

## 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА НАПІВПРОДУКТУ

### 4.1. Обладнання для виготовлення напівпродукту

Напівпродукт служить вихідним матеріалом при виробництві різних прокатних виробів на станах.

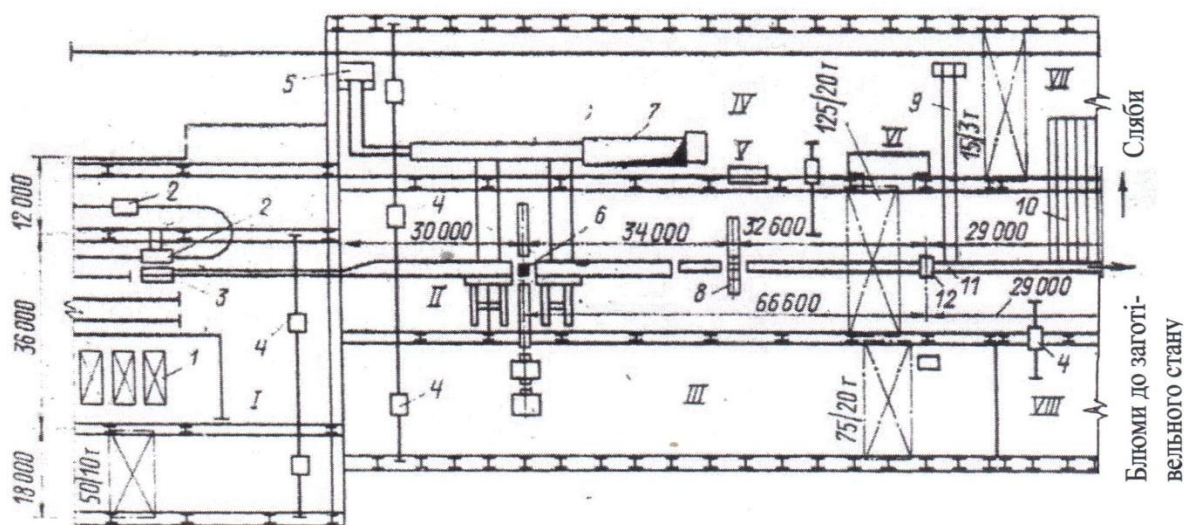
До напівпродуктів відносять блюми зі стороною перерізу 150-400 мм, заготовки 50-240 мм, сляби товщиною до 350 мм і шириною до 2500 мм.

Напівпродукти виробляють на блюмінгах, слябінгах і заготовочних станах. Найбільш поширені одноклітьові блюмінги. По діаметру валків їх підрозділяють на малі ( $\varnothing$  850-1000 мм), середні ( $\varnothing$  1050-1170 мм) і великі ( $\varnothing$  1200-1500 мм).

На блюмінгу можна прокатувати і блюми, і сляби, а на слябінгу – тільки сляби.

Малі блюмінги використовують в якості обтискних клітей заготовочних і рейкобалочних станів.

На рис. 4.1. представлена схема блюмінга 1300. Він розташований в чотирьох прольотах – пічному (I), станом або головному (II), машинному (III), скрапном (IV) і ад'юстажному (V). Злитки зі стріперного відділення сталеплавильного цеху надходять в пічний проліт.



**Рисунок 4.1** – Схема блюмінга 1300 з кільцевою зливкоподачею: I – проліт нагрівних колодязів; II – проліт стана; III – електромашинний зал; IV – скрапний проліт; V – склад слябів; 1 – нагрівні колодязі; 2 – зливковози; 3 – приймальний рольганг; 4 – бункір для окалини; 5 – робоча кліть блюмінгу; 6 – яма для окалини; 7 – машина вогневого зачищення; 8 – ножиці; 9 – конвеєр для прибирання обрізі; 10 – рольганг; 11 – ад'юстаж

Мостовим кліщовим краном злитки садять в нагрівальні колодязі – регенеративного або рекуперативного типів. В силу ряду недоліків, властивих регенеративним колодязів (прямий контакт факела зі злитком, нерівномірний нагрів, відсутність представницької точки для контролю температури в осередку та інш., частіше використовують колодязі рекуперативного типу.

До 90% злитків садять в колодязі в гарячому стані, що приблизно вдвічі скорочує час нагрівання злитків і відповідно витрата палива і втрати металу в окалину.

Залежно від температури розрізняють злитки гарячого посаду, теплого і холодного посаду з температурою відповідно вище 800°C, від 400 до 800°C і нижче 400°C.

З колодязів нагріті злитки кліщовим краном укладають на зливковози - човникового або кільцевого типу 3. Човникові мають обмежену пропускну здатність і є вузьким місцем у технологічному ланцюжку, особливо при подачі зливків від подальших осередків. Тому більш високопродуктивні кільцеві зливковози. На кільці розташовують до 3-4 візків, що переміщаються зі швидкістю до 6 м/сек. Бічним штовхувачем 2 зі зливковозів злитки зіштовхують на поворотний стіл, далі на приймальний рольганг і по ньому передають в становий проліт до блюмінга 5, де їх прокочують на блюми або сляби. Головною особливістю блюмінга є можливість підйому верхнього валка між проходами на висоту до 1500 мм і реверсу валків, що забезпечує прокатку зливків в прямому і зворотному напрямках до отримання розкатів заданих розмірів.

Для калібрування валків блюмінга використовують систему ящиків калібрів з послідовним або симетричним розташуванням калібрів (рис. 4.2, 4.3). Сила прокатки на блюмінгу досягає 18 МН, момент прокатки – до 5 МНм. Привід валків здійснюється від одного двигуна через шестеренну кліть або індивідуально на кожний валок. Сумарна потужність двигунів до 12 тис. кВт. Передача розкату з калібру в калібр уздовж осі валків здійснюється маніпуляторами. У лінійці переднього маніпулятора з боку приводу вмонтований крюковий кантувач. За блюмінгом розташовані машина вогневої зачистки 7 і далі – ножиці 8. На машині вогневої зачистки (МВЗ) видаляють поверхневі дефекти. В залежності від площі і глибини зачистки втрати металу становлять до 3%. На ножицях видаляють передній і задній кінці розкату і ріжуть його на мірні довжини. Тут же передній торець кожного блюма і сляба клеймом наносять паспортні дані злитка. Головну і донну обрізь з під ножиць похилим транспортером 9 передають у скрапний проліт на залізничні платформи.

Ножиці кривошипно-шатунні, забезпечують зусилля різання до 16 МН і число різів до 12 в хв.

Від ножиць частина блюмів по рольгангу 10 направляють на безперервно-заготівельний стан (НЗС), а інша частина і сляби по транспортеру 11 – на ад'юстаж для охолодження та ремонту.

Продуктивність блюмінга 1150 складає 3-4 млн. т/рік, а блюмінга 1300 – до 6 млн. т/рік (по всьому).

***Існує два способи розташування калібрів на валках блюмінгу:***

- послідовне – широкий калібр розташовується з краю бочки валка (рис. 4.2);

- симетричне – широкий калібр розташовується посередині (рис. 4.3).

