

## 2.6 Способи розбиття ширини листа

У чорновій кліті можливі три варіанти прокатки листів із слябів: (рис. 2.9):

- поздовжня без розбиття ширини сляба на ширину листа ( $b_d = B_{сл}$ );
- при недостатній ширині сляба з одним кантуванням при розбитті ширини листа (поперечна прокатка);
- з двома кантуваннями при розбитті ширини листа (поздовжня прокатка) (рис. 2.9).

Перший варіант використовують тоді, коли ширина листа і сляба співпадає за розмірами. Цей варіант найбільш продуктивний і забезпечує належну якість листів. Проте при великій різноманітності сортаменту листів по ширині, обмеженнях по довжині сляба і готового листа вимушені прокатувати листи з розбиттям їх ширини з сляба. Крім того, якщо лист прокатують із злитка, розбиття ширини обов'язкова.

При розбитті ширини листа з одним кантуванням сляб прокатують в два проходи уздовж довжини. Для отримання ширини листа, а потім проводять кантівку на  $90^\circ$  передньої сторони стана. Кантування розкату здійснюють поворотним столом або рольгангом з конічними роликами.

Причому, парні і непарні ролики цього рольганга обертаються при кантуванні в різні боки. Після кантування на  $90^\circ$  виконують прокатку до отримання заданої товщини в чорновій кліті. Такий спосіб називають поперечною схемою прокатки листа, оскільки ширина листа утворюється з довжини сляба (поз. 1-5).

При розбитті ширини листа з двома кантуваннями (рис. 2.9) в перших 2-х проходах сляб прокатують по довжині до отримання розміру  $L_p \approx 0,85 L$  ( $L$  - довжина бочки валка) (протяжка) (поз. 1-3). Потім розкат кантують на  $90^\circ$  і прокатують з допустимими обгисненнями і витяганням до отримання довжини розкату, яка дорівнює ширині майбутнього

листа  $b_d$  з припуском на кромки, що обрізаються (поз.4,5), знову кантують на  $90^\circ$  і прокатують в чорновій кліті до заданої товщини (поз.4,6).

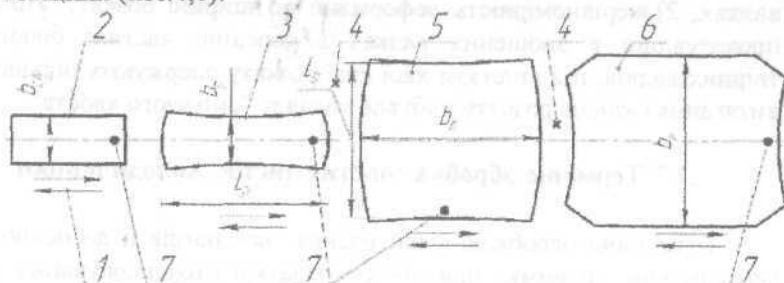


Рис. 2.9. Схема розбиття ширини листа з двома кантуваннями (поздовжня прокатка): 1 – напрям прокатки; 2 – сляб; 3 – розкат після витягання; 4 – кантування на  $90^\circ$ ; 5 – розкат після розбиття ширини листа  $b_d$ ; 6 – поздовжня прокатка на необхідну товщину розкату після другої кантовки на  $90^\circ$ ; 7 – головна частина сляба (усадкова рихлість)

На ряді станів перше кантування сляба виконують перед вертикальними валками в період прокатки попереднього розкату в чорновій кліті. Цей спосіб прокатки підвищує продуктивність стана на 10% в порівнянні із способом на рис. 2.9. Спосіб по рис. 2.9 одержав назву поздовжньої схеми прокатки, оскільки довжина листа виходить з довжини сляба.

Спосіб із одним кантуванням економічний меншою витратою часу на прокатку в чорновій кліті, оскільки є всього одне кантування, але дефекти, що залишаються в головній частині сляба виявляються на кромці і можуть залягати по ширині на глибину, яка більше ширини кромки, яку відрізають. Це приводить до збільшення відрізки по ширині і переведення листа в беззаказну продукцію. У варіанті 3 (поз.6) по рис. 2.9 дефектна ділянка розташовується на кінці листа і це забезпечує зниження додаткового відрізу. Не дивлячись на меншу продуктивність ця схема використовується при розбивці ширини листа. Розкати, які прокатані з одним кантуванням (поперечна схема), мають розширені кінці, а по поздовжній схемі звужені.

Форму торців розкату визначає два основні чинники: 1) закон найменшого опору, під впливом якого кінець розкату набуває опуклої форми ("язик") при прокатуванні на нових валках; 2) нерівномірність деформації по ширині розкату. При прокатуванні в зношених валках в середній частині бочок твірних валків, під впливом якої краї розкату одержують більше витягання і кінець розкату набуває вигляду "риб'ячого хвоста".

## 2.7 Термічна обробка товстих листів. Холодильники

Термічною обробкою сталі називається нагрів її до певної температури, витримка при цій температурі і охолодження з певною швидкістю. При цьому в сталі відбуваються структурні перетворення або знімаються напруження, що виникли при прокатуванні. Термічна обробка застосовується для додавання виробам необхідної структури, необхідних механічних і технологічних властивостей і поліпшення оброблюваності [13,15,16].

