

2 ВИРОБНИЦТВО ТОВСТИХ ЛИСТІВ

2.1 Конструкції листових клітей

Устаткування толстолистових станів включає різноманітні агрегати і пристрої, але основним агрегатом, що здійснює пластичну деформацію злитка (сляба) в лист, є прокатна кліть [12-15, 18, 19, 65]. На першому етапі застосовували двохвалкові і тривалкові кліті Лауга (рис. 2.1). Двохвалкові кліті не забезпечували отримання листів з невеликою поперечною різнотовщинністю. Тому вони були замінені тривалковими клітьями тріо – Лауга, які мали приводні верхній 1 і нижній 3

валки з діаметром 600...1000 мм і середній холостий валок з діаметром на 200...350 мм менше. Для історичної довідки стисло наведемо спосіб прокатки на цьому стані. При задаванні розкату 9 у валки (непарний прохід) столи 4 і 6 знаходяться в нижньому положенні, а середній валок 2 – у верхньому, притиснутим до верхнього опорного валка 1. Після обтиснення розкату у валках столи за допомогою приводних штанг 7 піднімають вгору, а середній валок за допомогою штанг 8 опускають вниз і він спирається на нижній опорний валок 3. Верхній валок 1 опускають за допомогою електромеханічних нажимних пристроїв, встановлюючи при цьому необхідний зазор. Після цього розкат задають у валки на верхньому рівні (парний прохід). У наступному непарному проході розкат задають у валки в нижньому горизонті і так повторюють до отримання необхідної товщини листа. На станах тріо – Лаута ширина сляба (злитка) завжди менше ширини готового листа. Тому листи необхідної ширини одержували методом розбиття сляба (злитка) "на кут" (рис. 2.2). При прокатуванні «на кут» відбувається витягання як ширини так і довжини сляба, а величина витягання залежить від кута α . З метою швидкого розбиття ширини кут завдання приймають рівним 20...30°.

Істотна перевага такого способу прокатки полягає в тому, що задавання сляба (розкату) «на кут» забезпечує плавне збільшення навантаження на двигун приводу і деталі кліті, що дуже важливо при прокатуванні на тривалкових станах, де швидкість валків складає $v = 2...2,5$ м/с і вона незмінна. До недоліків прокатки "на кут" відносять: трудність установки кута, який задано для завдання розкату, що не забезпечує точність розмірів при розбитті ширини, і спотворення прямокутної форми початкової заготовки. Необхідність контролю ширини розкату приводить до збільшення циклу прокатки, що знижує продуктивність кліті. Спотворення прямокутної форми розкату після першого пропуску усувають завданням розкату у валки іншим кутом, тобто на іншу діагональ.

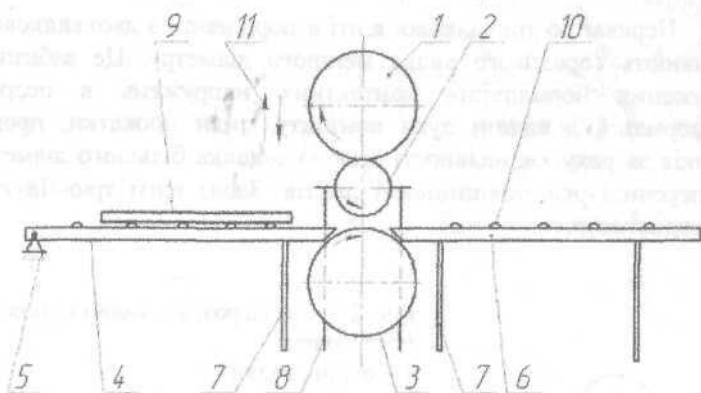


Рис. 2.1. Схема тривалкового стану Лаута: 1, 3 – приводні валки великого діаметру; 2 – середній холостий валок; 4 – підйомно-коливальний стіл; 5 – опора; 6 – паралельно-підйомний стіл; 7 – штанги підйому столів; 8 – штанга підйому і опускання середнього валка; 9 – розкат; 10 – ролики; 11 – напрям переміщення верхнього валка для зміни зазора між валками



Рис. 2.2. Схема прокатки сляба "на угол"

При цьому кут задавання повинен бути приблизно таким же, інакше спотворення форми не буде виправлено. На практиці кути встановлювали з деякою погрішністю, тому отримання правильної форми розкату і точності розмірів багато в чому залежить від досвіду вальцівників і операторів. Крім того, на точність істотно впливає нестабільність розмірів початкової заготівки, коливання технологічних параметрів процесу прокатки і ряд інших чинників.

Перевагою тривалкової кліти в порівнянні з двошвалковою є наявність середнього валка меншого діаметру. Це забезпечує зниження нормальних контактних напружень в осередку деформації, довжини дуги контакту, сили прокатки, прогину валків за рахунок наявності опорного валка більшого діаметру і поперечної різновтовщинності листів. Зараз кліти тріо-Лауга не використовують.

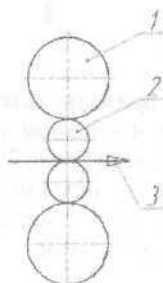


Рис. 2.3. Схема розташування валків в кліті кварто:

- 1 – опорні валки;
- 2 – робочі приводні валки;
- 3 – лист

Наступним кроком у вдосконаленні конструкції листових клітей було створення чотиривалкової (реверсивної) кліти (кліти кварто) (рис. 2.3).