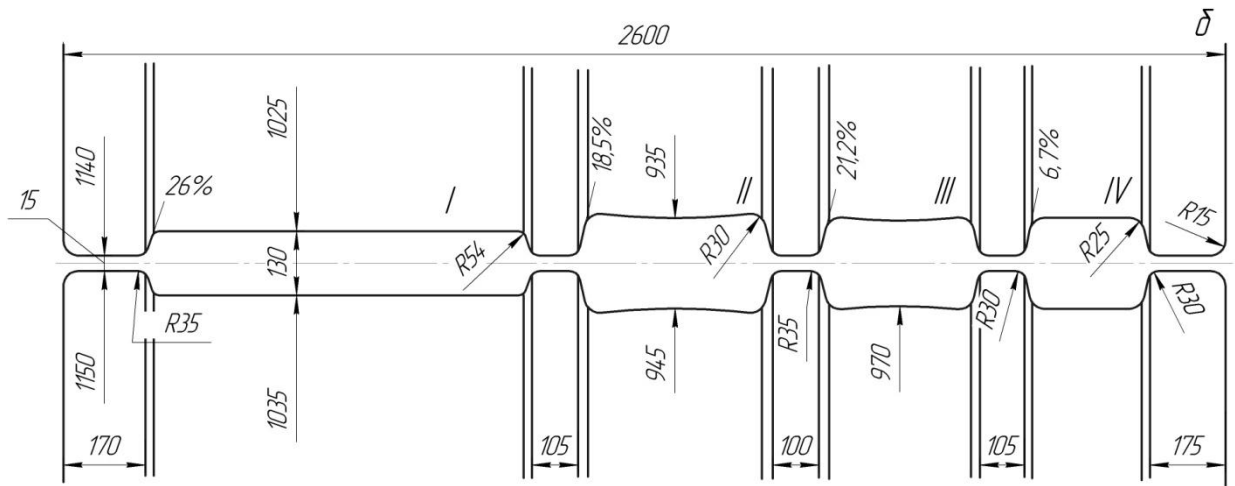


Рисунок 4.2 – Послідовне розташування калібрів на валку блюмінгу

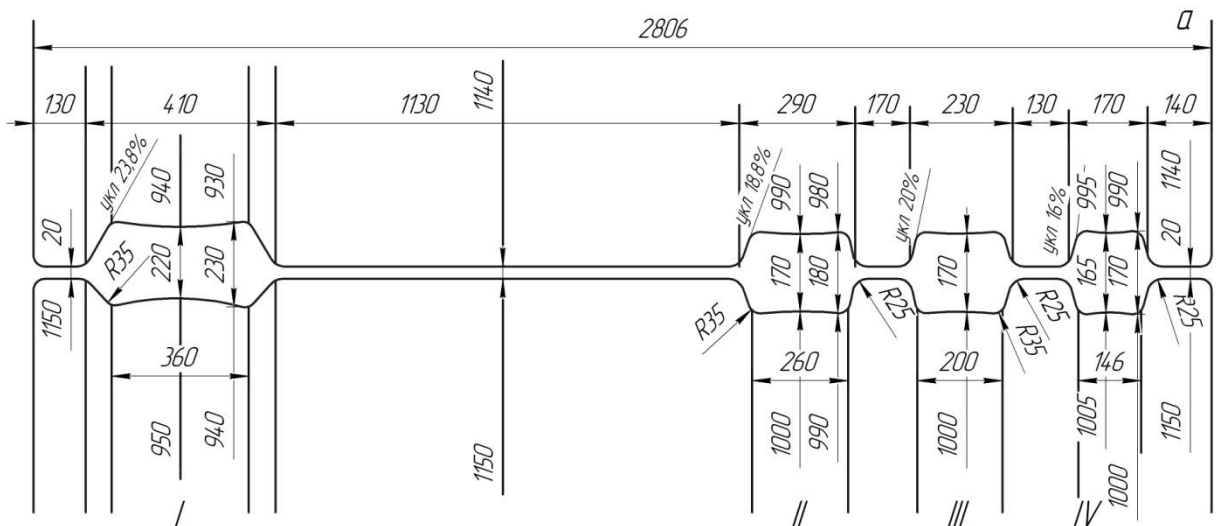


Рисунок 4.3 – Симетричне розташування калібрів на валку блюмінгу

**Переваги симетричного розташування.** При симетричному розташуванні підшипники мають більш рівномірне навантаження.

**Недоліки симетричного розташування:** зменшується продуктивність прокатного стану, бо збільшуються паузи на переміщення смуги від калібру до калібру.

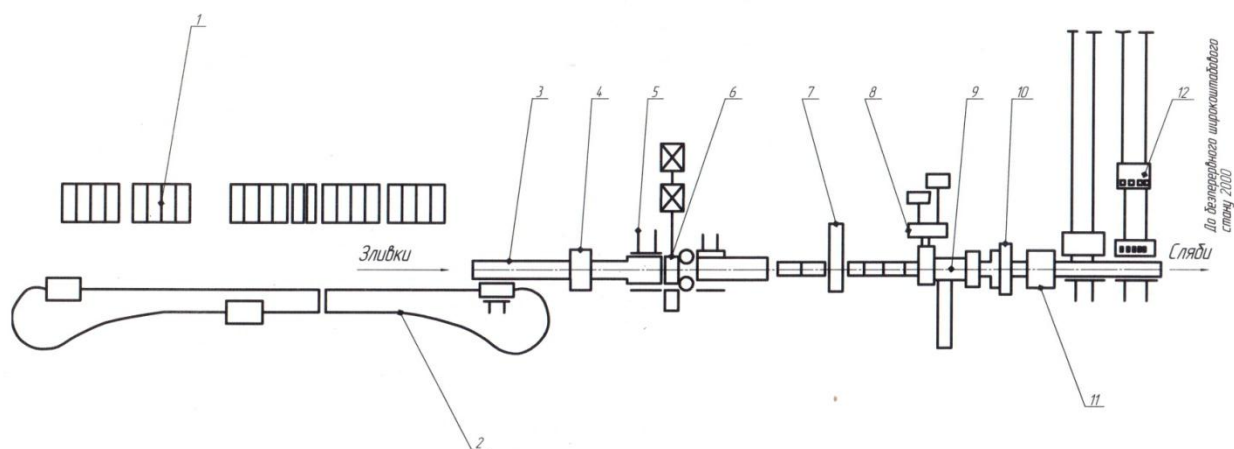
Симетричне розміщення калібрів використовують, коли у сортаменту блюмінгу є сляби.

При великих масштабах виробництва листової сталі – основне обтискне обладнання – слябінг. Слябінги за складом і розміщенням обладнання багато в чому аналогічні блюмінгу. Головною відмінністю слябінга є наявність крім горизонтальних валків пари вертикальних, розташованих перед або за кліттю. Крім того валки слябінга не калібровані, а гладкі. Схему ланцюга апаратів слябінгу 1250 наведено на рис. 4.4.

Стан призначено для виготовлення слябів товщиною 150...300 мм, шириною 750...1850 мм і довжиною 2,5...10,5 м. Для прокатки слябів використовують зливки масою 18...38 т [1].

**Опис технологічного процесу прокатки слябів на слябінгу 1250 (рис. 4.4)**

Перед прокаткою зливки нагрівають у рекуперативних нагрівальних колодязях 1. Тут на спеціальній естакаді, піднятій на 3,5 м над рівнем підлоги цеху, розміщено 12 груп колодязів по чотири камери в кожній. Продуктивність однієї камери 120-150 тис.тонн за рік при температурі посаду злиwkів 800-900°C. Нормальною вважається робота нагрівальних колодязів з 95% гарячого посаду злиwkів. Зливки залежно від марки сталі нагрівають до 1100-1250°C.



