

# Чавун. Виплавка чавуну





- Чавун — сплав заліза з вуглецем, який може містити від 2,14 до 4,3 % вуглецю і більше.
- Чисте залізо має обмежене застосування. В техніці зазвичай використовують сплави заліза з вуглецем, які поділяють на сталі і чавуни. Сталі містять до 2 % вуглецю, а чавуни — від 2,14 до 4 % вуглецю і навіть більше.

# Виробництво чавуну

Чавун одержують із залізної руди в спеціальних вертикальних печах, які називають доменними печами, або домнами. Доменні печі — це складні споруди з вогнетривкого матеріалу із зовнішньою сталевною обшивкою. Висота сучасних доменних печей сягає 30 м, а внутрішній діаметр — до 6 м.



# Історія

Перша згадка про чавун зустрічається у китайському літописі „Цзочжуань” у записі, що стосується 513 р. до Р.Х.

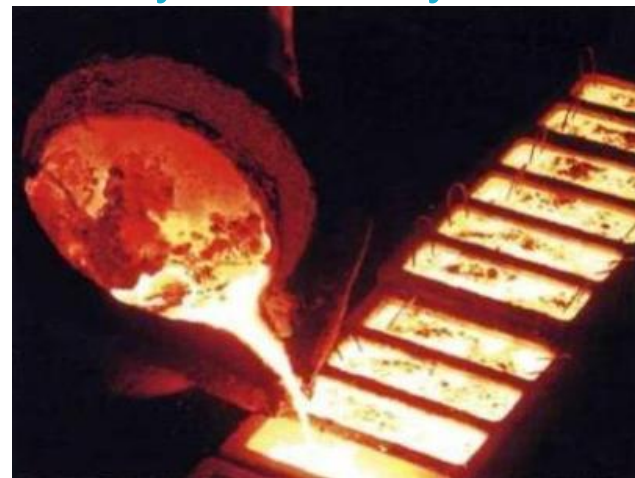
З 1500 р. до 1700 р. світова виплавка чавуну зросла приблизно з 60 тис. т. до 104 тис. т. (в 1,7 разів), а за все XVII ст. з 104 тис. т. до 278 тис. т. (1790), тобто в 2,67 разів. А за наступні 80 років з 1790 по 1870 виплавка чавуну склала 12 млн

На частку Англії припадало в 60 роках XIX ст. понад 50% всього виплавленого чавуну. Але в другій половині XIX ст. Англію за темпами розвитку чорної металургії обігнали США та Німеччина.



