

## **Тема 12. Оборотні системи водопостачання доменного, мартенівського, електросталеплавильного, прокатного виробництв.**

1. Виробництво чавуна у доменних печах.
2. Газоочистка доменних печей.
3. Сталеплавильні виробництва.
4. Електросталеплавильне виробництво.

1. Чавун виплавляють у доменних печах, температура виплавки чавуна 1500-2000°C. Домна являє собою агрегат висотою до 80-100м. Найбільш крупна доменна піч на Україні об'ємом 5 тис. м<sup>3</sup> працює у Кривому Розі. У доменну піч завантажуються шихта –це вихідний матеріал для виробництва чавуна. До складу шихти входять: залізна руда у вигляді агломерату або окатишів, кокс, вапняк та інші добавки. Шихта подається у домну зверху безперервно за допомогою спеціальних пристроїв конвеєрного типу. Високий температурний режим створює умови для плавки металу. По мірі плавки, розплавлений метал і шлак опускається вниз доменної печі. Розплавлений метал (чавун) відводиться знизу періодично, у спеціальні чавуновозні ковші. Чавун у рідкому вигляді направляється на подальшу переробку у сталеплавильне виробництво (конвертор, мартен, електропіч). Частина чавуна направляють на машини для розлиття чавуна та отримують готову продукцію у вигляді чавунних чушок. Ці чавунні чушки є вихідним продуктом для машинобудівельних заводів, які не мають свого власного виробництва чавуну. У доменному цеху вода витрачається на зволоження шихти, охолодження доменних пічок та арматури повітрянагрівачів, грануляцію шлаку, охолодження чавуну на розливальних машинах та підбункерних приміщеннях. Шихту зволожують водою після охолодження пічок. Напір води в мережі у доменних пічок дорівнює 45-70 м. Система водопостачання – оборотна, при якій вода від холодильників пічок та арматури водонагрівачів (температура до 800°C) потрапляє в приймальний резервуар і потім на охолодження. На 1т чавуну витрачається до 24 м<sup>3</sup> води, в тому числі свіжої 3-4%. При охолодженні чавуну в розливальних машинах до 20% води випаровується, вода насичується шматками ламаного чавуну та вапна. Тому перед охолодженням вода спочатку відстоюється у відстійнику. Для доменних печей і повітрянагрівачів повинна забезпечуватись безперервна подача охолоджуючої води, оскільки навіть тимчасове припинення подачі води може спричинити аварію, прогар конструкції доменної печі. Для цього передбачається окрім робочих, не менш двох резервних насосів у відповідності за СНиП. Кількість трубопроводів для підведення і відведення води повинна бути не меншою за два. Кожен з водоводів розраховується на пропуск 100% витрати води. В цеху очистки доменного газу вода поглинає механічні домішки із газу, охолоджує газ, транспортує поглинуті домішки, розчиняє газ та деякі мінерали. В оборотній системі вода потрапляє спочатку в радіальні відстійники, перекачується насосом на охолоджувач, а потім знову насосом качається у цех.

У доменному виробництві утворюються наступні види стічних вод:

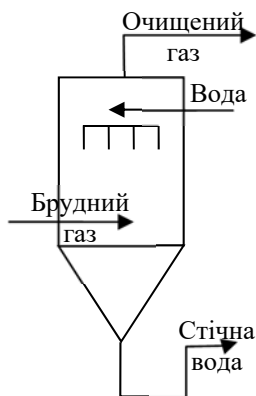
1. Вода від безпосереднього охолодження доменної печі, це так звана “умовно чиста вода”, яка у процесі використання тільки нагрівається і не забруднюється.

2. Стічні води від газоочисток доменних печей. Ці води брудні (забруднені завислими речовинами у концентрації до 200 мг/л, а також цілою низкою розчинних хімічних речовин).

3. Стічні води від грануляції шлаку. Ці води забруднені завислими речовинами у концентрації до 1000 мг/л, а також хімічними речовинами, наприклад, сірководнем  $H_2S$  (“брудний цикл”).

4. Стічні води від машин розливання чавуна. Ці води також забруднені завислими речовинами у концентрації до 500 мг/л та хімічними речовинами, головним з яких є розчинне у воді вапно  $Ca(OH)_2$  (“брудний цикл”).

