

5 ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ТА ВІДДІЛКА ХОЛОДНОКАТАНОЇ ЛИСТОВОЇ СТАЛІ

Відділочні операції після холодного прокатування вуглецевої листової сталі виконується в листах або рулонах. У першому випадку потрібна розділка холоднокатаних рулонів на агрегатах, що встановленні за станом холодного прокатування. На них виконують поперечне розрізання рулону на листи мірної довжини. Усі подальші операції відділки (термічну обробку, дресирування та інш.) виконують в листах.

У другому випадку усі відділочні операції після холодного прокатування здійснюють в рулонах масою до 25 т; розділення рулонів на листи є кінцевою операцією.

При холодному прокатуванні листової сталі відбувається зміцнення (наклеп) металу. Для усунення наклепу та отримання структури, що забезпечує необхідні механічні та технологічні властивості листової сталі, холоднокатана листова сталь повинна бути відпалена. В зв'язку з тим, що при холодному прокатуванні вуглецевої листової сталі сумарне обтиснення дорівнює не більше 50 %, звичайною термічною обробкою для такої сталі є рекристалізаційний відпал при температурі 650 – 720°C, який забезпечує достатні механічні та технологічні властивості.

Відпал вуглецевої листової сталі після холодного прокатування є кінцевою термічною обробкою. Його виконують в захисному середовищі, щоб попередити поверхневий шар металу від окислення.

В цехах холодного прокатування для відпалення вуглецевої сталі використовують ковпаків печі: багатостопні та одностопні. Останні отримали більше розповсюдження тому, що мають кращий обігрів, мають меншу масу, що здешевшує будівлю та мостові крани, які використовують для їх обслуговування, мають більш просте завантаження.

Звичайно один нагрівальний ковпак обслуговує 3 – 4 стенда. Нагрівальний ковпак, після того, як посад нагрітий до потрібної температури, знімають та переносять на інший стенд. Такий порядок роботи дозволяє використовувати тепло, що акумульовано у футеровці нагрівного ковпака, для нагрівання нового посаду, що дозволяє збільшити продуктивність нагрівання.

Для прискорення охолодження використовують спеціальні охолоджувальні ковпаки, які розташовують над муфелями після перенесення нагрівального ковпака на інший стенд. Зверху такого ковпака встановлюють вентилятор, який захоплює холодне повітря. При температурі, меншою 300°C для прискорення охолодження використовують воду, яку подають по трубопроводу.

Окрім того, для відпалення листової сталі використовують безперервні печі, що дозволяють прискорити процес виробництва холоднокатаної листової сталі через велику швидкість проходження штаби крізь піч. В безперервних печах рулони розмотуються, кінці їх зварюються і штаба рухається безперервно через піч, де метал нагрівається та охолоджується. По виходу з печі зварні шви вирізають, а штабу змотують в рулони. Великою перевагою безперервного відпалення є те, що штаба має за всією довжиною однакові механічні

властивості, зменшується коробоватість та хвилястість, яка була отримана при холодному прокатуванні.

5.1 Характеристика термічного відділення цеху холодної прокатки ЦХП–1 комбінату «Запоріжсталь»

Термічне відділення цеху холодної прокатки № 1 (ЦХП–1) комбінату «Запоріжсталь» призначено для світлого рекристалізаційного відпалу щільнозмотаних холоднокатаних рулонів. Відділення включає до свого складу 16 блоків печей. У складі блоків 2 – 12, 17 – 19 входить по 15 стендів, 6 нагрівальних ковпаків, 15 муфелей, комплект конвекторних кілець. Стенди блоків №2 і №19 обладнані вдосконаленими направляючими апаратами, крилатками і кільцями. До складу блоків №15, №16 входить по 21 стенду, 8 нагрівальних ковпаків, з 21 муфелем і комплектом конвекторних кілець.

Рекристалізаційний відпал застосовується для зняття наклепу з холоднокатаного металу і відновлення його пластичних властивостей. Приймання металу з прокатного відділення в термічне проводиться комплектно, строго по замовленням, по ваговим відомостям з додатком картки (партії) на кожен рулон. Рулони металу, що приймаються на відпал, повинні відповідати таким вимогам:

- мати щільно прилягаючі зовнішні і внутрішні витки;
- не мати звисаючих кінців;
- повинні бути щільно змотані без телескопічності і виступів окремих витків більше 15 мм;
- кожен рулон повинен бути перев'язаний окремою стрічкою;
- мати чітке маркування;
- бути очищеним на стані перед змотуванням від емульсії;
- внутрішні витки рулонів товщиною до 1,0 мм зі стана «Тандем» повинні бути закріплені скобою по всій ширині штаби.

