

Металургія



Галузь промисловості, яка охоплює процеси одержання металів, їхніх сплавів та виробів

Чорна металургія України за сучасної технології і відсталого, спрацьованого обладнання – дуже матеріалостійка галузь яка споживає близько 30% палива, майже 20% електроенергії та води, які використовуються в господарстві держави. У родовищах, що розробляються, багаті залізні руди вже вироблено. Води ж, особливо в районах виробництва металу, не вистачає.

За основним технологічним процесом підрозділяється на пірометалургію (виплавка) і гідрометалургію г (вилучення металів в хімічних розчинах). Крім того є вакуумна металургія, порошкова металургія, плазмова металургія.







До **чорної металургії** відноситься підготовка руди, палива, одержання чавуну та сталі.

До **кольорової металургії** відноситься підготовка руд і одержання з них кольорових металів і їхніх сплавів.

Металургійні підприємства поділяють на 4 види:

1 – підприємства повного металургійного циклу, до складу яких входять три основних ланки виробництва чорної металургії: доменне, сталеплавильне і прокатне;

2 – підприємства неповного металургійного циклу зі сталеплавильним і/або прокатним виробництвами;

3 – металургійні комбінати, до складу яких крім основних виробництв входять гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, коксохімічні заводи і заводи по переробці основних продуктів;

4 – комбіновані підприємства, до складу яких крім основних виробництв входять металообробні, машинобудівні підприємства, ТЕС, транспортні підприємства і т.д.

Чавун – це сплав заліза з вуглецем, марганцем, кремнієм, сіркою і фосфором, у якому вуглецю більш 2,14%.

В Україні основними металургійними підприємствами з повним циклом виробництва є «Криворіжсталь», «Запоріжсталь», «Азовсталь», «Дніпроспецсталь».

Загальні запаси залізних руд України складають 27,4 млрд.т. Майже 80% усіх запасів знаходиться в Криворізькому залізорудному басейні. Зміст заліза в руді – 25-70%.

Вихідною сировиною для металургійних процесів служить продукт збагачення руд – однорідний дрібнодисперсний концентрат. Цей продукт готують до використання шляхом агломерації – шматування агломерату спіканням чи одержанням окатишів.

Процес відбувається в агломераційній машині.

Основні компоненти шихти при виробництві агломерату:

- концентрат руди – 40-50%,
- Агломерат
- вапняк – 12-20%,
- повернення (дрібна фракція агломерату) – 20-30%,
- коксовий дріб'язок (коксик) – 4-6%.

Зона горіння

Верхній шар нагрівають і при 750-858°C запалюють Горіння поширюється вниз, температура в палаючому шарі досягає 1300-1500°C. Зона горіння в шарі переміщується вниз зі швидкістю 10-40мм/хв.

Зона підігріву

Зона сушіння

Постіль

Досягши постелі процес горіння припиняється. Його тривалість складає 10-15хв, а особливість полягає в тому, що в кожен даний момент часу горіння відбувається у вузькому шарі шихти.

КОЛОСНИКИ

Хоча процес проводиться в надлишку повітря, але біля палаючих часток палива створюється відновне середовище. Відбувається часткове відновлення оксидів заліза ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$). Крім того відбувається відновлення сульфідів ($\text{Fe}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe} + \text{SO}_2$), вигорає 98% сульфідної і до 80% сульфатної сірки, сублімує As.

Таким чином, у процесі агломерації відбуваються ошматування руди і видалення шкідливих домішок – сірки і миш'яку.

У результаті спікання одержують розплав, що після охолодження дроблять і направляють на просіювання: шматки розміром 13-50мм йдуть на виробництво металів, 8-13 – постіль, менше 8 – повернення (компонент шихти).

Продуктивність однієї агломераційної машини складає 1600-1800т/добу.

Вплив на навколишнє середовище

Викид утворених в процесі горіння органічного палива й інших компонентів однієї тони шихти газів, що відходять, складає 2500м^3 .

Склад газів (%):

CO_2 – 5-7,

SO_2 – 1-13г/м³,

O_2 – 12-16,

NO_x – 0,3-0,9г/м³,

CO – 0,7-14,

HCl – 4г/м³.

Питомий викид SO_2 складає 190кг/т руди. Одна агломераційна машина виділяє більш 700т SO_2 у добу.

На агломераційній фабриці разом з газами, що відходять, виноситься в атмосферу у виді пилу 6-8% виробленого агломерату, що складає 9-13г/м³. Частици діаметром менше 10 мкм складають близько 10%, від 10 до 100 мкм – 40%, вище 100 мкм – 50% викиду.

