### РЕФЕРАТ

**роботи “Новітні енергозберігаючі технології виробництва марганцевих феросплавів у електропечах”**,що висувається на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки 2014 року

**Автори:** Куцін В.С., Ольшанський В.І., Філіппов І.Ю., Дєдов Ю.Б.,

Гладких В.А., Гасик М.М, Камкіна Л.В.,Зубов В.Л., Михальов О.І.,

Петров Ю.Л.

У загальній структурі феросплавів (комплексних розкислювачів і легуючих для сталеплавильної промисловості), що виробляються у світі, марганцеві феросплави за тоннажем їхньої виплавки і питомою витратою при виробництві сталі в конвертерах і електропечах займають провідне місце. Виробництво сирої сталі у світі постійно зростає і в теперішній час становить близько 1,6 млрд. тон на рік. У зв'язку із цим потреба сталеплавильної промисловості в марганцевих та інших феросплавах системно підвищується. В 2013 році виробництво марганцевих феросплавів в Україні склало 710 тис. тон, зокрема 429 тис. тон у ПАТ «Нікопольський завод феросплавів», виробнича потужність якого складає 1,2 млн. тон марганцевих феросплавів на рік. ПАТ НЗФ поставляє феросилікомарганець (ДСТУ 3548-97) і високовуглецевий феромарганець (ДСТУ 3547-97) до 30 країн світу. На заводі стабільно працює 10 електропечей типу РПЗ-63 і РПГ-63 (одиничною потужністю 63 МВА) і 4 печі РКГ-75 (75 МВА). Встановлена потужність споживачів електроенергії ПАТ «НЗФ» становить 1366 МВА, що відповідає 10% виробітку Дніпровської електроенергетичної системи або 2,5% споживаної електричної енергії всієї України. Незважаючи на досягнуті високі показники у виробництві марганцевих феросплавів, існує ряд проблемних науково-технологічних і екологічних завдань, які можуть бути успішно вирішені під час проведення системних теоретичних, експериментальних досліджень і дослідно-промислових робіт із широким впровадженням результатів у виробництво.

Серед пріоритетних напрямків підвищення ефективності виробництва великотоннажних марганцевих феросплавів перспективними і значущими є зниження питомих витрат вихідних шихтових матеріалів, підвищення коефіцієнта корисного наскрізного вилучення марганцю в товарні марганцеві феросплави, зниження споживання природного газу й коксику при агломерації марганцеворудної сировини, питомої витрати електричної енергії при виплавці феросилікомарганцю, високовуглецевого феромарганцю та вирішення складних екологічних проблемних завдань з охорони навколишнього середовища.

Таким чином, узагальнення та аналіз теоретичних даних, розробка і дослідження новітніх технологій виробництва марганцевого агломерату й виплавки з його використанням конкурентоспроможних великотоннажних марганцевих феросплавів і вирішення завдань ресурсо- і енергоощадності є актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої дозволить підвищити ефективність виробництва марганцевих феросплавів у ПАТ «НЗФ» та на інших феросплавних заводах України.

**Мета роботи:** створення ефективної наскрізної багатостадійної технології виробництва феросилікомарганцю в трифазних шестиелектродних з прямокутними ваннами і трьохелектродних з круглими ваннами високопотужних феросплавних закритих РПЗ-63 і герметичних РПГ-63, РКГ-75 печах, яка забезпечує ресурсо-електроощадність з вирішенням проблемних екологічних задач феросплавного виробництва.

**Актуальність.** Виробництво сталі різного сортаменту тісно пов'язано з номенклатурою феросплавів. Марганцеві феросплави, у тому числі феросилікомарганець, по тоннажу виплавки і питомій витраті при виробництві сталі в конвертерах і електропечах посідають провідне місце. Державним стандартом України на феросилікомарганець (ДСТУ 3547-97) передбачені 4 марки феросилікомарганцю з вмістом від 10 до 35% кремнію і не менше 60% марганцю. Вміст марганцю у феросилікомарганці залежить від особливостей хімічного складу марганцевих руд. З використанням вітчизняних марганцевих руд виробляється феросилікомарганець із підвищеним вмістом марганцю 68-72%, а з більшістю зарубіжних – 65-68%. При проведенні порівняльної оцінки витрат феросплавів для розкислення і легування сталей різного сортаменту в якості основного завдання ставиться обмеження загальної кількості феросплавів, що забезпечує заданий хімічний склад сталі.