Для здійснення процесу виплавки чавуна знизу доменної печі проваджується дуття підігрітим повітрям для постачання у піч кисню. Повітря, яке проходить через домену піч захоплює пилевидні частки та насичується рядом хімічних компонентів у газоподібній формі. Потім ці гази відводяться з доменної печі у верхній частині. Забрудненість газів надзвичайно велика, і оскільки викидати їх у атмосферу без очистки неприпустимо, гази очищають у апаратах газоочищення. Газ очищується сухим та мокрим (із застосуванням води) засобами. Доменні гази містять у собі великий процент окисі вуглеводу (до 80%). Ці гази є хорошим енергетичним паливом і тому після очистки вони використовуються на цьому ж самому заводі. Доменна піч та газоочистка – це єдине технологічне ціле.



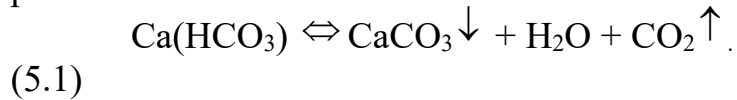
## 2. Газоочистка доменних печей

Для очистки газів мокрим засобом застосовується так званий скруббер. Скрубер являє собою посудину під тиском, виготовлений зі спеціального металу, висота його від 30 до 40 м (для великих доменних пічок) та діаметр 8-12 м. У цьому апараті гази, що відходять від доменної печі подаються знизу, а вода, яка очищує ці гази, подається зверху, тобто рух газу і води назустріч один одному. Вода розбризкується форсункам, вступає у

1 - Скрубер для контакт з газом та відводиться у вигляді стічних вод знизу цього скрубера.

Стічні води, що утворюються у процесі очистки газу характеризуються високою концентрацією завислих речовин. У самому скруббері находячись під тиском (2-3 атм) стічні води насичуються вуглекислотою, яка потрапляє з газу, який очищається. При тиску в скруббері до 2,5 атм. на стінках скрубера утворюються щільні карбонатні відкладення відповідно до реакції вуглекислотної рівноваги. Чим вище тиск у скруббері, тим більше  $CO_2$  розчиняється у воді. Надлишкова вуглекислота сприяє підкисленню води та надає їй агресивні властивості, тобто схильність до корозії. При підвищенні тиску до 3 атм і більше відбувається розчинення карбонатних відкладень, що утворилися, і вода стає агресивною стосовно металу. Коли стічні води

виходять зі скрубера, надлишкова вуглекислота злетучується і стічні води, що утворюються вже не володіють агресивними властивостями по відношенню до металу, а характеризуються наявністю бікарбонатної лужності ( $\text{HCO}_3$ ). При цьому у скрубери вода має кислу реакцію ( $\text{pH}=6,5$ ), а після скрубера лужну реакцію ( $\text{pH}=7-7,5$ ). Таким чином, у скрубери протікає реакція вуглекислотної рівноваги.



При зсуві реакції вправо, утворюється малорозчинний карбонат кальцію та виникає можливість утворення щільних сольових відкладень на внутрішніх стінках скрубера.

При зсуві реакції вліво, карбонат кальцію, що утворився, розчиняється і у воді утворюється надлишок вуглекислоти  $\text{CO}_2$ , яка може спричинити корозійний знос металу скрубера. Для системи оборотного водопостачання газоочисток доменних печей характерний складний водно-хімічний режим.

Таким чином, виникає динамічна рівновага, яку бажано не порушувати з метою вибухонебезпечності скрубера високого тиску та забезпечення його стабільної роботи.

#### Охолодження доменних печей.

При охолодженні елементів доменних печей водою відвід тепла здійснюється за рахунок нагріву води, у наслідку чого тимчасова жорсткість розкладається у відповідності з рівнянням вуглекислотної рівноваги з утворенням малорозчинного карбонату кальцію. Карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), що утворюється випадає на теплонавантажених поверхнях і перешкоджає теплообміну, тобто ефективному охолодженню доменних печей. Оскільки теплопровідність  $\text{CaCO}_3$  у десятки разів менш ніж теплопровідність металу, охолодження елементів погіршується, що призводить у деяких випадках до виходу їх із строю внаслідок прогару. Витрати охолоджуючої води на 1 доменну піч коливаються від 2 до 3 тис.  $\text{м}^3/\text{год}$ . Вода у процесі випаровування тільки нагрівається і не забруднюється механічними або хімічними домішками. Система водяного охолодження доменних печей, як правило, організується по оборотній схемі з підживленням свіжою технічною водою, з продувкою у кількості до 5% від витрати циркулюючої у системі води. При водяному охолодженні доменних печей утворюються умовно чисті стічні води, що несуть тільки термальне забруднення.