Термічно оброблена сталь має значно вищі властивості і експлуатаційні якості, чим звичайна гарячекатана. Тому бажано піддавати термічній обробці всю гарячекатану сталь. Більшу частку термічно оброблюваних листів часто складають листи, для яких термічна обробка не передбачена умовами постачання, але проводиться для виправлення механічних і технологічних властивостей.

Відповідно до вимог стандартів і технічних умов, а також на підставі заводської практики толстолістова сталь піддається відпалу, нормалізації, високому відпуску і гарту з відпуском.

**Повний відпал** передбачає нагрів на 30 - 50°C вище за точку  $A_{c3}$ . Для товстих листів його застосовують рідко, унаслідок великої тривалості і підвищеного окалиноутворення. Повний відпал проводять тільки на вимогу замовника або при необхідності максимально зм'якшити метал, що має великий ступінь наклепання.

**Неповний відпал** здійснюється шляхом нагріву до температури між точками  $A_{c3}$  і  $A_{c1}$ . Застосовується цей відпал також для зняття наклепання і виправлення механічних властивостей. Температура і час витримки залежать від марки

стали, наявних і необхідних механічних властивостей, товщини (іноді і ширина) стопи. Після відпалу границя текучості знижується на 40...60 Н/мм<sup>2</sup>, границя міцності - на 50 - 80 Н/мм<sup>2</sup>, відносне подовження підвищується на 3...8% (абсолютних) і поліпшується проба на холодний загин; ударна в'язкість, як правило, погіршується із-за росту зерна.

**Ізотермічний відпал** проводиться шляхом нагріву металу вище за точку  $A_{c3}$  ( $t = 940^{\circ}\text{C}$ ), потім швидкого охолодження до температури нижче за точку  $A_{c1}$ , при якій проводиться витримка і після чого охолодження на повітрі. По своїх результатах ізотермічний відпал аналогічний повному, але має значно меншу тривалість.

**Дифузійний відпал** іноді називають його таким, що також гомогенізує, здійснюється шляхом нагріву на 150...250<sup>0</sup>C вище за точку  $A_{c3}$  тривалої витримки при цій температурі і подальшого повільного охолодження. Основне призначення цього відпалу - вирівнювання хімічної і структурної неоднорідності металу, розчинення карбідів і усунення смужчатої структури товстих плит.

**Низькотемпературний відпал** здійснюється шляхом нагріву до 500...700<sup>0</sup>C, витримки при цій температурі і подальшого повільного охолодження. Низькотемпературному відпалу відповідає сповільнене охолодження листів в штабелі.

**Відпуск** найбільш поширений вид термічної обробки, полягає в нагріві до температури нижче за точку  $A_{c1}$ , витримки при цій температурі і подальшому швидкому або повільному охолодженні.

Основна перевага відпуску при  $t = 450...700^{\circ}\text{C}$  перед іншими видами обробки полягає в тому, що після нього, при відносно невеликому зниженні міцності (15...30 Н/мм<sup>2</sup>), значно підвищуються пластичні властивості (подовження зростає на 2 - 6%, поліпшується проба на загин). Високий відпуск також використовується як обов'язкова завершальна операція після гарту і нормалізації високовуглецевої і легованої сталі. Основним видом термічної обробки товстих листів є нормалізація і гартування з відпуском (поліпшення).

**Нормалізація** полягає в нагріві листів до температури вище  $A_{c3}$  на 40...50<sup>0</sup>C з витримкою для завершення фазових

перетворень і подальшим охолодженням на повітрі. Нормалізація забезпечує подрібнення феррито-перлітної структури і тим самим підвищення пластичності і ударної в'язкості при нормальних і знижених температурах. Нормалізація підвищує також рівномірність і однорідність структури і властивостей металу в порівнянні з гарячекатаним.

Нормалізації доцільно піддавати листи товщиною до 15...20 мм, оскільки для листів з  $h > 20$  мм ефект виявляється незначним із-за сповільненого їх охолодження на повітрі без спеціальних заходів по прискореному охолодженню.

Температура печі звичайно на 20...30 вище  $^{\circ}\text{C}$  температур металу. Практично температуру нагріву встановлюють залежно від хімічного складу в межах марочного змісту елементів, керуючись емпіричними формулами для визначення вуглецевого еквівалента або суми змісту окремих елементів. Тривалість нагріву визначається необхідністю прогрівання металу до заданої температури і повного завершення процесів структуроутворення.

Технологічною характеристикою тривалості нагріву в практиці термообробки товстого листа прийнято питомий час нагріву, який звичайно виражається в хвилинах на один мм товщини листа. Для прогрівання листів достатньо питомий час 0,8...1 хв/мм, причому верхня межа рекомендується для тонших листів. Практично питомий час досягає 2 хв/мм і верхню межу застосовують для листів більшої ширини і товщини.

Швидкість охолодження визначає ступінь подрібнення і характер структур стали. Як правило, листи при нормалізації охолоджують на повітрі при переміщенні їх на рольганге або на холодильниках. Експериментальні виміри швидкості охолодження в інтервалі температур 800...400  $^{\circ}\text{C}$  в умовах стана 3600 меткомбінату «Азовсталь» дозволяють оцінити середню швидкість охолодження листів товщиною 10...40 мм відповідно 1,10...0,28  $^{\circ}\text{C}/\text{с}$ .