Виробництво 1т агломерату супроводжується утворенням 5-9м³ стічних вод. З них 1,5-2,5м³ умовно-чиста вода, що несе тільки теплове забруднення, інша вода забруднена шламами.



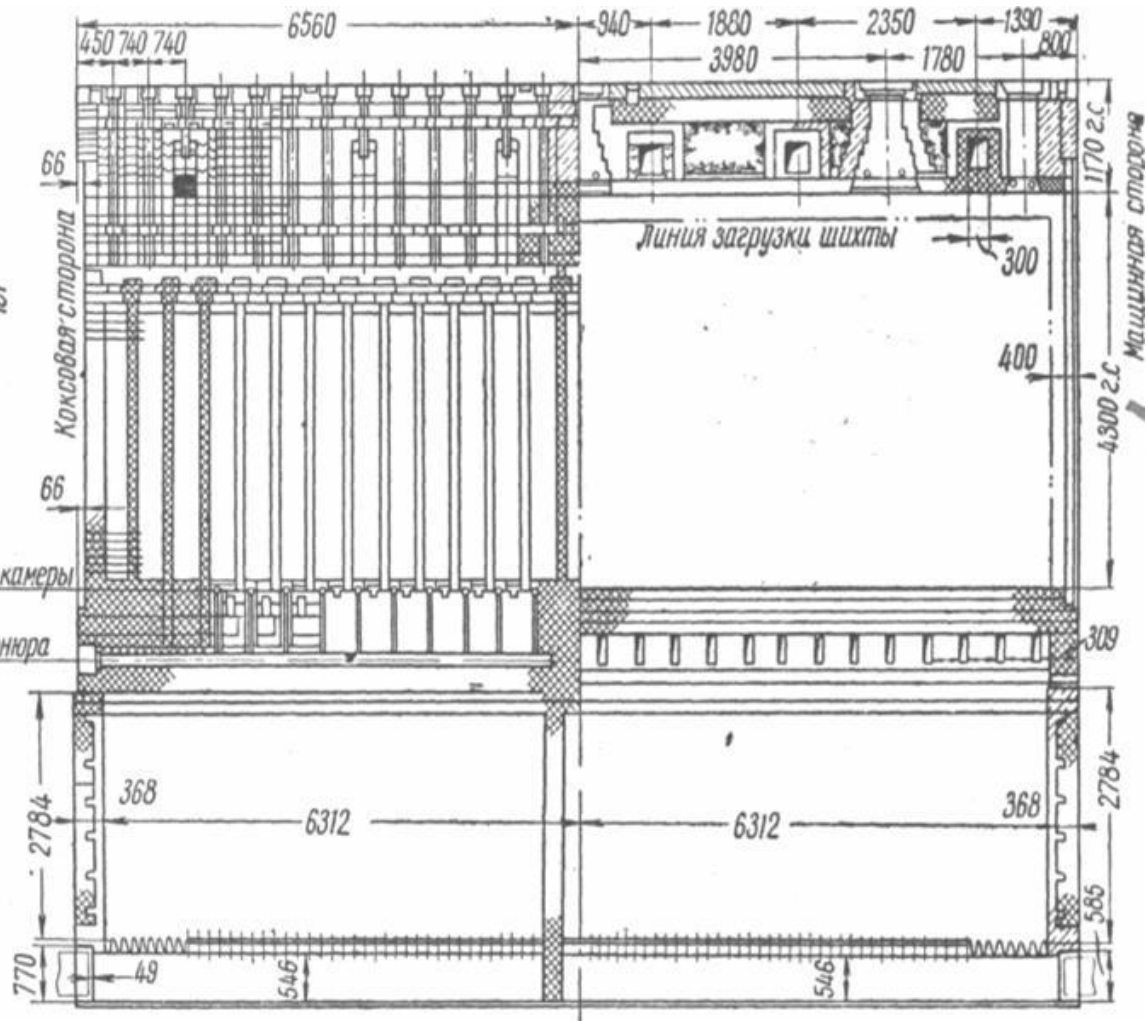
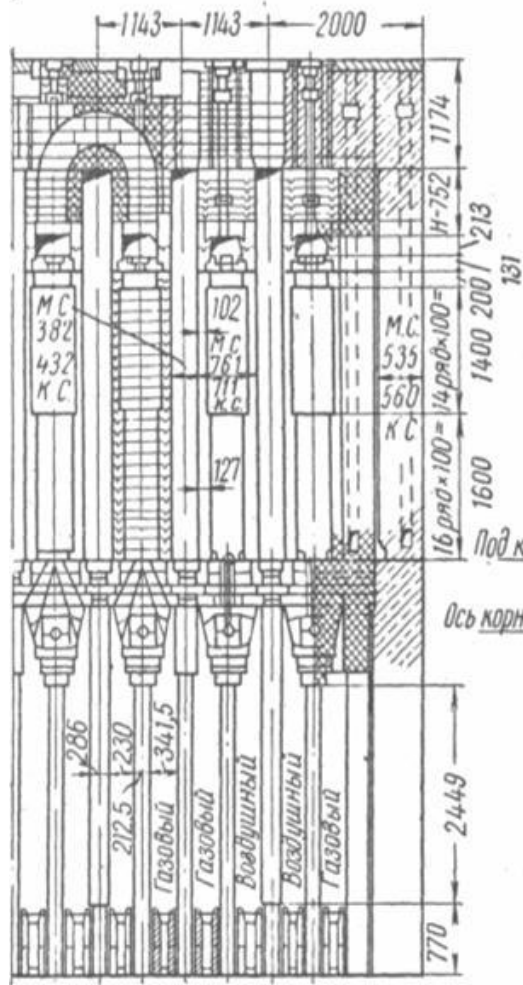
Виробництво коксу

