

УДК 669.18 (075.8)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ АГРЕГАТІВ „КІВШ-ПІЧ”<sup>1</sup>

*Ю. С. Баранова*

*Національний технічний університет України*

*„Київський політехнічний інститут”*

У роботі розглянуто технологічні процеси, що використовуються у позапічній металургії для доведення сталі у агрегатах „ківш-піч” та особливості установок цього типу, розроблених різними світовими машинобудівними компаніями. Представлена порівняльна характеристика та аналіз агрегатів „ківш-піч”.

В работе рассматриваются технологические процессы, которые могут быть осуществлены в агрегате типа „ковш-печь” и особенности установок этого типа, разработанных разными мировыми машиностроительными компаниями. Представлена сравнительная характеристика и анализ агрегатов „ковш-печь”.

It was shown different technological processes which are used in the field of out-furnace treatment of steel in this article. The main equipment for such treatment is LF-process. Therefore, it was made analysis and comparison between different equipment units of world known producers of this technique.

У наш час бурхливого розвитку виробництва та технології постійно зростають вимоги до якості та властивостей матеріалів. Ця тенденція особливо стосується виробництва сталей, адже в деяких випадках воно не може бути цілком реалізоване тільки при звичайній плавці у конвертері, мартенівській печі або ДСП. Такий стан речей призвів до розробки нових технологій та агрегатів для позапічної обробки сталі та вирішення багатьох задач щодо отримання якісної сталі з бажаною структурою і хімічним складом. До того ж цей процес дозволив отримати технології для принципово нових марок сталі, що активно використовуються у різних галузях промисловості [1].

На практиці процес „ківш-піч” („ladle-furnace” – ківш-піч, пер. з англ.) включає в себе наступні технологічні операції: оброблення металу при зниженому тиску (вакуумування), продувка металу інертним газом,

---

<sup>1</sup> Робота виконана під керівництвом доцента, к.т.н. Ю. Я. Готвянського

перемішування крапель металу зі шлаком, продувка металу порошкоподібними матеріалами, магнітогідродинамічне інжекційне оброблення сталі рідким алюмінієм, нагрівання сталі у ковші, прискорена або спрямована кристалізація металу. У цьому плані, агрегати, що використовуються для позапічної обробки сталі, умовно можна поділити на декілька груп: без додаткового підігріву або подачі тепла у процесі обробки (установки для обробки вакуумом, для введення в метал порошкоподібних реагентів, установки типу накритого кришкою ковша при продувці металу інертним газом); підведення тепла здійснюється у результаті окиснення заліза і домішок при продувці киснем (конвертори типу AOD, VODC, RH-OB, RHO та інші); з електричним підігрівом. У світі ряд промислових машинобудівних компаній займається випуском установок типу „ківш-піч”, які мають свої особливості та відмінності у конструктивному та технологічному плані. Використання їх на практиці виправдалось досить високими техніко-економічними показниками. Головне, щоб цей агрегат відповідав заданим необхідним вимогам конкретного металургійного заводу і забезпечував виконання поставлених задач до якості продукції.

Найбільше поширення у даний час набув агрегат шведської компанії ASEA-SKF. Він являє собою спосіб обробки металу, при якому окрім індукційного перемішування метал зверху підігрівається електричними дугами. В такому агрегаті метал може утримуватися під вакуумом тривалий час (до 2 годин), що забезпечує високу степінь рафінування від шкідливих домішок. Технологічні процеси, що виконуються ASEA-SKF: видалення шлаку, утворення шлаку, гомогенізація, збільшення температури, легування, десульфуріація, видалення неметалічних включень, дегазація, вакуумування. Для підвищення ефективності вказаних процесів застосовується продування аргону через пористу цеглу а також вбудований у ківш магнітний змішувач. Обсяг виробництва однієї установки складає 200 тис. т. на рік. Проте основним недоліком цієї установки є велика вартість та кількість витрат на спорядження і обслуговування. Тим не менше ківш-піч ASEA-SKF застосовують на ОМЗ „Спецсталь” - найбільшому російському виробнику металургійних заготовок для машинобудування, а в Україні – у Сумах на підприємстві УБіВТ (ЕСПЦ) із 1987 року.