**Рисунок 4.4 – Схема розміщення устаткування слябінга 1250:**

- 1 – нагрівальні колодязі; 2 – кільцева зливкоподача; 3 – приймальний рольганг; 4 – ваги;
- 5 – маніпулятор кантувач; 6 – універсальна робоча кліт 1250; 7 – машина вогневої зачистки; 8 – ножиці з зусиллям різання 28 МН; 9 – конвеєр прибирання обрізків;
- 10 – клеймувальна машина; 11 – ваги слябів; 12 – прибирання слябів

Нагріті до температури прокатки зливки витягують кліщовими кранами і кладуть на зливковоз. Кришки колодязів відкривають і закривають підлогово-кришковим краном. Зливковоз переміщається по кільцевому шляху 2 з максимальною швидкістю на прямолінійній ділянці до 5,4 м/с. На замкненому кільцевому шляху звичайно знаходиться чотири зливковози. Кожний з них доставляє злиwок до приймального рольганга 3 і зупиняється у місця вивантаження. Із зливковоза зіштовхувачем злиwок скидають на приймальний рольганг 3, який транспортує його до робочої кліт 6. По шляху проходження злиwок зважують на вагах 4.

У робочу універсальну кліт злиwок задається «на ребро» для одержання при прокатці в горизонтальних валках потрібної ширини слябу. Потім злиwок кантують за допомогою маніпулятора-кантувача 5 на 90° і ведуть прокатку з абсолютним обтиском  $\Delta h = 70-80$  мм при швидкості

прокатки від 2,0 до 4,2 м/с. Ритм прокатки одного зливка становить 100-140 с, двох зливків – 150-200 с.

Універсальна кліть слябінга 1250 включає горизонтальні валки діаметром 1250 мм і довжиною бочки 2400 мм. Привод обертання кожного валка індивідуальний від двоякірного електродвигуна потужністю 2х3750 кВт з частотою обертання 45-80 об/хв. Вертикальні валки кліті мають діаметр 1000 мм і довжину бочки 2300 мм. Привод їх індивідуальний від вертикальних електродвигунів потужністю 2500 кВт з частотою обертання 60/110 об/хв.

Після прокатування в обтискних клітях сляб передають на машину вогневого зачищення 7, яка призначена для зачистки сляба за його рухом. Поверхню слябу зачищають від тріщин, закатів окалини і раковин вогневим різанням шляхом оплавлення і виведення поверхневого шару металу.

Розрізання розкату на мірні частини і обрізання дефектних кінців виконують ножицями 8 з зусиллям різання 28 МН. Обрізки переднього і заднього кінців в розкаті складають 10-15 % маси початкового зливка. Їх збирають ланцюговим конвеєром 9 і вантажать у вагони.

Мірні сляби клеймують на клеймувальній машині, зважують на вагах 11 і прибирають.

### **Продуктивність обтискного стану**

Ділянки й лінії блюмінгів і слябінгів мають відповідати продуктивності обтискного стану, яка визначається як кількість металу, що прокатується на стані за одиницю часу (годину, добу, рік). Звичайно продуктивність визначають за масою придатного прокату, одержаного після обробки. Однак продуктивність блюмінгів і слябінгів визначають за посадом, тобто за масою прокатаних зливків.

Продуктивність обтискного стану, т/год:

$$П = \frac{3600 \cdot G}{T_p} K_{вс}, \quad (4.1)$$

де  $K_{вс} = 0,9$  – коефіцієнт використання стану;

$T_p$  – ритм прокатки, с:

$$T_p = \sum t_m + \sum t_n, \quad (4.2)$$

де  $\sum t_m$  – сума машинного часу, протягом якого метал перебуває у валках, с;

$\sum t_n$  – сумарний час усіх пауз.

Час знаходження металу у валках за період одного проходу, с:

$$t_m = \frac{191}{n_2} \cdot \frac{L}{D} + \frac{a_p + a_c(n_2 - n_1)^2}{2a_p a_c n_2}, \quad (4.3)$$

де  $n_2$  – максимальна частота обертання валків у період проходу,  $s^{-1}$ ;

$L$  – довжина розкату металу, м;

$D$  – діаметр валка в калібрі (для блюмінга) або діаметр бочки валка (для слябінга), м;

$a_p, a_c$  – прискорення розгону й сповільнення валків із розкатом,  $m/c^{-2}$ ;  
 $n_1$  – частота обертання валків при захваті й викиді металу,  $c^{-1}$ .

#### 4.2. Розрахунок режимів обтиснень при прокатуванні на блюмінгу

При розрахунку режимів обтиснень вирішуються наступні задачі

- визначення кількості проходів,
- режиму обтиснення,
- складання схеми прокатки зливка у блюмі,
- вибір розташування калібрів на валках та встановлення їх розмірів.

Звичайно у валках блюмінгу знаходиться від 3-х до 5-ти ящиккових калібрів(у кожному смуга прокатується декілька раз (до 8 раз). Розмір обтиснення у кожному калібрі регулюється зміною положення верхнього валка.

Як правило перші 6-8 проходів виконують у 1 калібрі – *гладка бочка*. В даному калібрі прокатка відбувається з вільним уширенням.

Наступні проходи виконуються в ящиккових калібрах з обмеженим уширенням. Завдяки тому, що у валках блюмінгу є калібр – *гладка бочка*, який не потребує сувороцентрованої подачі зливка у валки.

Тому зменшується допоміжний механізм. Завдяки даному калібру можна прокатувати не тільки блюми, але й сляби.

При виборі режиму обтиснення бажано скоротити кількість проходів і кантовок. Але режим обтиснень не повинен перевищувати допустимі зусилля прокатки, викликати недопустимі перевантаження двигуна.

Звичайно, середнє обтиснення при прокатці блюмів вуглицевих і легованих сталей складає 65-80 мм, макс = 80-140 мм.

При прокатці слябів обмежуються головним чином міцністю валків і потужністю двигуна.

Середнє обтиснення в цьому випадку 40-55 мм.

Для одноклітьових блюмів кількість проходів непарна. Для двоклітьових – парна. Після визначення кількості переходів складають схему прокатування, де вказують порядок кантування. Перше кантування рекомендується після другого проходу(після зняття конусності зливка).

На деяких підприємствах перше кантування відбувається після 4-6 проходів.

Узгоджено зі схемою обтиснення визначають кількість та розміри калібрів, які розташовані за довжиною бочки валка.

При проектуванні валка блюмінгу необхідно врахувати можливість прокатування у тих же калібрах блюмів і слябів.

При симетричному розташуванні калібрів вріз по бочці не виконують. Ширину калібру приймають за його дном менше на 10 мм мінімальної ширини смуги, яка прокатується у калібрах.

При прокатці слябів ширину гладкої бочки беруть на 100-200 мм більше максимальної ширини слябу.

При прокатці тільки блюмів ширину гладкої бочки приймають на 100-150 мм більше максимальної ширини зливка.

Глибина врізу калібра робиться з таким розрахунком, щоб між бортами залишився деякий зазор.

