

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
**з дисципліни**  
**«Методи розрахунків технологічних навантажень**  
**металургійних машин»**

# ЛЕКЦІЯ 1

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

### Спеціалізація прокатного виробництва

Високий технічний рівень прокатного виробництва в Україні є наслідком його спеціалізації.

Спеціалізація забезпечує високу продуктивність та якість продукції. З огляду на спеціалізацію прокатне виробництво підрозділяється за видами своєї продукції наступні виробництва:

- напівпродукту (блумів, слябів, заготовок);
- рейково-балочної продукції;
- великосортної сталі;
- середньосортної сталі;
- дрібносортної сталі;
- катанки (дроту);
- штрипсів;
- товстолистової сталі;
- тонколистової сталі гарячою прокаткою;
- тонколистової сталі холодною прокаткою;
- труб;
- спеціальних профілів.

Відповідно підрозділяються за призначенням та прокатні стани.

### Класифікація станів за призначенням

Залежно від призначення прокатні стани поділяють на стани виробництва напівпродукту готового прокату.

Стани для виробництва напівпродукту:

1. Блумінги та слябінги – обтискні стани з діаметром валків 850...1500 мм. Найбільш поширені стани з валками 1150...1300 мм. Маса злитків при прокатуванні слябів сягає 50 тон.

2. Заготівельні стани – стани з діаметром валків 500...900 мм.

Стани для виробництва готового прокату:

1. Рельсобалкові стани (діаметр валків 750...900 мм);

2. Сортні стани:

- великосортні (діаметр валків 500...750 мм);

- середньосортні (діаметр валків 300...500 мм);

- дрібносортні (діаметр валків 250...90 мм).

3. Дротові стани (діаметр валків зазвичай 250 мм).

4. Листопркатні стани:

- гарячої прокатки (листи завтовшки 1,2...160,0 мм, шириною до 3200 мм і більше);

- холодної прокатки (листи завтовшки 0,18 ... 4,0 мм, шириною до 1800 мм і більше).

## Класифікація станів за розташуванням робочих клітей

Залежно від розташування робочих клітей прокатні стани поділяють п'ять груп (рис. 16.1).

- 1, Одноклітинні (а).
2. Послідовні (б - послідовний здвоєний, г - послідовний крос-коунтри, д - послідовний шаховий).
3. Лінійні багатоклітинні (в – лінійний двоступінчастий).
4. Напівбезперервні (е).
5. Безперервні (ж - послідовно-безперервний, з - безперервний).

Машини та агрегати прокатного цеху можна розділити на дві групи:

1. Машини та механізми головної лінії прокатного стану (рис. 16.2)
2. Машини та агрегати поточкових технологічних ліній (транспортні пристрої, маніпулятори, холодильники, моталки, ножиці, пили, травильні агрегати, агрегати різання, правки, дресування та ін.).

## Класифікація робочих клітей

Робочі кліті класифікуються на:

- двовалкові кліті;
- двовалкова листовая кліть (Лаута);
- трьохвалкова кліть сортова;
- універсальні кліті (слябінгу, листових станів);
- чотиривалкові кліті (реверсивні, неревверсивні);
- шестивалкові кліті;
- дванадцятивалкові кліті;
- двадцятивалкові кліті;
- комбіновані багатовалкові кліті;
- кліті універсальні для прокатки балок.

## Основні технологічні операції прокатного виробництва

Основними технологічними операціями при гарячій прокатці є:

- 1 – підготовка вихідних злитків (заготовок) до прокатки;
- 2 – нагрівання металу перед прокаткою;
- 3 – власне прокатка;
- 4 – охолодження, термічна обробка та оздоблення готової продукції.

## Послідовність обробки та склад обладнання

- Блюмінги -РБС, великосортний стан, ТЛС.
- Блюмінги - НЗС - сортопрокатні стани.
- Слябінг - листопрокатні стани.
- МНЛЗ – стани для виробництва готового прокату.

## Завдання технологічного проектування

У завдання технологічного проектування входить розробка наступних основних питань:

- вибір типів станів, їх характеристик, відповідних сортаменту металу, що прокатується, і заданої продуктивності;
- вибір вихідних матеріалів – злитків, блюмів, слябів та заготовок;
- розробка та опис технологічного процесу в цілому за станом та за окремими операціями;
- Розробка схем обтискань;
- розрахунок тиску металу на валки та потужності двигунів прокатних станів;
- Визначення продуктивності прокатних станів та окремих агрегатів, що входять до його складу;
- Визначення техніко-економічних показників виробництва.

### Температурний режим гарячої прокатки

Температурний режим гарячої прокатки сталі у виріб заданих форм та розмірів характеризується температурами початку та кінця прокатки.

Для гарячої обробки металу тиском основне значення має пластичність металу. Із цим пов'язані енерговитрати процесу. Пластичні властивості металу в межах температурного інтервалу гарячої обробки зростають із підвищенням температури. Тому теоретично температуру нагрівання треба було б прийняти близькою до температури лінії солідуса. Однак міжкристалічні прошарки обумовлюють граничну температуру, яка в більшості випадків на 100 ... 200 оС нижче температури лінії солідуса.

Для легованих сталей характер зміни їх пластичних властивостей у міру зміни температури може відрізнитися від того, що спостерігається для вуглецевих сталей, максимальна пластичність такої сталі може бути нижчою, ніж у вуглецевої, що містить таку ж кількість вуглецю. Відповідно підвищується верхня межа температурного діапазону обробки.

Температура кінця прокатки в різних випадках вибирається по-різному, але в основному визначається потрібними фізико-хімічними і механічними властивостями металу при його подальшому використанні або обробці. Якщо ці властивості повинні бути отримані безпосередньо після гарячої прокатки (без подальшої термічної обробки), то температуру кінця прокатки обирають такою, щоб отримати ту чи іншу структуру, яка визначає його механічні властивості.

Цю температуру при прокатці доєвтектоїдних сталей беруть практично на 50 ... 100о вище лінії GS. Якщо після закінчення прокатки температура значно вища за цю лінію структура металу виходить крупнозернистою зі зниженими механічними властивостями. При температурі кінця прокатки нижче лінії GS метал наклепується, зерна подрібнюються, межа міцності підвищується, а подовження знижується. Прокатку доєвтектоїдних сталей слід закінчувати при температурі трохи вище лінії GS, після чого метал необхідно швидко охолоджувати, щоб уникнути утворення суцільної цементитної сітки.

Температура металу під час прокатки впливає як на його структуру і властивості, але й зміна розмірів профілю і витрата енергії, необхідний деформації.

Охолодження металу в процесі прокатки відбувається головним чином поза осередком деформації (повітря, роликми рольгангу та ін.). Частина тепла віддається також валкам і воді, що їх охолоджує. Тому можна сказати, що різні частини смуги по довжині деформуються при різних температурах. Це викликає різнотовщинність по довжині, внаслідок підвищення тиску.

Це стосується втрати тепла за одну перепустку. Але для отримання точного профілю та розмірів смуги має значення сумарна втрата тепла, від чого залежить температура, при якій смуга вийде з валків в останньому пропуску. Величина сумарної втрати тепла залежить від тривалості прокатки і товщини смуги.

Втрату тепла за пропуск променевипусканням можна обчислити за формулою Стефана-Больцмана.

Тоді падіння температури визначається як:

$$\Delta T = \Delta T_{\text{л}} - \Delta T_{\text{деф}},$$

де  $\Delta T_{\text{деф}}$  – підвищення температури в осередку деформації за рахунок тертя.

Швидкість прокатки

Швидкість прокатки визначається виразом

$$V_1 = V_v (1 + S).$$

Насправді в більшості випадків за швидкість прокатки приймають окружну швидкість валків. Швидкість прокатки поступово збільшується з розвитком конструкцій прокатних станів.

В даний час:

- безперервні листові стани холодної прокатки до 40 м/сек та вище (до 50);
- Безперервні дротяні до 50 м / сек (80 ... 100);
- безперервні листові стани гарячої прокатки до 25 м / сек (будують побудовані до 30 ... 35);
- Безперервні сортові до 20 м/сек і вище.

Швидкість природно впливає продуктивність. Проте швидкості окремих станах обумовлюються різними причинами. Це 1) – умова захоплення; 2) – розвиток динамічних зусиль. При збільшенні швидкості умови захоплення погіршуються. У разі збільшення швидкості умови захоплення погіршуються. При прокатуванні коротких смуг великих скоростях смуга викидається

далеко з валків і доводиться витратити багато часу її повернення.  $\beta$  – точність.

За режимом швидкостей прокатки стани діляться на нереверсивні та реверсивні. Крім того, швидкість за цей пропуск може бути постійною і змінною. Прокатка зі змінною швидкістю застосовується на реверсивних станах.

### Обтискання, вибір його величини

Правильний вибір величини обтискання при обробці тиском має вирішальне значення для отримання оптимальних якісних і кількісних результатів виробництва.

Факторами, що обмежують (або зумовлюють) величину обжимання є: властивості або якість металу, можливість захоплення смуги валками, потужність двигуна, міцність деталей стану (шпинделів, валків).

Певних розрахункових даних для вибору величини обтиснення в залежності від властивостей і якості металу немає, кількість співвідношень визначається тільки на підставі дослідних даних.

З практики відомо, що попередньо деформований метал можна прокочувати з необмеженими обтисканнями без порушення його суцільності.

При прокатці литого металу вибір величини обтиснення переважно визначається структурою, різною окремих марок сталей. Вибір величини обтиснення при деформуванні залежить, перш за все, від пластичних властивостей металу, які оцінюються двома факторами:

- 1) максимально деформація за перепустку;
- 2) сумарно деформація за низку перепусток.

Встановлено, що застосування дробового режиму деформування з малими приватними обтисканнями дозволяє довести сумарну деформацію без руйнування значної величини. Причому, чим вищі приватні деформації, тим нижче сумарні, що передують руйнуванню. Можна досягти такої приватної деформації, при якій метал руйнується. Ця приватна деформація і буде максимальною одиничною.

Величина обтискання в залежності від застосовуваних кутів захоплення коливається в досить широких межах.

Блюмінги (валки з насічкою) –  $30 \dots 32^\circ$   
(без насічки) –  $24 \dots 27^\circ$

Листові стани гарячої прокатки  $11 \dots 18^\circ$

Верстати холодної прокатки  $4 \dots 8^\circ$ .

Залежно від швидкостей прокатки кути захвату та обтискання можна відповідним чином коригувати. Ви можете використовувати вертикальні валки в універсальних клітях. Правильне визначення величини обтискання в залежності від потужності двигуна дуже важливо, т.к. з одного боку необхідно повністю використовувати потужність двигуна і водночас не перевантажити обладнання верстату.

Допустимий момент прокатки, що відповідає максимальному навантаженню двигуна, визначається з рівності:

$$M_{\Pi} = M_{\text{дв}} - (M_{\text{дин}} + M_{\text{х}} + M_{\text{тр}}),$$

де  $M$  – момент динамічний.

При розрахунках приймають величину  $M_{\text{дв}}$  приблизно на 30% менш максимального вимикаючого моменту, який зазвичай становить

$$M_{\text{max}} = (2,75 \dots 3,0) M_{\text{н}}.$$

Відповідність вибраних обтискань потужності електродвигуна слід остаточно перевірити за умовою нагрівання двигуна

$$M_{\text{екв}} \leq M_{\text{н}};$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_{\text{дв}i}^2 t_i}{T}}.$$

Вибір величини обтискань в залежності від міцності валків роблять таким чином, щоб напруження в тілі валків (у бочці і в шийці) не перевищували допустимих.

Все викладене вище відносилось до методики вибору величини обтисків у кожному окремому пропуску. При виборі величини обтискань відповідно до загального числа перепусток як основні показники доводиться приймати: а) сумарну деформацію за всі перепустки ( $\Sigma \frac{\Delta h}{H}$ ) та одиничну деформацію за перепустку  $\Sigma$  ; б) середню витяжку за пропуск  $\lambda_{\text{ср}}$ :

$$\lambda_{\text{ср}} = \sqrt[n]{\frac{F_0}{F_n}}.$$

Ця формула служить лише визначення числа перепусток

$$n = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \lambda_{\text{ср}}}.$$

## ЛЕКЦІЯ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОКАТКИ У КАЛІБРАХ

### Загальні положення калібрування прокатних валків

Прокатка різних профілів проводиться зазвичай зі злитків або заготовок, що мають більшу частину квадратний або прямокутний переріз.

Для надання металу, що прокочується необхідної форми на валках вичіщують спеціальні вирізи, розміри яких визначаються калібруванням. Виріз, що відноситься до одного валку, називається струмком, виріз, складений двома валками (тобто утворений двома струмками), називається калібром.

Калібруванням профілю називається система послідовно розташованих калібрів, що забезпечує отримання готового продукту заданих розмірів. У поняття калібрування профілю входить також метод, за допомогою якого визначаються форми і розміри перехідних перерізів прокатується смуги.

Калібруванням валків називаються правила розташування калібрів на валках, що забезпечують нормальне завдання та вихід смуги, а також достатню міцність валків.

У тих випадках, коли прокатка ведеться без калібрів (прокатка слябів, листів, стрічок) калібруванням вирішуються питання, пов'язані з розподілом обтискань за пропусками та профілюванням бочки валків (надання опуклості або увігнутості) для компенсації прогину або зміни діаметра від нерівномірного нагріву..

### Основні завдання калібрування

Основними завданнями калібрування є:

- Отримання профілю з чистою поверхнею відповідно до заданих розмірів;
- Мінімальні витрати енергії, валків і часу на прокатку;
- мінімальні внутрішні напруження у готовому профілі;
- Найбільш просту і зручну роботу на стані, що дозволяє механізувати та автоматизувати процес прокатки;
- Створення найбільш раціональних монтажів валків, що забезпечують прокатку всього сортаменту стану з мінімальними витратами часу на перевалку і налаштування.

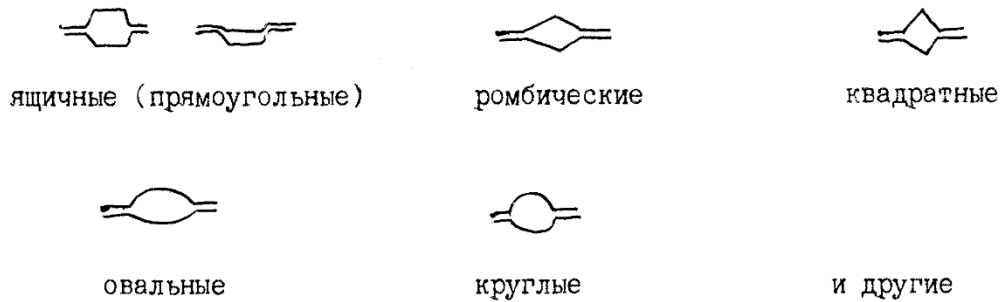
Під сортаментом прокатних виробів розуміється перелік виробів, що отримуються в промисловості шляхом прокатки.



Під сортаментом стану розуміється перелік профілів, що прокочуються на даному стані.

Форма калібрів різна і залежить від багатьох факторів.





За способами врізу у валки калібри діляться на відкриті та закриті. У тих випадках, коли лінії роз'єму валків знаходяться поза межами калібру, останній називається закритим, в іншому випадку калібр називається відкритим.



Застосовувані при прокатці калібри можна розділити на чотири основні типи:

- обтискні або витяжні калібри, призначені для зменшення площі перерізу металу, що прокочується;
- Чорнові або підготовчі калібри (тут поряд зі зменшенням площі перерізу проводиться груба обробка профілю з поступовим наближенням його розмірів і форми до кінцевого перерізу);
- Передоздоблювальні або передчистові калібри;
- Оздоблювальні або чистові калібри.

За формою і розмірами чистові калібри відповідають прокочується профілю. Відмінність між ними тільки в тому, що чистовий калібр конструюють з урахуванням температурного коефіцієнта лінійного розширення металу і допусків на розміри профілю.

Перетин смуги, перпендикулярне до її осі, називають профілем. Розміри чистового калібру визначаються розмірами готового профілю.

Розрізняють гарячої та холодної профілі. Розміри гарячого профілю дорівнюють розмірам холодного профілю, помноженим на коефіцієнт термічного розширення металу (для сталі цей коефіцієнт знаходиться в межах 1,01...1,015).

У міру зносу валків розміри калібру збільшуватимуться, отже, зростатимуть і розміри профілю, які можуть вийти за межі допусків. Зазвичай допуски при гарячій прокатці даються в обидві сторони номінальних розмірів профілю.

Можна розміри чистового калібру розраховувати не за гарячим, а холодним профілем смуги. У цьому випадку спочатку будуть отримувати прокат,

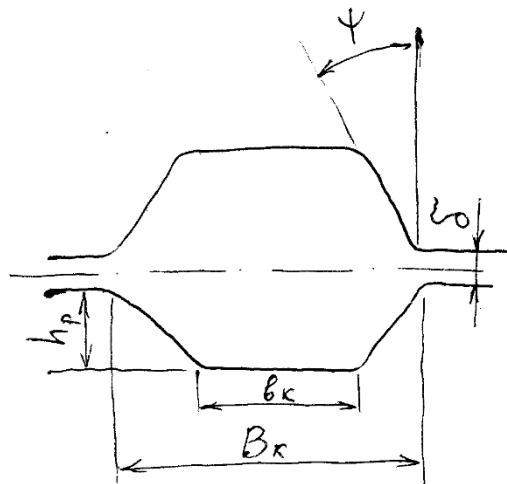
розміри якого менші за номінальні (але в межах допуску), потім у міру зносу калібру різниця буде зменшуватися, звернеться в нуль і, нарешті, розміри прокату стануть більше заданих. Цей спосіб розточування вигідніший, оскільки збільшує термін служби калібру.

Валки до прокатки повинні бути встановлені з деяким проміжком (з урахуванням їх розширення при нагріванні). При дотикаються до прокатки валках розширення від нагріву викликає знос буртів і зростання тиску на підшипники, що веде до зайвої витрати енергії.

В результаті тисків, що виникають у процесі прокатки, зазор між валками в процесі пропуску смуги дещо збільшується. Таку зміну зазору називають віддачею або «пружиною» валків. Величина віддачі валів складається з пружних деформацій елементів кліти стану (станин, валків, натискних гвинтів та ін). Залежно від типів станів «пружина» коливається від десятих долі мм (листові стани) до 5...10 мм на блюмінгах і слябінгах.

Креслення калібру має відображати його форму та розміри в момент проходження смуги через валки. Тому на кресленні зазор між буртами валків повинен щонайменше дорівнювати величині віддачі валків під час прокатки смуги та допустимій величині зношування калібру. Однак, враховуючи небажаність контакту буртів валків при холостому ході цей має бути дещо більшим.

Бічні стінки калібру роблять із нахилом до осі валків.



Тангенс кута нахилу бічних стінок калібру до осі валків називається випуском.

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{B_k - b_k}{2h_p},$$

де  $h_p$  – висота струмка.

Іноді випуском називають різницю по ширині в основі та глибині врізу калібру, виражену в мм.

Завдяки нахилу бічних стінок калібру забезпечується зручне і правильне завдання смуги в калібр, легкий вихід смуги з калібру, можливість переточування валків зі збереженням незмінних по ширині розмірів калібру.

Нейтральною лінією калібру називається лінія, щодо якої моменти сил, прикладених до профілю валків, рівні.

У простих калібрах (круглих, овальних, квадратних) нейтральна лінія збігається з віссю симетрії цих калібрів.

Для визначення положення нейтральної лінії є кілька способів.

Місце, де межа профілю переходить з одного валка на інший, називається розділом калібру. Розділ калібру є його слабким місцем, оскільки він спрямовується метал у разі переповнення.

Основною величиною, що визначає розмір табору, прийнято вважати діаметр робочих валків (для листових станів – довжину бочки валків). Якщо стані є кліті з різними діаметрами, то визначальною величиною служить діаметр валків чистової кліті.

Оскільки внаслідок переточок діаметри валків зменшуються, розмір стану слід визначати по діаметру або відстані між осями шестерених валків  $D_0$ , яке залишається незмінним.

Розмір діаметра валків змінюється у процесі служби валка від  $D_{\max}$  до  $D_{\min}$ .

З умов рівного перекошу шпинделів при нових і переточених валках середнє їх значення завжди повинно дорівнювати діаметру стану

$$\frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = D_0.$$

Визначення необхідного початкового діаметра валків для прокатки того чи іншого профілю проводиться на підставі перевірочних розрахунків умов захоплення смуги та міцності валків.

Для попереднього калібрування діаметр стану вибирається з таким розрахунком, щоб максимальне ослаблення валка внаслідок врізу калібрів не перевищувало:

- для чистових калібрів –  $(0,2 \dots 0,17)D$
- для обтискних та чорнових –  $(0,25 \dots 0,20)D$

При прокатуванні у валках однакового діаметра смуга через різні причини може відхилитися від лінії прокатки вгору чи вниз, створюючи аварійні ситуації. Щоб попередити випадкові відхилення смуги збільшують діаметр одного з валків і прокатку ведуть з нижнім або верхнім тиском. Тиском називають переважання діаметра одного з валків над іншим (в мм).