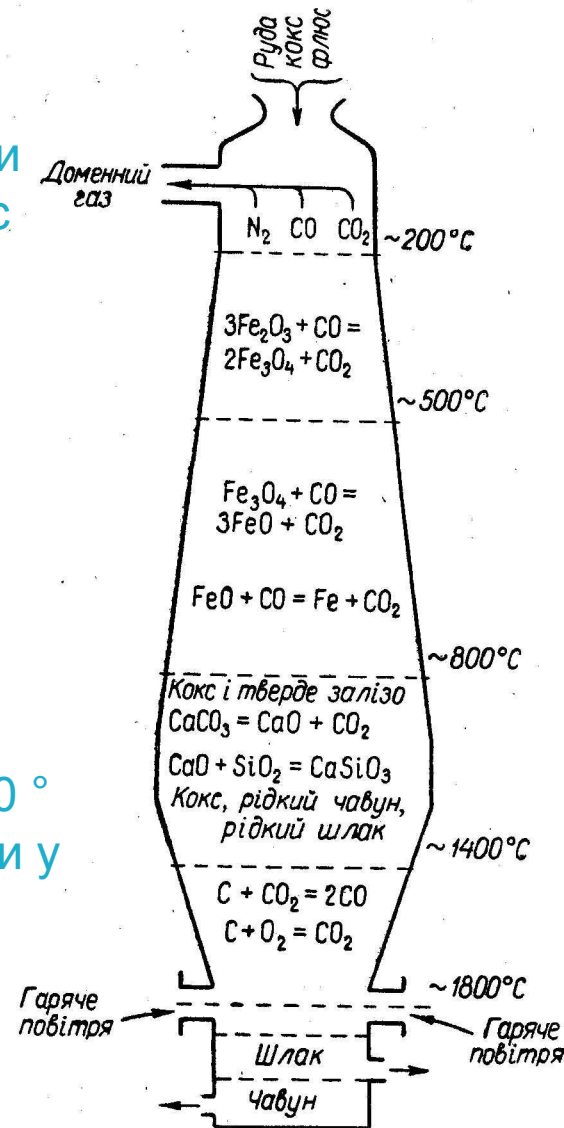
# Сучасне виробництво

Добова продуктивність потужної домни становить 2000 т чавуну і навіть більше. Доменна піч після її пуску працює безперервно 5—6 років, а інколи навіть і до 10 років. Потім її ремонтують і знову пускають у роботу. Операції з підготовки шихти, завантаженні її в домну, випуску чавуну і шлаку механізовані. Шихту завантажують через верхню частину домни (колошник).



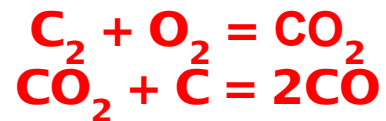
# Сучасне виробництво

- Спочатку засипають шар коксу, потім шар суміші руди з коксом і флюсами, потім знову шар коксу і т. д. Кокс служить джерелом тепла для підтримання потрібної температури в домні і для одержання відновника — монооксиду вуглецю  $\text{CO}$ , а флюси (найчастіше  $\text{CaCO}_3$ ) — для перетворення пустої породи ( $\text{SiO}_2$ , глини тощо) в легкоплавкі сполуки — шлак.
- Горіння коксу підтримується вдуванням у нижню частину домни (горно) попередньо нагрітого до  $800\text{—}1000^\circ\text{C}$  повітря. Найвища температура (до  $1500^\circ\text{C}$  і навіть більше) досягається в нижній частині домни у зоні горіння коксу, а найнижча (до  $200^\circ\text{C}$ ) — у найвищій частині.

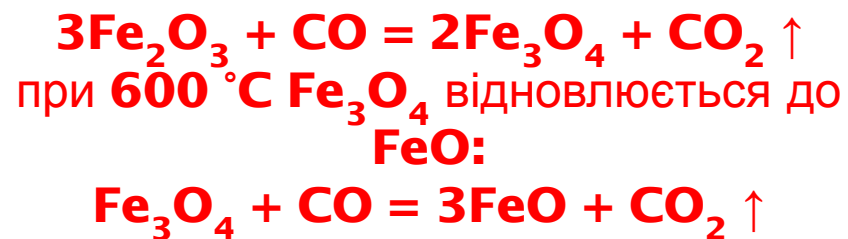


# Сучасне виробництво

В результаті згоряння коксу в нижній частині домни утворюється діоксид вуглецю  $\text{CO}_2$ , який, піднімаючись вгору і проходячи крізь шар розжареного коксу, перетворюється в монооксид вуглецю  $\text{CO}$ :



Монооксид вуглецю як сильний відновник, проходячи через шари шихти, відновлює оксиди заліза (залізну руду). Причому ступінь відновлення залежить від температури. При температурі  $200\text{—}500^\circ\text{C}$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$  відновлюється до  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ :



# Сучасне виробництво

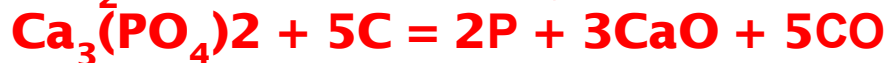
Вище 700 °С FeO відновлюється до вільного заліза, яке утворюється в твердому стані (так зване губчасте залізо):



При вищих температурах у процесах відновлення оксидів заліза бере участь, крім монооксиду вуглецю, і вільний вуглець:



Відновлення заліза з руди закінчується при температурі 1000—1100 °С. При цій температурі частково відновлюються й інші елементи із сполук, що входять до складу руди як домішки, — манган, силіцій, фосфор тощо. Наприклад:



↑



# Сучасне виробництво

Утворюване губчасте залізо частково реагує з розжареним вуглецем і утворює хімічну сполуку — карбід заліза  $\text{Fe}_3\text{C}$ :

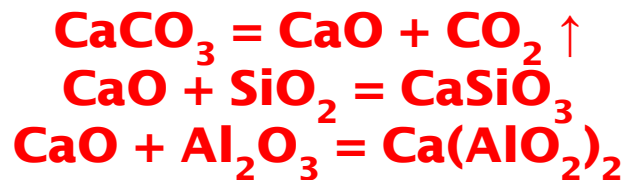


Ця сполука не підлягає правилам звичайної валентності. Карбід заліза  $\text{Fe}_3\text{C}$  називають цементитом. Цементит в залізі утворює розчин, який називають чавуном.