Як відомо, властивості міцності маловуглецевої сталі пов'язані з величиною зерна: чим дрібніше зерно, тим вище межа плинності і твердість металу, а відносно подовження нижче. Ковпаковій печі, як садочному агрегату, властива нерівномірність нагрівання. Якщо навіть в результаті надзвичайно тривалої витримки вдалося б досягти абсолютно однакової температури у всіх точках садки, то і це не дозволило б отримати рівномірності властивостей металу. При відпалі у ковпаковій печі садка отримує тепло зовні, а при охолодженні, віддає його в зворотному напрямку. Тому нагріта частина металу, що відпалюється, знаходиться протягом більш тривалого часу в інтервалі температур відпалу, ніж найхолодніша. Це положення при відпалі змотаних рулонів не може бути виправлено ніякими конструктивними або технологічними заходами. В результаті при відпалі в ковпакових печах неминуче деяке розходження в структурі, а отже, і у властивостях металу різних частин садки.

У зв'язку з цією особливістю відпалу металу у ковпакових печах, в ГОСТах (ДСТУ) та технічних умовах задають допустимі межі коливання властивостей для кожного виду відпалюємого металу залежно від його призначення. У

відповідності з цими межами коливання властивостей металу, слід розробляти режим його термічної обробки і головним чином вибирати допустимий кінцевий перепад температур в садці при закінченні нагрівання і витримки. Задаючи режим термічної обробки, слід мати на увазі також режим холодної прокатки (ступінь обтиснення) і неминучі втрати пластичності металу при обробці (дресуванні, різанні, покритті тощо).

5.2 Одностопні газові ковпакові печі

Для відпалу металу у відділенні встановлені одностопні газові ковпакові печі. Печі згруповані в блоки, у відділенні 16 блоків печей.

Для прискорення процесу охолодження під муфелем у відділенні використовуються ковпаки прискореного охолодження (КПО). Для видалення продуктів згоряння кожен блок має систему боровів, прийомні патрубки (по два на кожен стенд) і, для посилення тяги, димову трубу висотою 25 – 32 м з ежекторами біля основи.

Газові ковпакові печі опалюються природнім газом. Тиск газу в цеховому колекторі не менше 80 кПа. (0,8 атм.): оптимальне значення в умовах стабільного завантаження відділення 0,85 – 0,9 атм., а в умовах різкого зменшення кількості ковпаків 0,90 – 0,95 атм.

В якості паливо – спалювальних пристроїв на ковпаках блоків 2 – 12 встановлено по 8, а на ковпаках блоків 15 – 19 – по 8 або 12 інжекційно - атмосферних пальників, розташованих тангенціально в один ярус в нижній частині нагрівального ковпака.

Продукти згоряння з-під нагрівального ковпака по двом димовідвідним трубам, обладнаним повітряними ежекторами, віддаляються в систему боровів і далі в димову трубу.

Повітря на ежектори подається від вентиляційної станції цеху з тиском в колекторі 3 – 4 кПа.

На печах блоків 2 – 4 і 15 – 19 застосовується безежекторна система - тяга створюється димовою трубою.

Між димовідвідними трубами нагрівального ковпака і димоприймальними патрубками боровів є розрив, що забезпечує незалежність тиску під нагрівальним ковпаком від розрідження в димопровідній системі.

Для зменшення підсосу повітря з навколишнього середовища в димопровідну систему на прийомних патрубках стендом передбачені відкидні кришки, які повинні бути закриті за відсутності на стенді працюючого нагрівального ковпака.

Муфель, виготовлений з жаростійкої сталі, забезпечує герметичність садки рулонів і тим самим захищає метал від окислюючої дії пічних газів. Матеріал муфеля сталь марок 12X18H10T, 25X14Г14C2Ю.

