

ЛЕКЦІЯ № 1

ПРОБЛЕМИ МЕТАЛУРГІЇ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ

1.1 Основні тенденції у світовій металургії

Металургія насправді не така вже й консервативна галузь, як прийнято вважати, й вона не відстає від інших галузей в слідуванні основним світовим тенденціям.

Головний акцент сьогодні робиться на «зелене виробництво сталі». Це дозволить галузі вистояти перед обличчям екологічних проблем і тиском з боку регулюючих органів.

Зростаючий попит на високоякісні марки сталі потребують особливої уваги до обладнання як на нових, так і на модернізованих підприємствах, а діджиталізація буде невід'ємною частиною всіх етапів виробничої діяльності.

Якщо говорити загальними словами, то майбутнє виробництва металів буде стійким, безвуглецевим, безпечним, інтелектуальним, модернізованим, і воно, ймовірно, призведе до створення матеріалів з такими властивостями, в які сьогодні складно повірити.

Серед основних тенденцій у світовій металургії слід виділити наступні напрямки:

1. Водень проти вуглецю

Вже не потрібно нікому доводити необхідність переходу на «зелене виробництво сталі», яке покликане зробити процес виробництва більш екологічним. У цьому ключі є кілька напрямків. Перший з них зараз вважається найбільш перспективним – це відмова від вуглецю на користь водню. Вуглецевий відновник різними способами замінюється воднем.

Засноване на водні рішення для прямого відновлення, яке дозволяє безпосередньо використовувати будь-які види залізної руди, може практично виключити вуглецевий слід при виробництві заліза. Викиди вуглекислого газу будуть близькими до нуля. Побічні продукти будуть перероблені, а процеси виконуватимуться з максимальною енергоефективністю.

Активно розвивати цю технологію вже почали такі металургійні гіганти, як ArcelorMittal, voestAlpine, SSAB, Dillinger та низка інших виробників. Японський Nippon Steel заявляв про свої наміри до 2025 року відмовитися від технології використання вуглецю на користь водню. На даний момент такої промислової установки немає, а коли вона буде запущена, то деякий час буде працювати в малих масштабах. Проте, ці розробки обнадіюють. Пілотні виробничі агрегати обіцяють ввести в експлуатацію вже у 2021 році.

2. Пряме відновлення заліза

Другий «зелений» напрямок, який вже давно застосовується в металургії – це бездоменне отримання напівпродукту для подальшого виготовлення сталі шляхом прямого відновлення заліза з високозалізистої сировини спеціальними технологіями (Midrex, Arex, Hyl і т.д.). На виході утворюється так звана металізована сировина – гарячбрикетоване залізо (HBI), металізовані окатиші DRI (Direct Reduced Iron), губчасте залізо. Це металевий продукт з високим

вмістом заліза, аж до 99%, який може відразу ж використовуватися в сталеплавильному переділі для отримання сталі. На сьогоднішній день таке залізо прямого відновлення є основним при виробництві електросталі, як заміщення брухту та інших залізовмісних інгредієнтів. Ця технологія розвивається вже понад 30 років. В тій чи іншій мірі її ефективність доведена, але така технологія вимагає або первісно високочистого рудного матеріалу – залізорудної сировини з високим вмістом заліза та низьким вмістом домішок, або наявності великих енергетичних потужностей.

Саме тому такі лінії розміщуються в Бразилії та Австралії в районі гірничодобувних підприємств, де є в наявності дуже хороша руда, а також на Близькому Сході, де в надлишку – дешевий газ, який використовується для відновлення заліза з залізовмісної сировини.

Сьогодні технологія прямого відновлення вже досягла свого піку та є однією з найбільш передових і широко використовуваних.

3. Киснево-конвертерний та електросталеплавильний процеси

Якщо говорити про сучасні сталеплавильні технології, ключовими є киснево-конвертерний та електросталеплавильний процеси. Мартенівський спосіб виплавки сталі в світовій металургії використовується все менше. І це в більшій мірі пов'язане знову ж із «зеленою екологією». Як відомо, мартенівська плавка триває 9 годин, а конвертерна та електросталеплавильна – 50 хвилин. Так, конвертер і електропіч вимагають додаткового обладнання, в той час як в мартені, варто відзначити, можна зробити все в одному місці, але тим не менш – мартенівське виробництво є більш витратним з точки зору енергоресурсів й екології. Для нього використовується природний газ, в результаті чого в атмосферу йдуть серйозні викиди. Вже сьогодні близько 70% сталі виплавляється в конвертерах, 29% виплавляється в електропечах і зовсім небагато – в мартенівських печах.

4. Суміщені процеси виплавки та прокатки металу

Говорячи про виплавку металу, варто відзначити, що все більшого поширення набувають суміщені процеси виплавки та прокатки.

