котляр. Львів : Магнолія, 2018. 336 с.
14. Заплотинський Б.А. Управління якістю професійної діяльності. Конспект лекцій з додатками. К.: КІВіП НУ –ОЮАII, 2017. 152 с.