Прокатку сортової сталі зазвичай ведуть із верхнім тиском.

Рекомендується приймати наступні величини верхнього тиску залежно від діаметра валків:

- для витяжних прямокутних калібрів –  $2 \dots 3 \%$
- для інших типів витяжних та обтискних калібрів (відкритих) – не більше  $1\%$ .

У чистових і передчистових пропусках тиск небажано, внаслідок виникнення у смузі додаткових внутрішніх напружень.

Нижній тиск приймають на обтискних станах (його величина зазвичай не більше 10 мм).

Лінія, що ділить відстань між осями валків навпіл, називається середньою лінією валків. Лінія, на якій розташовуються калібри, зазвичай називається лінією прокатки.

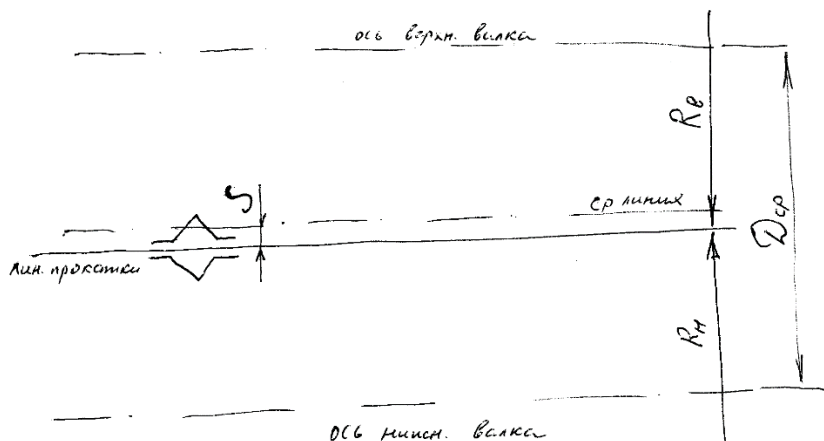
### Порядок виконання креслення калібрування

На відстані, що дорівнює початковому діаметру валків, проводять осі верхнього і нижнього валків.

Ця відстань ділиться навпіл і проводиться середня лінія валків.

На відстані  $S=m/4$  від середньої лінії валків проводиться лінія прокатки.  $S$  відкладається вниз для створення верхнього тиску і вгору для створення нижнього тиску. У разі відсутності тиску лінія прокатки та середня лінія збігаються.

Калібри розміщуються на лінії прокатки таким чином, щоб їх нейтральні лінії збігалися з лінією прокатки.



Діаметр валків, по якому відбувається зіткнення металу з валком, називається діаметром, що катає. Дуже часто смуга прокочується у валках таким чином, що різні її частини стикаються з ділянками поверхні валків, що мають різні катаючі діаметри і, отже, різну окружну швидкість.

Точне визначення величини катаючого діаметра особливо важливе при калібруванні безперервних станів і безперервних груп клітей з жорстким кінематичним зв'язком.

Для визначення величини середнього катаючого діаметра так само як і при визначенні нейтральної лінії калібру необхідно правильно оцінити вплив окремих частин калібру на смугу, що прокочується, і знайти точку застосування рівнодіючих сил, прикладених з боку валка до смуги.

### ЛЕКЦІЯ 3

## **ВИРОБНИЦТВО НАПІВПРОДУКТУ (ВИРОБНИЦТВО БЛЮМІВ, СЛЯБІВ І ЗАГОТОВОК)**

Великі заготовки - блюми і сляби - є напівпродуктом, призначеним для подальшої прокатки на різних станах.

Заготівлі квадратного або близького до нього перерізу (рідше круглого, що прокочуються на блюмінгах, називаються блюмами).

Сортамент блюмів наведено у ДСТУ 4693-77. Найбільший переріз блюмів 450x450 мм. В основному застосовують як вихідний матеріал на РБС і КСС для прокатки великих профілів сортової сталі і на заготівельних станах для прокатки заготовок необхідних розмірів.

Заготівлі прямокутного перерізу із ставленням ширини до товщини 3...12 називають слябами і прокочують їх на слябінгах та блюмінгах. Найбільша товщина слябів досягає 350 мм (іноді до 500 ... 600 мм), а найбільша ширина - 2300 мм..

Залежно від сортаменту блюмів, продуктивності схеми прокатки та розташування обладнання блюмінги можна розділити на однок-летінні двовалкові реверсивні та багатоклітинні (двоклітьові двовалкові реверсивні та безперервні).

Найбільш поширені одноклітинні двовалкові реверсивні блюмінги.

Залежно від діаметра валків блюмінги ділять на три групи:

- Великі з валками 1250 ... 1500 мм;
- Середні з валками 1050 ... 1200 мм;
- малі з валками 850 ... 1000 мм.

Довжина бочок валків блюмінгів 1300 становить 2800 мм, 1500-3550 мм, 1000 - 2350 мм.

Обладнання цих блюмінгів відрізняється в основному розмірами та виробничо-технічними характеристиками.

Ці блюмінги дозволяють:

- регулювати обтискання по проходах;
- регулювати швидкість прокатки;
- Прокочувати на одному комплекті валків зливки різної маси.

Вимоги до блюмінгу:

- Простота конструкції, надійність у роботі;
- Висока продуктивність, низька вартість переділу;
- Наявність систем механізації та автоматизації (у тому числі наявність систем автоматизованого переходу з однієї схеми обтискань на іншу).

Найбільш поширені блюмінги 1150-1300 мм.

Основним напрямом у розвитку блюмінгів є збільшення продуктивності за рахунок збільшення маси зливки і поперечного перерізу прокату, що випускається, а останнім часом – завдяки одночасної прокатці двох-трьох злитків.

Маса злитків при прокатуванні блюмів становить 10...25 тон, а при прокатці слябів - 12...45 тон (60...80 тон).

Обладнання блюмінгів зазвичай розташоване в трьох паралельних прольотах (I - ізольоване приміщення ел.машинного залу; II - проліт обладнання стана; III - скрапний проліт, призначений для прибирання окалини від стану і обрізків від ножиць).

Останнім часом для блюмінгів з валками діаметром 1100 мм і більше застосовують індивідуальний привід валків.

Переваги індивідуального приводу:

- Відсутність шестерінної кліті, підвищення к.п.д. приводу;
- Відсутність експлуатаційних витрат на шестеренну кліть;
- Більш плавна робота шпинделів;
- менший сумарний маховий момент.

### **Схема блюмінгу 1300**

Автоматизований одноклітинний блюмінг продуктивністю 5,5...6,0 млн.тонн злитків на рік (тобто в 1,5...2,0 рази вище, ніж на блюмінгах 1150).

Блюми 300x300-370x370 мм, сляби 100-200x700-1000 мм.

Привід кліті 2X6800 кВт (рис. 18.1).

Кантувачі поєднані з маніпуляторами з переднього боку кліті, тому смугу кантують перед непарними проходами. Рідше (прокатка легованих сталей) кантувачі встановлюють з обох боків кліті.

### **Технологічний процес прокатки на блюмінгу**

#### ***Нагрів злитків перед прокаткою***

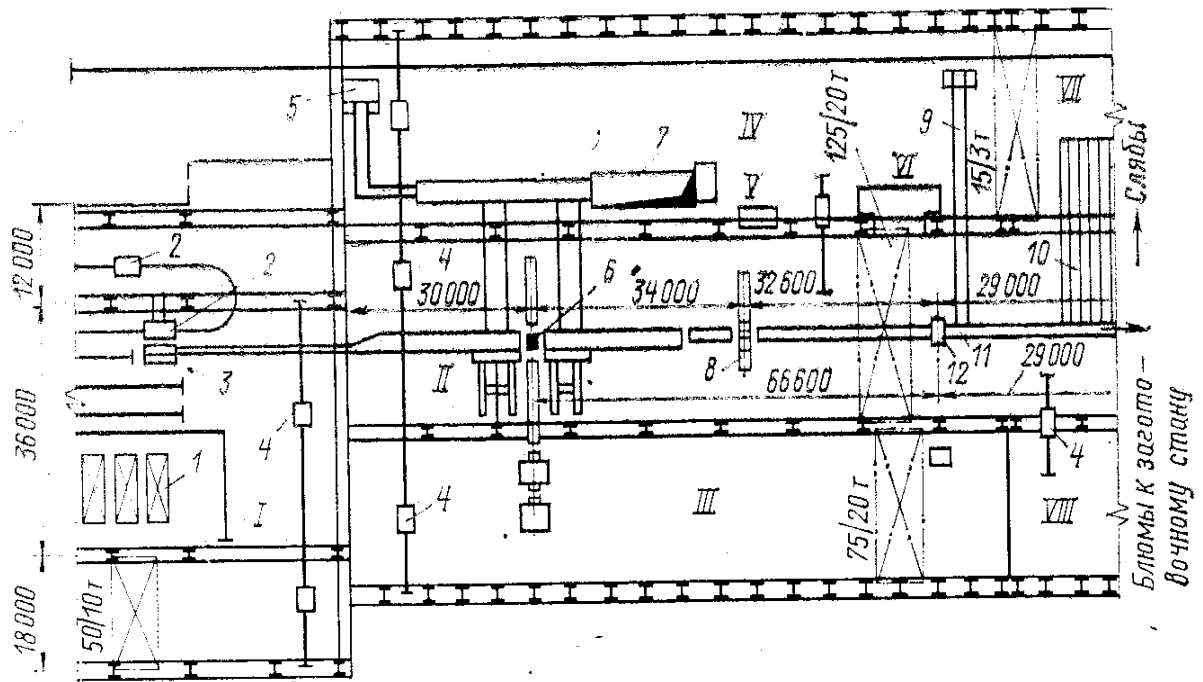
Сталевий злиток – кристалічне тіло, неоднорідне за щільністю, наявністю неметалічних домішок, хімічним складом та будовою.

Неоднорідності зливка (фізичні, кристалічні, хімічні)

Фізичні – садибна раковина, газові бульбашки, неметалеві включення, садибна пухкість.

Величина обрізу може досягати 20% і більше. Усадкова раковина найбільш характерна для зливу спокійної сталі (повністю розкисленої введенням таких розкислювачів, як марганець, кремній та алюміній). Зливки спокійної сталі розширені догори. Така форма сприяє затвердінню верхньої частини в останню чергу, тому садибна раковина зосереджується в утеплювачі.

Крім спокійної сталі виплавляють киплячу сталь, розкислення якої в печі та ковші відбувається не повністю. Тому частина кисню, розчиненого в металі, потрапляє у виливницю і, взаємодіючи з вуглецем, викликає кипіння металу у виливниці (виділення окису вуглецю). Частково газові бульбашки залишаються в злитку, утворюючи порожнечі (раковини).



1 – проліт нагрівальних колодязів; II – проліт табору; III – електромашинний зал; IV – скрапний проліт 1 – нагрівальні колодязі; 2 – злитковози; 3 – приймальний рольганг з бічним зіштовхувачем злитків; 4 – робоча кліть блюмінгу; 5 – маніпулятори; 6 – машина вогневої зачистки; 7 – ножиці; 8 – конвеєр для збирання обрізків від ножиць; 9 – конвеєр для збирання обрізків від ножиць; 10 – яма для окалини; 11 – яма для зневоднення окалини та навантаження на вагони; 12 – транспортер для слябів

Рисунок 18.1 – Схема розташування обладнання блюмінгу 1300 з кільцевим рухом злитків

При прокатуванні ці бульбашки можуть заварюватися. Це відноситься більше до неокислених бульбашок, що знаходяться в глибині зливка. "Підкіркові" або "стільникові" бульбашки оголюються і можуть бути причиною шлюбу. Для запобігання шлюбу з неглибокими газовими бульбашками необхідно нагрівати без утворення товстого шару окалини, щоб не оголювати бульбашок і обережно прокочувати, щоб уникнути розривів зовнішньої кірки.

Обріз злитків окропу звичайної якості становить 3...5 %. Вона пластичніша (менше неметалевих включень). Напів-спокійна сталь займає проміжне положення між киплячою та спокійною.

Неметалічні включення (шлак, частки вогнетривких мас та ін.). Поверхні дефекти зливка (полоні, поперечні та поздовжні тріщини, поверхневі шлакові включення, завороти, нориці, пори та ін.).

Фактори, що обмежують масу злитків (необхідна довжина гуркату, відстань між кліттю блюмінгу і ножицями, між ножицями та першою групою НЗС, необхідністю отримання кратного числа смуг після станів остаточної прокатки).

При виборі маси зливка слід враховувати, що зі збільшенням розмірів поперечного перерізу погіршується деформаційне опрацювання металу в перших проходах (поява внутрішніх напружень, порушення суцільності металу). Маса злитків лімітується також фізико-хімічними властивостями металів, умовами кристалізації та нагріву в печах.

Зливки мають квадратний та прямокутний переріз. Зливки для прокатки блюмів нагрівають у нагрівальних колодязях (регенеративних, рекперативних, електроколодязі).

Рекуперативні колодязі з опаленням з центру подини або з опаленням верхнім пальником кращі, оскільки забезпечують більш рівномірний нагрівання всіх завантажених злитків.

Характерним для сучасних прокатних цехів є гарячий сад злитків в нагрівальні колодязі (температура зливка 400 ... 1000 оС). Холодний посад – нижче 400 оС.

Переваги гарячого посада (економія палива, збільшення продуктивності нагрівальних колодязів, зменшення ймовірності появи термічних дефектів злитків). Температура нагрівання сталі різних марок різна. Зазвичай для вуглецевих сталей максимальну температуру встановлюють відповідно до лінії солідуса на діаграмі залізо-вуглець, не допускаючи перепалу металу.

Внаслідок того, що легуючі домішки, неметалеві включення та інші неоднорідності сприяють підвищенню температури плавлення, максимальну температуру нагрівання вуглецевих сталей приймають на 100...150 градусів нижче за лінію солідуса (рис 18.2).

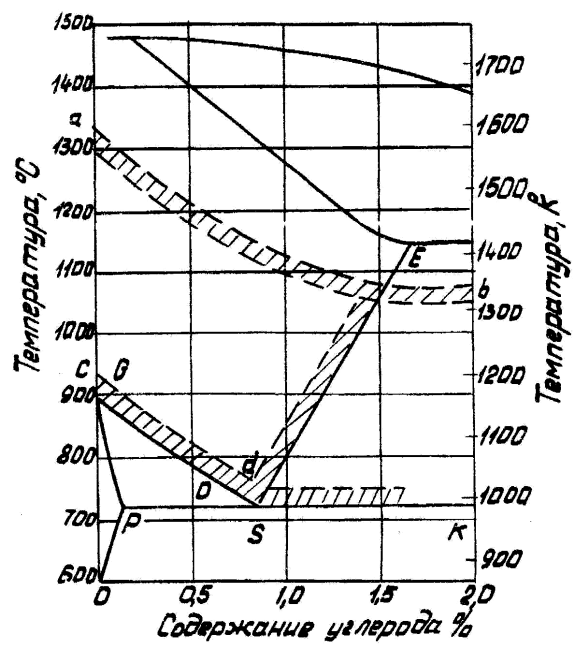


Рисунок 18.2 – Діаграма ст ану залізо-цемент ит

Технічно можлива добова продуктивність (т/год) однієї камери нагрівальних колодязів:



$$A = 24Gn/t,$$

де 24 – число годин на добу;

G – маса зливка;

N – кількість злитків у камері;

T – тривалість нагріву (власне нагрівання та час допоміжних операцій: посадка та видача злитків, видалення шлаку, ремонт подини).

Практично можлива продуктивність колодязів складає:

$$A_1 = (0,8 \dots 0,85)A.$$

Для забезпечення ритму (циклу) прокатки злитків передбачена кільцева злиткоподача від колодязів до приймального рольгангу. Переміщення злитковозів (4 шт) здійснюється за заданою програмою. Зважування і поворот зливка на 180° (при необхідності) здійснюється баштовими вагами, розташованими над рольгангом. Лінійки маніпулятора та кантувача працюють автоматично за заданою програмою обтискань під час прокатування. Залежно від маси зливка і перерізу блюма здійснюється реверсивна прокатка кожного злитка окремо або послідовно двох-трьох злитків.

Робота МОЗ повністю механізована та частково автоматизована. Глибина зачистки 1,5-3,0 мм (регулюється шляхом зміни швидкості рольганга в межах 0,25-0,75 м/с). При суцільній зачистці втрати металу складають 1,5 ... 2,5% (застосовують частіше для зачистки дешевих маловуглецевих сталей).

### ***Режими обтискань та калібрування валків***

Режими обтискань і калібрування валків для прокатки блюмів виконують стосовно заданих умов, найголовнішими з яких є характеристики блюмів (розміри, допустимі відхилення, якість поверхні, форма поперечного перерізу та ін), вихідного матеріалу (розміри і маса зливка, марка сталі, температура металу перед прокаткою та по ходу процесу), а також блюмінгу (діаметр і довжина бочки валків, швидкість прокатки, потужність електродвигунів стану, міцність валків та деталей стану, швидкість встановлення верхнього валка та ін.).

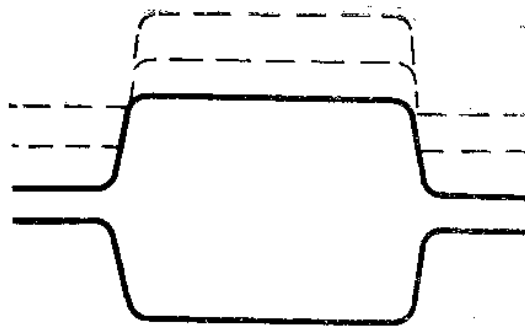
### ***Вимоги до складання режиму обтискань***

- Необхідно забезпечити отримання блюма заданої форми, розмірів та якості;
- обтискання за прохід не повинні викликати перевантаження електродвигунів стану, перевищувати зусилля прокатки, що допускаються, ускладнювати умови захоплення металу валками;

– тривалість циклу прокатки має бути мінімальною, тобто необхідно прагнути до скорочення загальної кількості проходів, кантівок та переміщень смуги від калібру до калібру.

При калібруванні валків складають схему прокатки (калібрування), котра дає уявлення про форму калібрів. При складанні схеми прокатки встановлюють число проходів, обтискання (витяжку) за прохід, порядок та число кантівок та ін.

При прокатуванні блюмів у всіх калібрах відбувається лише зменшення поперечного перерізу. Тому обирають прямокутні калібри. Кожен такий калібр можна застосовувати для кількох проходів, переміщуючи верхній валок після кожного проходу (рис. 18.3).



*Рисунок 18.3 – Схема переміщення верхнього валка після кожного проходу*

Це скорочує кількість калібрів, дає можливість в одній клітці здійснювати більшу кількість проходів. У цьому випадку можна прокатувати злитки і блюми при різному вихідному та поперечному перерізах. Прокатка у прямокутних калібрах забезпечує рівномірне обтискання по всій ширині розкочування, при цьому деформація може відбуватися з різним ступенем обмеження розширення. При прокатці в цих калібрах окалина легко видаляється з бічних граней гуркату.

Велике поширення набула наступна схема калібрування валків блюмінгу (рис. 18.4)

Переваги цієї схеми:

- Гладка частина бочки використовується для попередньої прокатки злитка і для прокатки слябів;
- небезпечний перетин, що знаходиться посередині бочки, валка не ослаблена (можливість прокатки з великим обтисканням);
- зусилля на валці при прокатці на гладкій частині бочки розподіляється рівномірно на обидві шийки (рівномірне зношування вкладишів);

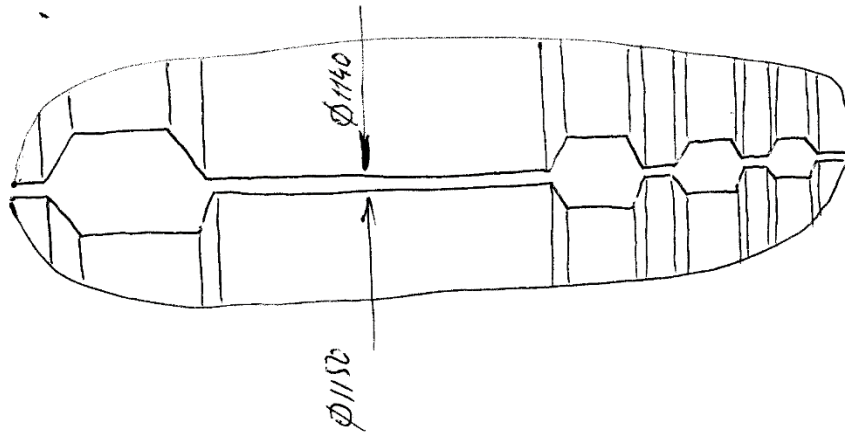


Рисунок 18.4 – Схема калібрування валків блюмінгу

- Більшість окалини видаляється в перших проходах (зменшується можливість попадання окалини в підшипники);
- Вища продуктивність стану (за рахунок великих обтискань і скорочення пауз).

Крім того покращуються умови захоплення та опрацювання металу. Друге калібрування також широко поширене у вітчизняній практиці.