У кліті кварто два приводних робочих валка мають менший діаметр, ніж опорні. Відношення діаметрів складає $D_{\text{ОП}}/D_{\text{РАБ}} \approx 2...3$. Робочі валки меншого діаметру, як і в кліті тріо-Лауга, забезпечують отримання порівняно невеликих величин сили прокатки, а опорні валки створюють високу жорсткість системи і зменшують прогин робочих валків, дозволяють прокатувати листи товщиною менше 4 мм і невелику різновтовщинність листів. Прокатка в цій кліті відбувається в реверсивному режимі і після кожного проходу зменшують зазор між валками за рахунок опускання верхньої пари валків. Перед і після кліти лист переміщається по рольгангам. Перед кліттю передбачені пристрої для кантовки (у площині рольганга) і центрування розкату. В даний час у складі толстолистових станів є одна кліть з вертикальним розташуванням валків і дві кліти кварто.

2.2 Характеристика толстолистого металу

Вимоги споживачів товстого листа до його якості полягають в поліпшенні зварюваності, підвищенні напруження течії і ударної в'язкості при низьких температурах, зменшення допусків на розміри і форму листів, а також на ряд інших параметрів, які регламентуються стандартами і технічними умовами на постачання.

Останнім часом помітна тенденція збільшення виробництва листів з низьколегованих високоміцних сталей, величини напруження течії ряду з них дані нижче [15]:

Марка сталі	Напруження течії, Н/мм ²
16Г2АФ	440
18Г2АФПС	440
17Г2СФБ	490
17ХГ2САФ	540
14Х2ГМ	588
14ГНМ2	784

Напруження течії і вигину для вуглецевих і низьколегованих сталей у вітчизняних і зарубіжних стандартах однакові. У стандартах низки країн західної Європи (ФРН, Франція і ін.) визначені три групи листової сталі по товщині: до 3 мм - тонкі, від 3 до 4,75 мм - середні, більше 4,75 мм - товсті. У діючій класифікації України умовно прийнято розділяти листи на тонкі (менше 4 мм) і товсті (більше 4 мм).

Передбачаються також допуски по товщині листів залежно від їх товщини і ширини. При цьому, чим більші ширини і товщини, тим більше абсолютні значення допуску. У частковому відношенні максимальний допуск на товщину для листів шириною 1500...1700 складає:

$h=5,5...12\text{мм}$:

+2,5...4,5%;

-6,5...11%;

$h=40...50\text{мм}$:

+1,2...1,5%;

-2,4...3%;

$h=25...30\text{мм}$:

+1...1,2%;

-3...3,6%;

$h=120...160\text{мм}$:

+1,2...1,4%;

-2,7...3,2%;

Більший мінусовий допуск по товщині передбачає можливість економії металу при виробництві листів і виготовленні з них виробів.

Граничні відхилення по ширині складає для листів товщиною:

$h=12-60\text{ мм}$ - 25 мм;

$h=60-100\text{ м}$ - 50 мм;

$h=100-160\text{ мм}$ - 75 мм.

Стандарти передбачають жорсткі вимоги, що пред'являються до площинності листів залежно від товщини і ширини (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Максимальні відхилення на метр довжини амплітуди площинності (А) гарячекатаних листів для сталей з межею міцності до 700Н/мм^2

Група площинності	"А" при ширині листів, мм	
	1000...1500	≥ 1800
Особливо висока (ПО)	5	8
Висока (ПВ)	8	10
Поліпшена (ПУ)	12	15
Нормальна (ПН)	15	20

2.3 Технологія прокатки на стані 3000 Алчевського металургійного комбінату

На Алчевському меткомбінаті з 1955р. працював толстолистовий стан (ТЛС) 2800. В 2004-2006рр. цей стан реконструювали у стан 3000 зі зміною класифікації його сортаменту (рис.2.4) [86].

Стан призначений для прокатки листів із вуглецевих і низьколегованих сталей товщиною 6...50 мм, шириною 1500...2800 мм і довжиною до 24 м. Початковими заготовками служать сляби товщиною 200-250-300мм, шириною 1000-1500мм, 1500-2300мм і масою до 7,5т, які получують на машинах безперервного ліття заготовкой (МБЛЗ). Марочний сортамент стана 3000 включає такі групи марок сталей:

- сталь листовая для зварних труб товщиною до 20мм;
- сталь листовая для суднобудування;
- сталь листовая конструкційна;
- сталь листовая низьколегована;
- сталь листовая котельна.

Вимоги при точності геометричних розмірів листів:

- допуск по товщині, мм:

при ширині листів $B \leq 2100$ мм - 0,1;

при ширині листів $B > 2100$ мм - 0,15 мм;

- допуск по ширині, мм - 0...20;

- допуск по довжині, мм - 0...50;

- різновтовщинність, мм:

при ширині $B \leq 2100$ мм - 0,1

$B > 2100$ мм - 0,15.

На стані встановлено таке обладнання:

- сучасна чорнова і чистова кліті кварто с довжиною бочки робочих валків 3000мм. Кліті мають гидронатискні устроїства, гидравлічні механізми урівноваження валків, механізми зміни робочих і опорних валків, які приводять в обертання два електродвигуна, потужністю по 4600кВт ("Alstom", Німеччина);
- устаткування дільниці для контрольованого охолодження підката (байпаса), який розтошовано між

чорною і чистою клітями. В його склад входять передавальні пристрої, охолоджувач і обвідний рольганг;

- устаткування контрольованого охолодження (УКО);
- листоправильна машина для горячої правки;
- устаткування дільниці стелажа-охолоджувача №1;
- кромкокрошильні ножиці лівого та правого потоку;
- системи гідравлічного видалення окалини, охолодження валків.

Технологічний процес прокатки здійснюється таким чином [2,12-16,18,19,22].

Сляби, які поступають на склад, оглядають і піддають вогневому зачищенню для усунення поверхневих дефектів. Потім сляби поступають у нагрівальні печі для нагрівання. В залежності від марки сталі температура нагрівання металу знаходиться у межах 1200...1230⁰С. Нагріті сляби подають у першу кліть, де здійснюють обтиск у межах 15...50 мм для руйнування окалини; потім обтиск у цій кліті можна здійснювати у відповідності з прийнятою схемою прокатки. Для усунення окалини застосовують гідрозбив після першої кліті. Тиск води при цьому 14...16 МПа.

