

### Тема 13. Випарне охолодження на підприємствах чорної металургії

1. Виробництво гарячого прокату.
2. Стан холодної прокатки металлу.
3. Обробка поверхні металу.

1. В результаті гарячої прокатки одержують різну металеву продукцію, зокрема листи. Товщина цих листів 1,2-1,6 мм і більше. Ці листи можуть бути використані наприклад, для виробництва труб великого діаметра.

Виробництво гарячого прокату відноситься до найбільш водоемких виробництв на металургійному заводі. Для отримання листової продукції використовують заготовки у вигляді слябів товщиною 20 см, довжиною до 10м та шириною 1-1,5м.

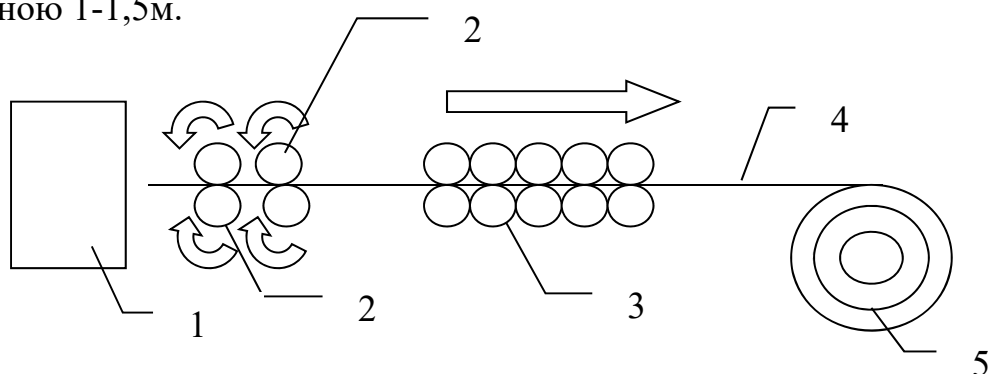


Рис. 13.1 - Виробництво гарячого прокату: 1-нагрівальна піч; 2-чорнові кліті; 3-чистові кліті; 4-охолодження смуги; 5-моталки

Спочатку сляби потрапляють на чорнові кліті, де сляб деформується й отримує певні розміри (це заготовка). Потім вони потрапляють на чистові кліті, з яких виходить готовий лист. Але температура цього листа знаходиться на рівні 900°C і для того, щоб його можна було змотати у рулон на моталках, лист потрібно охолодити на ділянці охолодження смуги з температури 900°C до 600°C. 600°C – це температура змотування, бо при більшій температурі лист зварюється з іншим листом.

На кожну операцію прокатки подається вода у кількості: на кожну чорнову кліть до 1000 м<sup>3</sup>/год, а на кожну чистову кліть 500-600 м<sup>3</sup>/год. На ділянці охолодження смуги витрата води досягає до 2000 м<sup>3</sup>/год, на моталках – 1000-1500 м<sup>3</sup>/год.

У випадку виробництва тонкого листа цех має довжину більш 1 км. Загальна витрата води для такого цеху у брудному циклі досягає 30 тис. м<sup>3</sup>/год і в умовно-чистому циклі – 20 тис. м<sup>3</sup>/год. Таким чином загальна витрата вода цеху складає приблизно 50 тис. м<sup>3</sup>/год.

Умовно чиста вода утворюється при охолодженні нагрівальних печей. На усіх інших операціях утворюється брудна вода.

У процесі гарячої прокатки металу утворюються стічні води від охолодження металу, що прокочується, і устаткування. Ці стічні води забруднені завислими речовинами (окалиною) і оліями (нафтопродуктами). По мірі прокатки (зліва направо) концентрація завислих речовин, що

потрапляють у стічні води, зменшується; також зменшується їх гранулометричний склад. Найбільш крупні частки завислих речовин утворюються на чорнових операціях прокатки, більшість дрібнодисперсних часток – на чистових операціях. Концентрація завислих речовин досягає 500-1500 мг/л, концентрація нафтопродуктів 50-200 мг/л. Завислі речовини утворюються при деформації металу, а нафтопродукти попадають у стічні води від змащення різних механізмів, двигунів, підшипників (наприклад, роликів, прокатних валків тощо).

При повторному використанні проясненої води залишковий зміст завислих речовин не повинен перевищувати 10 мг/л, олій – 5 мг/л.

Очищення стічних вод виконується у три ступеня. На першому ступені застосовують первинні відстійники у виді ями для окалини, розрахованої на час перебування 5-8 хв. На другому ступені застосовуються відстійники-флотатори. Залишкова концентрація завислих речовин – 30–90 мг/л, олій 12–20 мг/л. Доочищення стічних вод виконується на піщаних або гравійних фільтрах.