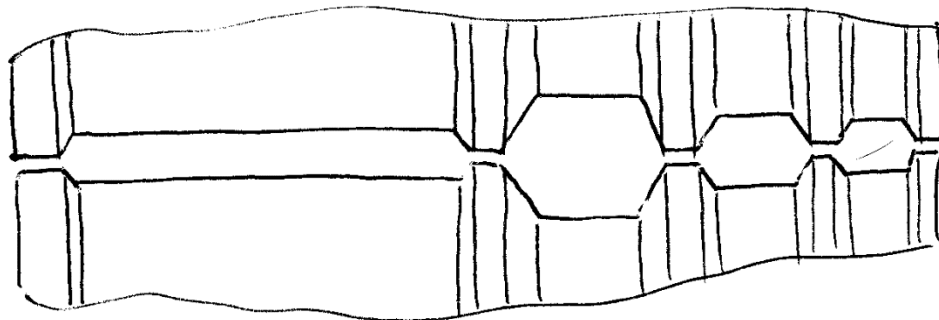


Рисунок 18.5 – Друга схема калібрування валків блюмінгу

Це калібрування скорочує час прокатки і підвищує продуктивність блюмінгу. Однак має місце нерівномірний розподіл зусиль на підшипники, є можливість влучення окалини в підшипники.

Продуктивність блюмінгу значною мірою залежить від обтискання кожного проходу. Їх необхідно враховувати, так як крім підвищення продуктивності великі обтискання забезпечують кращу прокатування центральних шарів металу, зменшують нерівномірність деформації по товщині розкочування, покращують якість прокату.

Чинники, що обмежують обтискання за прохід:

- Пластичність металу (легування сталі, дробність деформації);
- Умови захоплення металу валками;
- Міцність валків;
- Потужність двигуна стану;

- Зношування валків;
- Розширення (при прокатці в калібрах).

При прокатуванні злитків на блюмінгу деформацію за кожен прохід зазвичай характеризують величиною абсолютного обтиснення, яка дає повніше уявлення про роботу цих станів, ніж коефіцієнт витяжки або відносне обтиснення. У більшості випадків прокатки блюмів (і слябів) на сучасних блюмінгах обтискання за кожен прохід обмежено умовами захоплення смуги валками. У цих випадках режим обтискання розраховують виходячи з умови надійного захоплення з подальшою перевіркою міцності валків, деталей та потужності двигунів.

Максимальний обтиск за прохід за умовою захоплення:

$$\Delta h_{\max} = (D_p / 2)\alpha^2; \quad \Delta h_{\max} = (D_p / 2)f^2C,$$

де  $D_p$  – катаючий діаметр валків;

$\alpha$  – кут захвату, рад;

$f$  – коефіцієнт тертя при захваті;

$C$  – поправочний коефіцієнт:  $C = 0,96$  при  $\alpha = 20^\circ$ ,

$C = 0,90$  при  $\alpha = 30^\circ$ .

Катаючим або робочим діаметром валків називають діаметр валка калібру, якому відповідає швидкість смуги при виході з валків без урахування випередження.

Кут захоплення залежить від стану поверхні валка в місці контакту з металом, швидкості обертання валків при захопленні гуркоту, а також проводиться прокатка в каліброваних валках або на гладкій бочці.

Кут захвату при швидкості 1,5 м/с:

на гладкій бочці – 22...24°;

в калібрі – 24...27°;

на валку з насічкою – 30...32°.

Зі збільшенням швидкості обертання валків кут захвату зменшується. При прокатуванні на підвищених швидкостях з великими обтисканнями і кутами захвату може виникнути пробуксовування валків, а отже, небезпечні динамічні навантаження у вузлах приводу.

Максимальне обтиснення для блюмінгів може бути визначене за рівнянням:

$$\Delta h_{\max} = D_p \left(1 - \frac{1}{1 + f^2}\right).$$

За рівнянням Екелунда:

для сталевих валків  $f_c = 1,05 \dots 0,0005t$ ;

для чавунних валків  $f_{\text{чуч}} = 0,8(1,05 \dots 0,0005t)$ ,

де  $t$  – температура смуги, °С.

Середній обтиск за прохід

$$\Delta h_{\text{cp}} = (0,8 \dots 0,9) \Delta h_{\text{max}},$$

причому менше середнє обтискання для автоматизованих блюмінгів.  
Далі визначають сумарне обтиснення

$$\Sigma \Delta h = (1 + C_{\text{cp}})(h_0 + b_0 - h_k - b_k),$$

де  $h_0, b_0$  – товщина та ширина зливка;

$h_k, b_k$  – товщина та ширина блюму;

$C_{\text{cp}}$  – середній показник розширення ( $C_{\text{cp}} \approx 0,15$ ).

Число проходів

$$n = 1,15(h_0 + b_0 - h_k - b_k) / \Delta h_{\text{cp}}.$$

Для одноклітинного блюмінгу число  $n$  має бути непарним. Після цього розподіляють обтискання по проходах, складають таблицю обтискань і визначають кількість калібрів та їх розміри.

Обмеження обтискання через потужність двигуна може мати місце на блюмінгах з валками діаметром 1100...1150 мм при потужності двигуна 4500...5000 кВт. Ця потужність є недостатньою при прокатці з обтисканнями, можливими за умовами захоплення. Обтискання за кожен прохід визначатиметься з умови однакової потужності у всіх проходах. Таким чином, у перших проходах обтискання будуть мінімальними, а в останніх – максимальними.

При обмеженні обтискань умовами захоплення обтискання у всіх проходах будуть приблизно однаковими.

Іноді обтискання може бути обмежене міцністю валків (при прокатці слябів).

Для робочої двовалкової кліті:

$$M_{\text{изг}} = P(a / 4 - v / 8) = 0,1D^3[\sigma]_{\text{изг}},$$

звідси

$$P = 0,8D^3[\sigma]_{\text{изг}} / (2a - v),$$

де  $D$  – діаметр валка;

$a = L+1$  (довжина бочки + довжина однієї шийки);

$v$  – ширина розкату;

$[\sigma]_{\text{изг}}$  – допустиме напруження на вигин.

Зусилля прокатки в кожному проході не повинно перевищувати зусилля допустимого валків і може бути визначено за формулою:

$$P = p_{cp} v \sqrt{R \Delta h}.$$

Дуже важливим питанням при розподілі обтискань проходами є визначення числа кантовок і розподіл їх по ходу прокатки. З точки зору підвищення продуктивності кантовок повинно бути менше, однак, для отримання блюмів високої якості кантовки бажано проводити частіше.

### Швидкісний режим прокатки блюмів

Технічно можлива продуктивність, т/година, одноклітинного двохвалкового реверсивного блюмінгу дорівнює:

$$A = 3600 G/T,$$

де  $G$  – маса злитку;  
 $T$  – ритм прокатки, с.

$$T = \sum t_m + \sum t_n.$$

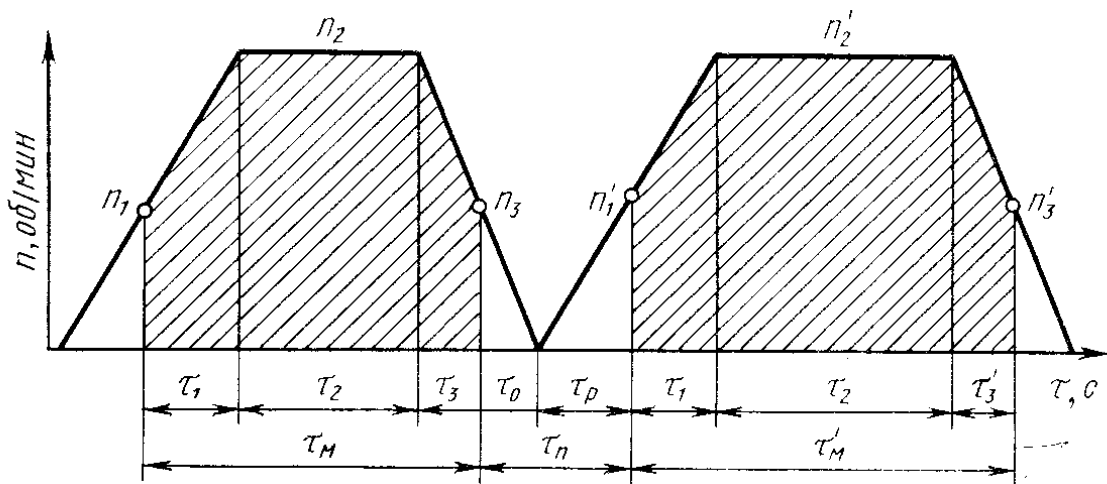


Рисунок 18.6 – Діаграма зміни числа обертів валків при прокатці на двокліткових реверсивних блюмінгах

$$t_1 = (n_2 - n_1)/a \quad t_3 = (n_2 - n_3)/b,$$

де  $a$  і  $b$  – відповідно, прискорення та уповільнення, об/хв/с.

Пауза без кантовки включає: реверс двигуна, установку верхнього валку і пересування смуги по рольгангу. Ці операції поєднують у часі. Пауза без кантовки, як правило, визначається часом встановлення верхнього валка.

$$t_{\text{рев}} = t_0 + \tau'_p; \quad t_{\text{рев}} = n_3 / b + n'_1 / a$$

і майже становить 1...2 з.

Пауза з кантуванням смуги, крім зазначених операцій, включає ще кантування смуги та пересування її лінійками маніпулятора і на практиці дорівнює 3 ... 4,5 с.

Пауза між кінцем прокатки попереднього зливка і початком прокатки наступного зазвичай визначається часом підйому верхнього валка і дорівнює 3...5 с.

## **Виробництво катаних слябів**

Виробництво катаних слябів, мінімальна товщина яких досягає 350 мм (до 500 ... 600 мм), а ширина - 2300 мм здійснюють на блюмінгах, слябінгах і блюмінгах-слябінгах.

Маса злитків: 12...45 т (60...80 т).

Найбільш поширені слябінги:

1250 (L = 2400, Ø<sub>в</sub> 1000, L<sub>в</sub> = 2300 мм);

1150 (L = 2300, Ø<sub>в</sub> 900, L<sub>в</sub> = 1400 мм).

На рис. 18.7 наведена схема розташування обладнання одноклітинного слябінгу 1150. Розташування обладнання та його склад в основному аналогічні розташування обладнання та складу блюмінгів 1300 і 1150.

На відміну від блюмінгу слябінг є універсальним двовалковим реверсивним станом. Горизонтальні валки мають циліндричні бочки діаметром 1150 мм та довжиною 2300 мм. Вони обертаються від індивідуальних двоякорних електродвигунів постійного струму кожен потужністю 4300 кВт та частотою обертання 0-50-80 об/хв. Висота підйому верхнього валка 2100 мм, максимальна швидкість його переміщення 2200 мм/с, врівноважування верхнього валка вантажне.

Вертикальні валки мають діаметр 900 мм та довжину бочки 1950 мм. Максимальна швидкість переміщення двох валків дорівнює 200 мм/с, розчин вертикальних валків 700...2100 мм. Вертикальні валки обертаються лт двох вертикальних електродвигунів постійного струму потужністю кожен 2300 кВт і частотою обертання 0-75-120 об/хв через довгі вертикальні (нахилі) універсальні шпинделі. Для забезпечення повної синхронізації роботи двигунів вони з'єднані між собою циліндричною зубчастою передачею. Механічна синхронізація може бути виключена, якщо електрична синхронізація обертання якорів двигунів цілком надійна.

Стан призначений для прокатки злитків масою до 28 т у сляби товщиною 150...300 мм, шириною 1000...1550 мм, довжиною до 9,5 м і масою

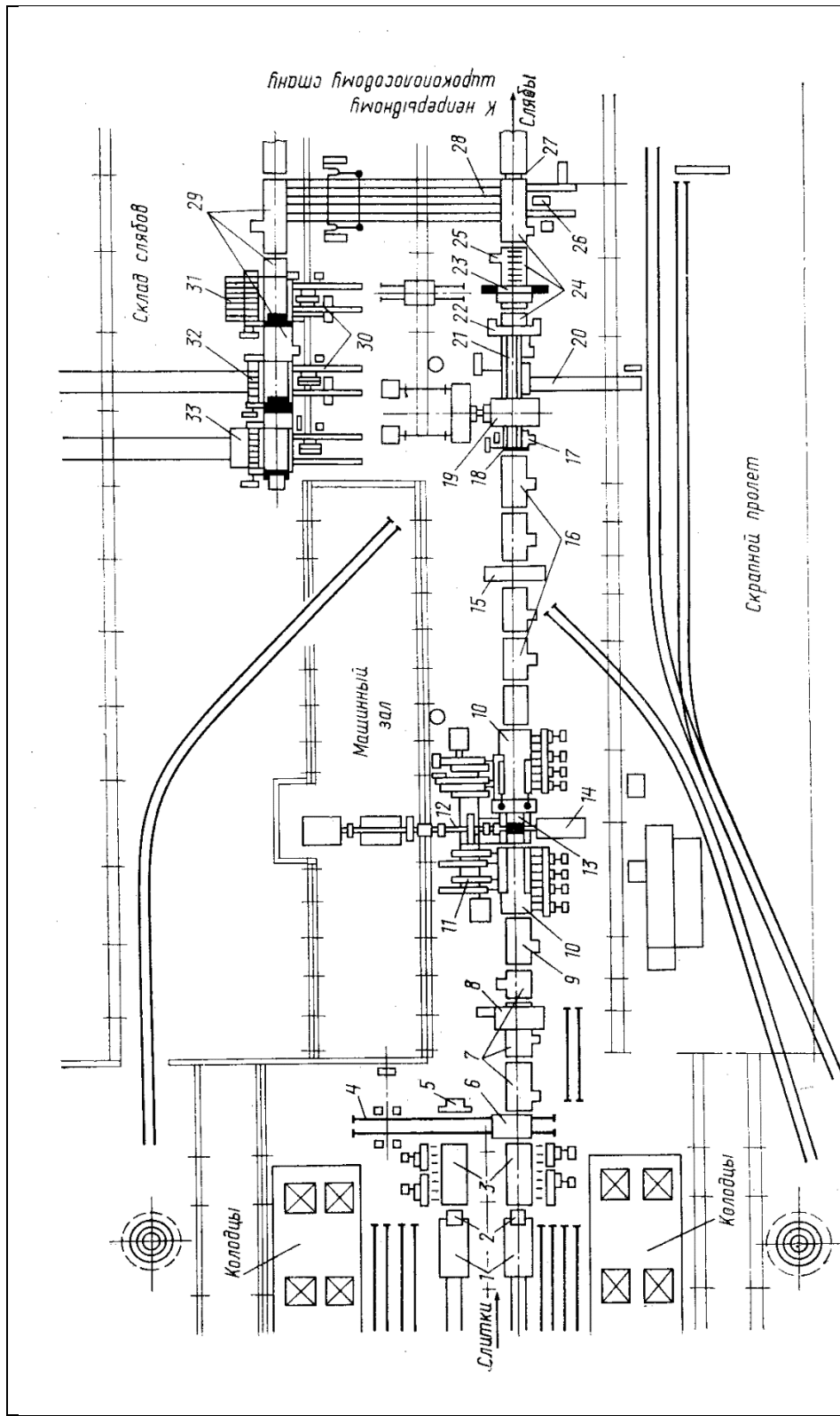


Рис. 78. Схема расположения оборудования слябинга 1150 (1250): 1 — слитковозы; 2 — упор слитковоза; 3 — приемные рольганги; 4 — рельсовый путь; 5 — стационарный упор; 6 — рольганг-тележка; 7 — подводящие рольганги; 8 — весы с поворотным устройством; 9 — раскатной рольганг; 10 — рабочие рольганги перед и за станом; 11 — манипулятор с кантователем; 12 — универсальные шиндели; 13 — универсальная рабочая клетка с горизонтальными и вертикальными вальками; 14 — устройство для смены валков; 15 — машина огневого зачистки; 16 — транспортные рольганги; 17 — рольганг перед ножницами; 18 — сталкиватель отрезков; 19 — ножницы усиленем 20 МН; 20 — транспортер для уборки отрезков; 21 — передвигающийся рольганг за ножницами; 22 — передвижной упор для резки слябов на мерные длины; 23 — клеймитель; 24 — транспортные рольганги; 25 — весы, встроенные в рольганг; 26 — сталкиватель слябов; 27 — опускающийся упор; 28 — транспортер слябов; 29 — рольганги; 30 — сталкиватели; 31 — стеллажи; 32 — подъемный штабелирующий стол для слябов; 33 — тележка для слябов

Рисунок 18.7 — Схема розташування обладнання слябингу 1150 (1250)



до 23 т (після обрізки кінців). Продуктивність стану близько 6,5 (за злитками) або близько 5,5 млн. т/рік (за готовими слябами). На відміну від блюмінгів нагрівальні колодязі розташовані в два ряди (зліва і праворуч від осі ста-на), що зменшує шлях злитковозів при подачі злитків від далеких колодязів. Внаслідок великої продуктивності слябінгу подача злитків здійснюється по черзі двома злитковозами. Швидкість злитковозу досягає 6 м/с. Від першого злитковозу зливки подаються до робочої кліті прийомним рольгангом, розташованим як у блюмінгу, по осі прокатки; від другого злитковоза зливки подають на бічний рольганг, а з нього - на рольганг-візок, що пересувається по рейках і з'єднує обидва рольганги.

Між секціями рольганга, що підводить, встановлені ваги для зважування злитків перед прокаткою. У кожного робочого рольганга 14 роликів: два перші від робочої кліті ролика наводяться окремими двигунами; інші 12 роликів наводяться від чотирьох електродвигунів через циліндричні шестерні і подовжені зубчасті муфти. Таким чином, у приводі виключені швидкозношувані конічні шестерні з довгим трансмісійним валком (застосовуються на деяких обтискних станах старої конструкції).

Перед робочою клітиною і за нею встановлені маніпулятори з кантувачем на передній стороні. Для зменшення махових мас маніпуляторні лінійки мають безредукторний привод. Горизонтальні валки змінюють за допомогою механізованого пристрою.

При прокатці на блюмінгу вузьких слябів у перших двох проходах злиток прокочують у положенні «на ребро» для видалення окалини, зняття конусності і отримання необхідної ширини слябу, після чого прокатку виробляють плашмя. Можливий інший варіант прокатки, у якому реброві проходи виробляються після 6...12 проходів плашмя. Величина обтискання за прохід при прокатці вузьких слябів обмежується переважно умовами захоплення смуги валками.

При прокатуванні на блюмінгу широких слябів лімітуючим фактором у більшості випадків є потужність двигуна, і тому в основу розрахунку режиму обтискання приймається максимальне обтиснення, що визначається за допустимим моментом двигуна. Порядок розрахунку в цьому випадку наступний:

1. Визначають найбільший припустимий момент  $M_{\max}$  за потужністю двигуна за рівнянням:

$$M_{\max} = 2,5 \times 0,975 N \eta / n - M_{\text{д}}^{\text{а}} - M_{\text{х.х}},$$

де 2,5 – коефіцієнт навантаження;

$N$  – потужність двигуна, кВт;

$\eta$  – механічний к.к.д стану (0,94...0,98) – без шестеренної кліті та 0,86...0,93 з шестерненою кліттю;

$n$  – частота обертів, об/хв;

$M_{\text{д}}^{\text{а}}$  – динамічний момент при прокатці з прискоренням, Нм;

$M_{\text{х.х}}$  – момент холостого ходу, Нм.

2. За найбільшим допустимим моментом і питомим зусиллям визначають довжину дуги захоплення, а за останньою – величину максимального обтиснення.

3. Обчислюють середній обтиск  $\Delta h_{cp} = (0,8 \dots 0,9) \Delta h_{max}$ .

4. Визначають кількість проходів плашмя  $n = (h_0 - h_n) / \Delta h_{cp}$ , де  $h_0$  – висота злитку, мм;  $h_n$  – висота слябу, мм.

5. Визначають кількість ребрових проходів. Залежно від різниці ширини зливка і ширини слябу спочатку призначають 2-4 ребрових проходи. У подальшому для зняття розширення призначають ще 1 ... 2 ребрових проходи в один ребровий прохід перед останнім проходом.

У деяких випадках, якщо дозволяє якість поверхні смуги, спочатку роблять прокатку плашмя (8...14 проходів), потім смугу кантують і прокочують на ребро для отримання потрібної ширини, потім знову прокатують плашмя і за 1...2 проходу до кінця прокатки знову -катують на ребро (1...2 проходу) щоб одержати остаточного розміру по ширині. В останніх одному або двох проходах смуги прокочують полум'я. Якщо сумарне обтискання в ребрових проходах невелике (100...250 мм), то реброві проходи призначають лише до закінчення прокатки. Такий метод прокатки дозволяє зменшити кількість ребрових проходів і, отже, збільшити продуктивність блюмінгу. Зменшення числа ребрових проходів здійснюється за рахунок виключення перших ребрових проходів і більш інтенсивного обтиснення смуги в ребрових проходах.

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

7. Конструюють калібри та розміщують їх на валках. При прокатці слябів вигідно, з погляду економії часу, гладку бочку розміщувати посередині валка, а калібри для прокатки на ребро - зліва і праворуч від неї. Ширина калібрів, в яких виробляються реброві проходи, приймається рівною або трохи більшою товщини смуги, що задається. Ухил бічних стінок калібрів приймається виходячи з розширення смуги, що прокатується.