У чорновий реверсивній кліті кварто розкат прокатують по спеціальному режиму до отримання необхідної ширини(див. нижче). Прокатка в чорновій кліті ведеться за 5 – 11 проходів (чим тонший лист, тим більше проходів). Після досягнення необхідних чорнових розмірів розкат рольгангом транспортують в чистову кліть, в якій за 5 – 9 проходів прокатують до необхідної товщини листа. У чистовій кліті режими обтискнень визначають, виходячи з умов отримання потрібних кінцевого профілю і механічних властивостей металу. Чистова кліть кварто також є реверсивною і в ній здійснюється тільки поздовжня прокатка.

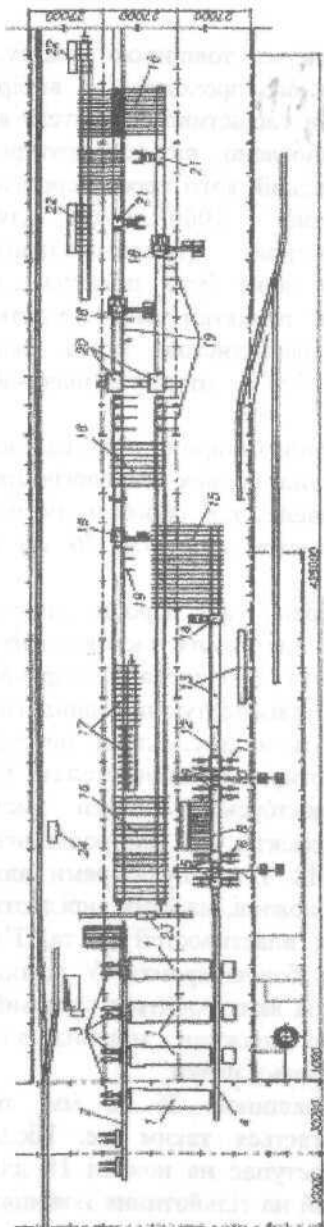


Рис. 2.4. Схема розташування обладнання трьохкільцевого стану 3000: 1- нагрівальні печі; 2-рольганг завантажувальний; 3-товкачі; 4-транспартувальний рольганг; 5-робочий рольганг; 6-маніпулятор; 7-чорнова кліть кварто; 8-охолоджувач; 9-робочий рольганг; 10-чистова кліть кварто; 11-маніпулятор; 12-рольганг розкатний; 13-пристрій контролювання охолодження розкату; 14-лістоправильна машина горячої правки; 15-стелаж-охолоджувач; 16-шлежер-охолоджувач; 17-контувач листів і передавальний пристрій; 18-ножиці з нахиленими ножами; 19-маніпулятор; 20-дисккові ножиці; 21-лістоправильна машина; 22-лістоукладач; 23-передавальний візок; 24-ваги.

Температура прокатки визначається товщиною розкату, який видається із кожної кліті (кожного проходу), і її вибір заснований на дослідженнях пластичних властивостей металу в кінцевому профілі. Практикою встановлено, що температура початку прокатки у чистовій універсальній кліті перед першим проходом повинна бути не менше 1000°C , але для товстолистової сталі з обмеженою (максимальною) температурою кінця прокатки вона може бути знижена до 950°C . Мінімальна температура кінця прокатки тонких листів повинна бути не нижче 720°C (товстолистова сталь, яка прокатана при температурі нижче 700°C , отримує значний наклеп).

Готовий профіль певної товщини і ширини поступає до обробки на обладнанні, яке розташовано на двох технологічних лініях потоку. Перша лінія призначена для обробки листів товщиною 6...25 мм, друга – для листів товщиною 26 мм і більше.

Розглянемо технологічні операції при обробці листів товщиною від 6 до 25 мм. Готовий лист після чистової кліті поступає до правильної машини 14, яка призначена для гарячої правки листів. Потім за допомогою транспортуючих ланцюгів роликів типу 15 листи поступають на другу лінію потоку металу. Далі лист передається на чотирьохсекційні стелажі 6. Кантувачами листів 17 на інспекторському столі лист повертають на 180° для виявлення дефектів. На лінії рольганга встановлений, гільйотинні ножиці 18 з маніпуляторами для поперечного різання листа і скрапні ножиці, на яких вирізають проби для дослідження механічних властивостей листа. На дискових ножицях 20, де обрізують бокові кромки. У потоці встановлені гільйотинні ножиці 18, на яких робиться кінцевий поперечний розріз листів на мірні довжини, машина для правлення листів і потім листи складують у пачки.

Якщо постачається лист товщиною 26...50 мм, то технологічний потік металу зберігається таким же. Після гільйотинних ножиць 18, 20 лист поступає на ножиці 18 для обрізання бокових кромки. Розрізаний на гільйотинних ножицях 18, 20 лист передають у проліт готової продукції.

Нижче приводиться коротка характеристика обладнання.

Нагрівальні печі – методичні, чотиризонні, двохранні, з нижнім підігрівом, торцевим поданням і виданням слябів. Корисна площа поду 6,15x30,275 м (186 м²). Печі працюють на суміші коксового і доменного газів з теплоото горіння 6,3 МДж/м³; повітря підігривається до 500⁰С в керамічних рекуператорах. Глісажні труби охолоджуються водою, яка на виході має температуру не вище 40⁰С.