Нормалізація з використанням тепла прокатного нагріву є ефективним технологічним процесом у вітчизняній практиці і вперше в промислових масштабах була передбачена на стані 3600 меткомбінату «Азовсталь». Листи безпосередньо після

гарячої прокатки поступають до прохідних роликкових печей, які розташовані в іншому відділенні цеху і завантажуються в піч в гарячому стані. Це забезпечує підвищення пропускної спроможності прохідних роликкових печей на 30...50% в порівнянні з нагрівом холодного металу і скорочує питомий час нагріву до 0,5...0,7 хв/мм.

Гартування з високим відпуском (поліпшення) полягає в нагріві листів до температури вище  $A_{c3}$  необхідною витримкою і швидким охолодженням у воді з подальшим відпуском при температурах нижче  $A_{c1}$ . Цей вид термообробки забезпечує отримання дрібнозернистості структури і супроводжується підвищенням як міцності, так і в'язких властивостей стали одночасно. Відносно подовження при цьому знижується.

Зміцнення при загартуванні з відпуском досягає 15...60%, тому цей вид обробки оцінюється як найбільш ефективна зміцнююча обробка, що забезпечує економію металу в народному господарстві до 25%.

Температура нагріву під загартування складає  $A_{c3} + (30...50)^\circ C$ , при відпустці  $A_{c1} - (20...100)^\circ C$ . Питомий час нагріву під гартування дещо вищий, ніж нормалізації, і знаходиться в межах 1...2,5 хв/мм, а при відпустці 3...6 хв/мм. При ускладненні хімічного складу і збільшенні розмірів листа питомий час приймають ближче до верхньої межі.

Гартування з відпуском як вид термообробки є технологічно і технічно складнішим процесом, ніж нормалізація. Гартування здійснюють шляхом охолодження листів водою в гартівних баках, пресах або ролик-гартівних машинах.

При відпуску відбувається зняття напружень і розпад продуктів загартування, що супроводжується підвищенням пластичності і ударної в'язкості стали. Температура відпуску знаходиться в межах  $600...700^\circ C$ , яка обмежується, з одного боку, положенням критичної точки  $A_{c1}$ , а з іншого боку, можливістю стійкої роботи газових печей (нижня межа температур). Окрім цього, температурний інтервал відпуску обумовлено необхідністю збереження властивостей при

переробці металу у споживача, яка часто пов'язана з нагрівом до 600...700 °С. Закономірністю зміни властивостей при відпуску є зниження характеристик міцності і підвищення пластичності, а також ударної в'язкості з підвищенням температури відпуску.

**Гартівні преси** однотипні і передбачають загартування листів після нагріву в прохідній роликівій печі в затиснутому стані. Нагрітий лист видають на транспортній швидкості з печі, встановлюють в пресі, затискають між притискачами – бризгалами, піднімають над рольгангом і охолоджують водою, що поступає через отвори в бризгалах на поверхню листа зверху і знизу (рис. 2.10).

Технічні параметри діючих пресів : витрата води від 1000 до 2500м<sup>3</sup>/г , тиск 294...785 кПа, зусилля затиску листів в притискачах від 785 до 1275 кН, час підйому рами преса і затиск листів від 4 до 8 с. Воду подають через отвори в бризгалах – притискачах діаметром 3...5 мм, іноді до 8 мм. Габаритні розміри преса визначаються розміром на даному стані листів: довжина визначається максимальною довжиною листа і складає до 17 м, ширина – до 2,5...3 м. Передбачається можливість загартування листів товщиною від 4 до 40 мм.

**Ролико-гартівні машини (РГМ)** є найбільш сучасним гартівним агрегатом (рис.2.10, б)[15]. РГМ передбачають охолодження листів при безперервному або зворотно-поступальному переміщенні їх між двома рядами роликів, які встановлено із зазором між ними рівним товщині листа або на 2...3 мм вище. РГМ заводу «Амурсталь» складається з двох зон: інтенсивного і малоінтенсивного охолодження, що забезпечує двохстадійне охолодження листів при загартуванні.

Система охолодження машини спрејерная і з рядом колекторів, які розташовано між роликками зверху і знизу, з отворами діаметром 5 мм. Автономна система водопостачання і водоочистки забезпечує очищення води, що подається, до змісту суспензій і маслопродуктов не більше 20...30 і 6 мг/л відповідно, що гарантує стійку роботу охолоджуючих систем. Машина забезпечена пристроями для регулювання витрати води роздільно по секціях, а також зверху і знизу.