Для зняття окалини з поверхні прокатоного металу застосовується система гідрозмиву окалини. Вода подається на лист зверху та знизу під тиском через спеціальні форсунки. Воду для систем гідрозмиву окалини очищують за спеціальною технологією, для того, щоб концентрація завислих речовин була знижена до величини меншій за 20 мг/л. Не дотриманість цих вимог призводить до інтенсивного абразивного зносу всіх елементів системи, в першу чергу насосів високого тиску і форсунок. Знос форсунок призводить до зниження ефективності видалення окалини з поверхні металу й отриманню неякісної прокатної продукції.

На ділянці охолодження смуги здійснюється охолодження смуги, яке регулюється за допомогою ЕВМ. При цьому кількість охолоджуючої води залежить від температури прокатоного листа, марки сталі, від вимог до закалювання листа, а також від температури охолоджуючої води.

Після кожної технологічної операції при гарячій прокатці металу використана вода скидається у підстановий лоток. Він має нахил у сторону первинних відстійників, який забезпечує необхідні транспортуючі швидкості для змиву окалини.

## 2. Стан холодної прокатки металу

Це так званий третій переділ металу. Холодний прокат здійснюється з виробів, отриманих на станах гарячої прокатки шляхом витягування (деформації) у холодному виді. Завдяки дуже великим стисненням з використанням мастильно - охолоджуючої рідини і технологічних змазок, вдається здійснити необхідну деформацію металу. В зоні деформації при холодній прокатці температура металу досягає 1000-1500°C.

*Стічні води станів холодної прокатки* мають дуже складний хімічний склад, бо у них потрапляють стійкі емульсії нафтопродуктів, різні технологічні змащення або олії (соняшникова, олеїнова, пальмітинова), які використовуються для зниження зусиль у зоні деформації. Наприклад, пальмітинова олія має температуру твердіння 25°C, це викликає великі

ускладнення при очищенні стічних вод, тому що при звичайної температурі вони знаходяться у стічних водах у нерозчиненому стані. А при хімічній обробці поверхні металу потрапляють іони важких металів (хром, цинк, нікель). Стійкість емульсії до розшарування є основним параметром, який диктує методи і затрати на очистку. Очищаються ці стічні води звичайно методом флотації, потім нейтралізуються до рН = 7–7,5. Кількість стічних вод від станів холодної прокатки порівняно невелика і складає від 100-200 м<sup>3</sup>/год. В прокатних цехах сталні зливки прокатують в метал самого різного профілю. Зливки перед прокаткою нагрівають в спеціальних печах або колодязях. Випарне охолодження металургійних печей все ширше впроваджується в практику виробництва металу. Розробка д.т.н. Андоньєва С.М.

При випарному охолодженні металургійних печей тепло від нагрітих елементів відводиться водою, нагрітою до утворення пароводяної емульсії. При цьому використовується скрита теплота пароутворення, а саме тепло переводу води в пар (539 ккал/кг). Витрати води при випарному охолодженні дорівнюють:

$$W = Q / ([539 + (t_2 - t_1)c] 10^3),$$

де 539 – скрита теплота пароутворення, ккал/кг;

$t_1$  - температура води, що поступає на холодильники, приймається приблизно 97°C;

$t_2$  - температура пароводяної емульсії, що відходить від холодильників (приблизно 105°C).

При випарному охолодженні 1 кг води, випаровуючись, відбирає в деталі, що охолоджується 539 ккал тепла. При цьому, вода, що надходить в систему, нагріваючись до кипіння, відбирає ще біля 70 ккал. Щоб відібрати таку ж кількість тепла при водяному охолодженні (при підвищенні температури води, що охолоджується на 10°C) потреба в воді дорівнює (539+70)/10≈60 кг води, тобто в 60 раз більше, чим при випарному охолодженні.

Більш прийнятною схемою водяного низькотемпературного охолодження є оборотна, що дозволяє різко скоротити забір свіжої і скидання відпрацьованої води. Оборотна схема є основною схемою сучасного водяного охолодження з перспективою виходу на безстічні, замкнуті системи водопостачання. При цьому різко підвищується роль кондиціонування, підготовки оборотної води для повторного і багаторазового використання і запобігання виходу систем охолодження з ладу.