Чорнова чотирьохвалкова кліть – реверсивна. Кожний валок приводиться до обертання від електродвигуна потужністю 2170 кВт з числом обертів 0-30-60 за хвилину. Діаметр робочих валків – 1000 мм, опорних – 1650 мм. Валки виготовляють із сталі 60ХН. Натискний пристрій верхнього валка має індивідуальний електродвигун на кожний натискний винт. Максимальна швидкість руху верхнього валка – 50 мм/с. Для відтискування натискних гвинтів під навантаженням кліть обладнана гідравлічним відтискуючим пристроєм. З обох сторін кліті установлені лінійки маніпулятора.

Чистова чотирьохвалкова кліть. Горизонтальні валки приводяться до обертання від двох електродвигунів потужністю по 4600 кВт і числом обертів 0-60-120 в хвилину. Діаметр робочих валків – 900 мм, опорних валків – 1650 мм. Довжина бочки опорних валків – 2800мм, і робочих валків – 3000 мм. Матеріал опорних валків – сталь 60 ХН або 60 ХГ, робочих – чавун з відбіленим поверхневим шаром товщиною ~ 20 мм на радіус.

Натискний пристрій.	Кліті	ТЛС	мають
електромеханічні (ЕМНП) і гідравлічні (ГНП) пристрої, а також віджимні пристрої (ОП) [65, 87]			натискні
характеристиками:	ГНП	ЕМНП	
Сила прокатки, МН.....	48-50	30-60	
Швидкість переміщення, мм/с.....	5-40	1-1,5.	

Більша швидкість переміщення ГНП дозволяє оперативно змінювати міжвалковий зазор для впливу на товщину листа з метою підвищення її точності. Сучасні чотирьохвалкові кліті обладнують установками гідравлічного

противигину робочих валків для регулювання площинності листів.

Гільйотині ножиці поперечного різання призначені для листів товщиною до 50 мм, зусилля різання – 6,0 МН, швидкість різання - 13 ходів за хвилину. Дискові ножиці застосовують для обрізання дефектних бокових кромek при товщині листів 6...30 мм із швидкістю 0,415...0,883 м/с. Приблизно 80...90% товстих листів піддають термічній обробці з метою поліпшення структури і механічних властивостей металу (нормалізація, відпал, відпуск, загартування, загартування з відпуском).

Правильні машини розраховані на правку товстих листів товщиною від 6 до 50 мм. Швидкість правки машини 0,4...0,95 м/с. Окрім робочих, правильні машини мають і опорні ролики.

2.4. Технологія прокатки на товстолистовому стані 3600

Сучасні товстолистові стани характеризуються широким сортаментом листів, високою продуктивністю і точністю їх прокатки. Будівництво товстолистових станів зумовлено попитом на великогабаритні листи, основними споживачами яких є:

- судобудівна промисловість, яка виробляє танкери водотоннажністю більше 100 тис. т;
- мостобудування, яке потребує для довгопролітних мостів великогабаритні листи із високоміцної сталі з границею текучості 600...800 Н/мм²;
- енергетика, яка застосовує високоміцний лист для кожухів ядерних реакторів і низьколегований лист для котлів реакторів;
- виробництво нафто- і газопровідних труб великого діаметра;
- виробництво цистерн, ємкостей і т.п.

Товстолистовий стан 3600 (рис.2.5) (металургійний комбінат «Азовсталь»), має одну вертикальну і дві чотирьохвалкових кліті з горизонтальними валками (табл. 2.2). Стан прокатує листи і плити розміром $h = 5...200$, $b = 2000...3400$

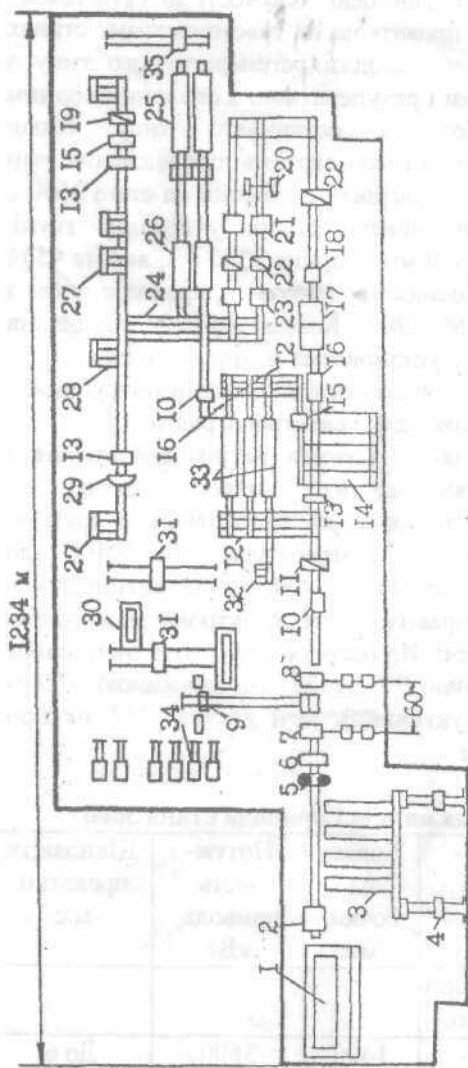


Рис. 2.5. Схема розташування обладнання стана 3600 металургійного комбінату «Азовсталь»: 1-нагривальні колодязі, 2-стаціонарний перекидач, 3-методичні печі, 4-візки для слябів, 5-кільце з вертикальними валками, 6-камера гідрозбиву; 7-чорнова кліть, 8-чистова кліть, 9-візки для плит, 10-роликів машина для гартування, 11-ножиці гарячого різання; 12, 24-шлепер передаточні; 13, 15-правильні машини, 14-холодильник; 16-установка прискореного охолодження; 17-інфекційний стелаж з кантувачем; 18-дефектоскопи; 19-ножиці для відбору проб; 20-ножиці дискові; 21-ножиці кромкообрізи підвоєні; 22-ножиці дильні; 23-маркирувальний пристрій; 25; 26-термічні печі; 27-кармани; 28-завантажувальний пристрій; 29-ножиці з "Гусиним" полем; 30-установка газового різання; 31-правильний прес; 32-стелаж; 33-печі для нормалізації; 34-камерні печі; 35-візки передаточні.