- підготовка вугільної шихти перемішуванням вугілля різних марок (розмір часток не повинен перевищувати 3 мм);
- нагрівання шихти без доступу повітря в спеціальних печах до 1100-1200°C.

Печі складаються з камер прямокутного перетину 14x0,4x5м, з'єднаних у коксові батареї по 40-80 печей. У печі зверху завантажують вугілля. У кожну піч завантажують 22т шихти. Продуктивність коксової батареї досягає 1500т/добу. Між печами розташовані опалювальні простінки, у яких спалюють газ. На торцях камер розташовані зйомні двері для виштовхування коксу. Тривалість коксування 14-16 годин. Передача тепла здійснюється від стінок камери до центру. Тому в кожен момент часу на різних відстанях від стінок відбуваються різні стадії коксування:

Авдіївський коксохімічний завод





Весь хід процесу коксування можна в залежності від температури нагрівання розчленити на п'ять стадій.

Перша стадія (стадія сушіння) – нагрівання приблизно до 200°C . На протязі цієї стадії випаровується більша частина води, яка міститься в вугіллі. Одночасно видаляються і адсорбовані вугіллям газу – CO_2 , NH_4 .

Друга стадія (початкова стадія розкладу) – нагрівання від 200 до 350°C . На цій стадії утворюється деяка кількість горючих газів, парів води (продукт розкладу вугілля) та смоли. На кінець цієї стадії вугілля починає «розм'якшуватись». На його зернах появляється плівка рідких продуктів розкладу.

Третя стадія (стадія пластичного стану) – нагрівання в інтервалі температур $350\text{-}500^{\circ}\text{C}$ (температурні границі залежать від якості вугілля). На протязі цієї стадії вугілля інтенсивно розкладається, утворюється багато летучих продуктів напівкоксування – смол та газів. В їх склад окрім інших речовин входять парафінові вуглеводні та феноли. Ослаблюються фізичні зв'язки між макромолекулами, розриваються деякі хімічні зв'язки., тверді частинки диспергуються у плавкій масі – утворюється пластична маса.

Четверта стадія (стадія отримання напівкоксу) – температурний інтервал $500\text{ – }600^{\circ}\text{C}$. На протязі цієї стадії утворюється незначна кількість смол та інших летучих, проходить спікання та утворюється твердий напівкокс.

П'ята стадія (стадія утворення коксу) – температурний інтервал $600\text{ – }1000^{\circ}\text{C}$. На протязі цієї стадії утворюється незначна кількість смол, моноциклічні ароматичні вуглеводні та водень і закінчується процес утворення коксу. Можливість отримання якісного коксу залежить від протікання всіх стадій, але головним чином від 2 та 3 стадії.

- Летючі продукти, стикаючись з поверхнею стінок камери і розпечених часток коксу піддаються піролізу і виділяють суміш газів (H_2 , CH_4) і парів поліциклічних ароматичних вуглеводнів;
- коксовиштовхувачем кокс подається в гасильний вагон. Гасіння (охолодження) коксу супроводжується виділенням в атмосферу б (а)п – 616, H_2S – 3,7, ціанідів – 4,6, NO_x – 20, CO - 317 г/сек. Гасіння буває мокрим (стічні води містять аміак, феноли, ціаніди, піридини, пірокатехіни, ПАВ) і сухим (проводиться інертним газом, циркулюючим в системі охолодження).