8. Перевіряють прийнятий режим обтискання по куту захоплення та міцності валків. При прокатці плашмя кут захоплення не повинен перевищувати  $24^\circ$ , а при прокатці на ребро  $28^\circ$ .

Процес прокатки слябів на слябінгу простіший, ніж на блюмінгу. Наявність вертикальних валків на слябінгу дозволяє отримати сляб потрібної ширини без кантівки смуги і її прокатки «на ребро». Лише в окремих випадках, коли ширина зливка значно більша за ширину слябу, використовують прокатку «на ребро».

Оскільки лімітуючим фактором при прокатуванні широких слябів на слябінгах є потужність двигуна, то метод розрахунку режиму обтискання такий самий, що і для прокатки широких слябів на блюмінгу.

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

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

## ЛЕКЦІЯ 4 ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВОК

Заготівельні стани призначені для прокатки блюмів перетином від 250x250 до 400x400 мм в заготовки перетином від 50x50 до 150x150 мм, які застосовують як вихідний матеріал для прокатки сортової сталі і дроту. Крім квадратних, прокочують ще круглі заготовки; їх використовують на трубопрокатних станах для отримання безшовних труб ( $\varnothing$  75...300 мм).

### Типи заготівельних станів

- стани з однією групою клітей (стан 700);
- стани із двома групами (лініями) клітей (стан 700/500);
- Трубозаготівельні лінійні (послідовні) стани.

Заготівельні стани встановлюють безпосередньо за блюмінгом або МНЛЗ.

Безперервні заготівельні стани є основними для виробництва заготовок на сучасних метзаводах. Розрізняють НЗЗ з груповим та індивідуальним приводом.

Недоліки станів з груповим приводом:

1. Необхідність кантовки смуги на ходу між клітьми змушує застосовувати кантуючі проводки або кантуючі ролики, в яких передній кінець, що виходить з валків смуги скручується на певний кут і в наступну кліть смуга надходить скантованої на  $90^\circ$  (напруження, можливість утворення, наварювання металу, задири на поверхні прокату).

2. Жорсткий кінематичний зв'язок між клітьми (складність калібрування, оскільки немає можливості регулювання швидкості виходу смуги з клітини).

Характерними особливостями сучасних безперервних заготівельних станів є:

- чергування клітей з горизонтальними та вертикальними валами;
- Індивідуальний привід для валків кожної кліті з регулюванням числа обертів.

Індивідуальний привід валків стану забезпечує регулювання швидкості прокатки, спрощує налаштування та калібрування валків.

Безперервні заготівельні стани забезпечують можливість отримання заготовок більш точних розмірів, розширюють можливість прокатки круглих заготовок та інших профілів, для яких неприпустиме або утруднене кантування скручуванням смуги між клітьми.

На рис. 18.8 наведена схема розташування обладнання сучасного безперервного заготівельного стану 900/700/500 конструкції ВНІМетмаша і ЮУМЗ, встановленого за блюмінгом 1300. Він складається з 14 двохвалкових клітей, розташованих у трьох групах: обтискний з двох клітей 900 мм (по міжосьовій відстані шестерняної кліті), першої безперервної з шести

клітей (дві кліті 900 мм і чотири кліті 700 мм) і другої безперервної з шести клітей з номінальним діаметром валків 500 мм.

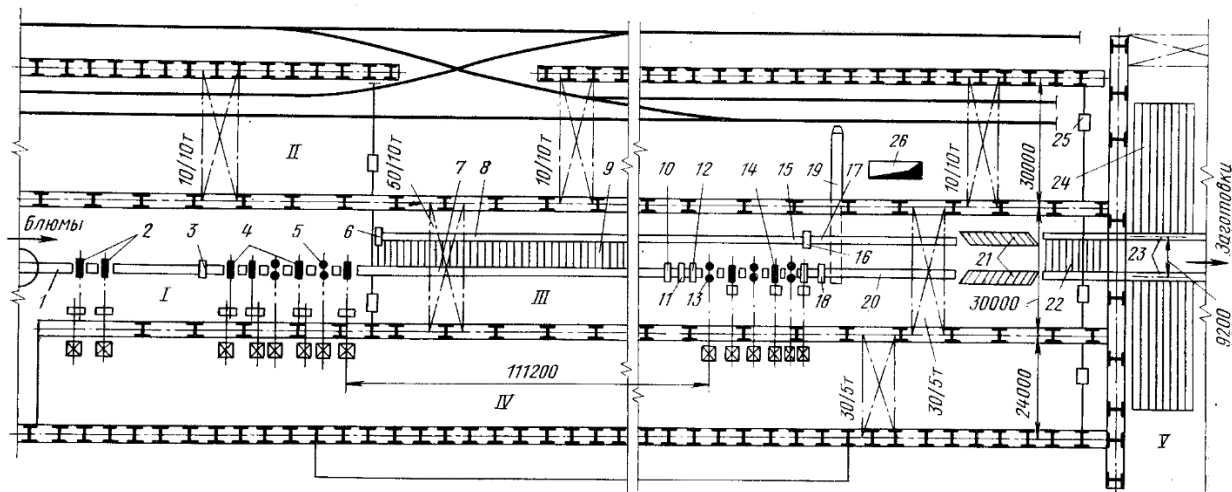


Рисунок 18.8 – Схема розташування обладнання безперервного заготівельного стану 900/700/500

Вихідним матеріалом для прокатки є блюми перетином 370x370 мм, які надходять по рольгангу 1 (без додаткового підігріву) зі швидкістю близько 0,2 м/с в першу кліть 900x1300. При необхідності можна блюм повернути на 180° в горизонтальній площині для завдання його в кліть 900 кінцем, в якому немає ознак усадочної пухкості. Перші дві кліті 1900x1300 мм встановлені окремо; відстань від другої кліті цієї групи до першої кліті другої групи дозволяє здійснювати вільне кантування смуги за допомогою кантувача 3, розташованого на рольгангу між цими групами клітей. Перша безперервна група складається з двох клітей 900x1300 (аналогічної конструкції з клітками обтирочної групи) та чотирьох клітей з валками 730x1300 мм; із цих чотирьох клітей у двох передбачені вертикальні валки. При прокатці в цій групі можна отримувати заготовки перетином 200x200, 170x170 і 150x150 мм (відповідно, з четвертої, шостої та восьмої кліті). Швидкість прокатки в останній кліті першої безперервної групи досягає 2,3 м/с. Великі заготовки перерізом більше 150x150 мм з відводить рольганга 7 за допомогою поперечного транспортера 9 направляються на бічний рольганг 8 з кінцевим стаціонарним упором 6; далі ці заготівлі рольгангом 15 подаються до ножиць 16, розрізаються на мірні довжини в межах 6 ... 8 м і по рольгангах 17 і 21 направляються на холодильники 24. Заготовки перетином 150x150 мм, що виходять зі швидкістю до 2,3 м / с , по рольгангу 7 направляються до другої безперервної групи для подальшої прокатки.

Друга група складається з шести клітей, що чергуються 530x900 мм. При прокатці в цій групі можна отримати заготовки перерізом 120x120, 100x100, 80x80 мм (відповідно з клітей 10, 12 та 14). Для того, щоб в кліть 9 задавати заготовку постійної температури, на проміжному рольгангу заготовка зупиняється упором, що піднімається 10 і витримується на ньому деякий

час. Передній нерівний кінець заготовки обрізається леткими маятниковими ножицями 11.

У разі потреби (за умовами калібрування валків) заготовка кантується кантувачем 12. По виході з останньої кліті заготовка перерізом до 80x80 мм розрізається летючими планетарними ножицями 18 на мірні довжини в межах 8...12 м; розрізані заготовки збираються в пачки на па-кетирующем рольгангу 21 і рольгангам 23 направляються на холодильники і24.

З другої напівбезперервної групи клітей видаються заготовки наступних перерізів 120x120 мм із кліті 10 зі швидкістю 3,5 м/с; 100x100 мм із кліті 12 зі швидкістю близько 5 м/с і 80x80 мм із кліті 14 зі швидкістю біля 7 м/с. Летючі планетарні ножиці зусиллям 15 МН розрізають ці заготовки. Тут здійснюється їх таврування.

Всі технологічні операції на стані механізовані та автоматизовані. Швидкість прокатки в кожній кліті безперервного заготівельного стану підвищується відповідно до витяжки смуги. Швидкість прокатки в останній кліті першої групи зазвичай становить 1,5 ... 2,5 м / с. При таких швидкостях прокатки продуктивність стану випереджає продуктивність блюмінгу, тому підвищення швидкості не потрібно. В останній кліті другої групи швидкість прокатки лімітується допустимою швидкістю різання на летких ножицях і в даний час не перевищує 5 ... 7 м / с. Відстань від осі останньої кліті першої групи до осі першої кліті другої групи визначається найбільшою довжиною смуги, що виходить з першої групи. Розділення табору на дві самостійні групи клітей дозволяє забезпечувати заготовками 120x120 мм і більше сортові стани, міняючи другу групу клітей. Смуга, що вийшла з першої групи, надходить у другу групу тільки в тому випадку, якщо потрібні заготовки перетином менше 120x120 мм.

Продуктивність безперервного заготівельного стану 900/700/500, встановленого за блюмінгом 1300, становить близько 5,0 млн. тонн на рік (за заготівлею).

Перспективи удосконалень у галузі виробництва заготовок:

- Освоєння прокатки заготовок з литих блюмів, отриманих на машинах безперервного лиття заготовок;
- удосконалення летючих ножиць для різання заготовок на ходу при швидкості руху до 10 м/с;
- Удосконалення та автоматизація машин для таврування заготовок;
- Використання лічильно-вирішальних систем для різання заготівлі на мірні довжини без відходів кінців;
- механізація зачистки поверхні заготовок на складі.

### **Калібровка валків НЗС**

Вихідним матеріалом для прокатки заготовок є блюми квадратного перерізу. У зв'язку з цим у перших клітинах цих станів застосовують прямокутні калібри, які порівняно з квадратними та ромбічними калібрами меншою

мірою послаблюють міцність валків, що особливо важливо для перших клітей. Крім того, у цих калібрах здійснюється хороше видалення окалини і відсутня необхідність кантування блюму при завданні в першу кліть. Зазвичай прокатку заготовок у прямокутних калібрах проводять до перерізу смуги 150x150 мм. Подальше обтиснення смуги та зменшення її поперечного перерізу здійснюється в системі витяжних калібрів ромб-квадрат.

Перехід від прямокутних калібрів до системи калібрів ромб-квадрат пояснюється головним чином необхідністю отримувати заготівлі більш точної квадратної форми з кращою поверхнею. Вихідними даними для розрахунку калібрування валків є розміри блюмів і заготовок, кількість клітей, діаметри валків, кількість обертів валків у кожній кліті, потужність і кількість обертів двигунів та ін.

У витяжних калібрах системи ромб-квадрат ромбічні калібри чергуються з квадратними. При прокатуванні в цих калібрах смуга, що вийшла з великого квадратного калібру, кантується на  $90^\circ$  і надходить у ромбічний калібр. Після виходу з ромбічного калібру смуга кантується на  $90^\circ$  і задається менший квадратний калібр і т.д. Витяжні калібри системи ромб-квадрат застосовують також у чорнових клітях середньо- та дрібносортих станів. Ці калібри дозволяють отримувати правильні квадрати, необхідні, наприклад, для прокатки квадратної та смугою сталі. Крім того, ця система калібрів забезпечує досить високі витяжки та хорошу стійкість смуги при її прокатці у квадратних та ромбічних калібрах.

Основною умовою безперервного процесу прокатки є постійність секундного об'єму металу, що проходить через будь-яку кліть стану. Ця умова виражається рівнянням

$$F_1 V_1 = F_2 V_2 = F_3 V_3 \dots = F_n V_n = \text{const},$$

де  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  – площі поперечних перерізів смуги, що прокочується при виході з клітей;

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$  – швидкості прокатки в клітях.

Площа поперечного перерізу смуги визначають за даними калібрування. Швидкість виходу лінії (швидкість прокатки) відрізняється від окружної швидкості валків внаслідок випередження. З урахуванням випередження рівняння постійності секундних обсягів може бути записано так:

$$F_1 D_{p1} n_1 (1 + S_1) = F_2 D_{p2} n_2 (1 + S_2) = \dots = F_n D_{pn} n_n (1 + S_n) = \text{const},$$

де  $S_1, S_2, \dots, S_n$  – випередження смуги в клітях;

$D_{p1}, D_{p2}, \dots, D_{pn}$  – робочі (катаючі) діаметри валків клітей.

Практично при калібруванні валків безперервних заготівельних станів підраховують не секундні об'єми, а константи калібрування, що являють со-

бою добуток площі поперечного перерізу смуги, діаметра валків, що катає, частоти обертання валків і коефіцієнта випередження, тобто:

$$C = FD_p n(1 + S).$$

Прокатка на безперервних заготівельних станах з утворенням петлі неприпустима внаслідок того, що вона викликає неузгодженість роботи та проведення проводок, нерідко призводячи до серйозних аварій. Щоб уникнути цього на безперервних заготівельних станах прокатку ведуть з невеликим натягом смуги між клітьми. Оскільки випередження зі зменшенням товщини смуги збільшується ( $S_n > S_1$ ), що виходить внаслідок зростання випередження збільшення швидкості виходу смуги можна використовувати створення натягу між клітьми. Тоді рівняння сталості секундних обсягів матиме наступний вигляд:

$$F_1 D_{p1} n_1 = F_2 D_{p2} n_2 = \dots = F_n D_{pn} n_n = \text{const} \text{ или } C = FD_{pn}.$$

При розрахунку калібрування валків безперервних станів особливо важливо точно визначити діаметри, що катають. Останнє дозволяє вести процес прокатки так, що унеможливило утворення петлі або надмірне натяг смуги між клітьми.

При прокатці в прямокутних калібрах катаючий діаметр приймають рівним діаметру по дну калібру. У ромбічних і квадратних калібрах діаметр валка змінний: максимальний у роз'єму і мінімальний у вершині калібру (рис. 18.9).

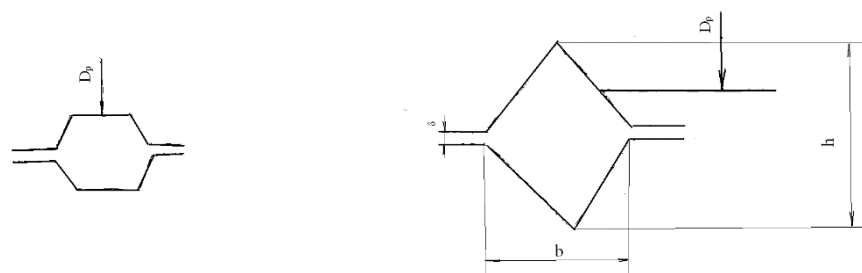


Рисунок 18.9 – Катаючі (робочі) діаметри каліброваних валків

Різним точкам цих калібрів відповідають різні окружні швидкості. Смуга виходить з калібру з деякою середньою швидкістю, яка відповідає діаметру, що катає. Катаючий діаметр в цих та інших калібрах приблизно може бути визначений за середньою наведеною висотою калібру, яка виходить розподілом площі калібру  $F$  на його ширину  $b$ , тобто:  $h_{cp} = F/b$ .

У цьому випадку катаючий діаметр



$$D_p = D - h_{cp} = D - F/b,$$

де  $D$  – номінальний діаметр валків мм;

$h_{cp}$  – наведена висота калібру, мм;

$F$  і  $b$  – відповідно, площа та ширина калібру,  $mm^2$  і мм, відповідно.

Розрахунок калібрування валків для отримання заготовлі заданих розмірів на стані з певним числом клітей, діаметром валків, частотою обертання та потужністю електродвигунів у більшості випадків зводиться до вибору системи калібрів та розрахунку режиму обтискань (розподілу коефіцієнтів витяжки по проходах). Відповідно до розподілу коефіцієнтів витяжки по окремих клітинах вибирають форму калібру в кожній кліті та загальну схему калібрування.

При індивідуальному приводі кожної кліті стану з регулюванням обертів валків розрахунок калібрування полегшується. І тут розрахунок калібрів ведуть незалежно від кількості оборотів, які потім визначають з формул.

При груповому приводі клітей розрахунок калібрування, навпаки, значно ускладнюється. У цьому випадку зміна константи може бути досягнуто тільки зміною катаючого діаметра валків або розмірів поперечного перерізу смуги.

При розрахунку витяжних калібрів системи прямокутник-прямокутник спочатку визначають кількість калібрів (проходів):

$$n = \sum \Delta h / \Delta h_{cp},$$

де  $\sum \Delta h$  – сумарне обтиснення у прямокутних калібрах;

$\Delta h_{cp}$  – середній обтиск за прохід.

Сумарне обтиснення у прямокутних калібрах:

$$\sum \Delta h = (1 + C_{cp})(h_0 + b_0 - h_3 - b_3),$$

де  $C_{cp}$  – середній показник розширення, який можна прийняти рівним 0,15;

$h_0$  і  $b_0$  – розміри поперечного перерізу блюму;

$h_3$  і  $b_3$  – розміри поперечного перерізу заготовки, що виходить з останнього прямокутного калібру.

Середнє обтиснення за прохід можна прийняти рівним 0,9 середнього максимального обтиснення за прохід у першому та останньому прямокутних калібрах. Максимальне обтиснення у кожному з цих калібрів визначають за умови захоплення за формулою  $\Delta h_{max} = 0,5D_p \alpha^2$ , прийнявши кут захоплення рівним 0,55 рад.

Після цього встановлюють режим обтискань, причому обтискання в першому калібрі приймають трохи менше середнього, враховуючи коливання розмірів блюму і відсутність підпору при захопленні смуги валками в першій кліті.

Поширення під час прокатування у прямокутних калібрах можна визначати за формулою Б. П. Бахтінова. Найбільш точною та теоретично обґрунтованою є формула А. І. Целікова:

$$\Delta b = 0,58C_1C_3(\sqrt{R\Delta h} - \Delta h / f) \ln(h_0 - h_1),$$

де  $C_1$  і  $C_2$  - коефіцієнти, що характеризують вплив ширини і натягу смуги;

$h_0$  і  $h_1$  – товщина смуги до проходу та після нього, мм;

$R$  – радіус катаючих валків, мм;

$F$  – коефіцієнт тертя між смугою, що прокочується, і валками.

### **Дефекти напівпродукту та методика їх усунення**

Напівпродукт, що надходить на склад, має ті чи інші дефекти, які виникають у різних стадіях виробництва. Ці дефекти можуть бути викликані двома причинами: незадовільна якість вихідних матеріалів та порушення технології.

Залежно від місця появи дефектів вони поділяються на дефекти з причин прокатного виробництва:

- ліквация (неоднорідність за хімічним складом), садібна раковина, газові бульбашки, неметалеві включення, полони, тріщини), деякі з них усуваються при прокатці;

– дефекти при прокатці (перепалювання, нерівномірне нагрівання), «лампас».

Усувають дефекти:

- Вирубка;

- Зачищення на фрезерних верстатах;

-зачищення шліфувальним кругом;

-вогнева зачистка (ручна та машинна).

## ЛЕКЦІЯ 5 ВИРОБНИЦТВО СОРТОВОГО ПРОКАТУ

Одним із масових видів прокатної продукції є сортова сталь (сорт, рейки, балки, катаний дріт, штрипси). Сортову сталь умовно поділяють на три категорії: великосортну, середньосортну та дрібносортну, а прокатні стани на:

- крупносортні ( $\varnothing$  500...750);
- середньосортні ( $\varnothing$  350...500);
- дрібносортні ( $\varnothing$  250...350);
- дротові ( $\varnothing$  150...280);
- штрипсові ( $B = 30...400$  мм;  $h_k = 1,7...15$  мм).

Сортова сталь одна із найважливіших видів прокату. Її використовують для виготовлення різних деталей машин, верстатів, сталевих та залізобетонних конструкцій тощо. Частина сортової сталі є готовою продукцією, а інша являє собою напівфабрикат, що піддається подальшій переробці (штампування, обточування, волочіння та ін).

Залежно від призначення сортову сталь ділять на профілі загального призначення із простою геометричною формою та фасонні профілі загального, галузевого та спеціального призначення.

Найбільшу частку у загальному випуску сортової сталі загального призначення становить кругла сталь, що прокочується зі звичайною та підвищеною точністю.

Якість сортової сталі має відповідати певним вимогам, зазначеним у технічних умовах та стандартах. Готовим продуктом рельсобалочних станів зазвичай є рейки та балки. На цих станах прокатують також швелери, трамвайні рейки, шпунти, кутову сталь та ін. Розміри рейок характеризуються масою 1 м довжини. Крім залізничних, на рельсобалочних станах прокочують трамвайні рейки, що відрізняються від залізничних наявністю жолоба в голівці, тоншою шийкою і широкою подошвою. До балок, що прокочуються, відносять балки нормального типу, широкополочні і тонкостінні балки. Балки нормального типу (100...600 мм). Широкополочні балки до 11100 мм (застосовують як колони).