### Приклад розрахунку режиму обтиснень на стані 1300 цеху «Блюмінг-2»

Загальний хід розрахунку приймаємо за методикою А.П.Чекмарьова [8]

#### Вхідні данні:

Переріз зливка  $970 \times 840/905 \times 775$  (мм), довжина  $L = 2500$  мм, вага 12,5 т, сталь конструкційна 45, кінцевий переріз блюма  $320 \times 320$  мм. Діаметр валків  $D_6 = 1300$  мм, валки сталеві ковані. Температура початку прокатки  $T_{\text{П}} = 1200^\circ\text{C}$ , кінця  $T_{\text{К}} = 1140^\circ\text{C}$ . Валки приводяться у дію від двигунів потужністю 6800 кВт.

#### Розрахунок

Для попереднього визначення режиму обтиснень обираємо на підставі заводських даних приблизну кількість калібрів та їх розміри. На рис. 4.5 показаний калібр валка стану 1300.

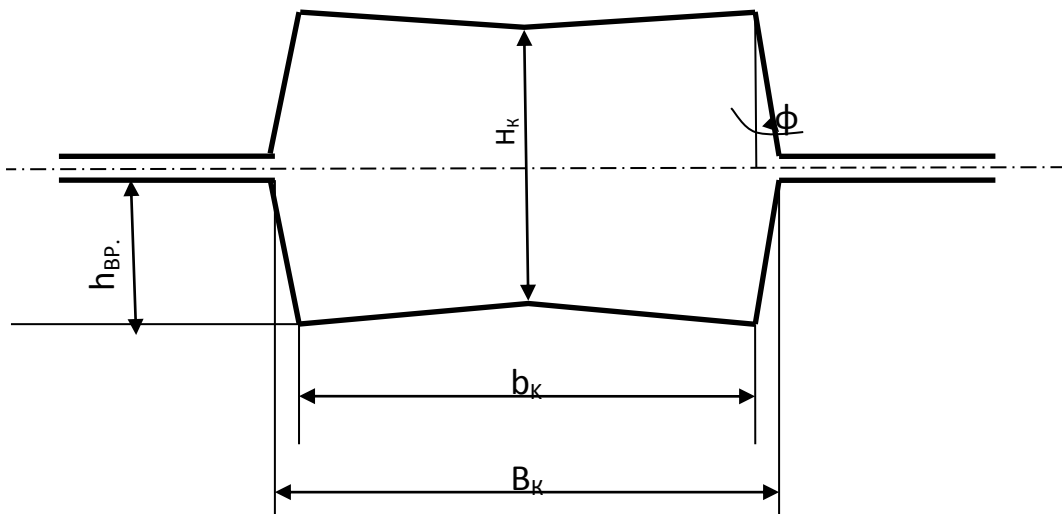


Рисунок 4.5 – Калібр валку стану 1300

Очевидно, на валках буде чотири калібри (рис. 4.2) з врахуванням прокатки блюма мінімального переріза  $320 \times 320$  мм. Висоту калібру  $h_{k_1}$  і бочки приймаємо 210 мм, для інших  $h_{k_2} = h_{k_3} = h_{k_4} = 240$  мм.

Середня висота калібрів:

$$h_{k_{\text{ср}}} = \frac{h_{k_1} + h_{k_2} + h_{k_3} + h_{k_4} + h_{k_n}}{n}, \quad (4.4)$$

де  $n$  – кількість калібрів, шт.;

$h_{k_1} + h_{k_2} + h_{k_3} + h_{k_4}$  – висота калібрів, мм;

$$h_{k_{\text{ср}}} = \frac{240 \cdot 3 + 210}{4} = 232 \text{ мм.}$$

Середній катаючий діаметр дорівнює:

$$D_{k_{\text{ср}}} = D_6 + S - h_{k_{\text{ср}}}, \quad (4.5)$$

де  $S$  – (10 ÷ 20 мм), величина зазору між валками;

$D_6$  – діаметр валків, мм;

$$D_{ксп} = 1300 + 20 - 232 = 1088 \text{ мм.}$$

Середнє обтиснення можна визначити, якщо задатися для сталі 45 кутом захоплення  $\alpha_{ср} = 25^\circ$  (для конструкційних сталей), тоді

$$\Delta h_{ср} = D_{ксп} \cdot (1 - \cos \alpha_{ср}), \quad (4.6)$$

де  $D_{ксп}$  – середній катаючий діаметр, мм;

$\cos \alpha_{ср}$  – кут захоплення,  $^\circ$ ;

$$\Delta h_{ср} = 1088 \cdot (1 - \cos 25^\circ) = 102 \text{ мм.}$$

Згідно

$$\Delta h_{max} \approx 1,3 \Delta h_{ср}, \quad (4.7)$$

$$\Delta h_{max} = 1,3 \cdot 102 = 133 \text{ мм.}$$

Остаточнo приймаємо максимальне обтиснення за умовою, якщо у першому калібрі (на гладкій бочці)  $\Delta h_{max} = 133$  мм.

Знаходимо сумарне обтиснення по одній та іншій стороні, використовуючи формули:

$$\Sigma \Delta h_H = H - h + K(B - b); \quad (4.8)$$

$$\Sigma \Delta h_B = B - b + K(H - h); \quad (4.9)$$

де  $K$  – показник уширення: для умов прокатки на блюмінгу приймаємо  $K=0,15$ .

Знаходимо кількість проходів для кожної сторони:

Для сторони  $H$ :

$$n_H = \frac{\Sigma \Delta h_H}{\Delta h} = \frac{728}{102} = 7,13. \quad (4.10)$$

Для сторони  $B$ :

$$n_B = \frac{\Sigma \Delta h_B}{\Delta h} = \frac{617}{102} = 6,04. \quad (4.11)$$

Приймаємо 13 проходів, при чому бік  $H$  буде обтиснений за 7 проходів, а бік  $B$  за 6 проходів.

В цьому випадку середні обтиснення з боків  $H$  та  $B$  будуть дорівнювати:

$$\Delta h_{ср.Н} = \frac{\Sigma \Delta h_H}{n_H} = \frac{728}{7} = 104 \text{ мм}; \quad (4.12)$$

$$\Delta h_{ср.В} = \frac{\Sigma \Delta h_B}{n_B} = \frac{617}{6} = 103 \text{ мм.} \quad (4.13)$$

Середнє обтиснення округляємо до 105 мм з боку  $H$  та 105 з боку  $B$ .

На підставі розрахованих даних обираємо схему прокатки [8]  $2 \times 4 \times 4 \times 2 \times 1$ .



Розраховуємо режим обтиснень:

1 прохід

Обтиснення з боку  $H$ .

Вихідні данні:  $H = 970$  мм;  $B = 840$  мм.

Захоплення зливка валками здійснюють головною (тонкою) частиною вперед, що забезпечує надійне захоплення і максимальне допустиме обтиснення донної (товстої) частини зливка [2].