У результаті коксування з 1т шихти одержують:

- 650-750 кг коксу,
- 140 кг коксового газу (після уловлювання бензолу, фенолу, смоли, аміаку одержують суміш 55-60% H_2 і O_2 -25% CH_4 – паливо, що має теплоту згоряння 17,5-18,5 МДж/м³),
- 30 кг кам'яновугільної смоли,
- 10 кг сирого бензолу,
- 3 кг аміаку,
- сірководень.

Вплив на навколишнє середовище

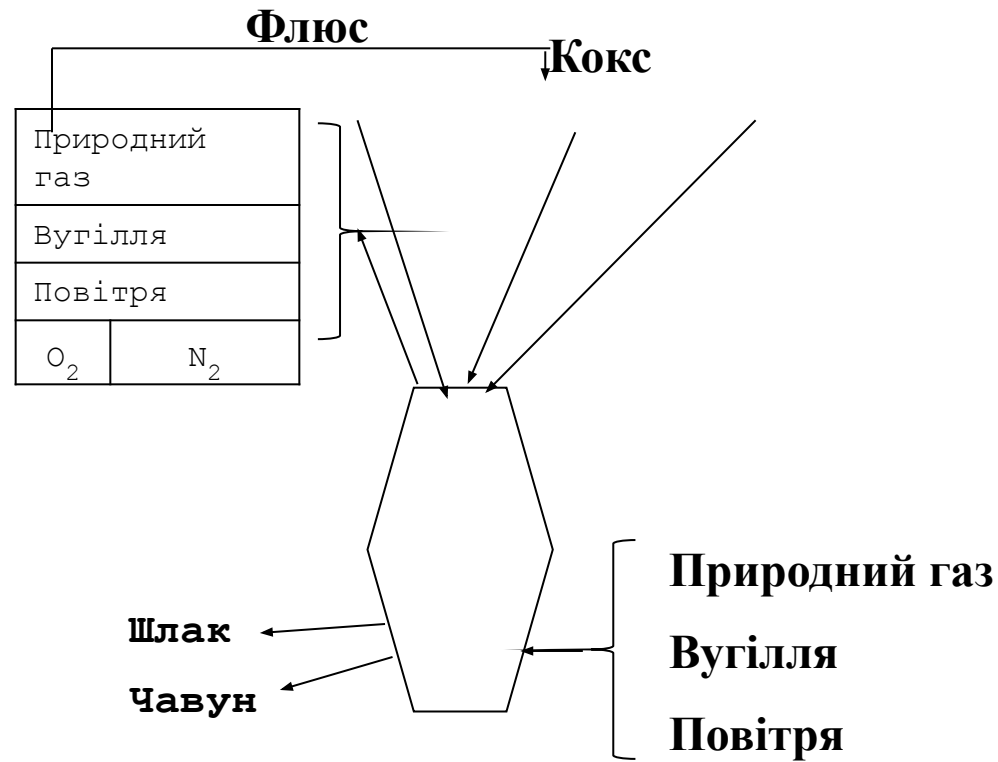
На сучасному коксохімічному заводі при виробництві 1 т коксу утворюється 4-7м³ стічних вод. Витрата свіжої води дорівнює 1,15-1,55м³ (при використанні конденсованої і пірогенної води для гасіння коксу). Стічні води містять феноли, Cl⁻, CNS⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, H₂S, піридин, б(а)п, що може накопичуватися в донних відкладеннях очисних споруд чи усереджувачів.

Виробництво чавуну

Залізна руда містить оксид заліза, що відновлюється вуглецем до металу. Звичайно цей процес проводять у доменних печах. Це шахтні печі (печі з витягнутим догори робочим простором), висота яких досягає 30м, а об'єм – 6000м³. Доменна піч працює безупинно 6-8 років. Добова продуктивність печі досягає 11000т чавуну. У процесі доменної плавки здійснюється зустрічний рух спадного потоку агломерату, флюсів, коксу та висхідного потоку газів, що утворюються в нижній частині печі – горні.

Залізо, яке виплавлюється, взаємодіє з коксом, і розчиняючи в собі домішки з породи і флюсу, та вуглець, утворює чавун, що у рідкому стані стікає в горн. Розплавлена порожня порода, зола коксу і флюси утворюють шлак, що спливає на поверхню чавуну через різницю щільностей.