### **Рельсобалочні стани**

Сортамент: рейки з/д Р 43...75 кг/м; балки двотаврові 180...600 (1100) мм; швелери 180 ... 400 мм; трамвайні рейки "Фенікс" - 210 мм; куточок 150...230 мм.

Старі стани – реверсивні двовалкові з розташуванням клітей в одну лінію (проміжне нагрівання блюмів відсутнє). Сучасні стани розташовані в 2...3 лінії, складаються з 4...5 двовалкових та тривалкових робочих клітей. Мають методичні печі для нагрівання блюмів (це дає незалежність роботи стану від блюмінгу).

Схема рельсобалкового стану (рис. 19.1) має найбільше поширення. Це пояснюється тим, що виділення чистової двовалкової кліті в самостійну лінію має недоліки: утруднюється обслуговування стану внаслідок збільшення відстані між лініями, подовжується будівля, ускладнюється передача гуркоту з першої тривалкової кліті в другу.

Нагрів блюмів забезпечує незалежну роботу блюмінгу та рейково-балкового стану. При зупинці та рельсобалкового стану блюми, прокатані на блюмінгу, відправляють на склад, а при зупинці блюмінгу рейково-балковий стан використовують для прокатки блюмів, наявних на складі. Нагрів блюмів сприяє вигорянню дрібних поверхневих дефектів, дозволяє отримувати необхідну температуру кінця прокатки, що покращує механічні властивості рейок, балок та інших профілів та збільшує вихід придатного. Крім того, нагрівання блюмів знижує витрату енергії та знос валків. До недоліків нагріву блюмів відносять додаткову витрату палива та чад металу, а також витрати на спорудження нагрівальних печей та їх механічне обладнання. Крім того, обмежені розміри нагрівальних печей скорочують довжину смуг, що прокочуються, що, у свою чергу, збільшує втрати металу у вигляді обрізу і знижує продуктивність.

Маса блюмів при прокатці рейок 2...4 т, довжина 4,5...6 м. Блюми прокочують із злитків рейкової сталі масою 6...9 т і більше. Нагрів ведуть у методичних печах. Режим нагріву: початок 1180...1200 °С, кінець прокатки – не більше 1000°С. Режим прокатки:

Кліть 4 - отримують, як правило, за 5 проходів грубопрофільований гуркіт (9...12 м);

Кліть 7 – 3...4 проходи (1 – точніше профілювання, 2 – необхідний профіль);

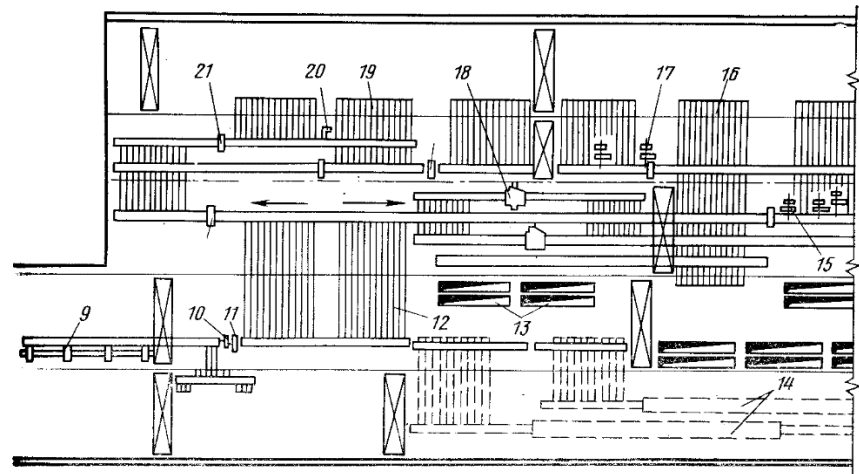
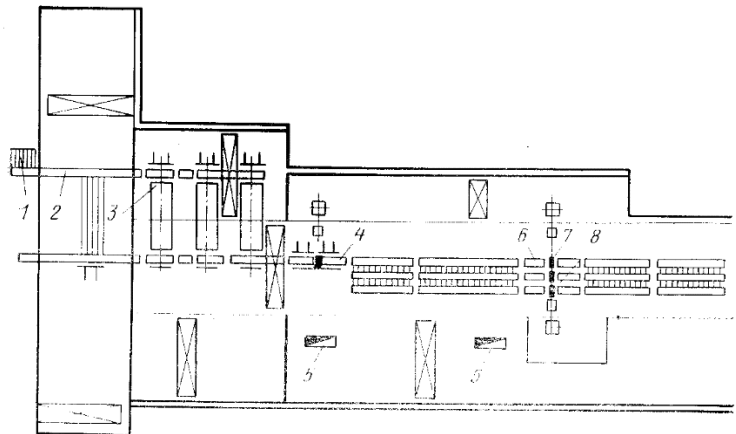
Кліть 8 – 1 перепустка (калібрування).

Перед надходженням на холодильник прокатані смуги розрізають на мірні довжини 25 м дисковими пилками гарячого різання. Під час різання рейка затискається спеціальними затискачами, встановленими у перших трьох пилок; при цьому затискачі також наносять на рейки їх порядковий номер у злитку.

Дискові салазкові пилки останнім часом набули широкого поширення. Перевагою цих пилок є жорсткість направляючих станини, в яких рухаються санки з диском. У цьому випадку бічні коливання диска незначні.

Прокатані рейкові смуги ріжуть на мірні довжини на 25 м із припуском на усадку металу по довжині при охолодженні та на фрезерування торців рейок. Припуск на усадку металу по довжині визначають виходячи з нормальної довжини даних умов температури кінця прокатки і відповідної температури в момент різання.

При прокатці не шийці рейкової смуги в чистовому калібрі викочуються опуклі цифри та літери заввишки не менше 26 мм у такому порядку: марка заводу-виробника (літерна); позначення виду сталі (М – мартенівська); рік та місяць виготовлення рейок; тип рейок (Р43, Р50 і т.д.); позначення виду термічної обробки (0 – уповільнене охолодження,



1 – завантажувальні ґрати для блюмів; 2 – рольганг; 3 – нагрівальні печі; 4 – чорнова двовалкова кліть 950x2350 мм; 5 – яма для збирання та вивантаження окалини; 6 – підйомно-хитливі столи біля тривалкових клітей; 7 – дві тривалкові кліті 800x1900 мм; 8 – чистова двовалкова кліть 850x1200 мм; 9 – дискові пилки; 10 – таврована машина; 11 – згинальна машина; 12 – холодильник; 13 – колодязі для уповільненого охолодження рейок; 14 – нормалізаційні печі; 15, 17 – фрезерні та свердлильні верстати; 16 – потокові лінії обробки рейок; 18 – правильні машини для рейок; 19 – інспекторські стелажі; 20 – дискова пила; 21 – правильний прес  
 Рисунок 19.1 – Схема розташування обладнання в сучасному рейкосалочному стані 950/800

I – ізотермічна витримка). Після розрізання на пилах рейки проходять через штемпельну машину, яка автоматично наносить на них номер плавки, і надходять у згинальну машину. Оскільки головка рейки має більшу масу металу і меншу поверхню охолодження, ніж підшва, це зумовлює різну температуру кінця прокатки підшви та головки. При охолодженні рейки підшва остигає швидше, і рейка викривляється на дошву. Головка рейки, що остигає в останню чергу, вигинає смугу на головку. Наступна операція правки рейок у холодному стані викликає появу в них додаткових напружень, що погіршують якість рейок. Щоб отримати після охолодження наскільки можна пряму рейку, останній згинають попередньо на підшву. Стріла прогину рейки встановлюється досвідом.

Для охолодження прокатоного металу на рельсобалочних станах застосовують зазвичай катані шлепперні холодильники. Гарячу смугу передають до холодильника по рольгангу, що підводить. Під час охолодження смугу переміщують холодильником поперек прольоту стану.

Для зменшення ширини прольотів стану і створення необхідного вантажопотоку холодильник рельсобалочних станів складається з двох частин, розташованих по довжині будівлі.

Холодильники рельсобалочних станів обладнані кантувачами для кантування балок при охолодженні та після нього, кантування рейок до посадки їх у колодязі уповільненого охолодження та кантування інших профілів у разі потреби.

На всіх сучасних рельсобалочних станах рейки піддають уповільненому охолодженню або ізотермічній витримці. Уповільнене охолодження рейок здійснюють у колодязях, викладених вогнетривкою цеглою та мають знімні кришки. У цьому випадку рейки охолоджують на холодильнику до появи магнітних властивостей, але не нижче 450...500 °С, а потім магнітними кранами завантажують у колодязі. Нижній ряд рейок укладають на подіну, а всі наступні - на підкладки з немагнітної сталі, які дозволяють після охолодження знімати окремо кожен ряд рейок магнітними кранами. У колодязь укладають 10 рядів рейок. Тривалість завантаження кожної кришки не повинна перевищувати 20 хвилин. Після закінчення завантаження колодязь щільно закривають теплоізолюючою кришкою і повільно охолоджують рейки до 100 ... 150°С протягом 6 ... 8 годин. Після цього рейки витримують у кришці при відкритій кришці 30 хвилин, а потім вивантажують. При вказаному режимі охолодження флокени в рейках не утворюються.

Недоліками уповільненого охолодження рейок у колодязях є нерівномірність охолодження їх за висотою і довжиною колодязя, складність операцій із завантаження та вивантаження та велика тривалість процесу охолодження, що значно знижує продуктивність. Невелика тривалість уповільненого охолодження рейок у колодязях викликається тим, що в них відбувається безперервне зниження температури, тому рейки порівняно невеликий час знаходяться при 600 ... 650 °С, коли виділення водню відбувається з найбільшою швидкістю. За більш низьких температур швидкість дифузії водню дуже мала.

Ефективним способом запобігання утворенню флокенів є ізотермічна витримка при температурах максимальної рухливості водню  $\Delta h_{\max}$ . При цьому обов'язковою умовою є повне завершення перетворення  $\gamma \rightarrow \alpha$ .

При уповільненому охолодженні дифузія водню протікає при температурі, що знижується. При цьому змінюється величина  $\gamma \rightarrow \alpha$  і час, необхідне зменшення концентрації водню до величин, у яких флокени не утворюються. Слід зазначити, що перед ізотермічною витримкою корисно переохолодити сталь до 250-300 °С, витримати її короткий час, а потім знову нагріти до температури ізотермічної витримки 600-650 °С. При цьому повністю завершується перетворення  $\gamma \rightarrow \alpha$  і створюються залишкові напруження, що сприяють більш швидкому руху дислокацій, що захоплюють собою водень. Внаслідок такого переохолодження скорочується тривалість ізотермічної витримки.

Найбільш простим методом поліпшення властивостей рейкової сталі є повторне нагрівання холодної рейки з подальшим охолодженням на спокійному повітрі – нормалізація. Нормалізація сприяє різкому зниженню залишкових напружень у рейках. Тому для рейок нормалізація є пом'якшувальною обробкою: характеристики міцності знижуються, а показники пластичності підвищуються.

Найкраще поєднання характеристик міцності та пластичності досягається при наступній схемі термічної обробки: ізотермічна витримка, повторне нагрівання, загартування, відпустка.

У рельсобалочному відділенні рейки піддають виправленню в холодному стані на роликівих правильних машинах. Зазвичай у великих рельсобалочних цехах для правки рейок встановлюють дві п'яти-семироликіві правильні машини. Швидкість руху рейок при правці коливається в межах 0,8...1,6 м/с.

Виправлені рейки по рольгангу подають до потокових ліній обробки і катаними шлепперами укладають на стелажі перед фрезерними верстатами на відстані 300 мм один від одного. Зі стелажів рейки подають до фрезерних верстатів, а потім до свердлильних верстатів і установок для високочастотного гарту, при цьому відстань між рейками автоматично збільшується до 500мм. На фрезерних верстатах рейки автоматично закріплюють гідравлічними затискачами та фрезерують одночасно з обох кінців.

Повернення фрезерних головок та затискачів у вихідне положення також відбувається автоматично. Рейки одночасно подають до фрезерних і свердлильних верстатів, там вони автоматично піднімаються над стелажимами і потім гідравлічними вштовхувачами подаються до свердлильних верстатів, де їх закріплюють і свердлять отвори. Після цього рейки подають до установок для останньої обробки - високочастотного гарту кінців рейок, яка дозволяє автоматизувати термічний процес, збільшити продуктивність і отримати хорошу якість рейок. Довжина загартованого кінця рейки становить близько 100 мм, але не більше 150 мм, причому глибина загартованого шару має бути не менше 4 мм. Крім того, має бути поступовий перехід від загартованого шару до незагартованого.

Виробництво широкополочних балок розвивалося у двох напрямках:

1. Прокатка на балкових універсальних, рельсобалочних та крупносор-  
тних станах.
2. Зварювання на спеціальних станах.



## ЛЕКЦІЯ 6

### СОРТОВІ СТАНИ: КРУПНО-, СЕРЕДНЬО- ТА ДРІБНОСОРТОВІ СТАНИ

Сортові стани лінійного типу встановлені у старих прокатних цехах із невеликим обсягом виробництва. Крупносортні стани цього типу зазвичай складаються з чотирьох клітей, розташованих у дві лінії.

Середньосортні стани лінійного типу зазвичай складаються з п'яти клітей, що розташовані у дві лінії. На відміну від крупносортних станів чорнова лінія цих станів складається з однієї тривалкової кліті, а чистова лінія - з тривалкових клітей та однієї двовалкової.

У прокатних цехах старих металургійних заводів або заводів з невеликим обсягом виробництва є велика кількість дрібносортних станів 250...300 лінійного типу. Робочі кліті цих станів розташовані в дві-три лінії, що дозволяє збільшити швидкість прокатки на чистовій лінії і, отже, скоротити машинний час прокатки, підвищити температуру кінців прокатки та збільшити продуктивність стану.

Прокатка дрібних та середніх профілів (наприклад, круглої сталі діаметром 8...25 мм) на дрібносортних станах лінійного типу, починаючи з проміжної чорнової лінії, ведеться петлями. У цьому випадку смуга знаходиться одночасно в кількох клітинах і утворює з-поміж них петлі. Вихідний кінець смуги задають наступну кліть вручну або автоматично (за допомогою обведення).

Прокатка з утворенням петлі скорочує час прокатки, зменшує охолодження металу та дозволяє збільшити довжину та масу смуги. Завдяки можливості прокатки кілька ниток скорочується ритм прокатки.

Основними станами сучасних прокатних цехів є напівбезперервні та безперервні стани (індивідуальний привід, кліті з вертикальними валками, механізація та автоматизація).

Завдяки автоматизації на безперервних станах можна використовувати значно більші швидкості прокатки, ніж на станах лінійного типу. Швидкість прокатки на середньосортних станах становить до 15...20 м/с, на дрібносортних - до 20...25 м/с, на дротяних - до 60 м/с і більше.

При прокатці на безперервних станах у разі застосування заготовок великої маси є найкращі умови для збереження тепла смуги, що дуже важливо при прокочуванні економічних тонкостінних профілів. Розширення виробництва сортової сталі та дроту супроводжувалося одночасним підвищенням точності прокату та виходу придатного. Підвищення точності прокату досяглося виготовленням попередньо напружених станин і підвищенням жорсткості основних елементів робочих клітей. Значні зміни відбулися у складі обладнання та конструкціях дротяних станів: розроблено нові конструкції малогабаритних чистових блоків робочих клітей, що виключають кантівку смуги між клітями та сприяють підвищенню точності готового прокату та швидкості прокатки; створені системи прискореного охолодження катанки в технологічному потоці, що забезпечують необхідну структуру та рівномірність меха-

нічних властивостей при високих швидкостях прокатки; застосовані моталки для змотування бунтів сортової сталі діаметром до 50 мм, а катанки - масою до 1500 кг і більше.

### **Крупносортні стани**

#### ***Напівнеперервний крупносортовий стан 600 (рис. 20.1.)***

Лінія прокатки на стані стала, а кліті виконані рухомими (для суміщення калібрів з лінією прокатки).

Сортамент: балки – 100...200 мм  
куток – 80...160 мм    блюми вихідні  
квадрат – 50...100 мм    300x300 мм, L = 6 м  
коло – 50...120 мм    Q = 1,5 млн.т  
швидкість прокатки – 10 м/с

#### **Середньосортний безперервний стан 450**

Усього клітей 16 (вертикальні, горизонтальні, універсальні) (рис. 20.2). При прокатці балок, швелерів та штрипсів застосовують комбіновані кліті та прокатку закінчують в універсальній кліті.

Сортамент: балки та швелери 160...300 мм  
куток – 75x75 мм  
кругла сталь Ø 30...56 мм  
штрипс – 125...200x4...15 мм

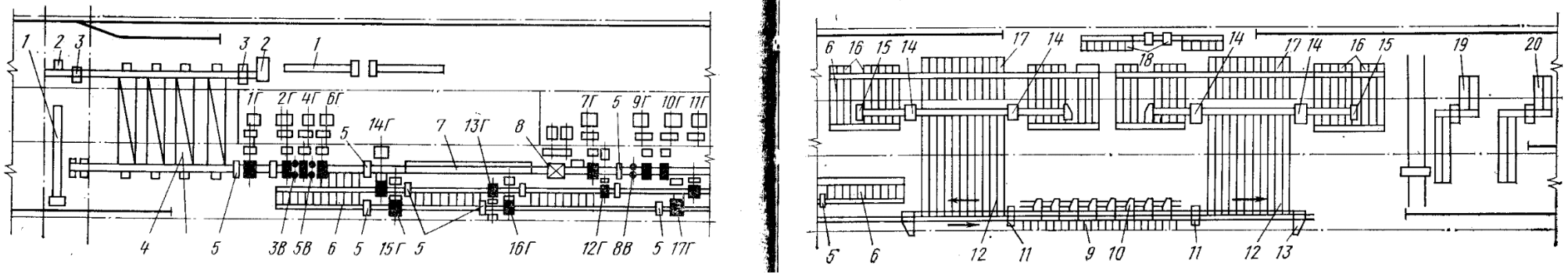
Вихідний матеріал: заготовки 150x150, 200x200 і 150x250  
= 8...12 м.

Максимальна швидкість прокатки – 12 м/с.

Заготовки подають:

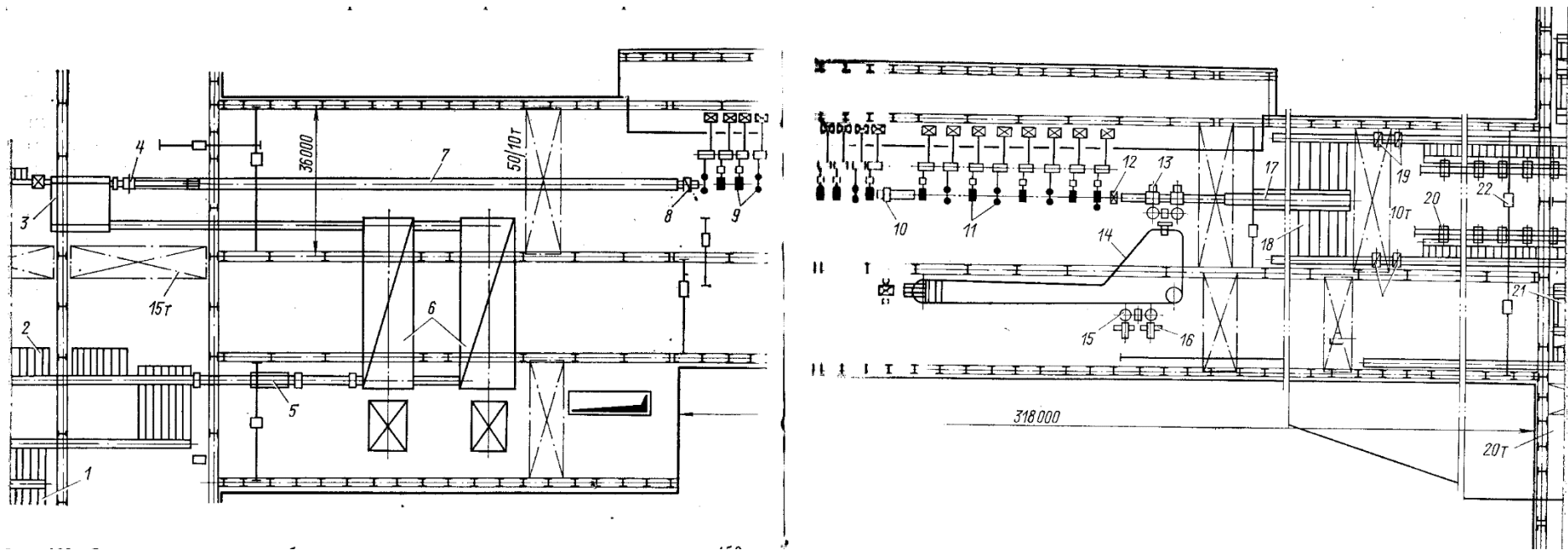
- безпосередньо від НЗС через піч швидкісного нагріву 7;
- від НЗС через печі 6 з крокуючим подом для попереднього нагріву та швидкісного нагріву 7.