#### Випаровувальне охолодження доменних пічок.

Крім водяного охолодження доменних печей застосовують випаровувальне охолодження. Сутність його полягає у тому, що замість звичайної води для охолодження доменних печей застосовують пароводяну суміш. В порівнянні з водяним охолодженням у випаровувальному охолодженні використовується в 60 разів менше води, дякуючи більш інтенсивному відбору тепла. Але при цьому з'являється проблема утворення щільних сольових (карбонатних) відкладень на усіх теплонавантажених поверхнях. При випаровувальному охолодженні інтенсивність сольових відкладень у сотні разів вище, ніж при водяному охолодженні. У зв'язку з цим система

випаровувального охолодження повинна підживлюватись хімічно очищеною або глибоко зм'якшеною водою.

У процесі охолодження теплонавантаженого елемента (рис.6.3) вода випаровується і у вигляді пароводяної суміші піднімається у бак-сепаратор, в якому здійснюється часткова конденсація пару з утворенням води. Вода із бака опускається до теплонавантаженого елемента, тобто відбувається циркуляція води - іноді гравітаційна (природна), а іноді примусова (за допомогою циркуляційного насосу). Вода в системі випаровувального охолодження, звичайно, не повинна мати солей жорсткості та мати корозійних властивостей.

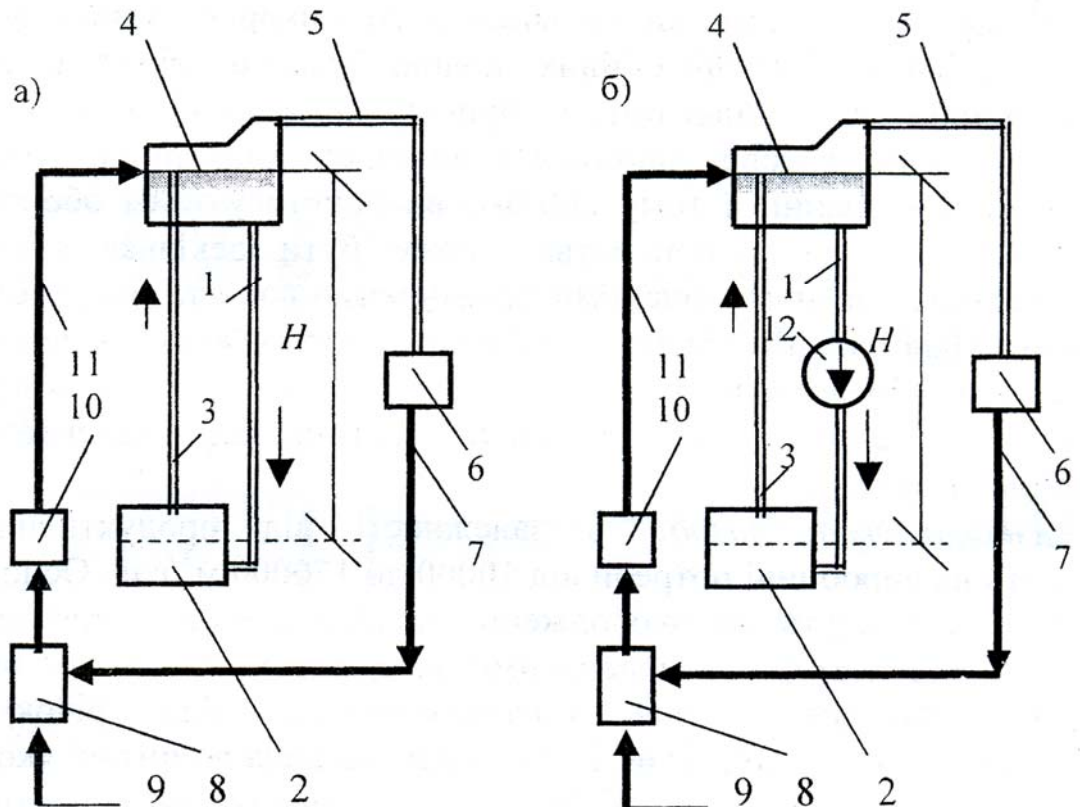


Рис. 12.2 - Схеми випаровувального охолодження металургійних пічок:

а - з природною циркуляцією води; б- із примусовою циркуляцією води; 1- трубопровід охолоджуючої води; 2- піч; 3- трубопровід пароводяної емульсії; 4 - бак-сепаратор пару; 5 - паропровід до споживачів ару; 6 - споживачі пару; 7- трубопровід конденсату пару; 8- хімводоочистка; 9 - подача води з джерела; 10- насосна станція; 11- подача зм'якшеної води; 12 - циркуляційний насос

*Грануляція шлаку.* Під час плавки чавуна утворюються шлак. Його відводять від доменних печей до грануляційних установок. Грануляція шлаку полягає у перетворенні його з рідкого стану у твердий зернистий матеріал шляхом швидкого охолодження водою. Струми води, що подаються під тиском розбивають шлак на окремі гранули. Стічні води в залежності від складу виплавленого чавуна мають кислу або лужну реакцію і містять

сірководень, хлориди, сульфати і 300-650 мг/л завислих речовин. Для освітлення стічних вод грануляційних установок застосовуються горизонтальні відстійники. Кислі води нейтралізуються вапном. Вода після очищення у відстійниках повертається знову у виробництво.

*Розливальні машини.* Рідкий чавун відводять з доменної печі на розливальні машину, яка являє собою транспортер, що рухається і на якому розташовані мульди (форми). По мірі руху мульди, які заповнені чавуном, інтенсивно поливають водою з дірчастих труб для того, щоб до кінця шляху чавун затвердів. Для того, щоб чавун не приставав до мульд, їх перед тим, як заливати оброблюють розчином вапна. Нагріта вода після розливальних машин містить пісок, вапно, окалину та інші завислі речовини. Для хімічного складу цих стічних вод характерна наявність гідратної лужності, що обумовлено застосуванням розчину вапна для обприскування форм (мульди) для розливання чавуна. Після розливальних машин вода напрямляється на відстоювання, після чого знову повертається у цех. Шлам, що осів у відстійниках, частково використовується для стабілізаційної обробки води, а інша частина, що залишилася напрямляється у шламонакопичувачі для зневоднення. Загальна витрата води на розливі 1 т чавуна складає до 4м<sup>3</sup>, при цьому коло 20% води губиться.

Чавун, який отримують частково використовується для виготовлення виробів, у тому числі каналізаційних труб та арматури. Основна маса чавуну перетворюється у сталь в сталеплавильних печах (мартенівських, конверторних та електросталеплавильних).

### **3. Сталеплавильні виробництва**

Сталь виробляють з чавуну одним з наступних засобів:

1. киснево-конверторний;
2. мартенівський;
3. електросталеплавильний.

У сталеплавильному виробництві головними водоспоживачами є:

- конвертори, мартенівські і електросталеплавильні печі;
- газоочистки мартенівських печей;
- газоочистки електросталеплавильних печей;
- газоочистки конверторів;
- машини безперервного лиття заготовки.

### **Киснево-конверторне виробництво**

При киснево-конверторному процесі сталь виплавляють в спеціальних агрегатах ємністю від 100 до 400т за допомогою продувки киснем. Шихта завантажується зверху у горловину конвертору. У склад шихти входять: розпалений чавун, вапно (CaO), металолом тощо. Подача чистого кисню дозволяє інтенсифікувати процес виплавки сталі і отримати готову сталь через 50-60 хвилин.

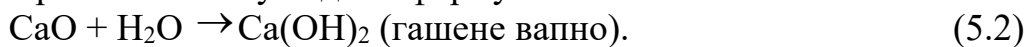
У киснево-конверторному виробництві утворюються наступні види стічних вод:

- 1 стічні води газоочисток;

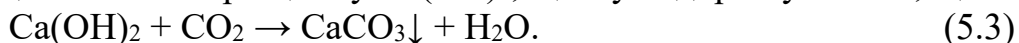
- 2 стічні води від охолодження тепло навантаженого обладнання;
- 3 стічна вода від машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ).

Готова сталь у рідкому вигляді подається на МБЛЗ, де вона розливається у спеціальні форми, охолоджується і твердіє. Заготовки отримують певної форми: сляби – це заготовка для виробництва листової продукції та блюми – це заготовки, з яких виробляють рейки та балки.

