

## Виплавка сталі: історія та сучасність

Що потрібно, аби приготувати якусь страву? Температура! Якщо декілька століть тому її давав відкритий вогонь багаття з дров або вугілля, то сьогодні на кухнях використовують газові або електричні плити.



На

[металургійній кухні](#)

виплавка сталі відбувається за схожим сценарієм: у величезну «каструлю» засипають сировину (шихту) і «варять» в умовах високої температури за певною технологією (рецептом). Потрібної температури також досягають за допомогою газу або електроенергії.

Зараз існує три головні промислові способи виплавки сталі у світі:

- мартенівський;
- киснево-конвертерний;
- електрометалургійний.

### Історія виплавки сталі

Людство навчилося отримувати залізо ще за часів середньовіччя. Але аж до середини XIX століття це були невеликі обсяги низькоякісного матеріалу. Його зазвичай виробляли в сиродутних печах і доводили до пугтя в кузнях, де майстри виготовляли штучний товар. Цікаво, що залишки середньовічних сиродутних печей (також відомих як гамарні) знайшли на території сучасної України. Найпримітніше те, що на них натрапили в західній частині країни, яка сьогодні не є центром металургії.

Проте технології виробництва залізних виробів, що існували до XIX століття, мали один суттєвий недолік. Фактично це було або дуже м'яке залізо, або крихка сталь, яку отримували із заліза шляхом доопрацювання в кузнях. Такі матеріали не можуть використовуватися в чистому вигляді – вироби швидко ставали тупими або легко ламалися.

Зараз відомо, що залізний сплав має таку властивість, як пружність. Вона з'являється лише під час формування чіткої кристалічної структури з розплаву. А середньовічні технології не дозволяли розплавити метал із необхідною пропорцією заліза та вуглецю. Для цього була потрібна недосяжна в ті часи температура 1450 C°.

Промислова революція призвела до різкого зростання попиту на новий конструкційний та збройовий матеріал: міцний, довговічний, який піддається механічній обробці.

Як наслідок, у XIX столітті з'явилися витoki всіх трьох сучасних способів виплавки сталі.

### Мартенівське виробництво: переваги і модернізація

Аж до середини XX століття мартенівські печі були основною технологією, яка дозволяла плавити сталь. Вперше її побудував француз Еміль Мартен у 1864 році. Серед її переваг були: можливість використання сталевих брухту в шихті (його було багато завдяки активному розвитку залізниць) і великий асортимент

якісних марок сталі, які можна було виробляти завдяки тривалій плавці (до 13 годин).

Перші мартени на території сучасної України побудував валлієць Джон Юз у 1879 році. В середині ХХ століття з використанням цієї технології, за різними оцінками, виплавлялось від 50% до 80% усієї світової сталі.

Однак через тривалий час плавки, необхідність постійного зовнішнього підігріву печі, подорожчання природного газу, неекологічність процесу та інші складнощі мартени поступилися своїми позиціями новим технологіям.

У більшості діючих мартенівських цехів використовуються не класичні мартени, а так звані двохованні сталеплавильні агрегати. Вони об'єднують елементи конвертерної та мартенівської технологій. Іншими словами, це дві мартенівських печі, сполучені між собою, що дозволяє підігрівати залізний розплав зсередини киснем, а не лише зовнішню частину печі природним газом. Це дає значну економію ресурсів і можливість скоротити тривалість однієї плавки до 3-4 годин.



### **Конвертерне виробництво: у пошуках кисню**

Предтеча конвертерного способу виплавки сталі – бесімерівський процес – з'явився раніше мартенів. Англієць Генрі Бесімер отримав патент на свій винахід у 1856 році. У ньому рідкий чавун продували атмосферним повітрям, щоб знизити вміст вуглецю. Але водночас у сталь потрапляв азот, який знижував температуру плавки і частково переходив у вигляді домішки у сталь.

Зокрема, через це метод не набув великого поширення. Адже нижча температура плавки обмежувала використання металобрухту, виникала потреба у високоякісній сировині – чавуні, який би вироблявся із залізної руди без шкідливих домішок. Бесімер знав про цей недолік, але в ті роки було практично неможливо отримати великі обсяги чистого кисню. Бесімерівські печі працювали на території сучасної України аж до 1983 року.

У 1878 році ще один англієць Сідні Гілкріст Томас удосконалив винахід свого земляка. Томасівські печі дозволили виводити з розплаву частину шкідливих домішок, таких як фосфор. Завдяки цьому технологія набула поширення в Бельгії і Люксембурзі, де добувалися високофосфористі залізні руди.

Проте в обох технологіях якість сталі залишалася нижчою проти мартенів аж до початку 1930 років. Саме тоді почалися спроби впровадження кисневого дуття. У бесімерівських конвертерах рідку сталь продували не повітрям, а чистим киснем, який отримують у кріогенних установках. Вважається, що одні з перших дослідів із використанням такої технології проводив Микола Мозговий у Києві на заводі «Більшовик». Паралельно проводилися пробні плавки в Німеччині та Австрії. Але Друга світова війна загальмувала технологічний прогрес у металургії.

Лише після закінчення війни з розвитком кріогенних технологій кисневі конвертери почали витісняти мартенівське виробництво. Перші промислові цехи почали свою роботу в 1952 році. Виробництво конвертерної сталі виявилось продуктивнішим та економічнішим. Деякий час на цю технологію переводили застарілі бесімерівські цехи, але все частіше будували нові досконаліші виробничі лінії.