Прокатка ведеться без кантування смуги. Усі операції на стані механізовані та автоматизовані. Продуктивність – 1,5 млн. тон.



- 1 – стелаж зачистки; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – ваги;  
 4 – нагрівальні печі; 5 – кантувальник; Г, В – кліті (17 шт), швидкість в останній кліті – 10 м/с; 6 – шлеппер; 7 – прохідна підігрівальна піч; 8 – ножиці; 9 – важільний штовхач; 10 - пересувна дискова пилка; 11 - таврування; 12 – холодильник; 13 – стаціонарна дискова пилка;  
 14 – роликотправильна машина; 15 - пила холодного різання; 16 – кишені;  
 17 - сортоукладач; 18 – ділянка з пилкою холодного різання та вертикальним пресом; 19 – ділянки обробки трубної заготовки з правильною машиною та верстатами для свердління та фрезерування; 20 - ділянка обробки рейок з вертикальним правильним пресом

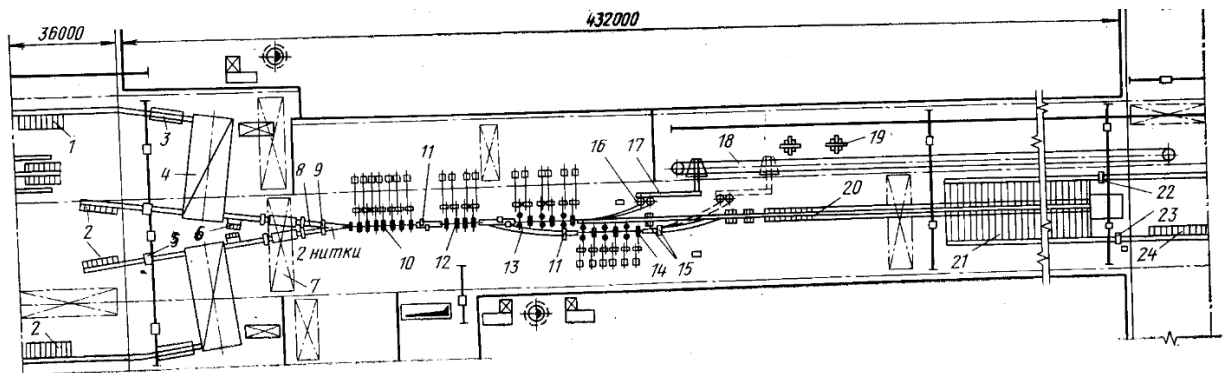
Рисунок 20.1 – Напівнеперервний крупносортовий стан 600



- 1 – холодильник НЗС 900/700/500; 2 - завантажувальні ґрати;  
 3 – підігрівальна піч; 4 - летюча стикозварювальна машина; 5 – ваги; 6 - нагрівальні печі (з кроком підом); 7 – прохідна секційна піч; 8 – ножиці для обрізання переднього кінця заготовки; 9 – перша безперервна група клітей; 10 – леткі аварійні ножиці; 11 – друга безперервна група клітей; 12 – леткі ножиці; 13 – моталки для штрипсів; 14 - гаковий конвеєр для рулонів штрипсів; 15, 16 – наймачі та пакетувальники рулонів штрипсів; 17 - відвідний рольганг;  
 18 – холодильник; 19 – правильні машини; 20 – дискові пилки;  
 21 - шлеппери; 22 - передавальні візки

Рисунок 20.2 – Середньосортний безперервний стан 450

**Дрібно-сортові та дротяні стани**  
**Безперервний дрібносортовий стан 250 (рис. 20.3)**



1 – завантажувальні ґрати; 2 – розвантажувальні ґрати для повернення; 3 – ваги; 4 – печі; 5 – машини вогневого різання повернення; 6 – стикозварювальні машини; 7 – петлеві ями; 8 – індукційні підігрівальні печі; 9 – ножиці; 10 – чорнові кліті; 11 – аварійні ножиці; 12 – проміжна група клітей; 13 – петлевики; 14 – чистова безперервна група клітей; 15 – леткі ножиці; 16 – моталки для круглої сталі; 17 – транспортери бунтів; 18 – гаківі конвеєри для бунтів; 19 – знімники та пакетувальники бунтів; 20 – рольганг холодильника; 21 – холодильник; 22 – правильна машина; 23 – ножиці; 24 – кишені збирання

Рисунок 20.3 – Безперервний дрібносортовий стан 250

23 робочі кліті розташовані в 4-х групах: чорновій (7), проміжній (4) і 2-х чистових (по 6). На стані передбачено можливість нескінченної прокатки (зварювання заготовок на ходу). Заготовки до зварювальної машини надходять змінно від двох нагрівальних методичних печей, що попередньо нагрівають заготовки перед зварюванням. Остаточне нагрівання здійснюється в індукційних печах.

Сортамент: коло	– 8...30 мм
квадрат	– 8...27 мм
полоса	– 10...70 мм (h = 2...12 мм)
шестигранник	– Ø8...27 мм
куток	– 20x20...40x40 мм.

Вихідний матеріал: заготовки 60x60...80x80 мм (L до 12 м).

Індивідуальний привід клітей. Стан повністю автоматизований. Швидкість прокатки – 20 м/с.

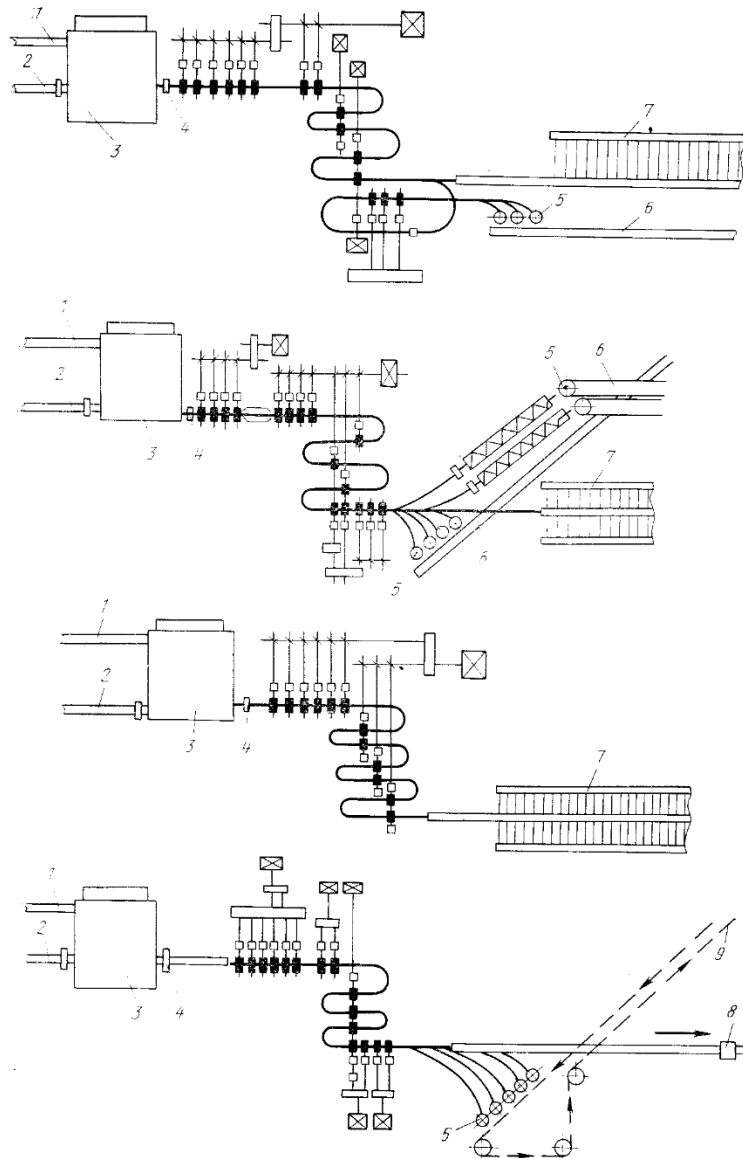
Прокатка в чорновій групі - дві нитки, а в кожній чистовій - в одну. Це забезпечує одночасну прокатку двох однакових або різних профілів з більш жорсткими допусками, а також під час прокатки вести переналагоджування іншої чистової групи та її налагодження.

Останніми роками побудовано безперервні дрібносортові стани 250...300, спеціально призначені для прокатки круглої сталі. Ø до 50 мм, що змотується у бунт.

Забезпечення метизної промисловості великоваговими високоякісними бунтами підвищує ефективність висадних автоматів, зменшує транспортні та складські витрати.

Для прокатки дрібносоротної сталі застосовують також напівбезперервні стани, які складаються з безперервної чорнової групи клітей і чистової лінії з кількох робочих клітей. У кожній кліті здійснюється лише один прохід.

На рис. 20.4 показані схеми напівбезперервних дрібносоротних станів.



1 – штовхач; 2 – виштовхувач; 3 – під; 4 – ножиці; 5 – моталки;  
 6 – транспортер; 7 – холодильник; 8 – леткі ножиці;  
 9 – гаковий транспортер

Рисунок 20.4 – Схеми напівбезперервних дрібносоротних станів

Тут спостерігається прагнення розділити чистову лінію на щаблі з приводом від окремих електродвигунів, щоб мати різні швидкості прокатки та зменшити величину петлі.

## ЛЕКЦІЯ 7

### СОРТОВІ СТАНИ: ДРОТОВІ СТАНИ

Дріт виготовляють або тільки прокаткою або прокаткою з наступним волочінням (катана та тягнута). На сучасних дротяних станах отримують круглий дріт  $\varnothing 4 \dots 10(12,7)$  мм.

Для прокатки дроту застосовують лінійні, напівбезперервні та безперервні стани в залежності від програми прокатки, масштабу виробництва та якості готового прокату (рис. 20.5)

Подальшим розвитком безперервних дротяних станів стали стани нескінченної прокатки.

Стан має 37 клітей. Сортамент – дріт  $\varnothing 5 \dots 10$  мм. Початковий матеріал – заготовки перетином  $80 \times 80$  мм,  $L = 12$  м. Швидкість максимальна до 40 м/с.

Для підвищення надійності синхронізації швидкостей обертання в чистовій кліті привід має 1 валок (точність профілю). Для покращення зчеплення другий рулон має допоміжний двигун малої потужності (шпин).

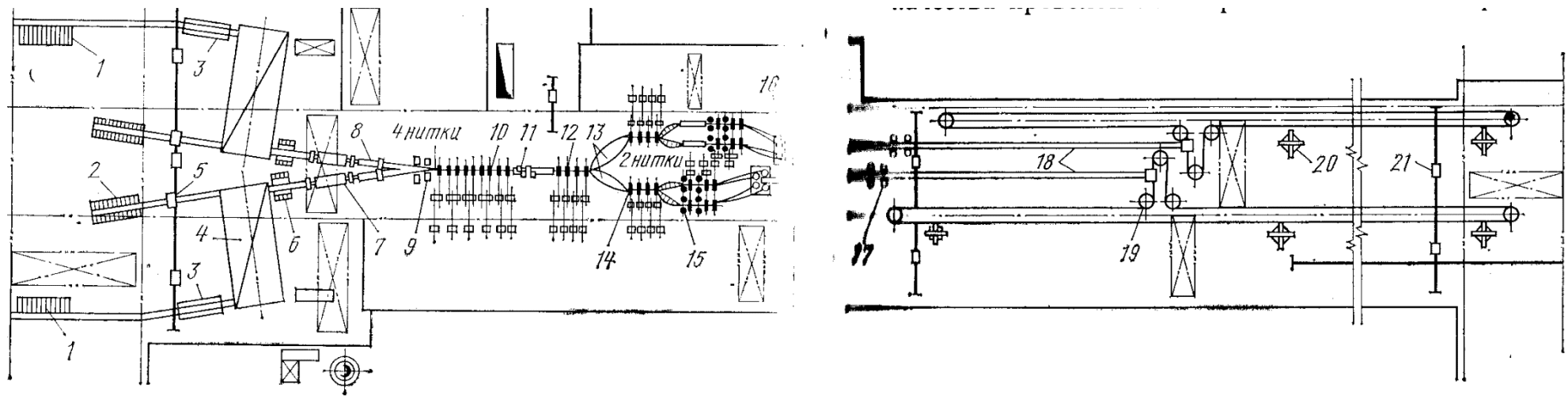
Завдяки вузькій спеціалізації та високому ступеню механізації дротяні стани майже повністю автоматизовані, що дозволяє збільшити швидкість до  $50 \dots 60$  м/с (для діаметра 5 мм), масу бунту до 1500 кг та продуктивності станів.

Однак підвищення швидкості веде до того, що температура кінця прокатки зростає з  $900$  °С до  $1000 \dots 1050$  °С, що викликає збільшення окалиноутворення, знеуглецьовування поверхні та погіршення структури дроту у готовому бунті. Крім того, зі збільшенням маси бунту механічні властивості дроту по його довжині стають різними через нерівномірне охолодження витків дроту в бунтах.

Для усунення цих недоліків використовують двостадійне охолодження дроту:

- водою в напрямних трубах на ділянці останньої кліті табору до моталки;
- повітрям, яке прямує на «розсіювання» витки дроту на транспортері перед формоутворенням щільного бунту.

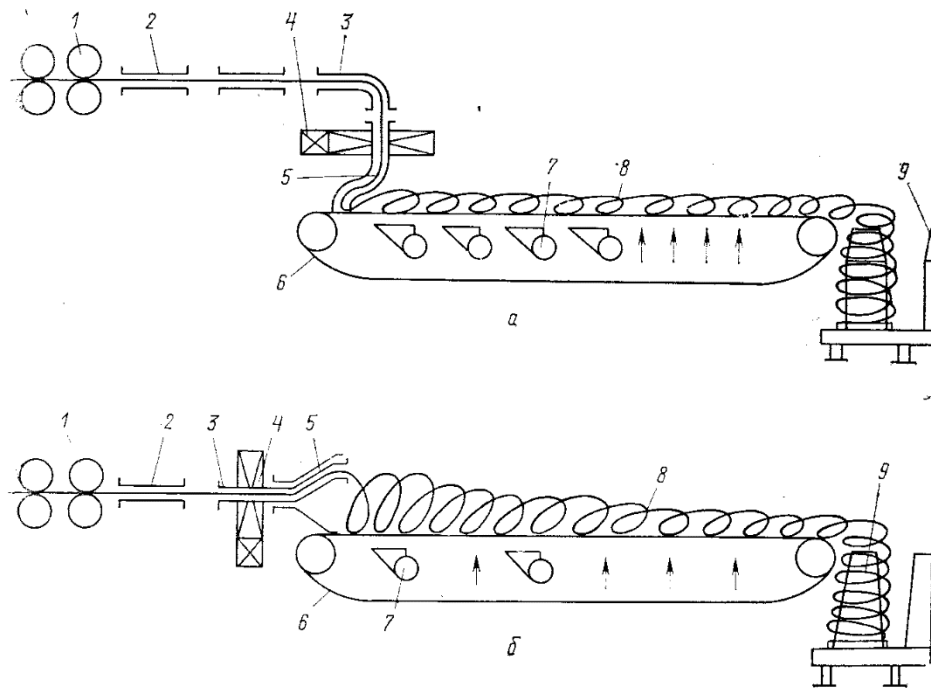
На першій стадії прискореного охолодження дроту водою в трубі підведення температура дроту різко знижується до  $650 \dots 800$  °С, завдяки чому утворюється дрібнозерниста структура металу та зменшується окалиноутворення. Підвідна труба діаметром  $30 \dots 50$  мм складається з окремих секцій, в яких тиск і швидкість подачі води (протиструмом або у напрямку руху дроту) можуть регулюватися в залежності від марки сталі і необхідного ступеня охолодження дроту.



1 – завантажувальні ґрати; 2 – завантажувальні ґрати для повернення; 3 – ваги; 4 – нагрівальні печі; 5 – машини вогневого різання повернення; 6 – стикозварювальні машини; 7 – петлеві ями; 8 – індукційні підігрівальні печі; 9 – ножиці; 10 – чорнові кліті (9 клітей): 7  $\text{Ø}$  450 и 2 –  $\text{Ø}$  370); 11 – аварійні леткі ножиці; 12 – перша проміжна група клітей (чотири кліті –  $\text{Ø}$  320 мм); 13 – петльовики; 14 – друга проміжна група клітей (по чотири кліті –  $\text{Ø}$  320 мм); 15 – чистова безперервна група клітей (чотири групи по 4 кліті –  $\text{Ø}$  270 мм); 16 – моталки для дроту; 17 – бунтов'язальні машини; 18 – транспортери бунтів; 19 – гаківі конвеєри для бунтів; 20 – знімники та пакетувальники бунтів; 21 – передавальний візок  
 Рисунок 20.5 – Схема безперервного дротяного стану 270



На другій стадії повільного охолодження нитка дроту, що рухається з великою швидкістю, за допомогою спеціального пристрою укладається на горизонтальному (або похилому) ланцюговому транспортері у вигляді «розсіяних» витків. Охолодження витків до температури 250...350 °С відбувається на повітрі (може шляхом примусової подачі повітря) (рис. 20.6).



*а – з горизонтальним утворенням витків; б - з вертикальним утворенням витків;*

*1 – останні чистові кліті табору; 2 – труби для охолодження катанки водою; 3 – напрямна труба; 4 - привід обертання трубки-води́ла; 5 - трубка-води́ло; 6 – транспортер; 7 – вентилятори; 8 – дрiт; 9 – конусна оправка для формування бунту*

*Рисунок 20.6 – Пристрої для двостадійного регульованого охолодження катанки*

Надалі нещільні високі бунти дроту обтискаються під пресом, обв'язуються дротом на в'язальних машинах і потім надходять на гаковий конвеєр.

Залежно від марки сталі дроту «розсіяні» витки на транспортері охолоджуються повітрям шляхом примусової подачі повітря вентиляторами (знизу чи зверху транспортера), шляхом «душування» водяними струменями чи водо-повітряної сумішшю; якщо потрібно уповільнене охолодження (для аустенітних сталей), то над транспортером встановлюють камери, що підігріваються, або закриті кожухи.

Таким чином, контрольоване охолодження забезпечує високу рівномірність властивостей і структури по довжині дроту, зменшує утворення окалини, сприяє більш швидкому травленню, забезпечуючи при цьому гладку поверхню дроту, що дуже важливо для волочіння. Рівномірність властивос-

тей та структури по довжині дроту дозволяє проводити волочіння з великими швидкостями та обтисканнями. Охолодження, що контролюється, сприяє не тільки підвищенню механічних властивостей, що неможливо при охолодженні в бунтах, але і вихід придатного при волочінні. У сталей із високим вмістом вуглецю прискорене охолодження забезпечує отримання дрібнозернистої структури. Дріт, що пройшов прискорене охолодження, можна тягнути до менших розмірів.

З метою збільшення швидкості прокатки відмовилися від кантівки, застосовуючи у чистовій групі чергування вертикальних та горизонтальних клітей. Почали застосовувати індивідуальний привід та широке регулювання числа обертів, а регульована петля забезпечувала відсутність натягу.

Всі ці переваги дозволили значно підвищити точність прокатки дроту. ( $\pm 0,2 \dots 0,3$  мм) і швидкість прокатки (до 25...30 м/с). Однак безперервні чистові групи Г-В мають також недоліки:

- складне механічне та електричне обладнання потребує додаткових витрат під час експлуатації;

- прокатка без натягу або з великою петлею (що необхідно для отримання точного профілю дроту) вимагає розміщення клітей на відстані 2,5...3,5 м одна від одної, що збільшує площу цеху.

Зазначені недоліки збільшують капітальні витрати на будівництво нових станів і не дозволяють підвищити їхню продуктивність.

Надалі відмовилися від індивідуального приводу і від прокатки без натягу, були створені чистові дротяні блоки, які являють собою певну кількість клітей, встановлених впритул один до одного і що приводяться в дію від групового двигуна. Введення блоків було викликано вимогою підвищення швидкості прокатки та маси бунтів, тобто їхньої продуктивності, а також вимогами підвищення якості готової продукції та виходу придатного.

Застосовують блоки у складі 9...12 клітей двох типів: двовалкові та тривалкові, розташовані на загальній рамі на відстані 400...600 мм одна від одної.

Двовалкові та тривалкові блоки мають груповий привід клітей від загального електродвигуна через конічні та циліндричні шестерні та трансмісійні вали, змонтовані у загальній рамі. У деяких випадках у двовалкових блоках застосовують індивідуальний привід першої (для поліпшення умов захоплення металу) та останньої кліті (для поліпшення умов регулювання швидкості прокатки з невеликим натягом та отримання більш точного профілю).

У блоках обох типів дріт прокочується одну нитку з невеликим натягом. Валки виготовляють із легованого загартованого чавуну, карбїду вольфраму або сталі з наплавленням струмків калібру твердим сплавом (стелітом). Попереднє точне налаштування валків у запасних блоках клітей проводиться на стенді. Крім того, в конструкції клітей передбачається можливість регулювання положення валків при прокатці в залежності від зношування їх калїбрів (шляхом повороту ексцентрикових втулок або переміщення клинів у підшипниках валів).