При знятті конусності можна виходити із середньої висоти зливка, яка дорівнює:

$$B_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (970 + 905) = 937 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\Delta h_1 = 120$  мм, що дозволяє нам в інших проходах на бочці знизити обтиснення:

$$H_1 = H_0 - \Delta h_1, \text{ мм;} \quad (4.14)$$

$$H_1 = 970 - 120 = 850 \text{ мм.}$$

Уширення визначаємо за формулою А.П.Чекмарьова [8]:

$$\Delta b = \frac{2b_{\text{ср}} \cdot \Delta h}{(h_0 + h_1) \cdot \left[ 1 + (1 + \alpha) \cdot \left( \frac{b_{\text{ср}}}{R_k \cdot \alpha} \right)^n \right]}, \text{ мм,} \quad (4.15)$$

де  $n = 2$ , коефіцієнт, при  $b_{\text{ср}} > R_k$ ;

$\Delta h$  – обтиснення за прохід, мм;

$h_0, h_1$  – початкова та кінцева висота зливка в даному проході, мм;

$\alpha$  – кут захоплення, °;

$R_k$  – катаючий радіус, мм;

$b_{\text{ср}}$  – середня ширина зливка, мм.

Знаходимо кут захоплення  $\alpha$ :

$$\alpha = \arccos \left( 1 - \frac{\Delta h}{D_k} \right), \quad (4.16)$$

де  $D_k$  – мінімальний діаметр валків у калібрах, мм;

$$D_k = D_k + S - h_{k1} = 1300 + 20 - 210 = 1110 \text{ мм.} \quad (4.17)$$

Катаючий радіус:

$$R_k = \frac{D_k}{2} = \frac{1110}{2} = 555 \text{ мм.} \quad (4.18)$$

$$\alpha_1 = \arccos \left( 1 - \frac{120}{1110} \right) = 27,015^\circ; \alpha_{\text{рад}} = 0,471 \text{ рад.}$$

Уширення дорівнює:

$$\Delta b_1 = \frac{2 \cdot 840 \cdot 120}{(970 + 850) \cdot \left[ 1 + (1 + 0,471) \cdot \left( \frac{840}{555 \cdot 0,471} \right)^2 \right]} = 6,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\Delta b_1 = 5$  мм.

Ширина розкату :

$$B_1 = B_0 + \Delta b_1 = 840 + 5 = 845 \text{ мм.}$$

### 2 прохід

Вихідні данні:  $\Delta h_2 = 60$  мм;

$$H_2 = H_1 - \Delta h_2 = 790 \text{ мм.}$$

Кут захоплення:  $\alpha_1 = \arccos\left(1 - \frac{60}{1110}\right) = 18,9^\circ; \quad \alpha_{\text{рад}} = 0,33.$

Уширення:

$$\Delta b_2 = \frac{2 \cdot 845 \cdot 60}{(850 + 790) \cdot \left[1 + (1 + 0,33) \cdot \left(\frac{845}{555 \cdot 0,33}\right)^2\right]} = 2,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\Delta b_2 = 5$  мм.

Ширина розкату:

$$B_2 = B_1 + \Delta b_2 = 845 + 5 = 850 \text{ мм.}$$

Після 2-го проходу виконуємо кантовку на  $90^\circ$ .

### 3 прохід

Вихідні данні:  $\Delta h_3 = 100$  мм;

$$H_3 = 850 - 100 = 750 \text{ мм.}$$

Кут захоплення:  $\alpha_3 = \arccos\left(1 - \frac{100}{1110}\right) = 25^\circ; \alpha_{\text{рад}} = 0,43.$

Уширення:

$$\Delta b_3 = \frac{2 \cdot 790 \cdot 100}{(850 + 750) \cdot \left[1 + (1 + 0,43) \cdot \left(\frac{790}{555 \cdot 0,43}\right)^2\right]} = 5,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\Delta b_3 = 5$  мм.

Ширина розкату:

$$B_3 = B_2 + \Delta b_3 = 790 + 5 = 795 \text{ мм.}$$

По аналогії розраховуємо наступні проходи з боків  $H$  та  $B$  із врахуванням кантовок. Після 6, 10, 12 проходу передбачено кантування металу на  $90^\circ$ . Починаючи з 7 проходу катаючий діаметр зменшиться з 1110 мм, до 1080 мм.

Згідно розрахованих даних складаємо попередню схему обтиснень (табл. 4.1), із якої видно, що розміри готового блюда вийшли  $320 \times 315$  мм, тобто з боку  $B$  менше запланованого  $320 \times 320$  мм. Тому потрібно під корегувати схему обтиснень, починаючи з 11 проходу.

Проведемо аналіз попередньої схеми обтиснень:

- прийняті величини обтиснень в перших 6 проходах на гладкій бочці менш допустимих при умові захоплення  $\Delta h_{\text{ср}} = 102$  мм. Однак відношення сторін розкату  $\frac{B}{H}$  в 6 проході досягає пікового  $\frac{B}{H} > 1,8$ . У зв'язку з цим необхідно зменшити обтиснення в 11 проході на 5 мм.

Отриманні після корегування данні заносимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Попередній режим обтиснень при прокатці блюма перерізом 320 × 320 мм, зі зливка  $\frac{970 \times 840}{905 \times 775} \times 2230$  мм, вагою 12,5 т на блюмінгу 1300 мм

| Калібр                 | Номер проходу | Обтискний бік | $h$ , мм | $b$ , мм | $\Delta h$ , мм | $\Delta b$ , мм |
|------------------------|---------------|---------------|----------|----------|-----------------|-----------------|
| Зливки 970/905 840/775 |               |               |          |          |                 |                 |
| Бочка                  | 1             | Н             | 850      | 845      | 120             | 5               |
|                        | 2             | Н             | 790      | 850      | 60              | 5               |
|                        | Кантування    |               |          |          |                 |                 |
|                        | 3             | В             | 750      | 795      | 100             | 5               |
|                        | 4             | В             | 650      | 800      | 100             | 5               |
|                        | 5             | В             | 550      | 510      | 100             | 10              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |
| 2                      | 6             | В             | 450      | 820      | 100             | 10              |
|                        | Кантування    |               |          |          |                 |                 |
|                        | 7             | Н             | 700      | 465      | 120             | 15              |
|                        | 8             | Н             | 590      | 480      | 110             | 15              |
| 3                      | 9             | Н             | 480      | 495      | 110             | 15              |
|                        | 10            | Н             | 370      | 515      | 110             | 20              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |
| 3                      | 11            | В             | 400      | 390      | 115             | 20              |
|                        | 12            | В             | 290      | 415      | 110             | 25              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |
| 4                      | 13            | Н             | 320      | 315      | 95              | 25              |

Розраховуємо довжину розкатів за проходами:

Довжину блюма після 13 проходу знайдемо за формулою:

$$L_{13} = \frac{G}{\rho \cdot H \cdot B \cdot 0,98}, \text{ м.} \quad (4.19)$$

де  $G$  – вага зливка, т;

$\rho$  – густина металу – 7850 кг/м<sup>3</sup>;

$H$  – висота блюма, мм;

$B$  – ширина блюма, мм.

$$L_{13} = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,320 \cdot 0,320} = 15,8 \text{ м.}$$

Далі розраховуємо аналогічно всі довжини:

$$L_{12} = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,295 \cdot 0,41} = 13,4 \text{ м;}$$

$$L_{11} = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,405 \cdot 0,39} = 10,28 \text{ м;}$$

$$L_{10} = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,37 \cdot 0,515} = 8,5 \text{ м;}$$

$$L_9 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,48 \cdot 0,495} = 6,83 \text{ м;}$$

$$L_8 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,59 \cdot 0,48} = 5,73 \text{ м;}$$