мм, довжиною до 28 м із литих або катаних слябів $H = 110...350$ мм, $B = 1110...1900$ мм, довжиною 2300...3400 мм і масою 2,2...37 т із сталей з границею текучості до 1170 Н/мм². Для нагріву злитків перед прокаткою на товстолистових станах використовують нагрівальні колодязі регенеративного типу з опаленням із центру подини і рекуперативні з опаленням одним верхнім пальником. Колодязі останнього типу більш продуктивні і мають саму низьку вартість спорудження при великій місткості камер. Для нагрівання злитків на стані 3600 є чотири групи колодязів по чотири камери у кожній групі. Довжина камери по осі 9850 мм, ширина 3330 мм, висота 4564 мм, площа поду 32,5 м². Колодязі опалюють природним газом з теплою горіння 34,4 МДж/м³. Кожна камера обладнана інжекційною горілкою, яка установлена в торцевій стіні. Для нагріву слябів використовують печі з глісажними трубами, з крокуючими балками, а також печі з електронагрівом.

Одним із прогресивних методів нагрівання злитків і слябів, особливо високоміцних марок сталі, є електронагрівання. Часто електронагрів застосовують у другому періоді нагрівання слябів з температури 900...950°С до 1220...1250°С. Нагрівання слябів до 900...950°С виконують в методичних печах. Як правило, для електронагріву слябів застосовують індукційні печі. На нагрів одного холодного сляба товщиною 305 мм, шириною 905...1525 мм, довжиною 7,9 м витрачається 53 хв. Продуктивність печі досягає 550 т/г при темпі видання слябів – 3 хв.

2.2. Характеристика валків і привода стана 3600

Кліть	Діаметр валків, мм		Довжина бочки, мм	Потужність привода, кВт	Швидкість прокатки, м/с
	робочих	опорних			
Вертикальна	900	-	1400	3600	До 6
Чорнова	1130	1800	3600	2x6290	До 6
Чистова	1030	1800	3600	2x8800	До 8

Перевага печей електронагріва порівняно з печами звичайного типу заключається в зниженні угару металу до 0,8% (замість ~ 1,5% в газових печах), зменшенні товщини безвуглецевого шару на слябі, зниженні витрат енергії на нагрів.

Печами з крокуючими балками (рис. 2.6) обладнано ТЛС 3000 меткомбината м. Маріуполя. Печі з крокуючими балками мають в порівнянні з печами з глисажними трубами наступні переваги: вищу продуктивність, відсутність на слябах холодних ділянок («глисажних міток») і пошкоджених ділянок на поверхні внаслідок тертя о глисажні труби, можливість легкого розвантаження печі внаслідок її пошкодження або зупинки стана.

Проте, при однакових порівняльних параметрах штовхальної печі і печі з крокуючими балками продуктивністю 300 т/ч встановлено [13]: на печах з крокуючими балками витрата палива на 11%, а води на 80% більше, збільшення інвестицій на будівництво склало 15%. Піч з крокуючими балками на ТЛС 3000 має довжину 48,7 м, ширину 6,61 м і призначена для нагріву слябів 100...315×1100-1900 мм і довжиною 2,5...5,8 м. Максимальна маса сляба 13 т, а садка печі 680 т, продуктивність 210 т/ч (вуглецеві марки сталі) і 170 т/ч (низьколеговані). Завантаження печі дворядне. Транспортування слябів в печі здійснюється крокуючими балками. Рухомі і нерухомі балки виготовляють з товстостінних труб. Охолодження труб випарне. Для нагрівання слябів перед прокаткою на ТЛС застосовують методичні п'яти- і шестизонні печі продуктивністю 240...250 т/г. П'ятизонна піч меткомбінату «Азовсталь», яка встановлена на стані 3600, забезпечує нагрівання до температури $\leq 1260^{\circ}\text{C}$ слябів товщиною 130...350 мм, шириною 1100...1950 мм і довжиною 2000...3400 мм. Основні параметри печі: ширина печі 7,9 м, довжина печі за кладкою ~ 31,5 м, продуктивність при холодній посадці слябів - до 130 т/г.

Злитки масою до 37 т для прокатки плит товщиною $h \leq 200$ мм нагрівають в чотирьох групах нагрівальних колодязів з розмірами камер 9850×3300×4500 мм, а сляби в чотирьох методичних чотирьохзонних, дворядних печах з крокуючими

балками шириною 7,9 м, завдовжки 31,5 м і продуктивністю до 125 т/ч кожної.

Стан 3600 прокатує листи розміром $h = 5...50$ мм, $b = 2000...3300$ мм, довжиною до 28 м з литих або катаних слябів $H = 110...250$ мм, $B = 1110...1900$ мм, довжиною 2300...3400 мм і масою 2,2...37 т із сталей з границею міцності до 1180 Н/мм².

Нагріті до температур 1200...1250⁰С злитки або сляби прокатують у вертикальній кліті з обтиском 20...60 мм, якщо необхідно лише зламати окалину, і з більшими обтисками, якщо потрібно зменшити ширину початкового сляба. В чорновій кліті режим деформації і схему прокатки зумовлено необхідністю розбивки сляба (зливка) на ширину листа, який потрібен.

При цьому граничні величини обтисків визначаються умовами захвату розкату валками, міцністю валків і потужністю головного приводу.