В одному цеху встановлюється плавильний агрегат – конвертер або електропіч, відбувається безперервне розливання на МБЛЗ (машині безперервного лиття заготовок), з якої тільки-но застигли гарячі сляби, блюми або заготовки надходять відразу ж до прокатки. Ці агрегати називаються ливарно-прокатними модулями або ливарно-прокатними агрегатами.

Сьогодні у всьому світі більшість нових технологічних ліній намагаються будувати в тому чи іншому модульному вигляді. Це дозволяє економити площі, скорочує логістичні витрати і час виконання замовлення.

Особливістю такої технології є наявність дуже високої культури виробництва та висококваліфікованого персоналу. В іншому випадку ризик отримання браку кінцевої продукції є високим (тут не вийде «перехопити» брак на якомусь певному етапі виробництва, а лише в фіналі). Всі агрегати повинні працювати злагоджено, і персонал повинен бути максимально компетентним, щоб мінімізувати ризики отримання браку в готовій продукції.

Наразі існують такі модулі, які поєднують не тільки плавлення,

розливання і гарячу прокатку, але ще й на додачу – холодну прокатку рулонів або довгомірного прокату, витягування дроту та ін. Тобто на виході з цеху отримуємо не тільки гарячекатаний прокат, а й продукцію більш високих переділів.

Окремим напрямом суміщеного виробництва при виготовленні рулонів є так звана валкова прокатка, при якій сталь зі сталеплавильного агрегату розливається не на машині безперервного лиття, а через невеликий кристалізатор на спеціальні водоохолоджувані валки, і застигає безпосередньо на них. Потім сталь змикається в смугу та йде в гарячу прокатку. Такі технології більш розвинені в кольоровій металургії, особливо в алюмінієвому виробництві смуги та рулонів.

У чорній металургії найпопулярніший агрегат даного типу знаходиться в США, на заводі компанії Nucor, і дозволяє отримувати унікальні структури, які неможливо отримати будь-якими альтернативними способами. Переважно така продукція використовується в автомобільній і аерокосмічній галузі.

5. Зміцнені марки сталі

Важливою тенденцією в металургії на сьогоднішній день є перехід від рядових марок сталі до високоміцних (термомеханічно зміцнених, загартованих, двофазних, зміцнюваних при сушінні покриття та ін.). Особливо це помітно в автомобілебудуванні, де постійно зростаючі норми безпеки та економії палива змушують виробників розробляти більш легкі, екологічні та надійні машини. Звичайні високоміцні (HSS) та прогресивні високоміцні (AHSS) сталі протягом останніх десяти років все більшою мірою замінюють м'які аналоги в кузовах автомобілів. Типовий сучасний автомобіль містить близько 30% HSS та 30% AHSS з подальшою тенденцією до зниження частки «м'яких» низьковуглецевих низьколегованих сталей. Розвиток сталевого прокату для автомобілебудування здійснюється під егідою Міжнародного інституту чавуну і сталі та інших профільних асоціацій.

6. Цифрові технології в металовиробництві

Діджиталізація – ще один важливий напрямок в сучасній металургії. Вона повністю автоматизує всі установки і передбачає використання роботів у небезпечних робочих зонах, що значно підвищить безпеку на робочому місці. Системи моніторингу стану (CMS) та доповнена реальність (AR), серед іншого, полегшать технічне обслуговування. Процеси будуть оптимізовані за допомогою штучного інтелекту. Дефекти кінцевих продуктів стануть незначними.

7. Реновації нарівні з інноваціями

Окрім того, що має місце певний розвиток нових технологій, традиційні теж не можна списувати з рахунків, вони модернізуються і вдосконалюються з метою підвищення якості виробленого продукту і забезпечення його конкурентоспроможності на перенасиченому ринку.

Так, наприклад, Метінвест з цією метою розвиває кілька напрямків: реконструкцію існуючих агрегатів та будівництво нових інноваційних агрегатів.

Якщо говорити про реконструкцію – вона відбувається безперервно в тій

чи іншій мірі. На доменних печах підприємств компанії з'являються системи очищення, на аглофабриках впроваджується система аспірації, модернізуються існуючі прокатні стани. Значно знизити витрати компанії і поліпшити якість готової продукції допомагає будівництво нових агрегатів на наявних підприємствах.

Так, наприклад, в 2018 році на Маріупольському металургійному комбінаті імені Ілліча була встановлена машина безперервного лиття №4, з'явилася нова піч-ківш, в 2018-2019 рр. поетапно був модернізований стан 1700. Завдяки цьому вже зараз виробляється гарячекатаний рулон товщиною від 1,2 мм до 8 мм і масою до 27 тон відповідно до найсучасніших європейських стандартів якості. У 2020 році на стані буде встановлено ще одну моталку, яка дозволить збільшити вагу рулону до 32 тон. При цьому максимальна товщина смуги, що змотується, досягне 16 мм.