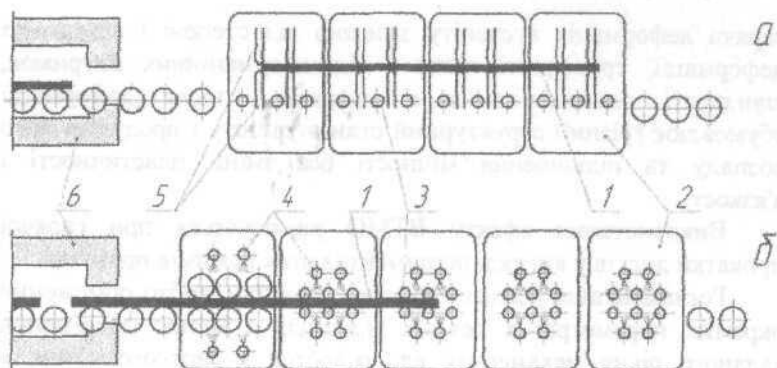


Рис 2.10 Схема гартівних агрегатів: а – гартівний прес; б – ролик-гартівна машина заводу «Амурсталь» (Росія): 1 – лист; 2 – секція агрегату; 3 – ролики; 4 – колектори; 5 – притискали-бризгала; 6 – пів

Машина розташована на відстані 1,5 м від прохідної нагрівальної печі. Перед видачею листів з печі залежно від товщини встановлюють необхідний зазор між роликами машини, необхідні витрати води і швидкість переміщення листів. Лист видають із печі після встановлення стаціонарного режиму роботи охолоджуючих систем і він поступає в задаючі ролики перед першою секцією машини і далі проходить зону інтенсивного охолодження (перша секція), а потім зону малоінтенсивного охолодження (друга секція). Передбачена можливість відключення частини секцій зони малоінтенсивного охолодження для тонких листів або охолодження листів в ній в режимі похитування для великої товщини листів.

Досвід експлуатації РГМ заводу «Амурсталь» (Росія) показав, що досягаються швидкості охолодження поверхні листів в зоні інтенсивного охолодження  $60...100^{\circ}\text{C}/\text{с}$ . При цьому перепад температур по перетину залежно від товщини листа досягає  $200...400^{\circ}\text{C}$ . При середній щільності зрошування  $60...70\text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{г})$  твердість листів завтовшки 8...20 мм була відповідно 360-217 НВ.

У практиці виробництва толстолистового прокату найбільш реальним є використання ефекту високотемпературної термомеханічної обробки (ВТМО). Основний етап ВТМО –



гаряча деформація аустеніту залежно від степені і швидкості деформації, тривалості після і міждеформаційних витримок, швидкості охолодження в процесі і після деформації обумовлює різний структурний стан аустеніту і продуктів його розпаду та підвищення міцності без зміни пластичності і в'язкості.

Використання ефекту ВТМО реалізується при гарячій прокатки листів у вигляді регламентованих режимів прокатки.

Регламентация режимів гарячої прокатки, тобто обмеження окремих параметрів в певних границях з метою досягнення заданого рівня механічних властивостей в гарячому стані, в практиці виробництва товстолистого прокату відома і застосовується давно. Суть процесу регламентованої прокатки як процесу термомеханічної обробки в повному об'ємі полягає в обмеженні температурно-деформаційних умов деформації і швидкості охолодження в процесі і після деформації з метою максимального подрібнення аустенітного зерна, збільшення щільності дефектів його кристалічної будови для досягнення мелкодисперсної феррито-перлітної структури. Збільшення степені деформації за інших рівних умов забезпечує збільшення ефекту ВТМО, причому збільшення степені деформації від 10 до 20% приводить до зростання ефекту майже в два рази.

В умовах стану 3600 меткомбината «Азовсталь» проведені досвідчено-промислові прокатки листів сталей 09Г2, 10Г2С1 і 10ХСНД з регламентацією режимів прокатки і швидкості охолодження. Прокатку розкатів закінчували при температурі 850-880°C з обтисканням 20% в останньому проході, далі слідувало охолодження до температур 580-600°C з середньою швидкістю 2,5-3°C/c (режим 1). Для порівняння проводили прокатку листів за звичайною технологією: завершення прокатки при 1000°C, обтискання в останньому проході 5-7%, охолодження на повітрі (режим 2). Результати механічних випробувань (таблиця 2.6) показали, що прокатка з регламентацією забезпечує значне збільшення ударної в'язкості при деякому підвищенні міцності і пластичності. Для досягнення такого рівня властивостей в звичайних умовах виробництва застосовують нормалізацію [15].

**Таблиця 2.6. Механічні властивості сталей після прокатки з регламентацією режимів (чисельник) порівняно із звичайною прокаткою (знаменник)**

Сталь	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup> , при температурі, °С			
					+20	0	-20	-40
10Г2С1	545	400	26,5	60,0	1,01	0,83	0,78	0,69
	520	335	24,0	58,0	0,79	0,70	0,55	0,32
09Г2	500	345	32,0	62,5	1,14	0,97	0,88	0,79
	470	345	31,0	60,5	1,12	0,93	0,50	0,25
10ХСНД	624	430	24,0	59,0	0,99	0,88	0,81	0,61
	590	405	23,0	55,0	0,90	0,77	0,43	0,17

На існуючих толстолистових станах охолодження листів проводять на холодильниках з несучими решітками крокуючого типу і роликового типу. Холодильники крокуючого типу є пристроєм з рухомими і нерухомими несучими балками і передавальних пристроїв. Схема дії холодильника подано на рис. 2.11. Пристрій даного типу на ТЛС дозволяє охолоджувати листи без викривлення до 50...100°С.