Виходячи із умов захвату у перших проходах частота обертів валків 10...15 об/хв, а після захвату розкату відбувається прискорення двигуна до максимально можливої швидкості. Максимальний обтиск обмежує також існуюча міцність валків і потужність головного приводу. Виходячи із практичних даних максимальні обтиснення в чорнових клітях товстолистових станів старої побудови складають 28...30 мм (стані 2250 і 2800 Алчевського металургійного комбінату), а на нових станах (стан 3600 металургійного комбінату «Азовсталь») – 30...40 мм і більше за прохід (табл. 2.3-2.5).

Режим прокатки розділяється таким чином, щоб час прокатки в чистовій кліті був декілька менший, ніж в чорновій. У цьому випадку розкат просувається по рольгангам стана без затримання.

Стан 3600 випускає листи з різною термічною обробкою. Так, листи (плити) товщиною 60...200 мм після виходу із чорнової кліті 7 укладають на візок 9 і передають в камерні печі 34 з висувним подом, в яких роблять відпал листів. Після відпалу листи візками 31 передають на пристрій газового різання для поділу на мірні розміри і потім відправляють на склад готової продукції. Листи товщиною менше 50 мм піддають різним видам термообробки після виходу із чистової кліті 8. Після загартування на установці 10 на ножицях 11

обрізають кінці, піддають листи правленню на машині 13 і охолоджують на роликовому трьохсекційному холодильнику 14, через який проходить рольганг.

Листи, які піддають нормалізації після прокатки та відрізування кінців на ножицях 11 по передаточним стелажам 12 передають в прохідні печі 33, а після виходу із них листи по зворотним передаточним стелажам 12 попадають для правлення у машину 15 і на роликові холодильники 14. Із холодильника 14 листи передають на рольганг перед установкою повітряного охолодження 16, далі через інспекційний стіл 17 із кантувачем для розмічення дефектів, на установку 18 для дефектоскопії внутрішніх дефектів і далі за технологією.

Поперечний поділ листів виконують на ножицях 22, а відрізування кромки на дискових ножицях 20 ($h \leq 25$ мм) і на гільйотинних ножицях 21 для обрізування кромки. Маркировку листів виконують на установці 23, після чого готові листи по передаточним решіткам 12 спрямовують на пристрої 27, 28 для передачі на склад.

Листи після прокатки, правлення і різання передають по передаточним стелажам 12 до термічних печей, а після термообробки передаточним візком 35 пачки листів відправляють до складу готової продукції. Річне виробництво стана (проектне) складає 1,75 млн.т.

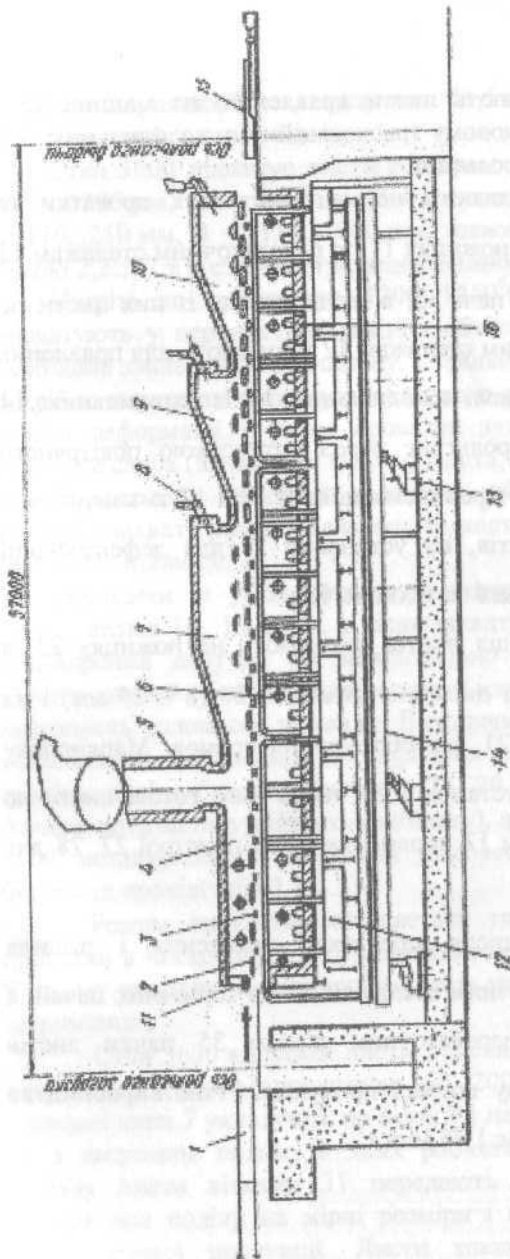


Рис. 2.6. Схема нагрівальної печі з крокуючими балками :
 1 - штовхач слябів; 2 - нерухомих балок; 3 - рухомі балки; 4 - методична зона; 5 - димовідвід; 6 - бічний пальник; 7 - друга зварювальна зона; 8 - торцевий пальник; 9 - перша зварювальна зона; 10 - томильна зона; 11 - парова завіса; 12 - водійний затвор; 13 - механізм підйому крокуючих балок; 14 - пісочний затвор; 15 - механізм ненаголошеної видачі слябів; 16 - оглядове вікно.