### 3. Обробка поверхні металу

Перш ніж відправити метал споживачу, поверхня металу повинна бути оброблена. Це так званий 4-й переділ. Найбільш поширеною технологією обробки поверхні металу є травлення за допомогою різних хімічних речовин, наприклад: кислот (сірчаної, соляної, фосфорної, плавикової) і суміші кислот, а також луг (NaOH, KOH тощо). За допомогою травлення з поверхні металу видаляються частки окалини й інші домішки, а також розчиняється частина основного металу. В результаті обробки поверхні металу травленням утворюються стіни води, забруднені цими речовинами, а також солями різних металів, наприклад солями заліза (FeSO<sub>4</sub>). Кількість таких стічних вод порівняно невеличка і досягає для одного травильного відділення 200-500 м<sup>3</sup>/год. Степінь забрудненості цих вод висока. Очистка їх до вимог скиду в каналізаційну мережу або водний об'єкт викликає труднощі. А забезпечити використання очищених стічних вод цієї категорії у замкненому циклі дуже важко. Це пов'язано із тим, що для процесів травлення потрібна вода високої якості, в частості за концентрацією солей. Тобто ці виробництва інтенсивно забруднюють воду, що використовується і в водночас потребують для себе високу якість вихідної води.

Травлення металів здійснюється міцними травильними розчинами, наприклад при використанні H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Концентрація цієї кислоти у травильних розчинах досягає 200 мг/л. Після травлення виробу повинні бути промити у спеціальних ваннах водою. Це необхідно для видалення з поверхні виробів плівки травильних розчинів. Співвідношення кількості промивної води до травильних розчинів коливається від 1:10 до 1:100. Очистка і використання стічних вод цієї категорії також представляє складну технічну задачу у зв'язку з тим, що потрібно видалити компоненти сольового складу.

Необхідна витрата води для охолодження, м<sup>3</sup>/с, визначається по максимальній величині, що залежить від теплового навантаження (M<sub>T</sub>), самоочищаючих швидкостей (M<sub>C</sub>), швидкостей, що виключають місцеве кипіння (M<sub>м.к.</sub>) :

$$M > M_T > M_C > M_{м.к.}$$

Витрата охолоджуючої води для відводу тепла через теплопередаючу стінку визначається рівнянням:

$$M_T = \frac{Q}{(t_T - t_X)c},$$

де M<sub>T</sub> - витрата води, що залежить від теплового навантаження, м<sup>3</sup>/с;

Q = qF - теплове навантаження, Вт;

q - тепла напруга, Вт/м<sup>2</sup>;

F - площа поверхні, що нагрівається, м<sup>2</sup>;

t<sub>T</sub> - гранична температура нагрівання води, що залежить від схеми водопостачання, °С;

t<sub>X</sub> - температура води, що охолоджує, °С;

$C$  - питома теплоємність води, КДж/(кг\*К).

Припустима межа нагрівання в 600 для прямої та 8000 для оборотної схеми:

$$t_{\Gamma} = 15 + \frac{2,8N_K}{600} + \frac{(2,8N_K)^4}{8000},$$

для оборотної схеми

$$t_{\Gamma} = 80 + 1,67\theta - 14 N_K - \frac{112 N_{H.K.}}{48 - \theta},$$

де  $N_K$  і  $N_{H.K.}$  - карбонатна і некарбонатна твердість, мг-екв/л;

$\theta$  - окислюваність води, мг\*О<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>.

Для запобігання утворення хімічних відкладень природну воду, що надходить у систему, з карбонатною твердістю більш 3-4 мг-екв/л необхідно кондиціювати.

Природні води, що не дають випадання солей карбонатної твердості при температурі 40 - 60 °С, прийнято називати термостабільними. Практично карбонатна твердість термостабільних вод не перевищує 2-3 мг-екв/дм<sup>3</sup> для оборотного водопостачання і 4 мг-екв/дм<sup>3</sup> для прямоточного.

Ограниченно термостабільними є природні води, у яких випадання карбонатної твердості починається тільки в міру нагромадження солей кальцію в результаті упарювання. Карбонатна твердість таких вод не перевищує 4мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Нетермостабільними водами називають такі води, у яких при будь-якому нагріванні відразу починається випадання карбонатної твердості.

Витрата води, що залежить від наявності у воді механічних домішок (завислих речовин), визначається виходячи з необхідної швидкості, потоку, що самоочищує трубопровід:

$$M_C = V_{CM} W,$$

де  $M_C$  - кількість води, що виключає відкладення завислих речовин, м<sup>3</sup>/с;

$V_{CM}$  - самоочищуюча швидкість, м/с;

$W$  - площа живого перетину, м<sup>2</sup>.

### **Питання для самоконтролю**

1. Як здійснюється очистка газів доменних печей?
2. Як здійснюється водяне та випарувальне охолодження доменних печей?
3. Якими методами отримують сталь?
4. Виробництво гарячого прокату.