*Стічні води газоочистки кисневих конвертерів.* При виплавці сталі в кисневому конвертері утворюється велика кількість газів, які містять металевий пил і частки вапна (негашена CaO). Очистка газів здійснюється мокрим засобом, тобто за допомогою води. При контакті газу з водою в апараті газоочистки завислі частки металу і вапна переходять у стічні води. Концентрація завислих речовин знаходиться в межах 4-10 г/л. При цьому вапно розчиняється у воді по формулі:



Це обумовлює наявність у стічних водах гідратної складової лужності. В газах, що відходять від конвертору міститься вуглекислий газ CO<sub>2</sub>. Після очищення стічних вод від завислих речовин вода повертається на цілі очищення газів. При цьому Ca(OH)<sub>2</sub>, що є у воді реагує з CO<sub>2</sub>, що є в газах:



Очищення газів конвертерних цехів здійснюється в апаратах газоочисток,

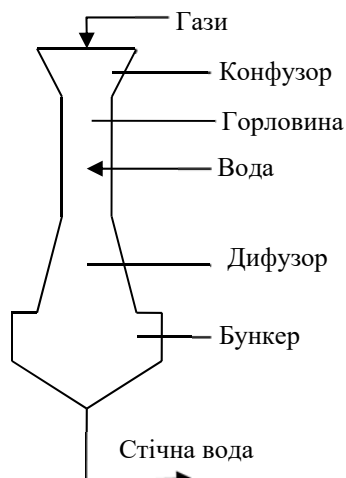


Рис.12.3 - Труби Вентурі

у якості яких найчастіше використовують труби Вентурі. Гази надходять зверху і проходять через труби Вентурі. Швидкість проходження газу до 100 м/с. У горловині відбувається інтенсивне перемішування води і газу. Вода розбивається на дрібні краплі, що захоплює пил, що утримується в газах. Потім очищені гази видаляються з апаратів газоочисток, а стічні води попадають у бункер і видаляються на очищення. При наявності у стічних водах, а потім і в очищеній воді гідратної лужності в апаратах газоочисток відбувається інтенсивне утворення CaCO<sub>3</sub>, що осаджується на стінках труб Вентурі. Особливо небезпечне відкладення солей CaCO<sub>3</sub> у горловині труб Вентурі. Бували випадки в

практиці, що труби Вентурі практично цілком забивалися CaCO<sub>3</sub>, що приводило до виходу з ладу системи газоочисток і до зупинки конвертерного виробництва.

### **Мартенівське виробництво**

Мартенівське виробництво сталі це найбільш традиційний та найбільш поширений засіб. Однією з основних особливостей цього процесу є те, що замість вапна використовується вапняк (CaCO<sub>3</sub>). Окрім цього, у порівнянні з конверторним виробництвом – цей процес значно довший і складає до 10 годин та більше. При виплавці сталі цим засобом утворюється велика кількість газів, очистка яких здійснюється мокрим засобом. Найчастіше для цього застосовуються труби Вентурі.

Стічні води газоочистки мартенівських печей містять дрібно дисперсні речовини, концентрація яких коливається в процесі плавки від 2 до 10 г/л. З погляду хімічного складу найчастіше характеризуються кислою реакцією, рН=4-6. Це пов'язано з тим, що в процесі очистки газів вода підкислюється за рахунок уловлювання кислих компонентів, таких, як окислі сери ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ) а також окислів азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ). Для захисту від корозії системи виконуються кислотостійкими або передбачається нейтралізація стічних вод вапном.

#### 4.Електросталеплавильне виробництво

В електросталеплавильному цеху сталь виплавляється в електричних печах, плавка металу відбувається під дією електричного току за рахунок електричної дуги, яка утворюється між електродами. В процесі плавки сталі з електропечей відходить велика кількість газів, які очищаються найчастіше за допомогою води. Стічні води, що утворюються від очистки газів, містять дрібнодисперсні завислі речовин в концентрації до 2-3 тис.мг/л, окисли заліза й інші хімічні забруднення (іони важких металів, сірчані з'єднання), рН на 1,5-2,5 одиниці менше, ніж рН вихідної води. Стічні води газоочистки електропечей можуть бути як з кислою, так і з лужною реакцією в залежності від марки виплавленої сталі. В зв'язку з цим, для повторного цих стічних вод в системах оборотного водопостачання, потрібна певна хімічна обробка (нейтралізація, стабілізація тощо). Найбільш раціональним методом нейтралізації і знешкодження стічних вод при оборотному водопостачанні є застосування вапняного молока.

Склад та фізико-хімічні властивості стічних вод від електросталеплавильного виробництва залежать від марок сталі, що виплавляється, складу шихти, технології виробництва сталі тощо.

#### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть основні переділи на підприємствах чорної металургії.
2. Методи збагачення руди.
3. Виплавка чавуну у доменних печах.
4. Які види стічних вод утворюються у доменному виробництві?