Таблиця 2.3. Енергослотові і температурні параметри прокатки листів 16,5х2120 із сталі 17Г1СУ із слябів 200х1500х2300-2750 мм (температура кінця прокатки в чорновій клітці 1060-1095 °С, в чистовій клітці – 1050-1070 °С)

№ проходу	Чорнова кліть				Чистова кліть			
	Обрисення, мм	Сила, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв	Обрисення, мм	Сила, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв
1	30-35	22,0-27,0	3,00-4,15	37	13,4-15,6	23,0-24,0	1,80-2,00	81
2к	29-38	29,0-33,0	3,30-5,0	41	13,6-14,0	29,0-33,0	2,20-2,40	82
3	27-33	25,0-28,0	2,75-3,70	55	10,5-11,1	22,7-32,0	1,75-2,25	85
4	22-25	22,5-28,5	2,90-3,60	54	6,5-7,5	27,0-30,0	1,45-1,65	83
5	17-20	22,5-26,5	1,90-2,50	61	3,3-4,2	19,7-20,6	0,70-0,90	86

Примітка: ширина розкату у проходах 1, 2 чорнової клітці 2300-2750мм, в решті проходів чорнової клітці в чистовій клітці 2120мм.

Таблиця 2.4. Енергосилові і температурно-деформаційні параметри прокатки листів 19,8x2120 із сталі 08сп із слябів 240x1550x2300-2600 мм (температура кінця прокатки в чорновій клітці 1025-1040 °С, в чистовій клітці – 1010-1020 °С)

№ проходу	Чорнова кліть				Чистова кліть				
	Обтиснення, мм	Сила, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв	№ проходу	Обтиснення, мм	Сила, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв
1	15	24,0-27,0	3,0-4,0	29-33	1	14,6-16,6	26,0-27,0	2,10-2,50	75-82
2ж	15-35	26,0-30,0	3,7-4,4	28-36	2	11,8-12,0	27,0-28,0	1,80-2,40	80-82
3	17-25	23,0-30,0	2,6-3,1	31-38	3	8,1-8,5	24,0-26,0	1,20-1,40	85
4	33-34	27,0-28,0	4,0-4,4	34-36	4	4,7-5,2	20,0-21,0	0,95-1,05	85-87
5	30-32	28,0-30,0	3,45-3,9	23-37	5	2,2-2,4	16,0-17,5	0,65-0,75	87
6	28-30	31,5-33,5	3,9-4,2	36-37					
7	26-28	33,0-36,0	3,7-4,0	35-37					

Примітка: ширина розкату у проходах 1-3 чорнової клітці 2600мм, в решті проходів чорнової клітці і в чистовій клітці 2120мм

Таблиця 2.5. Енергосилові і температурно-деформаційні параметри прокатки листів 26,8×2920 мм сталі 09Г2С із слябів 200×1400×2300-2900 (температура кінця прокатки в чорновій кліті 1040-1070⁰С)

Чорнова кліть				
Номер проходу	Обтиснення, мм	Сила прокатки, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв
1	2	3	4	5
1	24-25	22,50-27,50	2,50-3,40	57
2	26-31	23,00-33,00	3,40-5,10	51
3	27-32	31,50-35,00	3,80-4,30	53
4к	20-22	27,50-31,00	3,15-3,50	55
5	25-26	39,00-42,00	3,40-3,60	50
6	17-19	36,00-41,50	3,50-3,50	53
Чистова кліть				
Номер проходу	Обтиснення, мм	Сила прокатки, МН	Момент кручення, МН·м	Частота обертання, об/хв
1	2	3	4	5
1	12,8-13,8	25,9-32,0	1,90-2,20	73
2	10	25,0-28,0	1,90-2,10	72
3	7	29,0-31,0	1,95-1,55	75
4	2,2	19,0-21,0	0,80-0,94	75
Примітка: Ширина розкату в проходах 1-3 чорнової кліті 2300-2290мм, в решті проходів чорнової кліті і у всіх проходах чистової кліті 2920мм				

2.5. Товстолистовий стан 5500

Найбільш потужні товстолистові стани з довжиною бочки 5500 установлені у Японії. Технічна характеристика подібних станів така [15,65]:

Максимальні розміри слябів (мм):	Параметри
товщина	100...300
ширина	2200...2400
довжина	2600...5600
Максимальна вага сляба, т	27...37,5
Розміри готових листів, мм	
товщина	5...200
довжина	< 60000
Продуктивність, млн.т/рік	1,8...3,60
Чотирьохвалкові кліті, діаметри валків, мм:	
робочі	1200...1230
опорні	2200...2400
Вага станини, т	365...380
Модуль жорсткості кліті, МН/мм	10...12
Потужність головного привода, кВт	2x6400; 2x8000
Швидкість прокатки, м/с	3...6,5
Стандартний допуск за товщиною, мм	0,1...0,15
Час зміни валків, хв	10...15

Схема розташування основного обладнання стана 5500 заводу в Мідзусімі приведена на рис. 2.7. Нагрівання слябів здійснюється у двох шестизонних печах з крокуючим подом, продуктивністю 220 т/год кожна. Корисна довжина печі 38 м, підігрівальної зони – 10 м. Печі – дворядні, опалюються газом і важким мазутом.

Сляби вивантажують з печі на рольганг за допомогою екстрактора. Перед прокаткою на стані метал проходить крізь пристрій для гідрозбивання окалини, сопла якого (35 шт.) розташовані у два ряди зверху і знизу. Тиск води складає 15...17 МПа. Станина зроблена опуклою угорі, величина прогину перерізу стійок прийнята рівною 30 мм (проте цей прогин фактично відсутній внаслідок наявності подушок опорних валків). Суцільнолиті станини мають масу 365...380 т кожна і модуль жорсткості кліті до 12 МН/мм, що в поєднанні із опорними валками діаметром 2400 мм, забезпечує мінімальну пружну деформацію. Опорні валки вагою 240 т кожний установлені у подушках рідинного тертя (ПРТ), а робочі – у подушках кочення.