Якщо говорити про подібні проекти на інших підприємствах Групи Метінвест, важливо зазначити запуск нової домни на «Запоріжсталі», реконструкцію домни на «Азовсталі» та на комбінаті ім. Ілліча. Завдяки новому ступеню автоматизації на підприємствах в Маріуполі та Запоріжжі покращується контроль за технологічними параметрами та за випуском чавуну з печей. Роботи ведуться й щодо конвертерів.

У планах – встановити на комбінаті «Запоріжсталь» сучасний ливарно-прокатний модуль, який поєднає в собі киснево-конвертерний цех, безперервне розливання сталі та виробництво рулонів.

Реновації торкнулися й зарубіжних підприємств Групи «Метінвест». На Metinvest Trameal (Італія) з'явилась лінія дробоструменевої обробки та фарбування товстого листа, яка допомагає усунути проблему корозії та забезпечить збереження металу до моменту його переробки в готовий виріб. І це лише мала частина тих змін, які постійно відбуваються на підприємствах групи.

Прагнення передових металургійних компаній задовольняти потреби як ринку в цілому, так і окремих клієнтів, розробка нових продуктів, діджиталізація процесів, удосконалення наявних технологій та імплементація нових «зелених» проектів є рушійними силами розвитку як вітчизняної, так і світової металургії на сьогоднішній день.

1.2 Основні технологічні процеси механічної обробки металів

Головними технологічними процесами в металообробці є виготовлення виливок (ливарний цех), поковок і штамповок (ковальсько-пресові цехи), термічна (термічні цехи) та холодна (механічні цехи) обробка металів. Одним з найбільш розповсюджених технологічних процесів є холодна обробка металу, в якій зайнято 14-20% всіх працівників виробництва з обробки металу – верстатники-оператори, верстатники, наладчики, слюсарі – ремонтники обладнання з обробки металу. Холодна обробка металу виконується на металорізальних верстатах, що працюють різальними інструментами (фреза, різець), а також на верстатах, які оснащені абразивним інструментом

(шліфувальні, заточні, полірувальні та інші).

Обробка різанням - це технологічний процес виготовлення деталей, що полягає в створенні нових поверхонь відділенням поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Різання виконується шляхом впровадження в оброблювальну заготовку клиноподібного твердого тіла - ріжучої частини інструмента, рух якого здійснюється під дією сил приводу верстата. У зоні зіткнення ріжучого клину інструменту і шару заготовки відбувається складний процес пластичної деформації і руйнування металу, що призводить до утворення стружки і відділення її від заготовки. Для здійснення різання необхідний відносний рух між заготовкою і ріжучим інструментом. Сукупність відносних рухів інструменту і заготовки, необхідних для отримання заданої поверхні, називають кінематичною схемою обробки. Всі принципові схеми обробки різанням засновані на поєднанні двох елементарних рухів - обертального і прямолінійного. Так, наприклад, при токарній обробці обертальний рух заготовки і поступальний рух різця, паралельний осі обертання заготовки, утворюють сумарний рух різання по гвинтовій спіралі. Прямолінійні поступальні або обертальні рухи інструменту або заготовки, таке, що відбувається з найбільшою швидкістю в процесі різання і що визначає швидкість зняття матеріалу шару, що зрізається, називають головним рухом різання.

Змащувально-охолоджуючі технологічні засоби (ЗОТЗ) при обробці різанням значно зменшують зношування ріжучого інструменту і сили різання, покращують якість оброблювальної поверхні, підвищують експлуатаційні характеристики деталей. Застосування ЗОТЗ є одним з основних способів поліпшення різання важкооброблювальних матеріалів. ЗОТЗ всіх видів повинні відповідати наступним вимогам: не викликати корозію матеріалу заготовки і устаткування; не наносити шкідливого фізіологічного впливу робочому (роздратування шкіри і слизистих оболонок, запах); бути стійкими при експлуатації і зберіганні; не запалати при температурах супроводжуючих процес різання. Залежно від технологічного методу обробки, фізико-механічних властивостей оброблювального і інструментального матеріалів, режиму різання застосовують різні змащувально-охолоджуючі засоби, що дають: тверді, рідкі, пластичні і газоподібні.