Таблиця 4.2 – Режим обтиснення при прокатці блюма на стані 1300 перерізом 320×320 мм., зі зливка  $\frac{970 \times 840}{905 \times 775} \times 2230$  мм., вагою 12,5 т

| Калібр                 | Номер проходу | Обтискний бік | $h$ , мм | $b$ , мм | $\Delta h$ , мм | $\Delta b$ , мм | $L$ , м | Данні циферблату |
|------------------------|---------------|---------------|----------|----------|-----------------|-----------------|---------|------------------|
| Зливки 970/905 840/775 |               |               |          |          |                 |                 |         |                  |
| <b>Бочка</b>           | 1             | Н             | 850      | 845      | 120             | 5               | 2,26    | 640              |
|                        | 2             | Н             | 790      | 850      | 60              | 5               | 2,42    | 580              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |         |                  |
| <b>Бочка</b>           | 3             | В             | 750      | 795      | 100             | 5               | 2,72    | 540              |
|                        | 4             | В             | 650      | 800      | 100             | 5               | 3,12    | 440              |
|                        | 5             | В             | 550      | 810      | 100             | 10              | 3,64    | 340              |
|                        | 6             | В             | 450      | 820      | 100             | 10              | 4,4     | 240              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |         |                  |
| <b>2</b>               | 7             | Н             | 700      | 465      | 120             | 15              | 4,99    | 460              |
|                        | 8             | Н             | 590      | 480      | 110             | 15              | 5,73    | 350              |
|                        | 9             | Н             | 480      | 495      | 110             | 15              | 6,83    | 240              |
|                        | 10            | Н             | 370      | 515      | 110             | 20              | 8,5     | 130              |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |         |                  |
| <b>3</b>               | 11            | В             | 405      | 390      | 110             | 20              | 10,28   | 165              |
|                        | 12            | В             | 295      | 415      | 110             | 25              | 13,4    | 55               |
| Кантування             |               |               |          |          |                 |                 |         |                  |
| <b>4</b>               | 13            | Н             | 320      | 320      | 95              | 25              | 15,8    | 80               |

$$L_7 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,7 \cdot 0,465} = 4,99 \text{ м};$$

$$L_6 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,45 \cdot 0,82} = 4,4 \text{ м};$$

$$L_5 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,55 \cdot 0,81} = 3,64 \text{ м};$$

$$L_4 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,65 \cdot 0,8} = 3,12 \text{ м};$$

$$L_3 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,75 \cdot 0,795} = 2,72 \text{ м};$$

$$L_2 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,79 \cdot 0,85} = 2,42 \text{ м};$$

$$L_1 = \frac{12500}{7850 \cdot 0,98 \cdot 0,85 \cdot 0,845} = 2,26 \text{ м}.$$

### Технологія прокатки на стані цеху Блюмінг

Технологічний процес прокатки металу у цеху Блюмінг виконується у такий спосіб:

1. Зливки з нагрівальних колодязів подаються безпосередньо на прийомний рольганг кліщовими кранами зливковозними візками по кільцевий зливкоподачі.

2. Подача злиwkів на стан виробляється з таким розрахунком, щоб на приймальному рольгангу перебувало не більше двох злитків.

3. Для забезпечення оптимального температурного режиму прокатки перед 1250-тонними ножицями повинно перебувати не більше двох розкатів.

4. Прокатка блюмів всіх розмірів виконується відповідно до калібрування й режимам обтиснення, затвердженим головним калібрувальником.

5. Блюми, прокатані на стані 1300, після обрізки кінців на 1250-тонних ножицях транспортуються по рольгангу до безперервно-заготовочного стану 900/700/500.

6. Розкати, подані до безперервно-заготовочного стану під час аварійної ситуації на ньому, повертаються по рольгангу до 1250-тонних ножиців для порізки на мірні довжини й передачі їх у скрапний проліт стану 1300.

7. Для прокатування на безперервно-заготовочному стані 900/700/500 не допускаються розкати довжиною менш 5 і більше 13 метрів.

8. На стан 900 всі розкати подаються донною частиною вперед.

9. Після прокатки у двох окремих клітках 900 розкат транспортується по рольгангу, кантується на  $90^\circ$ , після чого задається в кліть 900 I безперервної групи.

10. ЗI безперервної групи розкати видаються на рольганги між станами 900/700/500.

11. Довжина рольганга між станами дозволяє прокатаній квадратній заготівлі перерізом 150x150 мм із блюмів масою 11,5 т повністю на ньому укладатися.

12. Заготівлі, не призначені для прокатки в II безперервній групі, шлеперним пристроєм передаються на рольганг обвідної лінії.

13. Заготівлі, що виходять із I безперервної групи (стан 900/700) і призначені для подальшого перекату на більше дрібні перерізи, рольгангом між станами транспортується до стану 500, перед яким, якщо буде потреба, виробляється обрізка кінців на маятникових ножицях.

14. Перед завданням заготівель у стан 500 виконується кантування розкату шайбовим кантувачем на  $45^\circ$ .

15. В II безперервній групі прокочуються квадратні заготівлі перетином 80x80 й 100x100 мм.

16. Після прокатки в II безперервній групі розкати розрізаються летучими планетарними ножицями на заготівлі необхідної довжини, клеймуються в торець клеймувальною машиною, збираються в пакети рольгангом з косорозташованими роликками й далі по рольгангах транспортуються на холодильники.

17. Остигли заготівлі знімаються з холодильників й транспортують їх на склад заготівель або на грати прокатних станів.

### 4.3. Прокатування заготовок на безперервно-заготовочних станах

Прокатувати на блюмінгу заготовки невеликого перерізу економічно недоцільно. Тому, зазвичай, за блюмінгом розташовують БЗС, на якому з блюмів без підігріву прокочують заготовки.

Безперервно – заготовочні стани призначені для прокатування блюмів перерізом від 250x250 до 400x400 мм в заготовки перерізом від 50x50 до 150x150 мм, що використовуються в якості вихідного матеріалу для прокатування сортової сталі та дроту. Окрім квадратних заготовок на безперервно заготовочному стані також можна прокатувати і круглі заготовки для виготовлення безшовних труб. Ці стани встановлюються безпосередньо за блюмінгом.

Особливостями сучасних безперервно заготовочних станів є те, що відбувається чергування вертикальних та горизонтальних клітей, що дозволяє уникнути кантування. Це дозволяє отримати більш точні заготовки.

На рис. 4.5 представлена схема НЗС 900/700/500. Стан складається з трьох груп і забезпечує отримання квадратних заготовок зі стороною перетину 240, 190 і 150 мм з другої групи і 120, 100 і 80 мм – з третьою.

На підводящому рольгангу блюми надходять на поворотний пристрій для направлення розкату здоровим кінцем вперед, а від нього – в першу групу з двох клітей з валками діаметром 900 мм. Друга група із шести клітей – дві з валками діаметром 900 мм і чотири – по 700 мм. Щоб уникнути кантування розкату між клітями валки двох клітей 700 розташовані вертикально. Перед групою встановлено кантувач.

З другої групи розкати перерізом 150 мм і вище шлеппера передають на обвідній рольганг і далі на ножиці з нижнім різом зусиллям 10 МН.

Для отримання заготовок меншого перерізу розкати надходять в третю групу з шести клітей з діаметром валків 500 мм, три з яких з вертикальними і три – з горизонтальними валками. Перед групою встановлено маятникові ножиці для видалення переднього кінця і кантувач.