Холодильники роликового типу є системою із сталевими дисками. Такі холодильники встановлені на стані 3600 меткомбінату «Азовсталь», ряді зарубіжних ТЛС. Крок роликів холодильника в зоні високих температур листів зменшується для попередження деформації листів. Холодильник ТЛС 4725 (Канада) має площу 6000 м.<sup>2</sup>

У його склад входять інспекційна ділянка і ділянка виборної зачистки. Холодильники роликового типу менш металоємні, чим холодильники крокуючого типу. При терті кочення листа по роликах зменшується число пошкоджень нижньої поверхні, а при постійній зміні точки контакту листів з дисками роликів забезпечується достатньо рівномірне охолодження листів. Інтенсифікація процесу охолодження листів досягається при установці дуттьових вентиляторів в зоні видачі листів і забезпечення повітрообміну через спеціальні короби, що вмонтовуються між рядами колон будівлі цеху.

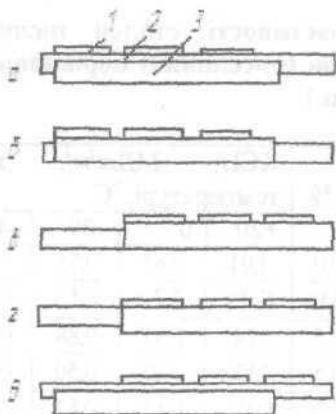


Рис. 2.11. Схема холодильника крокуючого типу:  
 1 – листи, 2 – нерухомі балки, 3 – рухомі балки, а – д – послідовні положення балки і листів при роботі

## 2.8 Контроль якості листів

Для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів на деяких станах застосовують різні типи автоматичної ультразвукової апаратури з метою оцінки якості листа. Швидкість контролю до 1 м/с. Передача прокату з рольганга до агрегату ультразвукового контролю проводиться за допомогою кранів, які пересуваються перпендикулярно транспортному рольгангу. На рис. 2.12 зображена схема автоматичної системи ультразвукової дефектоскопії на стані 5500 в м.Мідзусима (Японія). У схему включені 52 розшукові головки, що розміщуються з кроком 100 мм над поверхнею контрольованого листа, і два блоки пошукових головок, які розташовані з боку верхньої і нижньої поверхонь листа і призначених для контролю зони листа шириною 60 мм поблизу кромки. Ультразвукові коливання проходять через водяну плівку завтовшки 0,6 мм і проникають в метал; відбиті від дефектів імпульси сприймаються приймальними пристроями дефектоскопа, який періодично видає сигнали трьох видів в секунду контролю: сигнали про крупні дефекти, про невеликі дефекти і про наявність або відсутність акустичного зв'язку.

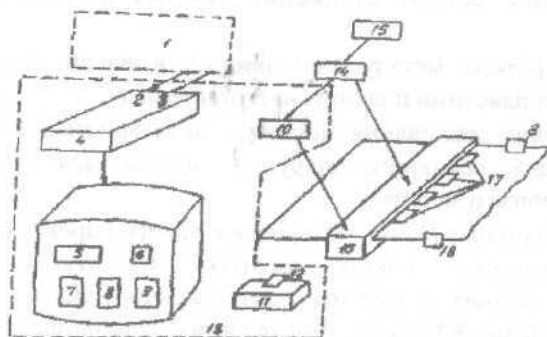


Рис.2.12. Схема автоматичної системи ультразвукової дефектоскопії:  
 1 - інформаційна система; 2 - початкові дані; 3 - оцінка придатності листа; 4 - міні-ЕОМ; 5 - інформація про акустичний зв'язок; 6 - оцінка якості; 7 - індикація невеликих дефектів; 8 - індикація кручних дефектів; 9 - інформація про акустичний зв'язок; 10 - блок попередньої обробки даних; 11 - пристрій, що друкує; 12 - результати дефектоскопії; 13 - система обробки сигналів; 14 - блок управління дефектоскопом; 15 - система ручного управління з пульта; 16 - дефектоскоп; 17 - головки для контролю поверхні; 18 - головки для контролю кромки.

Одержані сигнали аналізуються і періодично передаються в міні-ЕОМ. Результат порівнюється з гранично допустимою величиною і після обробки виводиться на екрані пристрою, відеоконтроля. За результатами контролю готові листи спрямовують на склад готової продукції або на дороблення.

## 2.9 Виробництво біметалічних листів

Одним з шляхів економії дорогих матеріалів (неіржавіюча сталь, мідь, олово, алюміній, нікель, титан і т.п.) є застосування в техніці і промисловості біметалічних листів з одностороннім або двостороннім покриттям. При цьому як основний шар використовують низковуглецеву або низьколеговану сталь, а в якості плакуючого шару легований матеріал. Товсті біметалічні листи застосовують при виготовленні резервуарів, ванн, що працюють в агресивних середовищах.

Існують різні методи отримання товстих біметалічних заготовок:

- заливка рідкого металу у виливницю, в яку заздалегідь поміщені пластини плакуючого матеріалу;
- безперервне розливання металів з двох кристалізаторів (один для основного шару, а другий для подачі плакуючого металу);
- механічна збірка різних матеріалів в пакети і прокатка.