Функціональна схема виробництва чавуну:



Продукти плавки (%):

чавун – 16,5

шлак – 9

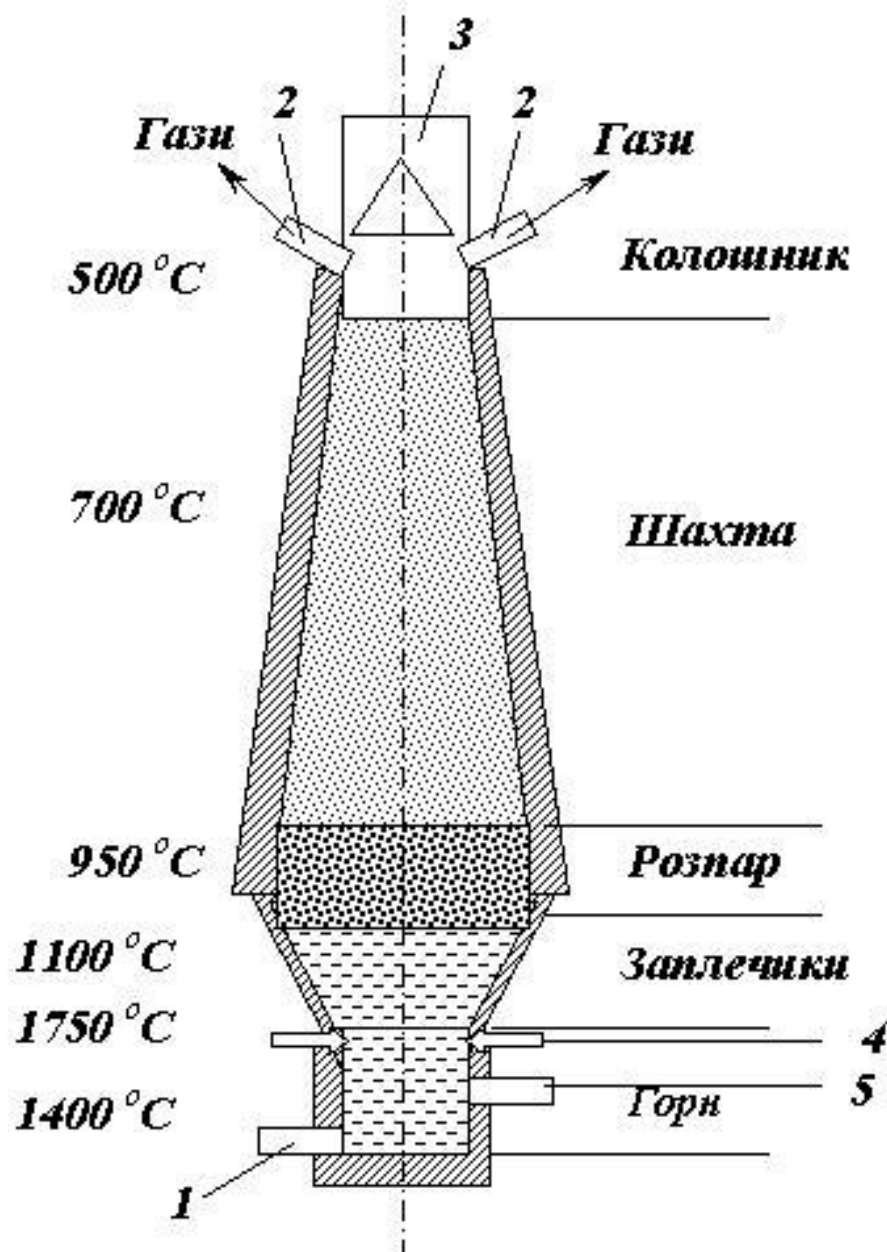
доменний газ – 69,5

колошниковий пил – 5.

ДОМЕННА ПІЧ



Схема доменної печі



- 1 – льотка для випуску чавуну;
- 2 – газовідведення;
- 3 – засипний агрегат;
- 4 – фурми;
- 5 – льотка для випуску шлаку.

Для виробництва 1 т чавуну необхідно 1,7-2 т руди, 500-700кг коксу, 300-700 кг флюсів, 3,3 т повітря.

При збагаченні дуття киснем у викиді зменшується частка азоту. Колошниковий газ містить 200-300мг/м³ ціанистих сполук. Після очищення від пилу (20г/м³) він може бути використаний як паливо (теплота згоряння 3,6-4,6 МДж/м³).

Питомі викиди процесу одержання чавуну:

СО – 30-40г/сек,

NO_x – 6г/сек,

пил – 260г/сек.