У перших клітях зазвичай використовують систему ящикових калібрів, в подальших ромб-квадрат.

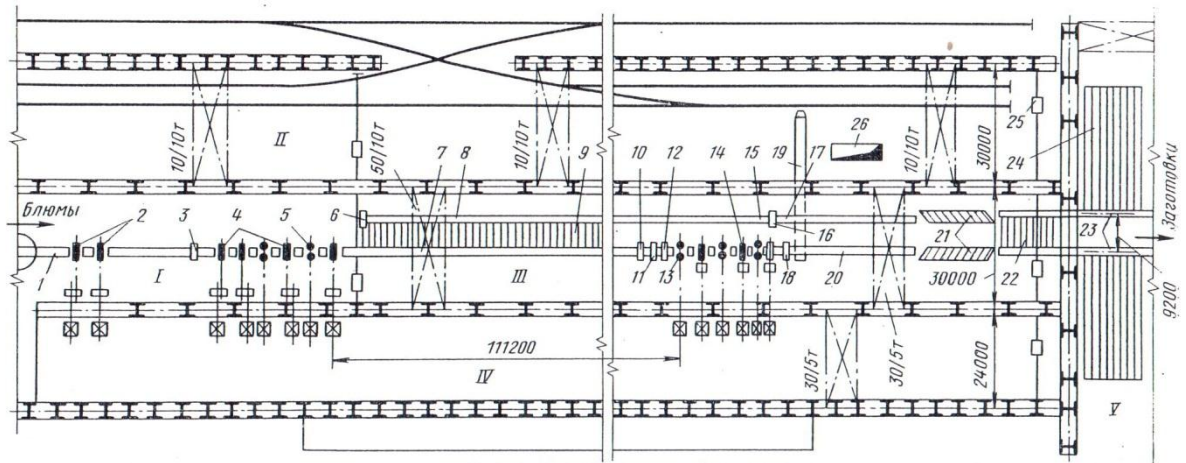
За третьою групою встановлені летючі ножиці зусиллям 1,5 МН. Після порізки заготовки надходять на пакетує рольганг і далі на холодильник 21.

Продуктивність безперервно-заготівельного стану однакова з продуктивністю блюмінга, за яким він встановлений.

Крім безперервно-заготівельного стану для виробництва заготовок використовують також обтискні-заготівельні стани лінійного типу і з послідовним розташуванням клітей.

Безперервність процесу прокатування забезпечується постійністю секундних об'ємів. При цьому потрібно враховувати константу калібровки і на тяжіння смуги. Опіраючись на ці дані визначається швидкісний режим процесу прокатування на безперервно заготівельному стані.

Необхідною умовою прокатування є залежність швидкості прокатування в певній кліті від площі смуги, що прокатується в даній кліті.



**Рисунок 4.5** – Схема розташування стану 900/700/500:

*I-III* – прольоти стану; *II* – скраповий проліт; *IV* – електромашинний зал;  
*V* – склад заготовок; 1 – рольганг; 2 – перша група із двох горизонтальних клітей 900x1300; 3 – кантувач; 4,5 – друга непереривна група із чотирьох горизонтальних і двох вертикальних клітей; 6,10 – упори; 7 – відводячий рольганг;  
 8 – боковий рольганг; 9,22 – шле пери; 11 – летючі маятникові ножиці;  
 12 – кантувач; 13,14 – третя непереривна група із трьох вертикальних і трьох горизонтальних клітей; 15,17,20,23 – рольганги; 16 – ножиці з нижнім лезом;  
 18 – летючі швидкохідні ножиці; 19 – транспортер обрізі; 21 – пакетуючий рольганг; 24 – холодильник; 25 – тельфер; 26 – яма для окалини

Визначаємо площі поперечного перерізу смуги в останній кліті  $q_k$  та поперечного перерізу заготовки  $q_0$ :

$$q_k = c_k^2; q_0 = 0,98c_0^2; \quad (4.20)$$

де  $c_k$  – кінцевий розмір, мм;  
 $c_0$  – розмір вихідного блюма, мм.

Визначаємо загальний коефіцієнт витяжки:

$$\mu_{\text{заг}} = \frac{q_0}{q_k}. \quad (4.21)$$

Загальний коефіцієнт витяжки розподіляємо за всіма клітями рівномірно, якщо не оговорено інакше:

$$\mu_i = \sqrt[n]{\mu_{\text{заг}}}, \quad (4.22)$$

де  $n$  – кількість клітей.

Коефіцієнт натягнення смуги для безперервно-заготівельного стану приймаємо в межах від 1,01 до 1,02.

Визначаємо константу калібровки в останній кліті [1]:

$$K = q \cdot D_k \cdot n, \quad (4.23)$$

де  $n$  – частота обертання валків останньої кліті, об/хв.:

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_k}, \quad (4.24)$$

де  $v$  – лінійна швидкість прокатування, м/с.

Визначаємо частоти обертання валків інших клітей другої безперервної групи:

$$n = \frac{K}{q \cdot D_k}. \quad (4.25)$$

### Приклад розрахунку швидкісного режиму прокатування на стані 900/700/500

Цей стан складається з 14 двовалкових прокатних клітей, які розташовані в трьох групах: обтискної з двох клітей з номінальним діаметром валків 900 мм, першої безперервної, яка складається з двох клітей з валками, що мають номінальний діаметр 900 мм і чотирьох – з валками, що мають номінальний діаметр 730 мм і другої безперервної групи, яка має шість клітей з валками, діаметром 530 мм. Стан має вертикальні валки: п'ята, сьома, дев'ята, одинадцята і тринадцята.

Необхідно отримати заготовки з розмірами: 150x150; 120x120; 100x100; 80x80.

Визначаємо площу поперечного перерізу  $q_{14}$  готового профілю, уважаючи по геометричних розмірах (без врахування закруглень):

$$q_{14} = c_{14}^2 = 80 \cdot 80 = 6400 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо зазор між валками  $s_{14} = 5$  мм, визначаємо діаметр, що катає,  $D_k$  валків кліті 14м:

$$D_{14} = D_{614} + s_{14} = 530 + 5 = 535 \text{ мм};$$

$$D_{k14} = D_{14} - \frac{h_{14}}{2} = 535 - \frac{80 \cdot 1,41}{2} = 478,5 \text{ мм}; \quad (4.26)$$

де  $D_6$  – діаметр бочки валка (по буртах);

$D_k$  – початковий діаметр валка;

$h$  – висота квадратного калібру.