Після отримання пакету заготовки прокатують на толстолистових станах в гарячому стані в листи необхідних розмірів. Приблизно 80% всіх біметалічних корозійностійких листів - основного виду біметалічного листового прокату - виготовляють пакетним способом. Підготовку і збірку пакетів проводять в спеціалізованих відділеннях. Пакети (рис.2.13) виготовляють так, щоб забезпечити 50...70 – кратну висотну деформацію. Тому, при товщині двошарових листів 4...5 мм початкова товщина чотиришарового пакету складає 200...350 мм при товщині струганих слябів основного шару 80...150 мм. При виробництві двуслойних товстих листів на стані 2300/1700 (Челябінський металургійний комбінат, Росія) використовують пакети, розміри яких представлені в табл.2.7. Заготовками для плакуючого шару служать пластини з неіржавіючих і жароміцних сталей марок X17, X25, X18N10T X17N13M2T і інших. Перед зборкою елементи пакету проходять спеціальну підготовку (зачистку).

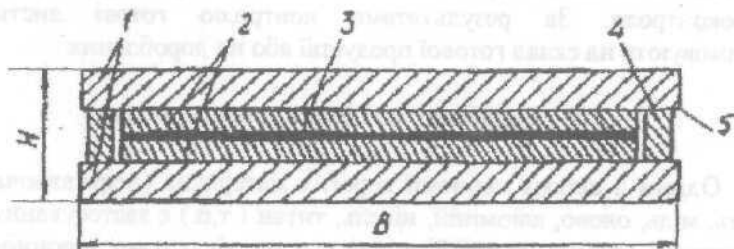


Рис.2.13. Складений симетричний пакет: 1 - основний шар; 2 - плакуючий шар; 3 - шар ізоляції; 4 - прокладки; 5 -сварной шов

**Таблиця 2.7. Розміри двошарових листів і елементів пакетів**

Параметр	Двошаровий лист	Сляб основного шару	Плакуючий шар
Товщина, мм	4...14	90...120	15...20
Ширина, мм	1700	700...1200	500...1000
Довжина, мм	6000	1700...2000	1600...1900
Маса, кг	-	840...2260	88...320

Сляби основного металу після стругання, знежирення, просушування зберігають в спеціальних камерах. Для запобігання окисленню на одну поверхню плакуючої пластини наносять шар ізоляції для запобігання схоплюванню (рис.2.13), а на другу поверхню після дробеструйної обробки наносять нікелеве покриття способом газової металізації. Цей шар забезпечує хороше схоплювання основного і плакуючого шарів при подальшій прокатки. Зібраний пакет встановлюють в горизонтальному положенні, здавлюють на пресі з силою 200 кН (20 тс) і потім зварюють по периметру на зварювальному автоматі.

Прокатку пакетів виконують за технологією, прийнятою для вуглецевих сталей з кантовкою коли ширина пакету нерівна необхідній ширині листа. Після обрізання кінців і кромки пакет розділяють на двошарові листи, проводять зачистку, правку, термічну обробку, травлення і т.п. Витратний коефіцієнт металу значний і складає 1,7...2,3.

### **2.10. Особливості контрольованої прокатки товстих листів**

Суттєвість контрольованої прокатки товстих листів із низьколегованих марок сталей полягає у застосуванні інтенсивної деформації при заданих (низьких) температурах металу на завершній стадії прокатки ( $t = 850...650^{\circ}\text{C}$ ) [12, 13]. При інших рівних умовах, низьколегована сталь після контрольованої прокатки, має більш вищі значення границі міцності (на 40...100 Н/мм<sup>2</sup>) і границі текучості (до 150 Н/мм<sup>2</sup>)

порівняно з аналогічними показниками після нормалізації листів. Під час прокатки, яку контролюють, є можливість отримання високоміцних сталей в гарячокатаному стані з високою ударною вязкістю, що забезпечується дрібнозернистою структурою металу.

Хімічний склад листової сталі для контрольованої прокатки зумовлено її призначенням, а основними мікролегуючими домішками є ніобій, ванадій, молібден, титан, марганець. Найбільш часто використовують для будівництва магістральних трубопроводів сталь, яка має такий хімічний склад, %: 0,03...0,09 C; 1,3...2,2 Mn; 0,2...0,4 Si; 0,03...0,10 Nb; 0,05...0,10 V; 0,002...0,01 Ti; 0,2...0,4 Mo.

З урахуванням структурних змін в процесі зниження температури металу під час прокатки листів із розмірами 17x2190x12000 мм (сталь 09Г2ФБ) на стані 3600 був прийнят такий температурний режим контрольованої прокатки. Неперервноліті сляби з розмірами 240x1500 мм нагрівають в методичних печах з штовхачами до  $t \approx 1150^{\circ}\text{C}$  і прокатують у чорновій клітці стана за дев'ять проходів до отримання розкату товщиною 48...50 мм. Температура кінця прокатки в чорновій клітці стана дорівнює  $980...1000^{\circ}\text{C}$ .