Технічна характеристика газової ковпакової печі

Максимальна витрата газу на один ковпак, м³/год:

для 8 – пальникового ковпака	62 – 68
для 12 – пальникового ковпака	90–100

Максимальна витрата газу на один пальник, м ³ /год	8,4
Максимальна витрата повітря для двох ежекторів, м ³ /год	400
Теплотворна здатність природного газу, ккал/м ³	8000
Мінімальний тиск захисного газу перед печами, кПа	0,6
Тиск природного газу, атм	0,8–0,95
Загальна кількість димових газів після ежекторів, м ³ /год:	
для 8 - пальникового ковпака	1300
для 12 - пальникового ковпака	1900
Максимальна кількість продуктів згоряння, м ³ /год:	
для 8 - пальникового ковпака	900
для 12 - пальникового ковпака	1500
Витрата захисного газу на один стенд, м ³ /год	8 – 15
Витрата води на охолодження двигуна, м ³ /год	2 – 2,5

Схема печі і охолоджуючого ковпака представлені на рис. 5.1. і 5.2.

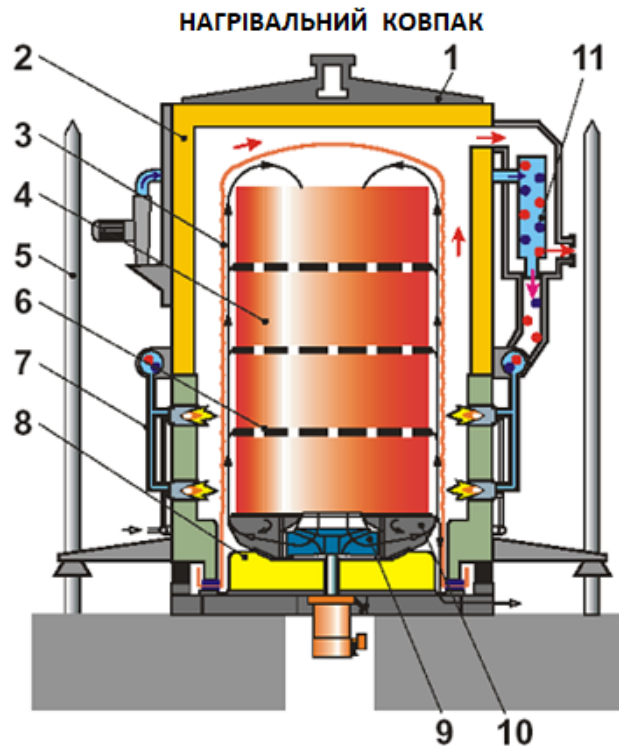
Між рулонами і на опорну плиту направляючого апарату укладаються конвекторні кільця, щоб забезпечити інтенсивну теплопередачу між захисним газом і торцями рулонів. Зверху стопа рулонів закривається спеціальною кришкою.

Ковпак прискореного охолодження являє собою зварену металоконструкцію з вуглецевої сталі, циліндричної форми, з встановленими в нижній частині ковпака в спеціальних каналах трьома електроventильторами для інтенсифікації потоку охолоджуючого повітря, що омиває муфель печі. Вимірювання і регулювання температур в системі печі і садки проводиться за допомогою стаціонарної хромель - алюмелевої термопари і електронного потенціометру типу ФШЛ – 502.

Термопара для регулювання температури металу (стендова термопара) встановлена в спрямовуючий апарат. Робочий спай її виводиться до рівня нижнього конвекторного кільця. Термопара за допомогою компенсаційного дроту приєднується до одного з електронних потенціометрів (дванадцятикраткові прилади з прив'язкою до стендів), встановлених на щитах КВП в приміщеннях КРП. Регулювання температури в системі печі і садки здійснюється двопозиційним регулятором шляхом зміни подачі газу на пальники по сигналу стендової термопари.