Високий вміст марганцю у феросилікомарганці, що виготовляється з українських марганцевих руд, поряд із вирішенням завдання використання вітчизняної сировини, значно підвищує його конкурентоспроможність на світовому ринку завдяки нижчим витратам на 1 тонну сталі. На більшості марок сталей можлива заміна процеса розкислення ферромарганцем і феросиліцієм на процес розкислення феросилікомарганцем, що також крім зменшення витрати феросплавів, покращує стабільність хімічному складу сталі по кремнію і механічним властивостям, зменшує її перегрів у печі, знижує угар та підвищує вихід придатного.

Поряд із цим, у зв'язку з дрібним фракційним складом, вітчизняні марганцеві руди потребують попередньої агломерації, що пов’язано з додатковими витратами на будування агломераційних фабрик, використання природного газу, коксу та спорудження газоочисних установок для захисту навколишнього середовища від пилогазових викидів. Подальшого розвитку вимагає і технологія виплавки феросилікомарганцю. Тому розробка і впровадження науково обґрунтованих інноваційних технологій та устаткування виробництва конкурентоспроможних марганцевих феросплавів є запорукою підвищення ефективності їх виробництва.

*Серед пріоритетних напрямків підвищення ефективності виробництва великотоннажних марганцевих феросплавів перспективними і значущими є зниження питомих витрат вихідних шихтових матеріалів, підвищення коефіцієнта корисного наскрізного вилучення марганцю в товарні марганцеві феросплави, зниження споживання природного газу і коксу при агломерації марганцеворудної сировини і питомої витрати електричної енергії та вирішення складних екологічних проблемних завдань з охорони довкілля.*

**Головний зміст роботи**

Сформульовано, теоретично обґрунтовано та практично підтверджено головні напрямки одержання конкурентоспроможних феросплавів у високопотужних електропечах на основі узагальнення і аналізу фізико-хімічних процесів при тепловій обробці шихтових матеріалів з одержанням магнезійного агломерату і виплавки феросилікомарганцю з його використанням, встановлення електричних режимів електроплавки, що забезпечують економіюприродного газу, коксику та електроенергії при залученні у плавку вторинних матеріалів та зменшення викидів у навколишнє середовище.

Для досягнення науково обґрунтованої загальної мети в роботі поставлено такі взаємопов'язані задачі:

1. Теоретично обґрунтувати, дослідити і впровадити інноваційну технологію виробництва марганцевого агломерату, що забезпечує заміну природного газу ферогазом, скорочення питомої витрати коксику за рахунок використання антрациту.

2. Розробити і дослідити технологію одержання марганцевого магнезійного агломерату з використанням магнезійно-силікатного шлаку виплавки феронікелю.

3. Розробити і дослідити науково обґрунтовану технологію виплавки феросилікомарганцю з використанням марганцевого магнезійного агломерату з метою зниження питомої витрати сировинних матеріалів і електроенергії.

4. Дослідити, розробити та впровадити раціональні електричні режими виплавки феросилікомарганцю і високовуглецевого феромарганцю в умовах зонної тарифікації електроенергії, що забезпечують стабільну роботу самообпалювальних електродів, зниження питомої витрати електроенергії і підвищення продуктивності печей.

5. Дослідити та розробити технологію зниження втрат феросилікомарганцю з відвальним шлаком способом сортування шлакового щебеню з отриманням металоконцентрату і використанням його у складі шихти при виплавці феросилікомарганцю.

6. Розробити і впровадити інноваційне устаткування для сухого очищення пилогазових утворень з метою мінімізації антропогенної дії на навколишнє середовище, виконати математичне моделювання та розробити ІТ моніторингу процесу розповсюдження пилогазових викидів при виробництві марганцевих феросплавів, обґрунтувати необхідність методологічних положень контролю величин ГДК за вмістом СО у викидах.

*Концепція* впровадження новітньої технології виробництва марганцевих феросплавів у електропечах включала наступні етапи:

1. Розроблена, досліджена і впроваджена інноваційна технологія виробництва марганцевого агломерату, що забезпечує заміну природного газу у кількості 82587 тис. м3 за період його використання (2003-2013 роки) ферогазом, скорочення питомої витрати коксику за рахунок використання антрациту, що забезпечило протягом 2007-2013 років економію 83896 тон дефіцитного коксового дріб’язку. Розроблена і досліджена технологія отримання магнезійного агломерату з використанням магнезійно-силікатного шлаку виплавки багатого феронікелю.

2. На основі сучасних ІТ розроблені і досліджені адекватні математичні моделі та створена новітня технологія виплавки феросилікомарганцю з використанням марганцевого магнезійного агломерату, що забезпечило одержання оптимального складу шлаку для зниження питомої витрати сировинних матеріалів.

3. Досліджена, розроблена та впроваджена ІТ для розрахунку раціональних електричних режимів виплавки феросилікомарганцю і феромарганцю в умовах зонної тарифікації електроенергії, що забезпечує зниження питомої витрати електроенергії, підвищення продуктивності печей і стабільну роботу самообпалювальних електродів.