Більше 20% тепла процесу розсіюється в навколишньому просторі. Для охолодження корпусу домни використовується вода. При цьому утворюються стічні води, основний вид забруднення яких – тепловий. Крім цього в системі гідравлічного збору пилу утворюється потік стічних вод, забруднений зваженими речовинами (частки руди, флюсу, коксу). Питоме утворення таких стічних вод – 300-360м³/год від кожної доменної печі.

Понад 85% усього виплавленого чавуну приходить на передільний (білий) чавун, у якому вуглець знаходиться у виді Fe_3C . Цей чавун твердий, тендітний, використовується у виробництві сталі.

Ливарний (сірий) чавун характеризується підвищеним вмістом Si (до 4%), що сприяє виділенню вуглецю у виді графіту. Такий чавун характеризується гарними ливарними властивостями.

Високоміцні чавуни одержують із сірого модифікацією його Mg чи Cs (0,01-0,03% від маси рідкого металу). Вуглець у цих чавунах має вид графітових кулястих включень.

Зносостійкий, жароміцний чавун одержують легуванням сірого чавуну невеликими кількостями Ni, Cr, Mo і інших елементів.

Спеціальні чавуни – це сплави з високим вмістом одного чи двох неосновних компонентів. Наприклад, феросиліцій містить більше 13% Si, феромарганець – до 75% Mn.

Виробництво сталі

Сталь – це сплав заліза з вуглецем, кремнієм, марганцем, сіркою і фосфором, у якому вуглецю менше 2,14%.

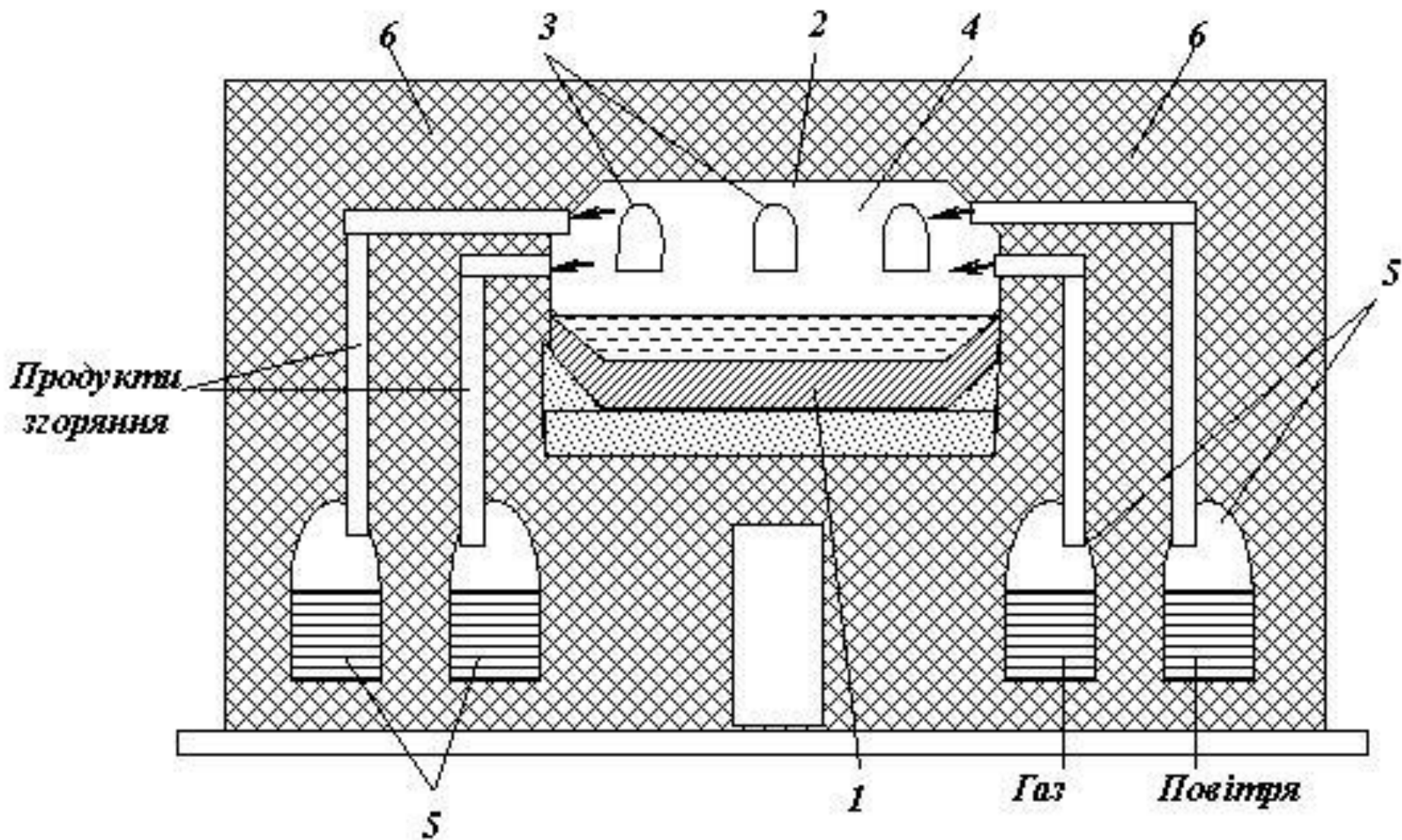
Сталь одержують з чавуну, руди і залізного брухту в мартенівських печах, конверторах і електропечах.