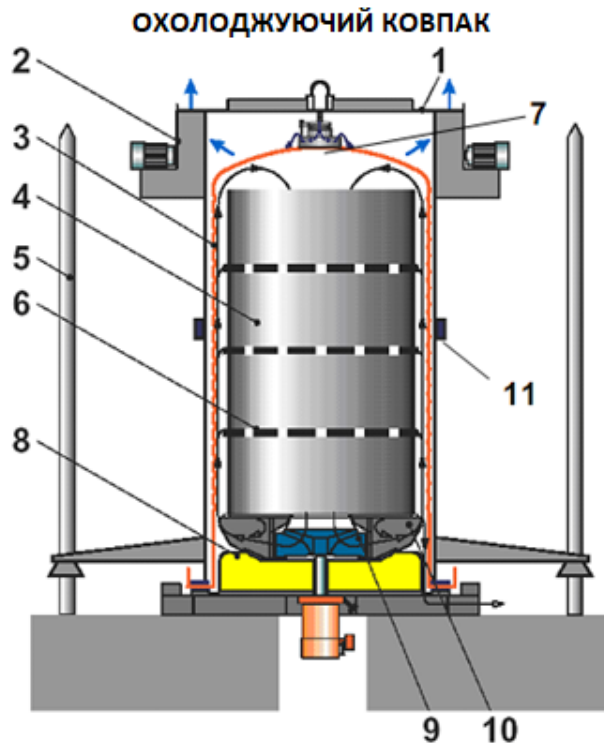
Нагрівання металу відбувається при справно працюючих пальниках і здійснюється: тепловипромінюванням від нагрітої стінки муфеля, конвекцією від циркулюючого захисного газу.

Циркуляційний вентилятор направляє захисний газ в простір між стінкою муфеля і стопою металу, де газ нагрівається від стінки муфеля, піднімається вгору і, проходячи через конвекторні прокладки (кільця), нагріває торці рулонів, а потім опускається вниз. Така подача тепла є найбільш сприятливою, так як теплопровідність рулону в радіальному напрямку через прошарок повітря між витками значно (приблизно, в 10 разів) менше, ніж в напрямку осі.



1 – корпус печі; 2 – футеровка; 3 – муфель; 4 – садка; 5 – направляюча стійка; 6 - конвекторне кільце; 7 – трубна розводка печі; 8 – стенд; 9 – стендовий вентилятор; 10 – направляючий апарат; 11 – рекуператор

Рисунок 5.1 – Ковпакова піч типу NOg 170-535 St-H2-B фірми «Ебнер»



1 – корпус охолоджуючого ковпака; 2 – вентилятор; 3 – муфель; 4 – садка; 5 – направляюча стійка; 6 – конвекторне кільце; 7 – водяний душ; 8 – стенд; 9 – стендовий вентилятор; 10 – направляючий апарат; 11 – розбризкувач

Рисунок 5.2 – Охолоджуючий ковпак ковпакової печі фірми «Ебнер»

Режими термічної обробки (температура і тривалість нагрівання, витримки, охолодження) холоднокатаних рулонів сталі марки 08КП наведена нижче.

ГОСТ	16523-97
Група (клас) точності	K260B
Тривалість гарячої продувки, кВт·год	10
Ширина штаби, мм	1200 – 1350
Вага рулону, т	11,5 – 14,0
Температура відпалу (товщина 0,9 – 2,0 мм), °C	710
Тривалість витримки зі стенової термопари, год	8 – 13
Загальна тривалість відпалу не менше, год	25
Тривалість охолодження, не менше, год:	
– зимовий період/літній період	42/44
Температура розпаковування, не більше, °C:	
– під муфелем/під охолоджувальним ковпаком	140/140

5.3 Захисна атмосфера

Термічна обробка холоднокатаного металу, проводиться в спеціальній захисній атмосфері, що оберігає поверхню металу від окислення і знеуглецювання.

Печі термічного відділення працюють на HNx – газі. Цей газ виробляється на газозахисній станції на агрегатах 400 ПКН.

Виробництво захисного газу регламентується технологічною інструкцією І 236-3-12-2000.

Вихідним продуктом для одержання захисного газу на центральній станції, є природний газ, який спалюється в спеціальній камері з коефіцієнтом надлишку повітря 0,90 – 0,95, з подальшим очищенням продуктів горіння від CO_2 шляхом промивання їх розчином моноетаноламіна в спеціальному апараті – скрубєрі, очищенням продуктів горіння від CO в конверторі поличного типу з очищенням захисного газу від H_2O в загальностанційних системах осушення.

Система осушення газу холодом призначена для осушення газу шляхом його охолодження від 35 °C до 4 °C з подальшою адсорбційним осушенням газу до температури точки роси (т.т.р.) мінус 60°C. Блок осушення газу включає в себе два адсорбера, заповнені цеолітом.