Завдяки високій точності виготовлення всіх клітей та валків у блоках, підвищеній жорсткості клітей та валків при прокатці дроту можливе підвищення швидкості прокатки до 50...60 м/с та точності профілю до  $\pm 0,1$  мм (для дроту діаметром 5,5...6,0 мм).

## ЛЕКЦІЯ 8

### ЛИСТОПРОКАТНЕ ВИРОБНИЦТВО

#### Вступ. Сортамент листового прокату

Останнім часом особливостями розвитку прокатного виробництва є переважне зростання листового прокату. Переважний розвиток листопрокатного виробництва має місце майже у всіх великих розвинених у промисловому відношенні країнах. Це пояснюється можливістю та потребою виготовлення у великих обсягах щодо різних зварних та штампованих елементів конструкцій. Застосування листового прокату в конструкціях призводить до зменшення їх маси на 30...50% і на 20...25% порівняно з тими ж конструкціями, виконаними відповідно з виливків та сортового прокату.

Стала реальністю можливість заміни більшості простих профілів сортової сталі гнутими профілями. Всім відомо, що зростає виробництво зварних труб великого діаметру (до 1420 мм) для магістральних нафто-і газопроводів. Їх виготовляють із листового прокату завтовшки 7...20 мм.

У зв'язку із зазначеними перевагами виробництво листового прокату в нашій країні випереджає виробництво сортового прокату, сталевих виливків та безшовних труб.

Якість листового прокату оцінюється за: точності прокатки (підвищеною – А та нормальною – Б); площинності (особливо високої – ПЗ, високої – ПВ, покращеної – ПУ та нормальної – ПН); за характером кромки (з необрізаною кромкою – НО та з обрізаною – О); за розмірами.

Величина відхилень фактичної товщини прокату від номінальної залежить від товщини і ширини прокату, а також від групи точності прокату. Очевидна тенденція до збільшення абсолютної величини граничних відхилень при зростанні товщини та ширини прокату.

Для сталі, поставленої в рулонах, вказуються також вимоги серповидності (не більше 10 мм на довжині 3 м), телескопічності рулону, внутрішньому діаметру (не менше 650 мм і не більше 1000 мм) і масі (не більше 20 т). У ДСТУ 82-70 дано сортамент та викладено вимоги до широкосмугової універсальної сталі (шириною від 200 до 1050 мм, товщиною від 6 до 60 мм та довжиною від 5 до 18 м). Крім відхилень, що допускаються по товщині, ширині і довжині листа вказуються допускаються значення ребрової кривизни, опуклості бічних граней і косини різку. За якістю та призначенням гарячекатана листовая сталь поділяється на:

- сталь вуглецеву звичайної якості (ДСТУ 380-71 и 14637-79);
- сталь вуглецеву якісну та звичайної якості (ДСТУ 16523-70, що відноситься до холоднокатаної сталі, ДСТУ 1050-74, що встановлює хімічний склад сталей, ДСТУ 1530-78, 1577-70 та 4041-71);
- сталь вуглецеву та низьколеговану спеціального призначення (ДСТУ 6713-75, 5520-79 та 5521-76);
- сталь низьколеговану конструкційну (ДСТУ 1982-73 та 1542-71, включаючи холоднокатану сталь);

– спеціальні сталі (у тому числі електротехнічні сталі та жерсть).

На листовий прокат для котлобудування та судин, що працюють під тиском, товщиною від 4 до 160 мм з вуглецевих та низьколегованих (09Г2С, 09Г1СД, 09Г2СД, 10Г2С1 та ін) сталей поширюється ДСТУ 5520-79. Для сталей, що поставляються за цим стандартом, при механічних випробуваннях визначають тимчасовий опір, межу плинності, відносно подовження та ударну в'язкість (при температурах від +20 до -70 °С). Характер та обсяг випробувань визначають виходячи з призначення та умов роботи конструкції.

### **Вимоги споживачів**

1. Звужені допуски на геометричні розміри. Товщина листа повинна бути якомога ближче до нижньої межі поля допусків.

2. Максимальна планшетність при мінімальних внутрішніх залишкових напруженнях.

3. Поверхня листа має бути вільною від дефектів, з мінімальними слідами руйнувань.

4. Листи з підвищеною міцністю та гарантованою нижньою межею межі плинності.

5. Листи з покращеною поверхнею (антикорозійне покриття, декоративна поверхня).

Гарячекатану листову сталь отримують залежно від її сортаменту на станах лінійного типу, безперервних широкосмугових і напівбезперервних, станах з пічними моталками і планетарних станах. Листовий прокатки товщиною від 4 до 200 мм прокочується за технологією полистової прокатки на станах лінійного типу, а товщиною від 1,2 до 18 мм – на широкосмугових станах за технологією рулонної прокатки.

Найбільшим попитом користується гарячекатана смуга завтовшки 1,25...20,0 мм, а найчастіше 1,8...5,0 мм.

Шляхи підвищення якості листового прокату.

1. Удосконалення існуючих технологій та конструкцій станів.

2. Розробка та впровадження нових процесів прокатки.

3. Автоматизація.

Вихідними заготовками для листової сталі є зливки, катані і литі сляби. Виробництво листа на ЛПА.

### **Виробництво товстолистової сталі**

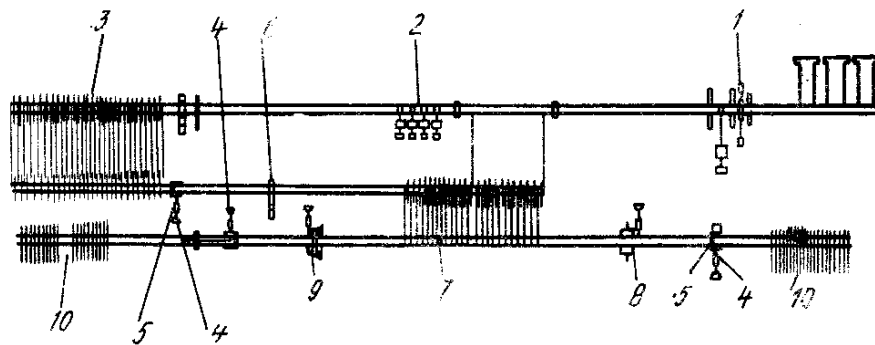
Листовий прокат товщиною понад 18 мм і шириною понад 1800...2300 мм отримують лише на листових станах лінійного типу. Найбільш поширені двоклітьові стани з розташуванням робочих клітей одна за одною. Продуктивність цих станів більша, ніж одноклітинних, якість поверхні листів краще (чистова кліть працює на очищеному від окалини гуркоті). У чистовій кліті

підвищується стійкість валків, отже, зменшується кількість перевалок на стані.

Існують двоклітьові стани наступних типів:

1. Чорнові та чистові кліті – тріо Лаута
2. Чорнова – дуо, чистова – тріо Лаута
3. Чорнова – дуо, чистова – кварто
4. Чорнова та чистова – кварто

Двоклітьові стани кварто забезпечують більшу точність. При цьому покращення якості поверхні та допусків досягається застосуванням безперервного розташування чистових клітей (рис. 21.1). Спостерігається тенденція виробництва товстолистого прокату з найменшими шириною і товщиною з усього діапазону розмірів на широкосмугових станах гарячої прокатки..



1 – реверсивна чорнова кліть; 2 – безперервна чистова група із чотирьох клітей; 3 – холодильник; 4 – ножиці поперечного різання; 5 – кромкокрошувальні ножиці; 6 – машина холодної правки; 7 – інспекційний стелаж; 8 – здвоєні кромкообрізні ножиці з плоскими ножами; 9 – дискові ножиці; 10 – бічний укладач

Рисунок 21.1 – Схема розташування обладнання товстолистого стану з безперервною чистовою групою

Довжина бочки валків товстолизових станів становить 2300...5500 мм.

Однак припущення про можливе розширення потреби в особливо широкіх (5000 мм і більше) товстих листів, що спричинило будівництво товстолизових станів 5500, не підтвердилося. Японські стани 5500 були споруджені для виробництва листів, призначених для будівництва великих танкерів, а також виготовлення труб великих діаметрів. Будівництво танкерів ємністю 750 тис. т відкладено, а для танкерів ємністю 300 тис. т потрібні листи шириною близько 4000 мм. Потреби ринку в трубах великого діаметру, для виробництва яких необхідні листи шириною 5100 мм, ще дуже незначні.

У зв'язку з цим більшість нових розробок у галузі обладнання та технології пов'язані з виробництвом товстих листів шириною близько 4000 мм. Для економічного виробництва готових листів шириною 1000 ... 2000 мм доцільно прокатувати листи подвійної ширини з подальшою поздовжньою різкою, що можливо завдяки прокатці з отриманням вузьких, стабільних допусків на товщину листа по всій його ширині.

Вихідними заготівками для прокатки товстолистової сталі є зливки і сляби. Зливки можуть мати масу до 60 т і більше. Їх застосовують при прокатуванні листів завтовшки понад 60 мм. При прокатуванні листів із злитків необхідно, щоб сумарне обтиснення було не менше 15-20 кратного. Це важливо для забезпечення заданої щільності, структури та мехвластивостей.

Залежно від хімічного складу, товщини листів і вимог до поверхні готової продукції прокатка товстого листа з зливка може бути здійснена за один переділ (злиток-лист) або в два переділи (злиток-пролураскат-лист).

Прокатка товстолистової сталі зі слябів (якщо це можливо з погляду габаритів готового листа) ефективніша (вища якість, підвищений вихід придатного). Середній вихід придатного при прокатці товстих листів зі слябів становить у світі 80...85 %, у Японії 92 % (регулювання форми листа, скорочення бічного та кінцевого обрізу).

Найбільш раціональними є сляби, що мають найменшу товщину та найбільшу ширину. Завдяки цьому кількість проходів зменшується, що сприяє значному збільшенню продуктивності стану. Довжина слябів для прокатки на станах лінійного типу часто обмежується довжиною бочки валків, так як сляби з довжиною більше за довжину бочки валків не дозволяють вести прокатку впоперек для розбивки ширини листа.

Якщо розбивку ширини листа не роблять, довжина слябу обмежується допустимими температурою кінця прокатки та різницею температур переднього та заднього кінців смуги.

При виборі розмірів слябу необхідно враховувати також умови роботи блюмінгу чи слябінгу цьому заводі. Сляби є вихідним матеріалом і при прокатці універсальної сталі. Ширину слябів у цьому випадку приймають більше ширини смуги на 20 ... 50 мм. Товщину і довжину слябів визначають виходячи з довжини смуги, що прокочується. Отже, і в цьому випадку чим менше товщина слябу, тим менше число проходів.

Схема двоклітьового стану 3600 заводу "Азовсталь" представлена на рис. 21.2. Листи 5-50x2000-3200 мм завдовжки 6...28 мм із слябів масою до 16 т. Плити 50-200x2000-3200 мм завдовжки до 12 м із злитків масою до 40 т. Продуктивність – 1,2 млн.т. на рік (2,5 млн. т). Загальна маса обладнання табору – 50 тис. т. Загальна потужність двигунів – 160 тис. т.

При гарячій прокатці листової сталі відбувається значне зниження температури. Щоб закінчити прокатку за необхідної температури, сляби слід нагрівати до максимально допустимої температури, оскільки значно знижується опір деформації.

Температура нагрівання слябів залежить від хімічного складу сталі та становить 1150...1280 °С. Тривалість нагріву залежить від товщини слябів, хімічного складу сталі та температури при їх посадці. Обмеження швидкості нагрівання холодного металу в інтервалі температур від 0 до 500 оС поширюється в основному на якісні та високолеговані сталі.

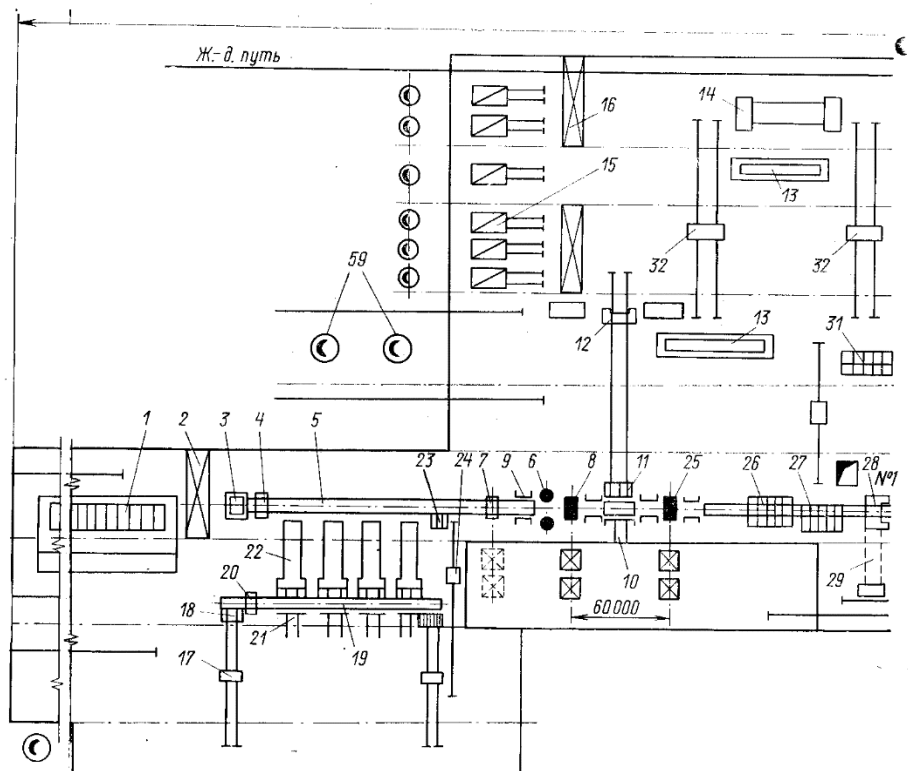
Товстолистову сталь на станах лінійного типу можна прокочувати різними способами. Останні залежить від ширини слябів, у тому числі прокочують листову сталь, і кінцевої товщини листа. У тих випадках, коли ширина

сляба дорівнює ширині листової сталі з необрізаними бічними кромками, сляб прокочують вздовж до необхідної товщини і довжини листа з припусками для обрізки переднього і заднього кінців.

Часто товстолистову сталь прокочують на станах лінійного типу зі слябів, ширина яких менша за ширину листової сталі. У таких випадках процес прокатки складається із трьох стадій.

У першій стадії (рис. 21.3 а) сляби прокочують уздовж для вирівнювання товщини, яка внаслідок зминання кінців при різанні на ножицях слябінгу і блюмінгу неоднакова. Крім того, прокатка слябу вздовж зменшує звуження кінців листа, яке буде тим менше, чим більша витяжка при прокатці слябу вздовж у перших проходах і чим більша ширина слябу.



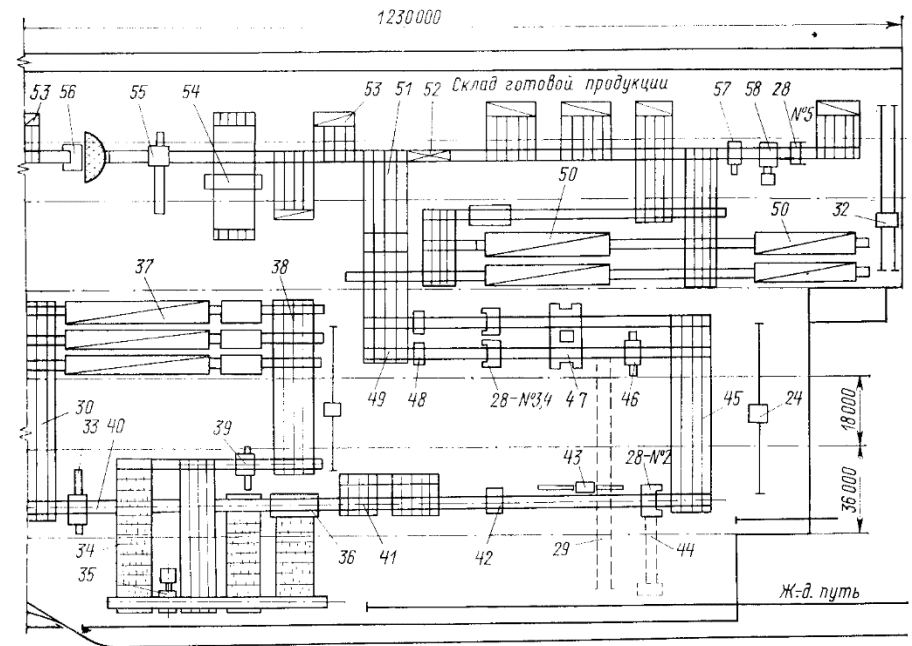


Устаткування для прокатки та оздоблення плит товщиною 50...200 мм

1 – нагрівальні колодязі; 2 - колодязевий кліщовий кран 50 т; 3 – стаціонарний перекидач злитків; 4 – поворотний пристрій із вагами; 5 – рольганг; 6 – двовалкова кліть із вертикальними валками; 7 - двовалкова кліть (горизонтальний окалиноломатель); 8 - чорнова реверсивна чотиривалкова кліть 3600; 9 – лінійки маніпуляторів; 10 - зіштовхувач плит; 11 - стіл, що підіймається-опускається; 12 - передавальний візок; 13 - стенд вогневої різання; 14 – стенд вогневої зачистки; 15 - камерні печі з висувним подом; 16 – мостові крани

Устаткування для прокатки та оздоблення плит товщиною 5...50 мм

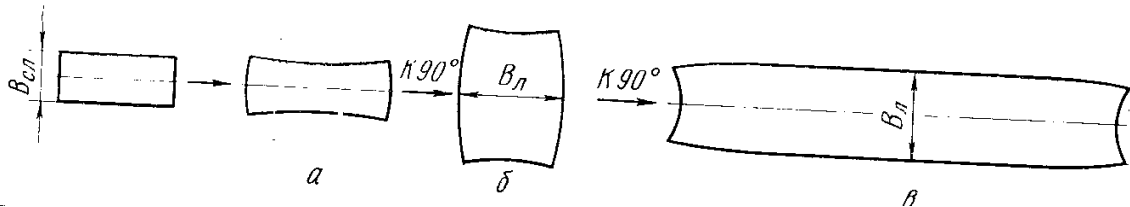
17 - візок для слябів; 18 - стіл, що піднімається, що опускається для стопи слябів масою до 64 т; 19 – завантажувальний рольганг; 20 – вбудовані ваги; 21 - пічні штовхачі; 22 – методичні печі; 23 – стелаж; 24 - візок; 25 - чистова реверсивна чотиривалкова кліть 3600; 26 - роликів гартувальна машина; 27 - кантувальник листів № 1; 28 - ножиці поперечного різання; 29 - транспортер обрізків; 30 - передавальний шлеппер; 31 – кишеня;



32 - передавальний візок; 33 - одинадцятироликів правильна машина (РПМ № 1); 34 - холодильник з дисковими роликів; 35 - семироликів правильна машина (РПМ № 2); 36 - охолодний пристрій; 37 – роликів печі для нормалізації листів; 38 - зворотний шлеппер; 39 - роликів правильна машина (РПМ № 3); 40 – рольганг;  
41 – інспекційний стелаж №1; 42 – ультразвуковий дефектоскоп; 43 - розмічувальна машина; 44 – транспортер планок (проб) для механічних та технологічних випробувань; 45 - інспекційний шлепперний стелаж № 2;  
46 - дискові ножиці для обрізання бічних кромок; 47 – кромкообрізні ножиці №№ 2 та 3 барабанного типу;  
48 - клеймові та маркувальні пристрої; 49 - передавальний шлеппер; 50 – печі для термічної обробки листів; 51 - шлеппери з кантувальниками; 52 - рольганг-ваги; 53 – кишені для листів; 54 – стелаж вогневий зачищення; 55 - роликів правильна машина № 4; 56 – ножиці № 5 з полем «гусячих шийок»; 57 – роликів правильна машина № 5 для листів завтовшки 5...20 мм; 58 – роликів правильна машина № 6 для листів завтовшки 20...50 мм;  
59 – димові труби

*Рисунок 21.2 – Схема двоклітьового стану 3600 заводу «Азовсталь»*

У другій стадії (рис. 21.3, б) сляби прокочують поперек для отримання необхідної ширини ( $V_{л}$ ) листової сталі. Цю стадію процесу прокатки зазвичай називають розбивкою ширини листової сталі. Для цього сляб після перших 2-4 проходів повертають на  $90^{\circ}$  і прокочують поперек його довжини. Після отримання необхідної ширини починається третя стадія прокатки – отримання необхідної довжини. Для цього гуркіт знову повертають на  $90^{\circ}$  і прокочують його вздовж (рис. 21.3, в).