На відміну від процесу ASEA-SKF, де використовується індукційне перемішування, у Finkl-процесі те ж саме перемішування здійснюється більш простим способом – продувкою аргоном, при цьому ківш знаходиться у стаціонарному положенні, що спрощує обробку металу при виробництві його у великих кількостях. Взагалі цей процес, розроблений фірмою „Finkl and Sons” (США). Він також являє собою позапічне

рафінування сталі з її вакуумуванням у ковші та одночасною продувкою аргоном та електродуговим підігрівом. Після зливу сталі перед обробкою у ківш-піч вводять шлакоутворюючі речовини у кількості 1,0-1,5 мас.%, котрі розчиняються вже навіть у перші 4 хвилини обробки. У той же час знижується тиск та при необхідності підігрівається сталь. На початку періоду дегазації (4-8 хв.) знижується вміст водню та кисню у сталі, чому сприяє і донна продувка аргоном, інтенсифікація виділення бульбашок СО. Наступний нагрів при тиску 27кПа у поєднанні з продувкою аргоном сприяє десульфурації та створює вигідні умови для введення легуючих матеріалів. При рафінуванні цим методом досягається вміст сірки у металі менше 0,01 мас.% і навіть 0,005 мас.% [2].

Німецька компанія VAI FUCHS при розробці своєї установки „ківш-піч” враховувала такі основні позиції, як скорочення часу рафінування у електродуговій печі та температури випуску, точне регулювання температури та хімічного складу. Характерними особливостями для цієї установки є водоохолоджувана верхівка без вогнетривкої футерівки у центральній зоні, автоматичний зонд-маніпулятор для виміру температури та відбору проб а також для перемішування та вдування порошку, подача дроту для розкислення та мікролегування, легка заміна електроду, система перемішування на основі інертного газу (поруватий стопор та/або продувна фурма). Основними перевагами процесу VAI FUCHS є істотне покращення якості сталі, значне зниження витрат вогнетривів за рахунок зниження температури сталі при виході з конвертера, суттєве підвищення виходу придатного литва, зниження виробничих витрат та серйозне зростання виробничості. Саме тому, ця технологія знайшла широке застосування на таких потужних підприємствах, як ANYANG та SHOUGANG у Китаї, ARVEDI в Італії, PETROSTAL, „Северсталь” у Росії, STEEL DYNAMICS у США та інші [3].

Останнім часом конкуренцію VAI FUCHS намагається скласти російська фірма „Акос”, котра займається устаткуванням для дугових сталеплавильних печей та усім, що з ними пов’язано. Це підприємство отримало відомість у металургійному світі та стало одним із провідних у своїй галузі. Однією із установок „Акоса” є ківш-піч, призначений для обробки металу після виплавки у електропечах та з наступною прокатною переробкою. Обробка проводиться у позапічному режимі з участю розкислювачів та легуючих елементів, містить у собі десульфурацію, доведення металу по хімічному складу та температурі, розкислення та модифікування металу. Агрегат дозволяє збільшувати продуктивність електроплавильної печі на 10 – 15 %, економити феросплави, покращувати якість металу. Ковші, розроблені цією фірмою використовуються на підприємстві „Мечел” та інших вітчизняних і закордонних заводів, крім

того „Акос” активно займається модернізацією та переоснащенням старого обладнання.

Італійська компанія Danieli розробила комплексну станцію для рафінування сталі у ковші на основі двопозиційної установки печі-ківш з розрахунковою ємністю 210 т. Нова установка має трансформатор потужністю 44 МВА та призначена для рафінування рідкої сталі із двох існуючих кисневих конверторів і кожні 2 хв. Буде передавати ківш з рафінованою сталлю на лінії МНЛЗ. У марочний сортамент установки входять сталі для виробництва гаряче- та холоднокатаної полоси (сталі для глибокої витяжки, для виробництва оцинкованої смуги, низьковуглецеві сталі для автомобільних компонентів, суднобудування, атмосферостійкі та мостові сталі). Особливостями нової установки „ківш-піч” є склепіння з інертною атмосферою, провідні консолі, система обертання електродів, робота дугою, зануреною у шлак, нова система автоматики рівнів 1 і 2. Установка буде забезпечувати високу швидкість нагріву, ефективне видалення сірки та азоту із рідкої сталі, скорочення тривалості рафінування, низька витрата електродів та пропускання газів із атмосфери. Двопозиційна установка може одночасно обробляти сталь у двох ковшах (у одному іде нагрів сталі, в іншому вводяться легуючі елементи та перемішуються). Таким чином досягається висока виробничість установки при меншій її залежності від мостового крану. Зараз установки фірми Danieli успішно застосовуються на Магнітогорському металургійному комбінаті – найкрупнішому комбінаті РФ, „Іжсталі”, Najing Iron&Steel United Co.Ltd у Китаї. В Україні установками цієї фірми користуються такі потужні комбінати як „Азовсталь” та „Дніпрспецсталь”.