На рольгангові між клітками (рис. 2.6) розкат охолоджують на повітрі на протязі  $\sim 200$  с до температури  $840...850^{\circ}\text{C}$  при зворотно-поступальному русі з метою запобігання місцевого охолодження розкату від роликів рольганга. Після цього розкат прокатують в чистовій клітці за вісім проходів і закінчують прокатку при температурі  $740...750^{\circ}\text{C}$ . Готові листи, які прокатані за указаним режимом, мають такі показники механічних властивостей: границя міцності  $\sigma_a \geq 600$  Н/мм<sup>2</sup>; границя текучості  $\sigma_T \geq 470$  Н/мм<sup>2</sup>; відносне подовження  $\delta_5 \geq 23\%$ , ударна в'язкість при температурах  $-15^{\circ}\text{C}$  і  $-60^{\circ}\text{C}$  відповідно дорівнює  $a_n^{-15} \geq 0,9$  МДж/м<sup>2</sup> і  $a_n^{-60} \geq 0,65$  МДж/м<sup>2</sup>.

Контрольована прокатка застосовується також при виробництві листів із вуглецево-марганцевистих марок сталі. Подальше поліпшення властивостей товстих листів після контрольованої прокатки досягається наступною термічною обробкою. Під час контрольованої прокатки, внаслідок

застосування інтенсивних деформацій при низьких температурах (що зумовлено необхідністю отримання структури, яку вимагають), виникають великі навантаження на валки і головний привід. Це необхідно ураховувати при розробці режимів прокатки.

### 2.11. Валки слябінгів і клітей листових станів

На прокатних станах застосовують валки із сталей марок 50XH, 60XГ і інших (табл. 2.8) з поверхневим наплавленням твердим сплавом. Твердість сталевих валків без наплавлення не більше 260...290 НВ або 40...45 HSD(од. за Шором). Твердість наплавленого шару 430...550 НВ (62...80 HSD) і стійкість у 3...4 рази вища ніж без наплавлення валків. Наплавлення валків роблять на автоматичних пристроях порошковим дротом ПП – 3Х2В8 у поєднанні із спеціальним флюсом, який забезпечує високу якість шару. Для наплавлення застосовують також дріт із легованих марок сталі (30ХГСА). Наплавлення бочки валка робиться послідовним наплавленням шарів металу по гвинтовій лінії. Перед наплавленням валок піддають індукційному нагріву до 350...400<sup>0</sup>С, щоб запобігти утворенню тріщин, а після наплавлення валки повільно охолоджують. Товщина наплавленого шару 10...15 мм. Многократні наплавлення (після зняття зношеного шару) підвищують загальну стійкість валків.

Поверхня валка працює у виключно важких умовах нагріву до 500...600<sup>0</sup>С в осередку деформації і наступного інтенсивного охолодження. Внаслідок цього поверхневий шар валка піддається зруйнуванню термічними напруженнями із утворенням сітки розгару і зношенню за рахунок зносу поверхні і схоплення металу із валком. Причому верхній валок, який працює у більш важких умовах із-за більшого попадання води і окалини, отримує більший знос, ніж нижній (рис. 2.14). Тривалість роботи валків в кліті 20...30 діб [22, 63].



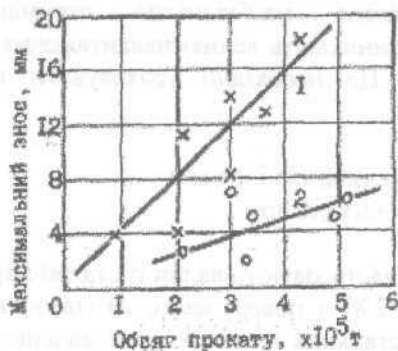


Рис. 2.14. Максимальний знос у середині верхнього (1) і нижнього (2) циліндричних валків слябінга 1150 при різному об'ємі прокату.

Основним і розмірами валка товстолистового стану є діаметри бочки і шийки, а також їх довжина.

Довжина бочки валків чистових клітей більша максимального розміру листа (розкату) і складає  $L_3 = B_p / (0,85 \dots 0,9)$  ( $B_p$  – ширина розкату). Діаметр бочки валків визначається типом стану і величиною сили прокатки. Діаметр шийки  $d_{ш}$  залежить від діаметра бочки, а довжина  $l_{ш}$  шийки звичайно дорівнює її діаметру. Практикою встановлено такі співвідношення між параметрами валка:

Валки	D, мм	$d_{ш}/D$	$l_{ш}/d_{ш}$
Товстолистові стани дуо	800...1250	0,60...0,75	0,8...1,0
Робочі валки клітей кварто	600...1200	0,55...0,6	0,8...1,2
Опорні валки клітей кварто	1200...1600	0,6...0,8	0,8...1,0

В чорнових клітях ТЛСТ застосовують сталеві робочі валки (ст. 50ХН, 60ХГ, 9ХФ), а в чистових клітях – чавунні з відбіленим шаром (табл. 2.8). Чавунні валки виготовляють відливанням. М'які валки відливають у земляну форму (опоку), а напівтверді і тверді у металеву (чавунну) форму (кокіль). При відливанні валків у кокіль отримують відбілений поверхневий шар із твердою цементито-перлитною структурою, товщиною 15...20 мм на радіус. Між відбіленим шаром і м'якою серцевиною валка знаходиться перехідна зона товщиною 60...70 мм. Модифікування чавунних валків магнієм та іншими модифікаторами (силікокальцієм і феросиліцієм) збільшує міцність і пластичність валків.