Переваги мартенівського способу виробництва

Розповсюдженість способу пояснюється його універсальністю:

- плавку можна вести як на твердій, так і на рідкій шихті з будь-якими співвідношеннями металобрухту і чавуну;
- спосіб характеризується невисокими вимогами до якості сировини;
- процес плавки добре регулюється;
- вихід готової сталі високий;
- процес дозволяє виготовити сталь майже всього сортаменту.

Мартенівський процес проходить у мартенівських печах ємністю до 900т (25х6х1,3м). Частки чавуну, руди і брухту, що завантажуються, змінюється залежно від сорту одержуваної сталі. Мартенівський процес полягає в розплавлюванні шихти, зниженні вмісту в ній С, Si, Mn, видаленні небажаних елементів (S, P) і введенні відсутніх елементів (легуванні). Температура в печі повинна забезпечувати перебування металу в рідкому стані (наприкінці плавки – близько 1600°C). Як паливо використовують газ (коксовий, доменний, природний); рідке (мазут); пилоподібне (вугілля). Здійснюється роздільна подача палива і повітря; горіння здійснюється в довгому смолоскипі. Для інтенсифікації горіння в дуття додають кисень.



1 – під, 2 – склепіння, 3 – завантажувальні вікна,
 4 – робочий простір, 5 – регенератори, 6 – головки.

Мартенівська піч – це споруда з вогнетривкої цегли, яка стягнута рядом металічних балок, що утворюють зовнішній каркас. Робочий простір печі обмежений зверху склепінням, знизу – подом, спереду і ззаду – стінками, з боків – головками. Головки служать для подачі палива і повітря в робочий простір печі, а також для відводу продуктів згоряння з печі. Піч має вигляд овальної чаші, в ньому відбувається процес плавки. Передня стінка має ряд завалочних вікон для завантаження шихтових матеріалів, а задня стінка – льотку для випуску металу.

Основні матеріали шихти для мартенівської плавки такі:

- Чавун;
- Скрап;
- Металобрухт;
- Розкислювачі%
- Легуючі добавки;
- Залізна руда;
- Вапняк
- Інші

Для одержання 1 т сталі необхідно 1050-1250 кг шихти, 100-200 кг умовного палива.

Продукти мартенівської плавки (%):

сталь – 83

шлак – 10

гази, що відходять – 7.

Питомі викиди процесу одержання сталі мартенівським методом:

пил – 12,5г/сек,

SO₂ – 3г/сек,

NO_x – 25г/сек,

CO_x.

З газами, що відходять, у навколишнє середовище виноситься 41% тепла, конвективні втрати тепла складають 34%, тобто сумарні втрати енергії складають 75%!!!

Одержання сталі конверторним способом відбувається без витрати палива, тому конверторний спосіб одержання сталі витісняє мартенівський. У конвертори (ємністю близько 300т) завантажують брухт (20-25%), рідкий чавун і продувають повітря, збагачене киснем або чистий кисень. Кисневе дуття дозволяє одержувати сталь з низьким вмістом азоту (0,002-0,006%). Доданий флюс зв'язує фосфор і сірку в шлак. У результаті окислювання небажаних домішок (C, S, P, Si, Mn) виділяється тепло в кількості, достатній для підтримки металу в рідкому стані протягом усього процесу без надходження тепла з інших джерел.

Виробництво 1т сталі супроводжується виділенням 1600м³ газів.

Питомі викиди:

пил – 4,8г/сек, SO₂ – 1,7г/сек, NO_x – 4,5г/сек.