Виробництво захисного газу відбувається з використанням технічного азоту, який додається в повітря, що горить, і в агрегати до установок очищення продуктів горіння від CO .

Склад HNx – газу, що виробляється агрегатами, наступний:

$\text{CO} \approx 0,1 \%$;

$\text{CO}_2 \approx 0,1 \%$;

H_2 - 4,0 – 5,2 % із забезпеченням в колекторі не менше 5,0 %

$\text{O}_2 \approx 0,001 \%$

N_2 – інше.

Захисний газ до стендів газових одностопних печей підводиться в двох місцях. По одній трубі основна кількість захисного газу підводиться під скоси направляючого апарату. Інша труба підводить захисний газ в порожнину між верхнім фланцем і валом вентилятора для уникнення підсосів по валу вентилятора. Газ з під муфеля видаляється через вихлопну трубу на стенді, з'єднану з димоходом. Тиск захисного газу під муфелем газової одностопної печі не нижче 0,6 кПа.

Для запобігання знеуглецювання, відпал холоднокатаних рулонів легованих і високовуглецевих марок сталі виробляється тільки на стендах печей, до яких подається суміш захисного і природного газу за допомогою пропорціонувальних пристроїв.

Регулювання додавання природного газу в захисний газ проводиться залежно від фактичної витрати захисного газу на відповідний стенд або групу стендів.

Суміш захисного і природного газів подається під муфель починаючи з холодної продувки. Відразу після зняття ковпака припиняється подача суміші HNx – газу (до зняття муфеля) з природним газом включається подача HNx – газу до зняття муфеля.

У разі відпалу рулонів з порушенням газового режиму, всі рулони даного відпалу контролюються на вміст вуглецю (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Дефекти при термічній обробці металу, їх причини та засоби запобігання

Причини браку (дефекту)	Заходи щодо усунення
1	2
Відкладення сажі на поверхні відпаленого металу	
<p>Підвищення вмісту CO у змісті HNx – газу</p> <p>Окислення металу в процесі нагрівання за рахунок вологості емульсії, кисню під муфелем, що призводять до реакції</p> $3FeO + CO = Fe_3O_4 + C$ $2CO = CO_2 + C$	<p>а) стежити за газоцільністю стенду і патрубків, підвідних і відвідних, захисний газ;</p> <p>б) створювати щільний піщаний затвор</p> <p>в) ретельно перевіряти муфель на герметичність;</p> <p>г) продувку муфельного простору HNx – газом проводити при тиску захисного газу під муфелем</p>

Наявність емульсії на поверхні	Слідкувати за виконанням строку гарячої продувки
Кольори мінливості	
Нещільність піщаного затвору	Збільшити висоту піщаного затвора, просіяти пісок
Неякісний склад захисного газу (наявність кисню або вологи)	Відрегулювати склад і тиск захисного газу. Перевірити справність магістралей захисного газу, не допускати засмічень патрубків подачі захисного газу
Несправність муфеля	Перевірити муфель на газощільність
Зняття муфеля при температурі металу вище 160 °C	Дотримуватися заданої температури розпакування
Швидкий підйом ковпака після нагріву	Суворо дотримуватися терміну по тривалості підйому ковпака зі стенду
Непросушений стенд	Дотримуватися інструкції з осушення ковпаків і стендів
Злам по кромці	
Зім'ята кромка	Не допускати травмування кромки рулонів при вантажно-розвантажувальних і передавальних операціях
Злипання смуг в рулонах при відпалі	
Висока температура відпалу	Висока температура відпалу
Недостатня шорсткість поверхні смуг, після прокатки	Застосовувати при прокатці валки з насеченою поверхнею
Забруднення і збіднення емульсії	Дотримуватися встановленого складу і жирності емульсії при прокатці, своєчасно очищати емульсійні баки
Великий натяг при змотуванні штаби в рулон на стані	Дотримуватися встановленого натягу при змотуванні штаби в рулон
Використання коробоватих конвекторних кілець	Використовувати тільки справні і рівні конвекторні кільця

Контрольні питання

1. Охолодження поковок.
2. Передача тепла теплопровідністю.
3. Основи проектування полум'яних печей.
4. Термічна обробка поковок та прокату.
5. Теплообмін в печах.
6. Електричні печі прямого нагріву.

Література до розділу 5: [3, 4, 5, 10]