До твердих змащувально-охолоджуючих засобів відносяться: неорганічні матеріали з складною структурою (тальк, слюда, графіт, бура, нітрід бору, дісульфіди молібдену, вольфраму і титану, сульфат срібла і ін.); тверді органічні з'єднання (мило, віск, тверді жири); полімерні плівки і тканини (нейлон, поліамід, поліетилен і ін.); металеві плівкові покриття (мідь, латунь, свинець, олово, барій, цинк); лід. До змащувально-охолоджуючих рідин (ЗОР) відносяться: водні розчини мінеральних електролітів, емульсії; мінеральні, тваринні і рослинні масла; мінеральні масла з добавками фосфору, сульфозфрезоли; гас і розчини поверхнево-активних речовин в гасі; масла і емульсії з добавками твердих змащуючих речовин; розплави металів і ін. Змащувально-охолоджуючі рідини отримали найбільше застосування при обробці різанням. Їх отримують загущенням мінеральних і синтетичних масел. Застосовують в основному

чотири види загусників: мильні, вуглеводневі, неорганічні і органічні. До газоподібних змащувальних речовин відносяться повітря, азот, двоокис вуглецю, кисень, пари поверхнево-активних речовин, розпорошені рідини. Поліпшення оброблюваності матеріалів при використанні в процесі різання ЗОТЗ є результатом їх фізико-хімічних дій на оброблюванні матеріалів, основними з яких є: що змащує, охолоджує, ріжуче, захисне і таке, що зміцнює.

Вибір ЗОТЗ визначається фізико-механічними властивостями оброблюваного і інструментального матеріалів і технологічного методу обробки. Для кожного конкретного випадку підбирають визначене, найбільш ефективне ЗОТЗ. При чистовій і напівчистовій обробці, коли необхідна ефективна охолоджуюча дія, застосовують водні розчини електролітів і поверхнево-активних речовин, масляні емульсії. При чистовій обробці, коли потрібно отримати високу якість обробленої поверхні, основного значення набувають змащувальні властивості ЗОТЗ. У цих випадках застосовують чисті і активовані мінеральні масла і сульфофрезол. При чистовій обробці з високими швидкостями різання рекомендується застосовувати емульсії з 5-10 % розчином емульсола.

При чорновій обробці крихких матеріалів (чавунів, бронзи), коли утворюється стружка надлому, а також при преривистій обробці заготовок твердосплавним інструментом як ЗОТЗ застосовують гази: стисле повітря, вуглекислоту. Газ охолоджує зону різання і одночасно видаляє стружку у спеціальні стружкосборники. Конкретні рекомендації по правильному вибору ЗОР при різних видах обробки конструкційних матеріалів дані в роботі. Ефективність дії ЗОР в значній мірі залежать від способу підведення їх в зону різання. Найбільш поширеним способом подачі ЗОР є полив вільним струменем. Цей метод подачі рідини в зону різання малоефективний і володіє наступними недоліками: велика витрата рідини (10-16 л/хв.), розбрикування рідини, слабка змащувальна дія.

Більш ефективним є високонапірне охолодження. Рідину подають під тиском 1,5-2,0 МПа з сторони задньої поверхні інструмента через отвір діаметром 0,4-0,5 мм. При цьому способі витрати рідини становить приблизно 0,5 л/хв. В результаті високого тиску частки рідини інтенсивніше проникають в мікрітрещини, швидше перетворюються в пар та охолоджують нагріті поверхні. Але струйне охолодження також має недоліки: необхідність застосування насосів; сильне розбрикування рідини, потребуюче застосування спеціальних захисних пристроїв; необхідність ретельної очистки рідини.

В деяких випадках, наприклад при глибокому сверлінні, рідина під тиском 2,0-2,5 МПа попадає в зону різання по каналах, або по трубкам, вмонтованим в інструмент. У цьому випадку охолоджуються інструмент і зона різання і одночасно вимивається стружка. Іноді застосовують внутрішнє охолодження інструментів (при сверлінні або точінні крихких матеріалів). Для цього в інструменті роблять канали, по яких прокачуються сильно охолоджуючі рідини. А охолодження розпорошеною рідиною проводять за допомогою інжекторної установки. Розпорошена емульсія подається в зону різання з боку задньої поверхні інструменту. При виході із сопла, рідина

суміш легко розширюється, унаслідок чого відбувається зниження її температури на 10-12 °С. При попаданні на нагріті поверхні заготовки і інструмента частинки рідини миттєво випаровуються і відводять велику кількість теплоти. При невеликій витраті рідини (200-400г/год) ефективно використовуються її змащувальні і охолоджуючі властивості. Стійкість інструментів при охолодженні розпорошеною рідиною по порівнянню із стійкістю при охолодженні вільним струменем значно збільшується. Цей метод вимагає ретельного дотримання правил техніки безпеки. Для захисту від туману, на верстатах встановлюють спеціальні відсмоктуючі установки.