У довкіллі розсіюється від 30 до 50% тепла (4-18% зі шлаками, 28-30% - з газами, що відходять,).



Чавун тече закритим жолобом,
поблискуючи через дірки і
розсипаючи бенгальськими
вогнями іскри на поворотах





Конвертор виглядає як великий горщик, який повертається. На світлині зверху чергова стадія закінчена, сталь виливається із горщика-конвектора і тече на розливку





Конвертор піднімають отвором вверху, ківш під'їжджає до нього і виливає наступну партію чавуну. Потім «горщик» повертають по вертикалі і зверху у цю масу пускають під тиском чистий кисень. Готову сталь подають на розливку

Найсучасніша технологія розливки сталі – машина безперервного лиття, яка заливає відливки різних профілів. Прямокутна заготовка називається сляба



Електрометалургійний спосіб включає виплавку сталі в дуговій або індукційній електричних печах.

Зараз використовують електродугові печі ємністю до 350т. Піч виготовлена зі сталі у виді циліндра. Зі зводу печі опускаються вугільні чи графітові електроди. До складу шихти входять сталевий брухт, відходи сталеплавильного виробництва (близько 90%), чавун (5-10%), залізна руда й окалина, флюси. Температуру 2500°C одержують від електричної дуги, що горить між електродом і розплавом металу. Виплавка сталі супроводжується утворенням великої кількості термічних оксидів азоту і значних втрат тепла.

Добова продуктивність електродугових печей складає 12-15 т на кожні 1000 кВт потужності трансформатора, витрата електроенергії – 2,34-2,7 кДж (500-600 кВт*год на 1 т сталі), витрата графітових електродів на 1 т сталі 6,5 кг.

Індукційна піч - це вогнестійкий тигель, встановлений в індуктор – мідна трубка у вигляді спіралі. Плавка йде за рахунок вихрових струмів, що виникають в індукторі. Ємність печей – від 5 кг до 25 т, продуктивність – близько 40 т на 1000 кВт установленій потужності, витрата енергії на 10% вище, ніж у дугових печах.

У середньому на 1 млн.т річної продуктивності підприємства чорної металургії виділяють:

- пил - 350 т/добу,
- SO₂ - 200 т/добу,
- NO_x -42 т/добу,
- CO - 400 т/добу.

Питомі викиди (т/добу), що супроводять виробництво 1млн.т сталі:

Виробництво	Тверді частинки	SO ₂	CO
Агломераційне	91	14,5	250
Коксохімічне	1	1,3	14,2
Доменне	11	3,3	10,6
Мартенівське	14	1,2	0,7
Конверторне	7	1,2	1,5
Електросталеплавильне	1,1	0,3	- ³⁷

Чорна металургія - один з великих водоспоживачів (60-70% забруднені тільки термічно) (%):

- охолодження устаткування - 49,
- очищення газів і повітря - 26,
- гідротранспорт - 11,
- обробка металу - 12,
- інші процеси - 2.

Безповоротні втрати 6-8%.

Витрати води за видами металургійного виробництва:

Виробництво	Продукція	Питомі витрати, м ³ /т продукції		Доля в загальних витратах, %
		усього	в т.ч. свіжої	
Гірськорудне	руда	12	4,5	5,0
Агломераційне	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксохімічне	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменне	чавун	60	4,5	25,0
Сталеплавильне	сталь	52	3,5	21,7
Прокатне	прокат	96	5,5	40,0
УСЬОГО	сталь	240	20	100

Джерела утворення стічних вод металургійного виробництва

Виробництва	Операції
Агломераційне та виробництво окатишів	Очистка газів, зборка просипу від опальних машин та пилових мішків, вологе прибирання приміщень
Коксохімічне	Пиловловлювання, хімічні процеси (фенольні СВ), гасіння коксу
Доменне	Очистка доменного газу, гідравлічна зборка пилу, грануляція доменного шлаку та розлив чавуну
Сталепла-вильне	Очистка газів, охолодження та очистка ізложниць
Прокатне	Охолодження валків, змив та транспортування окалини, охолодження допоміжних механізмів

Металургійні підприємства з великою кількістю цехів і допоміжних служб займають до 1000га.

Утворення твердих відходів по видах продукції (кг/т):

- виробництво чавуну – 7-10,
- виробництво сталі – 35-40,
- виробництво прокату – 280,
- виробництво сталевих литва – 530,
- виробництво чавунного литва – 350,
- виробництво сталевих труб – 110-120,
- виробництво виливків чавунних труб – 170-200,
- виробництво поковок і штампувань – 175-180.

Дякую за увагу