Сучасні кисневі конвертери являють собою посудини грушоподібної форми, виготовлені зі сталі. Усередині вони обкладені спеціальним вогнетривким матеріалом. Зверху в них занурюються фурми, через які під високим тиском подається чистий кисень. За допомогою цього газу допалюється вуглець до необхідного у сталі рівня.

### **Дугові електросталеплавильні печі: сила струму**

Ще в XIX столітті стало відомо, що не лише газ, а й постійний електричний струм може відновлювати метали з оксидів, а також розплавляти їх за допомогою електричної дуги. Однак відсутність потужних джерел електроенергії стримувало розвиток технології виплавки сталі в електричних печах.

Лише в 30-х роках XX століття почали з'являтися потужні електростанції, які дозволили замислитися про промислове впровадження електрометалургії. Спочатку це був кольоровий метал. Згодом технологія прийшла і в чорну металургію. Одним із найбільш наочних прикладів впровадження електрометалургії є Запоріжжя. У цьому місті в 1932 році запустили перші турбіни ДніпроГЕС. Після цього тут один за одним з'явилися підприємства електрометалургії, які виробляли алюміній, титан, феросплави і спеціальні сталі.

Сьогодні дугові сталеплавильні печі (ДСП) використовують не лише для виплавки спеціальних, а й рядових марок сталі. З них, як правило, виробляють квадратну заготовку та довгомірний

[сталевий прокат](#)

. У печі, заповнені шихтою, занурюють три величезних графітових електроди, на які подається змінний або постійний струм. Виникає електрична дуга, яка створює високу температуру всередині печі і плавить брухт. На базі ДСП зазвичай будують так звані міні-заводи (mini-mills) – невеликі металургійні підприємства річної потужністю 0,5-2 млн тонн сталі. Поширені вони у країнах з доступною електроенергією і великими джерелами утворення брухту.



Як і в кисневих конвертерах, в електрометалургії досить короткий період плавки – 40-60 хвилин. На перших етапах розвитку цих технологій швидкість була основним недоліком – виникали складнощі з освоєнням великої кількості марок сталі. Адже за кілька годин плавки в мартенах в шихту поступово вводили флюси, розкислювачі, легуючі елементи, які впливали на характеристики матеріалу. А заводські лабораторії встигали за цей час провести аналіз отриманого продукту і дати рекомендації сталеварам. Однак зараз ця перевага мартенів практично нівельована впровадженням позапічної обробки. Сталь із конвертерів і ДСП допрацьовується у вакууматорах і установках піч-ківш до необхідного стану і хімічного складу, і вже після цього подається на машини безперервного розливання.

### **Сировина: як знайти потрібну пропорцію шихти**

Усі три основні способи виплавки на виході дають один продукт – рідку сталь. У її виробництві використовують різні сировинні компоненти та їхні пропорції.

У мартенах при класичній плавці близько 33% шихти становить брухт чорних металів. Решта – рідкий чавун із доменних печей. В окремих випадках частка брухту доходила до 66%. Це так званий скрап-процес, який активно використовувався в мартенах при машинобудівних або трубних підприємствах. Адже там під час обробки металопродукції утворювалася величезна кількість сталевих відходів. Але чим більше брухту, тим вища температура потрібна для його розплавлення. І мартени завдяки зовнішньому обігріву природним газом забезпечували потрібний рівень тепла.

А ось у кисневих конвертерах можливості зовнішнього обігріву немає. Тому частка брухту в шихті тут істотно нижча – близько 15-25%. Інакше розплав вийде занадто холодним. До того ж, цей спосіб виплавки сталі почав активно поширюватися паралельно з безперервним литтям, яке призвело до скорочення оборотного брухту на металургійних підприємствах. Щоб його не закуповувати на стороні, доводилося збільшувати частку гарячого чавуну.

В електрометалургійних печах немає складнощів із досягненням потрібної температури. Тому тут до 100% шихти може бути сформовано з брухту чорних металів. Однак деякі сучасні ДСП були побудовані

замість маргенів у складі інтегрованих металургійних комбінатів з доменним виробництвом. Тому їхня конструкція передбачає використання до 40% рідкого чавуну у складі шихти. Але країни, в яких поширені ДСП, мають свої особливості. Наприклад, у США близько 70% сталі виплавляється у такий спосіб. Це зумовлено високим рівнем утворення брухту: американці часто змінюють автомобілі та побутову техніку, в цій країні розвинене машинобудування. У Туреччині близько 68% електросталі, але набагато менше джерел утворення брухту. Тому ця близькосхідна країна є найбільшим у світі імпортером брухту.

Виплавка сталі в Україні відбувається усіма трьома розглянутими способами. За підсумками 2019 року, згідно з даними [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org), у світі було вироблено 1,87 млрд тонн сталі. З них – майже 72% у конвертерах, трохи менше 28% у ДЕСП, і лише 0,3% у маргенах. Повний перелік країн із виплавки сталі можна переглянути на сайті асоціації

[Worldsteel](http://www.worldsteel.org)

У будь-якому випадку можна впевнено говорити, що на сучасній металургійній кухні за умови дотримання технології (рецепта) і гарної підготовки компонентів (сировини) вийде якісна страва – тобто сталь. І до того ж неважливо, в якій печі її готуєш – електричній чи газовій.

А те, що це добре виходить у металургів України, підтверджено географією експорту їхньої металопродукції – від найближчих сусідів до найвіддаленіших куточків землі.

<https://metinvestholding.com/ua/media/news/viplavka-stali-istoriya-i-sovremennostj>