$V_{сл}$  – ширина слябу;  $V_{л}$  – ширина готового листа; а – прокатка слябу вздовж; б – прокатка розкочування впоперек для отримання необхідної ширини листа; в – прокатка розкочування вздовж для отримання товщини та довжини листа

Рисунок 21.3 – Схема прокатки товстих листів зі слябів (ширина слябу менше ширини листа)

При прокатці товстолистової сталі зі слябів з шириною менше ширини листової сталі розбивку листа можна і не робити, якщо ширини листів буде виходити з довжини слябу, а довжина - із ширини слябу. Це досягається прокаткою слябу в поперечному напрямку. Такий спосіб прокатки зменшує анізотропність та покращує механічні та технологічні властивості зразків, вирізаних з листової сталі у поперечному напрямку. Однак цей спосіб може бути застосований тільки при прокатуванні листів зі слябів. Але довжина слябу обмежується довжиною бочки валка, що веде до значного зниження маси слябу і, отже, продуктивності стану.

Ширина злитків, що застосовуються для прокатки листової сталі, завжди менша за ширину листів. Тому процес прокатки товстолистової сталі з злитків також складається з трьох стадій: прокатки злитків вздовж для зняття конусності і вирівнювання товщини по довжині, прокатки поперек для отримання необхідної ширини листової сталі і прокатки в поздовжньому напрямку для отримання необхідної довжини листової сталі. На старих станах лінійного типу прокатку зливка або сляба для отримання необхідної ширини листа часто ведуть із завданням не по довжині, а на кут.

У цьому випадку в перших проходах злиток прокочують вздовж для зняття конусності і забезпечення однакової товщини по довжині, після чого проводять прокатку на кут. Для отримання гуркоту прямокутної форми при прокатці на кут гуркіт задають у валки то одним, то іншим кутом. При прокатці на кут збільшується довжина і ширина гуркоту, причому це збільшення залежить від кута завдання; чим більше кут завдання, тим менше збільшується

ся ширина гуркоту. Для прискорення розбивки ширини кут завдання зазвичай приймають у межах 10...20 °.

Перевагою прокатки на кут при розбивці ширини листа є поступове збільшення зусилля металу на валки під час захоплення. Завдання розкату довгою стороною паралельно осі валків викликає ударне навантаження на валки, але скорочує тривалість прокатки і зменшує кількість відходів при обрізанні бічних кромek переднього і заднього кінців листа. Тому на сучасних станах лінійного типу, обладнаних маніпуляторами і кантувачами і прокатують листи з порівняно широких слябів, прокатку на кут при розбивці ширини листа не застосовують.

На двоклітьових листових станах лінійного типу близько 80% обтискання здійснюється в чорновій клітці і лише близько 2% - в чистовій, що забезпечує однакову завантаження цих клітей у часі. Залежно від товщини листа та слябу товщина підкату, що надходить у чистову клітці, різна. Наприклад, при прокатуванні на цих станах листів завтовшки 4...25 мм товщина підкату становить 15...50 мм.

Прокатка в чорнових клітках двоклітьових листових станів здійснюється при високих температурах. Температура початку прокатки в цих клітках обмежується допустимою температурою нагрівання слябів і знаходиться в межах 1150...1200 °С. Температура кінця прокатки в цих клітках залежить від товщини слябів, товщини підкату, числа проходів та часу прокатки і практично становить 1000...1100 °С. При такому зниженні температур прокатки режими обтискань у чорнових клітинах можуть бути однаковими для всіх сталей, що прокочуються, оскільки опору деформації останніх при даних температурах розрізняються незначно. Зниження температури після кожного проходу можна визначити за формулою В. А. Тягунова:

$$\Delta t = (z / h)(t - 400) / 16,$$

де  $t$  – температура смуги, що прокочується в попередньому проході, °С;

$h$  – товщина смуги, що прокочується в попередньому проході, мм;

$z$  – час проходу та наступної паузи, с.

Температура початку прокатки листів з вуглецевих сталей у чистовій клітці двоклітьових станів зазвичай не нижче 950 °С. Нормальною температурою кінця прокатки, що забезпечує дрібнозернисту структуру і не призводить до наклеп, можна вважати температуру в межах 800...900 °С.

Для отримання задовільної структури металу після прокатки листи охолоджують на рольгангу холодильника з ребристими роликками, встановленими за чистовою кліткою стану. Над роликками і внизу між ними знаходяться колектори з форсунками, приєднаними до цехових магістралей води та повітря. Гарячі листи, що знаходяться на рольгангу, охолоджуються водяним пилом з форсунок до 600...700 °С.

Режим обтискання листової сталі на станах лінійного типу повинен забезпечити прокатку за мінімальне число проходів. У більшості випадків обтискання обмежується міцністю валків лише в окремих випадках доводиться

враховувати обмежуючий вплив інших факторів. Наприклад, пластичність сталі доводиться враховувати лише в перших проходах при прокатуванні листів зі злитків легованої сталі. У перших проходах обтиск може бути обмежено кутом захоплення.

Обтискання у чорнових реверсивних двовалкових клітках у перших проходах може обмежуватися потужністю двигуна, а в останніх – міцністю валків.

Обтискання за прохід визначається із зусилля, що допускається міцністю валків. Його можна визначити за формулою:

$$P = 0,8D^3R_b / (2a - b),$$

де  $D$  – діаметр валка, мм;

$a = L + 1$  – довжина бочки і шийки валка, мм;

$b$  – ширина листа, що прокочується, мм;

$R_b$  – допустиме напруження на вигин МПа.

Залежно від матеріалу валків і способу їх виготовлення можна приймати наступні значення напружень, що допускаються на вигин, МПа: 70...80 – чавунні; 80 ... 90 - чавунні леговані; 100 ... 120 - литі сталеві; 120 ... 140 - ковани сталеві; 140...160 – ковани із легованої сталі.

У чотиривалкових клітках обтискання за прохід часто обмежується міцністю шийки опорних валків. Тому обтискання за прохід, певне залежно від міцності бочки опорного валка, необхідно перевірити по міцності шийки.

Зусилля прокатки, що допускається міцністю шийки опорного валка, можна визначити за формулою:

$$P = 0,4d_{оп}^3 R_b / l_{ш},$$

де  $d_{оп}$  – діаметр, мм;

$l_{ш}$  – довжина шийки, мм.

Тиск металу на валки кожному проході не повинен перевищувати зусилля, що допускається міцністю валків, і може бути визначено за формулою:

$$P = p_{cp} b l = p_{cp} \sqrt{R \Delta h b}.$$

З цієї формули випливає, що обтискання за прохід  $\Delta h = (P / p_{cp} b)^2 / R$ . Повний тиск металу на валки зазвичай визначають за формулою:  $P = F p$ .

Проекцію контактної площі металу знаходять із виразу:

$$F = 0,5(b_1 + b_2) \sqrt{R \Delta h}.$$

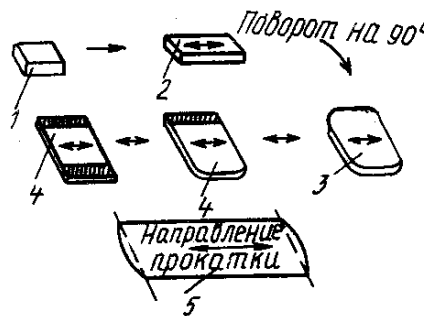
## ЛЕКЦІЯ 9 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТКИ ТОВСТИХ ЛИСТІВ

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

У зв'язку з тим, що проблема економії металу в даний час стоїть найбільш гостро, 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 товстолистого прокату підвищення виходу придатного домагаються різними шляхами, основний з яких передбачає усунення різнотовщинності по довжині листа, крайової та центральної хвилястості, а також отримання заданого профілю листа та прямокутної форми поверхні.

Нова технологія, впроваджена на товстолистому стані заводу фірми «Кавасакі сейтецу» в Тібі, забезпечує економію до 1,5% металу в результаті скорочення обрізу бічних і торцевих кромek товстого листа. Спочатку метал обтискається в еджерній клітці і незважаючи на те, що бічні кромки при цьому стають опуклими внаслідок різниці пружного повернення середини і кінців гуркоту, кінцевий обріз зменшується.

Далі метал піддається поперечній прокатці з додатковим обтисканням кінців розкочування (різнотовщинна прокатка), що досягається нахилом верхнього валка поперемінно в одну і іншу сторону при двох додаткових проходах. Різнотовщинна прокатка дозволяє також заповнити кути на кінцях розкочування. Схема прокатки за даною технологією представлена на рис. 21.4.

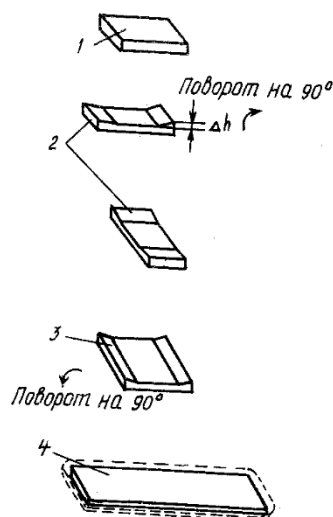


1 – сляб; 2 – розкот після еджерної та поздовжньої прокатки; 3 – розкот після поперечної прокатки; 4 – розкочування після різнотовщинної прокатки; 5 – лист, остаточної форми (пунктиром показано форму листа після звичайної прокатки)

Рисунок 21.4 – Схема прокатки товстих листів за новою технологією

Аналогічні цілі (усунення хвилястості та покращення профілю товстого листа) були поставлені при розробці нового способу прокатки фірмою «Ніппон кокан», Японія, який застосовують на товстолистовому стані 4700 заводу фірми у Фукуямі. Після перших двох проходів гуркіт повертають на  $90^\circ$  і прокочують за один прохід зі слабким обтисканням переднього та заднього кінців. Таким чином отримують гуркіт з потовщеними кінцями, після чого метал повертають у вихідне положення (другий поворот на  $90^\circ$ ) і далі ведуть прокатку за звичайною технологією. Завдяки потовщеним боковим граням заповнюються кути, і досягається правильна прямокутна форма листа (кінці листів не мають «мов»). Цей спосіб можна розглядати як протилежний способу, впровадженому на заводі в Тібі. Але результат застосування обох однаковий: значно підвищується якість товстого листа. Для можливості отримання та прокатки гуркоту з потовщеними кінцями стан повинен бути оснащений швидкодіючим гідравлічним натискним пристроєм. Впровадження на стані 4700 нового способу дозволило збільшити вихід придатного на 3 внаслідок скорочення обрізу.

Відходи металу при прокатуванні товстого листа пов'язані з поздовжньою та поперечною різнотовщинністю. З метою скорочення втрат металу в обріз фірмами USINOR (ЮЗИНОР) і CLECIM (КЛЕСІМ), Франція, розроблений технологічний процес прокатки EGO, який передбачає утворення потовщень на кінцях розкочування у формотворчих проходах продольної і поперечної прокатки. При наступному прокочуванні ці потовщення зменшуються. Основні положення процесу EGO аналогічні технології розробленої фірмою «Ніппон кокан», Японія. Але на відміну від японської технології в процесі EGO потовщені кінці утворюються першим поворотом розкату на  $90^\circ$ . На рис. 21.5 наведено схему процесу EGO.



1 – сляб; 2 – форма розкочування після поздовжньої прокатки ( $\Delta h$  величина потовщення на кінці); 3 – форма гуркоту після поперечної прокатки; 4 – форма готового листа (пунктиром дана форма листа при звичайній прокатці)

Рисунок 21.5 – Схема процесу EGO

Величина потовщення та довжина слябу задається за допомогою ЕОМ. Стандартна величина потовщення становить 10 мм при довжині 200 ... 500 мм. Швидкість натискних пристроїв при формуванні потовщених кінців становлять близько 20 мм/с.

Зниження відходів металу в бічну обріз досягається зменшенням різновиди по довжині розкочування. Розмір ширини залежить від режиму обтискання, ширини і товщини гуркату при поперечній прокатці. Ці параметри використовуються ЕОМ управління процесом прокатки для визначення даних формотворчого проходу. Для зменшення кінцевого обрізу останній поперечний прохід роблять формотворчим. При цьому вихід придатного підвищується більш ніж на 1 %.

При виробництві товстолистого прокату на реверсивних станах, які мають у своєму складі кліті з вертикальними валками, перерозподіл сумарного обтискання між парними та непарними проходами дозволяє підвищити вихід придатного. Ширина переднього кінця розкочування при прокатуванні у вертикальних валках менше, ніж ширина середньої частини. У процесі прокатки горизонтальних валках на кінцях, особливо задньому, виникає додаткове розширення. Розроблено схему прокатки товстого листа, що передбачає два варіанти. За першим варіантом сляб без обтискання подається на вихідну сторону кліті з вертикальними валками, після чого встановлюють необхідний зазор між валками і виконують обтискання бічних граней сляба, що надходить у кліть заднім кінцем. Таким чином отримують гуркіт, ширина заднього кінця якого менше ширини переднього кінця. У непарних проходах реверсивної прокатки у горизонтальних валках відбувається переважно розширення заднього кінця гуркату, а в парних – переднього.

За другим варіантом сляб стискають у кліті з вертикальними валками за звичайною схемою, після чого його кантують на 180 ° і заднім кінцем задають у кліть із горизонтальними валками. Застосування такого способу також дозволяє компенсувати спотворення форми розкату. Ця схема з кантуванням слябу застосована на товстолистому стані 3600 металургійного комбінату «Азовсталь». Її використання сприяло збільшенню виходу придатного на 8 кг/т прокату.

З метою зменшення витрати металу при прокатуванні товстого листа застосовують профільовану прокатку в кліті з вертикальними валками. Ці валки обтискують середню частину слябу більшою мірою, ніж кінці, внаслідок чого утворюється гуркіт увігнутої форми; це компенсує розширення при розбивці ширини. Таким чином, при поздовжній прокатці опуклість розкату по ширині або знижується, або усувається. Випуклість залежить не тільки від таких параметрів, як витяжка при поздовжній прокатці і ступінь зносу валків чорнової кліті, але і від розмірів перерізу слябів і листів.

У зв'язку з тим, що при прокатуванні в кліті з вертикальними валками через великі обтискання на широких гранях слябів з'являлися «напливи», що призводять до утворення поверхневих дефектів на нижній стороні листів, застосували профільовані вертикальні валки з буртами, верхня частина яких представляє собою плавну криву з дуг кіл.



Після прокатки в горизонтальних валках профільований гуркіт набуває характерної форми з прямолінійною середньою частиною і опуклими ділянками на кінцях.

В результаті профілювання гуркоту досягається зниження витрати металу в бічну обріз 8 кг/т.

На товстолистових станах застосовують валки з неоднаковим профілюванням, при виборі яких враховуються різні фактори, у тому числі величина обтискання, зношування та теплове розширення валків. Розроблено профілювання робочих та опорних валків. Робочі валки мають увігнутий профіль бочки з прямолінійною ділянкою посередині, а опорні – опуклий профіль зі скосами на краях. Таке профілювання усуває вплив зазору між робочими і опорними валками на поперечну різнотовщинність. Її застосування на товстолистових станах дозволило знизити поперечну різнотовщинність на 20...50 %.

### **Нові конструктивні рішення**

1. Установка ГНУ.
2. Системи протизгинання, в т.ч. у поєднанні зі верстатним і тепловим профілюванням.
3. Комплексне застосування засобів автоматизації.
4. Збільшення жорсткості клітей ( $\emptyset$  опорних валків та станин) при контрольованій прокатці.

Ножиці поперечного різання листів з «різом, що котиться» призначені для відрізки переднього і заднього дефектних кінців листового гуркоту, вирізки проб, різання гуркоту на мірні листи (рис. 21.6).

«Різ, що котиться» забезпечує:

- виняток деформації відрізається листа;
- чисту та гладку поверхню різання;
- короткий час різання і незначні крутні моменти, внаслідок невеликого ходу верхнього ножа.

Ножиці оснащені:

- Механізмом регулювання горизонтального зазору між ножами;
- мірювальними роликками, що забезпечують безперервну зупинку розкочування на різ;
- зіштовхувачем обрізків.

Ножиці можуть різати метал як у холодному, так і гарячому стані.

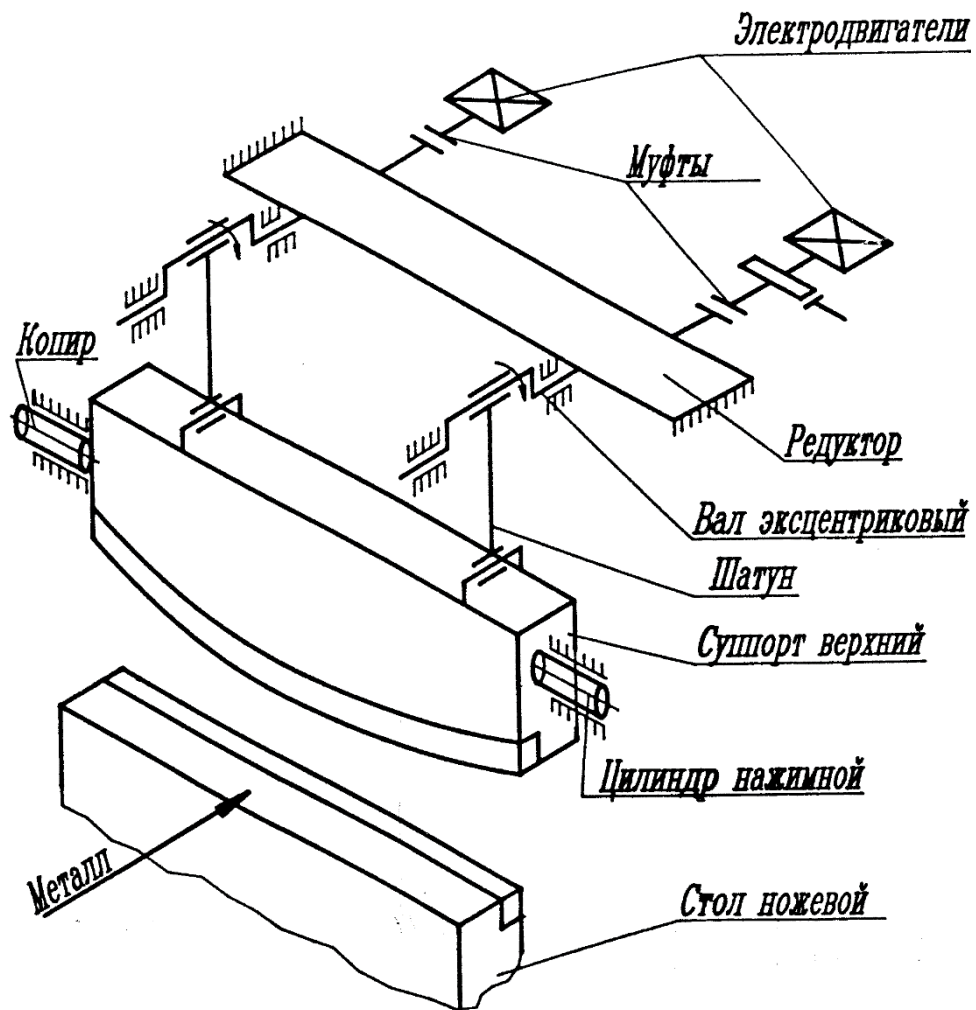


Рисунок 21.6 – Ножиці поперечного різання з «різом, що котиться»

Технічна характеристика.

Характеристика металу, що розрізається:

Товщина, мм	– 5...40
Ширина, мм	– до 3450
Межа міцності, МПа	– до 1000
Відносне подовження, %	– до 32
Найбільше зусилля різання, кН	– 15200
Найбільша кількість ходів, ход/хв	– 20
Найбільша кількість різів, різ/хв	– 6

## ЛІТЕРАТУРА

1. Gupta N. K. Steel Rolling: Principle, Process & Application. CRC Press, 2021. – 527 p.
2. Дослідження процесів виготовлення плющеної стрічки та її використання для електроконтактного наплавлення: монографія / С. М. Грибкова, О.В. Бережна, Е.П. Грибков, В.Д. Кассов; Донбас. держ. машинобуд. акад. (ДДМА). - Краматорськ : ДДМА, 2018. - 161 с. - 978-966-379-850-9
3. Бережна О. В., Малигіна С. В., Грибков Е. П. Комп'ютерне моделювання та оптимальне проектування: навч. посіб. - Краматорськ:ДДМА,2020 .-132 с.-978-966-379-932-2
4. Бережна О. В., Малигіна С. В., Грибков Е. П. Системи автоматизованого проектування : навч. посіб. - Краматорськ:ДДМА,2020 .-96 с.-978-966-379-933-9
5. Основи автоматизованого проектування технологічного обладнання. Лабораторний практикум : посібник [для студентів технічних спеціальностей] / Е. П. Грибков. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 67 с. - 978-617-7889-21-1
6. Mazur V. L., Nogovitsyn, O. V. Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications. CRC Press, 2018 – 494 p.
7. Zhao J., Jiang Z. (Eds.). Rolling of advanced high strength steels: theory, simulation and practice. CRC Press. 2017. - 644 p.
8. Vladimir B. Ginzburg. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels. CRC Press. 2019. 726 p.
9. Іванченко Ф.К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів / Ф.К. Іванченко, В.М.Гребеник, В.І.Ширяєв . – К.: Вища шк., 1995. – 455с
10. Ніколаєв В. О. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II / В. О. Ніколаєв, В. Л. Мазур. – Запоріжжя : ЗДІА, 2000. – 220 с.