На станах подібного типу установлюють електромеханічні і гідравлічні натискні пристрої. Натискні пристрої мають дві швидкості: при встановленні валків в паузах між проходами $v = 13...32$ мм/с і для регулювання товщини листа під час прокатки $v_H \approx 1...1,7$ мм/с [15]. Гідравлічний натискний пристрій працює при максимальній силі прокатки 100 МН. Отримання ширини листа (плити) забезпечується шляхом однієї із двох схем, які розглянуті на рис. 2.9. Зниження поздовжньої різнотовщинності досягається застосуванням гідравлічних систем автоматичного регулювання товщини, які мають в 10 раз більшу швидкість руху порівняно із електричною системою, що дає змогу регулювання відхилень, які виникають із-за ексцентриситету валків. Наявність автоматичної системи керівництва технологічним процесом та режимом обтисків, наявність необхідних вимірювальних пристроїв забезпечує максимальне відхилення за товщиною у партії листів не вище 0,05 мм, а поперечну різнотовщинність 0,03 мм. Листи, що прокатані, охолоджують на холодильниках з крокуючими балками загальною площею 5000...6800 м².

Товстолистові стани 5500 прокатують листи шириною до 5300 мм, однак кількість замовлень на такий широкий лист незначна. Одержання вузьких листів із подвійних широких економічно вигідно, так як не знижує продуктивність стана і зменшує коефіцієнт витрат металу. Для поздовжнього різання товстих листів агрегати обладнані дисковими або важільно-

коливальними ножицями. Особливістю сучасних роликотправильних машин для правки товстих листів є точне регулювання навантаження на ролики верхнього ряду, яке здійснюється за допомогою ЕОМ. Навантаження на ролики встановлюється автоматично за показниками товщиноміра. Існує незалежне регулювання навантажень на входних і вихідних роликах машин, регулювання кута нахилу верхніх роликів з метою усунення однобічної хвилястості. На станах установлюють машини для гарячої і холодної правки листів товщиною 4...60 мм.

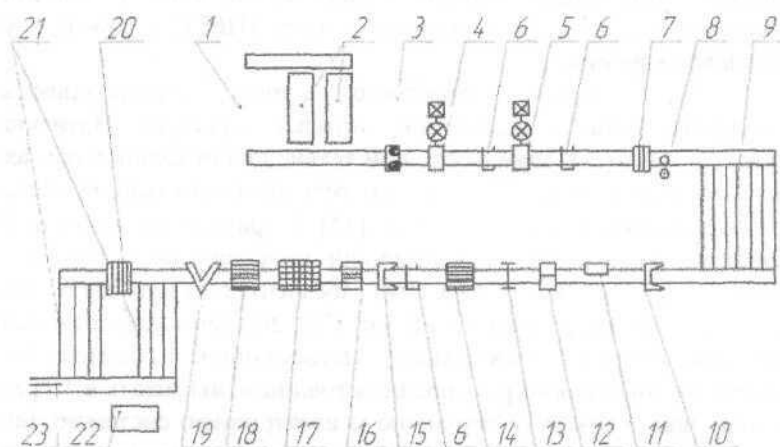


Рис. 2.7. Схема розташування основного обладнання стана 5500 заводу у Міндзусімі: 1-склад слябів; 2-нагрівальні печі; 3-окапиноламач; 4-чорнова кліть; 5-чистова кліть; 6-товщиномір; 7-машина гарячої правки; 8-пристрій для маркіровки; 9-холодильник; 10-ножиці для відрізання кінців; 11-пристрій для клеймування зразків; 12-пристрій для маркіровки; 13-ножиці для відрізання кромки; 14-агрегат поздовжнього різання; 15-ножиці для відрізання кінців; 16-пристрій для клеймування готових листів; 17-інспекторський стіл; 18-машина для наклеювання ярликів; 19-листоукладальник; 20-листопрямильна машина холодної правки; 21-шлеперна решітка; 22-ультразвуковий дефектоскоп; 23-склад готової продукції.

Математична модель управління процесом прокатки, враховує зміни профілю валків, пружні деформації кліті, теплове розширення, знос і інші чинники.

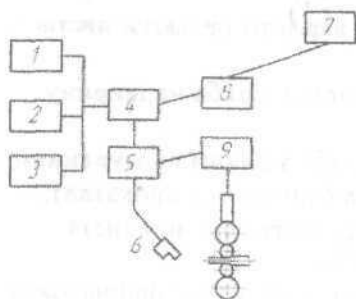


Рис. 2.8. Блок-схема регулювання профілю товстого листа:
 1 – математична модель профілю; 2 – програма розрахунку теплового розширення валків; 3 – програма розрахунку зносу валків; 4 – модель регулювання профілю; 5 – програма накопичення статистичних даних; 6 – вимірник поперечної різнововщинності; 7 – система видачі інформації; 8 – програма розрахунку режиму прокатки; 9 – програма визначення обгискання

На рис. 2,8 показана блок-схема регулювання профілю товстого листа. Паралельний пучок світла від щілинного джерела прямує на поверхню по всій його ширині. Зображення поверхні сприймається телекамерою. По одержаному зображенню безпосередньо визначається профіль листа за допомогою спеціального вимірника 6.

Товстолістові стани 5500 прокатують лист шириною до 5200мм, проте кількість замовлень на такий широкий лист незначна. Отримання вузьких листів з широких економічно вигідно, оскільки не знижує продуктивності стана і зменшує коефіцієнт витрат металу. Для поздовжньої різки товстих листів агрегати обладнані ножицями. Особливістю сучасних роликотправильних машин для правки товстих листів є точне регулювання навантаження на ролик верхнього ряду. Навантаження на ролик встановлюється автоматично за показниками товщиноміра. Існує незалежне регулювання навантажень на вхідних і вихідних роликах машин, регулювання кута нахилу верхніх роликів з метою усунення односторонньої

хвилястості. На станах встановлюють машини для гарячої і холодної правки листів товщиною 45 – 60 мм.