4. Досліджена і розроблена технологія зниження втрат феросилікомарганцю з відвальним шлаком способом сортування шлакового щебеню з отриманням металоконцентрату і використанням його у складі шихти при виплавці феросилікомарганцю.

5. Виконано математичне моделювання та розроблена ІТ моніторингу процесу розповсюджування пилогазових викидів при виробництві марганцевих феросплавів, науково обґрунтована необхідність розробки методології оцінки величин ГДК за вмістом СО у викидах, розроблено і впроваджено інноваційне устаткування для сухого очищення пилогазових утворень з метою мінімізації антропогенної дії на навколишнє середовище. Модернізовано системи сухого очищення аспіраційних пилогазоповітряних викидів. За виданими у роботі вихідними даними ДП «УкрНТЦ „Енергосталь” розробив проект спорудження й впровадження газоаспіраційної станції ГАС-5 для очищення викидів, що утворюються при виплавці, випуску, розливанні феросплавів і їхньому фракціонуванні, а також двуступеневої системи очистки В-3, В-5 аспіраційних викидів при виробництві агломерату.

**Наукова новизна роботи** полягає в наступному. При одержанні марганцевого агломерату та виплавці марганцевих феросплавів у високопотужних електропечах встановлено наукові та технологічні закономірності впливу фізико-хімічних процесів на показники вилучення марганцю у сплав, економію природного газу та електроенергії при залученні у плавку вторинних матеріалів.

Узагальнено теоретичні положення і виявлені закономірності процесів, що визначають термодинамічну перевагу і ефективність отримання марганцевого магнезійного агломерату і феросилікомарганцю.

Визначено особливості теплофізичних процесів при запалюванні аглошихти виробництва марганцевих агломератів. Створена теплотехнічна модель, адаптована до процесів горіння газу і твердого палива стосовно умов виробництва марганцевого агломерату, на основі чого науково обґрунтувано використання ферогазу замість природного газу і антрациту з частковою заміною коксу в технології агломерації.

Виконано термодинамічне моделювання фазової рівноваги в оксидній багатокомпонентній системі, еквівалентній марганцевому агломерату. Отримані нові наукові знання з хімічного складу співіснуючих фаз, розподіл марганцю і магнію між мінеральними фазами, визначена поверхня ліквідус системи MnO-SiO2-MgO-5%CaO. Термодинамічний аналіз даних про процеси, що відбуваються при одержанні марганцевих агломератів, свідчить про принципову різницю між рівноважними складами марганцевих агломератів, отриманих із використанням базової шихти за діючою технологією (агломерат марки АМНВ-2) і розробленої шихти за новою технологією (агломерат марки АМНВ-2М).

У дослідному агломераті АМНВ-2М марганець має тенденцію до участі в монооксидній фазі, що забезпечує вищу активність марганцю при його відновлюванні вуглецем у феросплавній печі. Показано, що дослідний магнезіальний марганцевий агломерат має більш високу температуру ліквідус:

*t*L(oC) = 47(% MgO)/(% CaO) + 27(% CaO)/(% Al2O3) – 10,7(% MnO) + 1952.

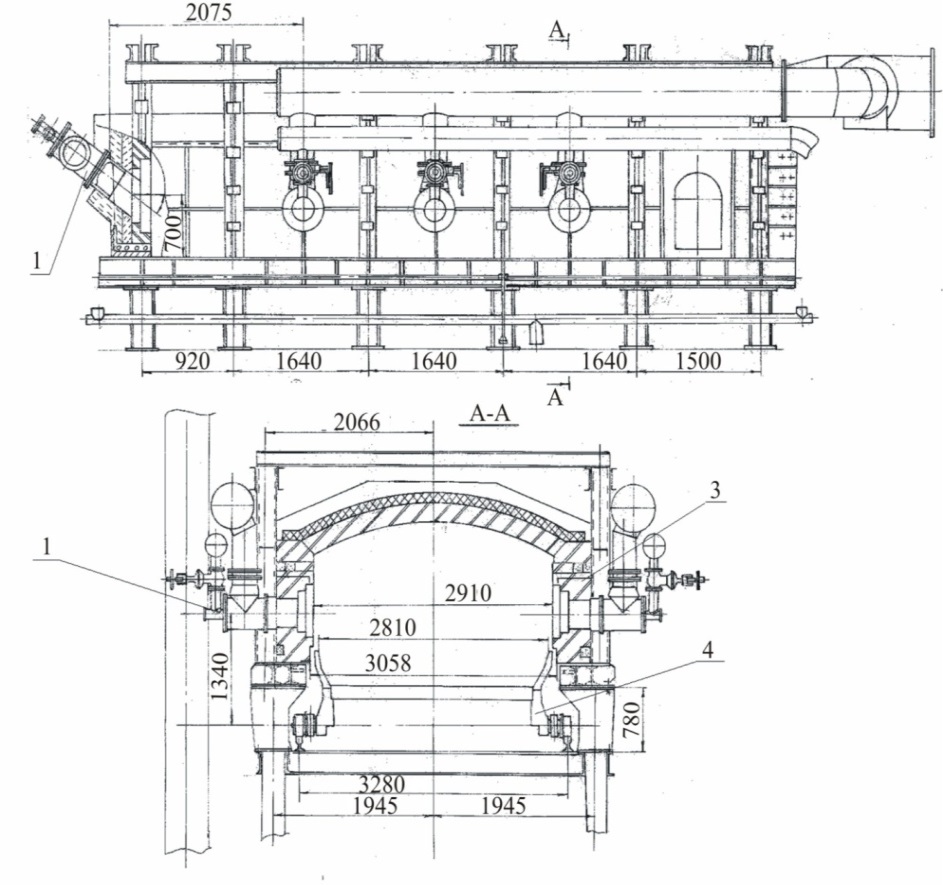
Виконані порівняльні термокінетичні дослідження відновлюваності шихт феросилікомарганцю, що містять базовий і дослідний марганцевий магнезіальний агломерати. Показано, що повнота відновлення шихт підвищується із зростанням вмісту MgO в агломераті.