Температура плавлення чавуну нижча, ніж чистого заліза, і залежить від вмісту вуглецю. Температура плавлення заліза  $1538\text{ }^\circ\text{C}$ , а чавун із вмістом вуглецю  $4,3\%$  плавиться при  $1130\text{ }^\circ\text{C}$ . Це найнижча температура плавлення чавуну. Доменний чавун містить звичайно  $3\text{—}4\%$  вуглецю і плавиться при  $1200\text{—}1300\text{ }^\circ\text{C}$ .

# Сучасне виробництво

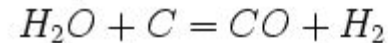
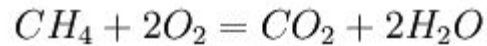
У розплавленому чавуні легко розчиняються силіцій, манган, фосфор, сірка й інші домішки, які й залишаються в чавуні. Розплавлений чавун стікає в найнижчу частину домни (горно), звідки його періодично випускають. Пуста порода, що міститься в залізній руді, видаляється у вигляді шлаку. Шлак утворюється за такими хімічними рівняннями. Вапняк, що додається до шихти як флюс, при 800—1000°C розкладається на оксид кальцію і діоксид вуглецю. Утворюваний CaO як оксид з основними властивостями взаємодіє з силіцієвим ангідридом SiO<sub>2</sub> і амфотерним оксидом алюмінію Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (що міститься в глині) з утворенням відносно легкоплавких силікату кальцію і алюмінату кальцію:



Шлак плавиться близько 1100 °C і стікає в горно. Оскільки шлак легший від чавуну, він збирається над розплавленим чавуном і захищає його від окиснення. Розплавлений шлак, як і чавун, періодично випускають з домни. Доменний шлак використовують для виробництва будівельних матеріалів.

# Доменний газ

Доменний газ, крім азоту  $N_2$ , діоксиду вуглецю  $CO_2$  та інших газів, містить близько 30 об'ємних процентів монооксиду вуглецю  $CO$ . Його спалюють у спеціальних печах — кауперах, в яких нагрівається повітря, що вдувається у домну. З метою підвищення продуктивності доменних печей і зниження собівартості одержуваного чавуну на багатьох металургійних заводах застосовують збагачене киснем повітря і дешевий природний газ. Заміна звичайного повітря збагаченим до 30 об'ємних процентів кисню повітрям, а також вдування у домну природного газу підвищує продуктивність домни на 10 і більше процентів і знижує витрати коксу до 20 %. Природний газ, який складається головним чином з метану, згоряє у домні з утворенням діоксиду вуглецю  $CO_2$  і водяної пари  $H_2O$ . Останні, реагуючи з розжареним коксом, перетворюються в монооксид вуглецю  $CO$  і водень:



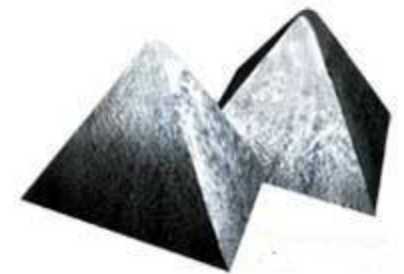
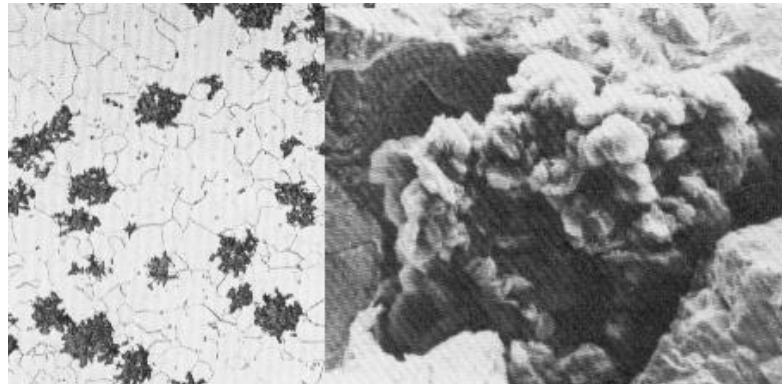
Внаслідок цього доменні газы збагачуються відновниками — монооксидом вуглецю і водню, а це прискорює процеси відновлення руди і зменшує витрати коксу.