2.8. Хімічний склад матеріалу листових валків гарячої прокатки

Марка сталі	Хімічний склад, %										Твердість бочки за HSD	Примітка
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	не більше	Mo		
-	до 3,4	1,2...2,2	0,5...1,0	0,02	0,08	0,4...0,8	0,8...1,6	-	-	-	41...55	Робочі валки чорнових клітей двокільових станів
-	2,7...3,7	0,4...0,7	0,2...0,5	0,02	0,05	-	-	0,2...0,4	-	-	58...65	Робочі валки чистових клітей ЛІСТ
-	2,8...3,4	0,3...0,8	до 0,9	0,02	0,05	-	-	-	-	-	58...68	Робочі валки ШСТП (з відбіленням шаром
-	2,9...3,4	до 1,05	до 0,9	0,02	0,05	-	1,2...2	-	-	-	70...85	- // -
50XH	0,45...0,55	0,17...0,37	0,5...0,8	-	-	0,45...0,75	1...1,5	-	-	-	32...41	Валки слобінга, робочі валки чорнових клітей
60XH	0,55...0,65	0,17...0,37	0,7...1,0	-	-	0,8...1,2	0,3	-	-	-	32...41	- // -

У такому чавуні включення графіту ізольовані один від одного, в той час, як у м'яких чавунних валках вони розташовуються у вигляді пластин, які з'єднані між собою, що різко знижує його міцність і зносостійкість. Магнієві валки, особливо нікельмагнієві, мають більш вищі значення міцності і зносостійкості поверхні.

Листові сталеві валки, особливо великих розмірів, мають значні остаточні внутрішні напруження, які виникають при відливці або куванні та наступним охолодженням. Для зняття цих напружень валки необхідно витримати на протязі 2...5 міс. Цю витримку валків можна замінити відпуском (нагрів до  $400...500^{\circ}\text{C}$  із наступним повільним охолодженням), але це потребує додаткових енергетичних витрат.

Перед установкою у кліть холодні робочі валки (чавунні і сталеві) треба спочатку підігрівати в індукторах до температур  $50...70^{\circ}\text{C}$ , що підвищує їх стійкість в процесі експлуатації. В процесі прокатки робочі і опорні валки піддають інтенсивному охолодженню водою, яку подають із колекторів з форсунками. Під час роботи середина довжини бочки робочих валків має температуру  $60...80^{\circ}\text{C}$ , а на краях, де відсутній контакт з металом, температура валка знижується до  $30...50^{\circ}\text{C}$  в залежності від інтенсивності його розігрівання.

Знос робочих валків під час гарячої прокатки відбувається внаслідок істираючої, механічної дії штаби, що прокатують (у тому числі і окалиною), та термічної стомленості поверхневого шару валків, як результат багаторазових нагріву і наступного різкого охолодження водою, утворення сітки розгару. В результаті зносу після перешліфування зменшується діаметр валка. Найбільший знос спостерігається у середині довжини бочки валка, а характер кривої зносу зумовлений сортаментом листів по ширині. При зменшенні ширини листа від початку до кінця роботи валків крива зносу має параболічний характер, а якщо прокатують листи однакової ширини, то крива зносу поверхні має вид півтрапеції. Абсолютна величина зносу зумовлена твердістю валків, сортаментом і температурою металу, станом окалини на поверхні розкату.

Практичні величини максимального зносу робочих валків наведені нижче:

Валки	h, мм	G, т <sup>*)</sup>	$\delta_n$ , мм
Стальні ковані 50XH, 60XГ для чорнової кліті	підкат для листів 8...25 мм	9000	3,0
Магнієві чавунні для чорнової кліті	підкат для листів 4...25	13400	2,0
Чавунні відбілені чистої кліті	лист 8...25	3170	0,75
Теж саме	4...6	1085	0,75

\*) G – об'єм проката;  $\delta_n$  – максимальний знос на діаметр.

Як йдеться із табл., магнієві чавунні робочі валки, які використовують в чорновій кліті, мають більш високу зносостійкість порівняно із стальними валками. В чистої кліті зменшення товщини листів приводить до зниження стійкості валків майже у три рази. Зношені робочі і опорні валки передають на перешліфування, в процесі якого виконують зняття пошкодженого шару валка на 20...30% більше величини максимального зносу (до усунення сітки розгару). Крім того, твірній лінії бочки валка надають потрібний профіль, який визначається конкретними умовами роботи кліті. На існуючих станах профіль робочих валків виконують циліндричним, вигнутим, опуклим і циліндричним з краєвими скосами. Величину опуклості (угнутості) валка зумовлено прогином валкового вузла, різницею діаметрів у середині і на краю бочки внаслідок різних температур (температурна опуклість валка), зносом опорного валка. Загалом величина профілювання може бути розрахована із формули

$$f_p = W_b + \delta_{но} - f_T,$$

де  $W_b$  – сумарний прогин робочого і опорного валків;  $\delta_{но}$  – знос опорних валків;  $f_T$  – теплова опуклість валків.