Загальний коефіцієнт витяжки:

$$\mu_{\text{заг}} = \frac{q_i}{q_j}, \quad (4.27)$$

де  $q_i$  – площа квадрату, що задається до ромбічного калібру,  $\text{мм}^2$ ;

$q_j$  – площа квадрату, що отримується,  $\text{мм}^2$ .

$$\mu_{13,14} = \frac{100 \cdot 100}{80 \cdot 80} = 1,56.$$

Коефіцієнт витяжки за проходом [8]:

$$\mu_{\text{кв}} = \mu_{\text{ромб}} = \sqrt{\mu_{\text{заг}}}. \quad (4.28)$$

$$\mu_{14} = \mu_{13} = \sqrt{1,56} = 1,25.$$

Площа поперечного перерізу смуги після кліті 13:

$$F_{13} = F_{14} \cdot \mu_{14} = 6400 \cdot 1,25 = 8000 \text{ мм}^2. \quad (4.29)$$

Визначимо катаючий діаметр валків за формулою [8]:

$$D_k = D_{\text{и}} + S - \frac{h}{2}; \quad (4.30)$$



$$D_{к14} = 600 + 5 - \frac{113}{2} = 548,5 \text{ мм};$$

$$D_{к13} = 580 + 5 - \frac{102}{2} = 534 \text{ мм}.$$

Загальний коефіцієнт витяжки:

$$\mu_{11,12} = \frac{125 \cdot 125}{100 \cdot 100} = 1,44.$$

Коефіцієнт витяжки за проходом:

$$\mu_{12} = \mu_{11} = \sqrt{1,44} = 1,2.$$

Площа поперечного перерізу смуги після кліті 11:

$$F_{11} = F_{12} \cdot \mu_{12} = 10000 \cdot 1,20 = 12000 \text{ мм}^2.$$

Загальний коефіцієнт витяжки:

$$\mu_{9,10} = \frac{150 \cdot 150}{125 \cdot 125} = 1,56.$$

Коефіцієнт витяжки за проходом:

$$\mu_{10} = \mu_9 = \sqrt{1,56} = 1,25.$$

Площа поперечного перерізу смуги після кліті 9:

$$F_9 = F_{10} \cdot \mu_{10} = 14400 \cdot 1,25 = 18000 \text{ мм}^2.$$

При безперервному прокатуванні необхідне збереження умови постійності секундних об'ємів прокатування. Тобто необхідною умовою прокатування є залежність швидкості прокатування в певній кліті від площі смуги, що прокатується в даній кліті. Для нашого стану ми виберемо коефіцієнт натягу смуги в другій безперервній групі  $K_1 = 1,02$ , в першій безперервній –  $K_2 = 1,01$ .

Прийнявши швидкість виходу смуги з останньої кліті  $v = 6$  м/с визначимо константу калібровки в останній кліті [8].

Частота обертання валків останньої кліті, об/хв.:

$$n = \frac{60 \cdot 6}{3,14 \cdot 0,549} = 209 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо частоту обертання в останній кліті  $n = 210$  об/хв та визначимо константу калібровки:

$$K = 6400 \cdot 549 \cdot 210 = 738 \cdot 10^6.$$

Враховуючи прийнятий коефіцієнт натягіння константа калібровки в інших клітях буде поступово зменшуватися в 1,02 рази і складатиме:

$$K_{13} = 724 \cdot 10^6; \quad K_{10} = 682 \cdot 10^6;$$

$$K_{12} = 710 \cdot 10^6; \quad K_9 = 669 \cdot 10^6.$$

$$K_{11} = 696 \cdot 10^6;$$

Визначимо частоти обертання валків інших клітей другої безперервної групи:

$$n = \frac{K}{F \cdot D_k}. \quad (4.31)$$

$$n_{13} = \frac{724 \cdot 10^6}{8000 \cdot 534} = 170 \text{ об/хв.};$$

$$n_{12} = \frac{710 \cdot 10^6}{10000 \cdot 537,5} = 132 \text{ об/хв.};$$

$$n_{11} = \frac{696 \cdot 10^6}{8000 \cdot 534} = 170 \text{ об/хв.};$$

$$n_{10} = \frac{682 \cdot 10^6}{14400 \cdot 525,4} = 90 \text{ об/хв.};$$

$$n_9 = \frac{669 \cdot 10^6}{18000 \cdot 511,9} = 73 \text{ об/хв.}$$

Швидкість прокатування:

$$v_n = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_n}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с.} \quad (4.32)$$

$$v_{13} = \frac{3,14 \cdot 534 \cdot 170}{1000 \cdot 60} = 4,75 \text{ м/с};$$

$$v_{12} = \frac{3,14 \cdot 537,5 \cdot 132}{1000 \cdot 60} = 3,7 \text{ м/с};$$

$$v_{11} = \frac{3,14 \cdot 523,5 \cdot 110}{1000 \cdot 60} = 3 \text{ м/с};$$

$$v_{10} = \frac{3,14 \cdot 525,4 \cdot 90}{1000 \cdot 60} = 2,5 \text{ м/с};$$

$$v_9 = \frac{3,14 \cdot 511,9 \cdot 73}{1000 \cdot 60} = 2 \text{ м/с.}$$

Швидкість виходу смуги з першої безперервної групи складає близько 2 м/с. Визначимо константу калібровки кліті № 8:

$$K = 22050 \cdot 635 \cdot \frac{60 \cdot 2}{3,14 \cdot 635} = 842 \cdot 10^6.$$

Враховуючи, що для першої безперервної групи ми обрали коефіцієнт натягіння 1,01, константи калібровки в інших клітях будуть складати:

$$K_7 = 834 \cdot 10^6; \quad K_6 = 826 \cdot 10^6; \quad K_5 = 818 \cdot 10^6;$$

$$K_4 = 810 \cdot 10^6; \quad K_3 = 802 \cdot 10^6; \quad K_2 = 794 \cdot 10^6;$$

$$K_1 = 786 \cdot 10^6.$$

Частоти обертання:

$$n_8 = \frac{842 \cdot 10^6}{22050 \cdot 635} = 60 \text{ об/хв.};$$

$$n_6 = \frac{826 \cdot 10^6}{34628 \cdot 614} = 38,8 \text{ об/хв.};$$

$$n_4 = \frac{810 \cdot 10^6}{52975 \cdot 792} = 19,3 \text{ об/хв.};$$

$$n_2 = \frac{794 \cdot 10^6}{76456 \cdot 823} = 12,6 \text{ об/хв.};$$

$$n_7 = \frac{834 \cdot 10^6}{27440 \cdot 625} = 48,6 \text{ об/хв.};$$

$$n_5 = \frac{818 \cdot 10^6}{41803 \cdot 613} = 31,9 \text{ об/хв.};$$

$$n_3 = \frac{802 \cdot 10^6}{65327 \cdot 727} = 16,9 \text{ об/хв.};$$

$$n_1 = \frac{786 \cdot 10^6}{100269 \cdot 725} = 10,8 \text{ об/хв.}$$

Швидкості обертання валків:

$$v_8 = \frac{3,14 \cdot 635 \cdot 60}{1000 \cdot 60} = 1,99 \text{ м/с};$$

$$v_6 = \frac{3,14 \cdot 614 \cdot 38,8}{1000 \cdot 60} = 1,25 \text{ м/с};$$

$$v_4 = \frac{3,14 \cdot 792 \cdot 19,3}{1000 \cdot 60} = 0,8 \text{ м/с};$$

$$v_2 = \frac{3,14 \cdot 823 \cdot 12,6}{1000 \cdot 60} = 0,54 \text{ м/с};$$

$$v_7 = \frac{3,14 \cdot 625 \cdot 48,6}{1000 \cdot 60} = 1,6 \text{ м/с};$$

$$v_5 = \frac{3,14 \cdot 613 \cdot 31,9}{1000 \cdot 60} = 1,02 \text{ м/с};$$

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 727 \cdot 16,9}{1000 \cdot 60} = 0,64 \text{ м/с};$$

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 725 \cdot 10,8}{1000 \cdot 60} = 0,41 \text{ м/с.}$$