# Види чавунів

## Загальні положення:

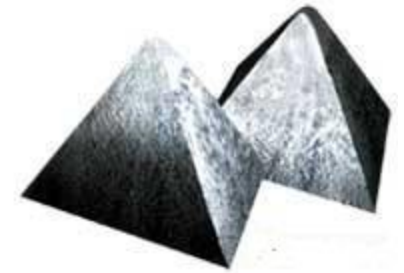
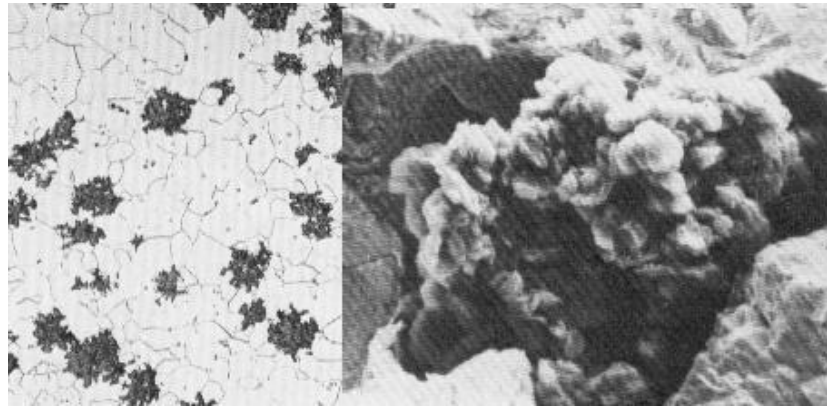
Чавуни, які виплавляють у доменних печах поділяють на:

- **переробні**, які використовуються для виробництва сталі у кисневих конверторах, електropечах, мартенівських печах;
- **ливарні**, які використовуються для одержання виливків у ливарних цехах машинобудівних чи ливарних заводів. Частка цих чавунів зменшується й не перевищує 10 %.



# Види чавунів

Широке застосування чавунів у машинобудуванні пояснюється порівняно невеликою вартістю й добрими технологічними властивостями чавунів – високою рідкотекучістю й незначною ( $\sim 1\%$ ) усадкою під час кристалізації та наступного охолодження, здатністю легко оброблятися різанням, можливістю зміни властивостей термообробкою й легуванням. Найкращі ливарні властивості мають евтектичні чавуни, оскільки в них менший температурний інтервал кристалізації.





# Білий чавун

У білих чавунах весь Карбон перебуває в цементиті. Завдяки цементиту такі чавуни мають білий блискучий злам, від кольору якого і походить їх назва. Структуру білих чавунів у рівноважному стані творять дві фази – ферит та цементит. За рахунок твердого цементиту, кількість якого збільшується зі збільшенням вмісту Карбону, білі чавуни мають високу твердість (450...550 НВ), дуже крихкі, практично не підлягають різанню лезовим інструментом. Тому в машинобудуванні білі чавуни мають обмежене застосування. Їх використовують тільки як зносотривкий матеріал для відливання деталей шламових насосів, гідроциклонів, доменних печей, кульових млинів для розмелювання руд. З виливків білого чавуну отримують ковкі чавуни.



# Чавуни з пластинчастим графітом

Виливки з чавунів з пластинчастим графітом одержують безпосередньо заливанням розплавленого металу в ливарні форми. Графіт під час кристалізації формується у вигляді вигнутих пелюсток, пластинок. Такий графіт називають пластинчастим. Наявність у структурі вільного графіту зумовлює матовий сірий колір зламу, від якого походить інша назва цих чавунів – **сірі чавуни**.



# Ковкі чавуни

Ковкі чавуни одержують шляхом тривалого графітизувального відпалу виливків з білого маловуглецевого (2,4...2,9 % С) чавуну. Відпал при високій температурі спричиняє розкладання метастабільного цементиту з утворенням графіту компактної форми з кошлатими краями, так званого *графіту відпалу*. За впливом на механічні властивості чавуну такий графіт займає проміжне положення між пластинчастим і кулястим графітом. Структура металевої основи ковких чавунів – від феритної до перлітної – залежить від хімічного складу та режиму термічної обробки виливків з білого чавуну.