Серед вітчизняних представників компаній-проектувальників агрегату „ківш-піч” повідне місце займає Новокраматорський Машинобудівний Завод України (НКМЗ). Виплавка металу на цьому заводі проводиться у сталеплавильних агрегатах з мінімальними витратами часу, потім метал піддається позапічній обробці на установці „ківш-піч” та вакуумній обробці. Установка піч-ківш мартенівського цеху оснащена шибєрними сталерозливними ковшами трьох типорозмірів: 30, 60 і 90 тон, що дозволяє піддавати позапічній обробці від 17 до 88 тон рідкої сталі. У ході процесу позапічного рафінування сталі проводиться долеговування, підігрів, обробка порошковим дротом при допомозі трайбапарату, продувка металу аргоном. Все це забезпечує зниження вмісту неметалічних включень у металі до рівня 25-30 ppm<sup>2</sup>. Вміст сірки у металі після позапічної обробки може бути знижено до 0,005 мас.%, а різниця температури сталі по перерізу ковша складає не більше 50°C. Також забезпечується однорідний хімічний склад металу по висоті ковша. Крім того обладнання, що було

---

<sup>2</sup> ppm – частин на мільйон (пер. з англ.)

застосоване для позапічної обробки сталі (установка „ківш-піч”) та глибокого вакуумування сталі на базі паро ежекторних насосів дозволило НКМЗ виробляти найкращу конструкційну сталь серед підприємств важкого машинобудування у СНГ.

Таблиця 1  
Порівняння параметрів агрегатів „ківш-піч” різних компаній

Параметр	ASEA-SKF (Швеція)	VAI-FUCHS (Німеччина)	Krupp (Німеччина)	Danieli (Італія)	BSW (Англія)	НКМЗ (Україна)	Апрос-125 (Росія)	ММЗ (Молдова)
Ємкість ковша, т	90-110	150	120	120	86	145	100-125	100
Потужність трансформатора, МВА	12-15	18	18-21	18	12	25	16	18
Сила струму, А	36	30	38	40	25	40	40	35
Діаметр електрода, мм	400	406	450	400	350	450	400	400
Діаметр розпаду електродів, мм	825	700	750	700	580	850	650	700
Швидкість нагріву, °С/хв.	4-6	4	4.3	4.6	3	4.5	3-5	4
Витрата електродів, кг/т	0.85	0.46	0.3	0.45	0.2	0.25	0.3	0.3
Витрата електроенергії, кВт год/т	80	52	30	55	20	35	25-40	36
Тривалість обробки, хв	60-180	45	40-50	60-120	20-25	55-60	25-50	45-50

Як ми бачимо, використання агрегату „ківш-піч” є економічно виправданим та рентабельним. Тільки завдяки цим процесам можна забезпечити ряд виконання технологічних умов та вимог для отримання якісної продукції. Широке різноманіття агрегатів дозволяє підібрати саме той, який повністю задовольнить промислові потреби. Установка ківш-піч на конкретному металургійному підприємстві може одночасно виконувати функції, характерні для декількох груп агрегатів. Тому правомірно говорити про універсальність „ковша-печі” у тій чи іншій мірі. У цілому ж функціональна ефективність може суттєво відрізнятись в залежності від стратегії заводу і структури металургійного виробництва. Для металургійної галузі України потрібно вирішити питання інтенсифікації позапічної обробки з використанням максимально можливої ефективності процесів.

#### Література

1. Чернега Д.Ф., Богушевский В.С., Готвянський Ю.Я. та ін.; За ред. Чернеги Д.Ф., Готвянського Ю.Я: Основи металургійного виробництва металів і сплавів – К.: Вища школа, 2006 – 503 с.
2. Повлоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишнарєв А.Ф. Внепечная обработка стали – М; МИСИС, 1995. – 256с.
3. Смирнов О., Сафонов В., Вне печи./ Металл 12(60)2004.-с. 20-24