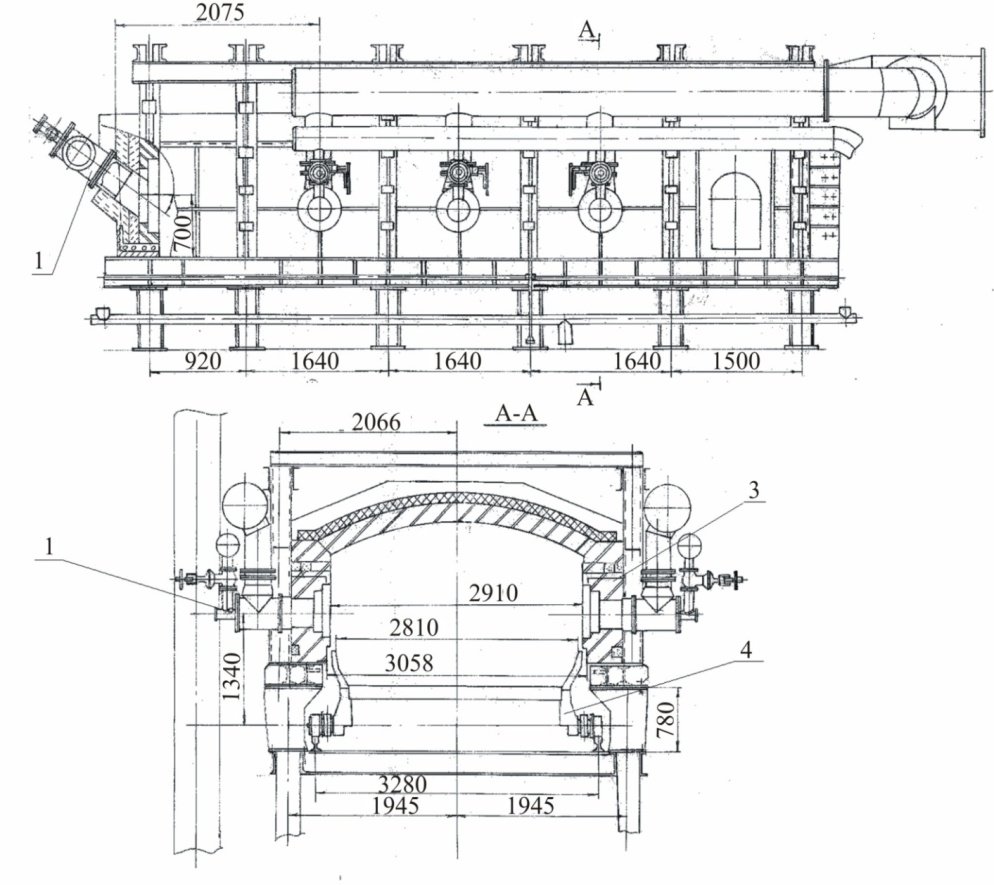
Вперше теоретично обґрунтована і розроблена інформаційна технологія (IT) ефективного управління електричним режимом високопотужних електропечей при виплавці марганцевих феросплавів з застосуванням електричного опору ванни. Виконано експериментальне і математичне моделювання розподілу електричної потужності у ваннах шести- і трьохелектродних феросплавних електропечей та науково обґрунтовані раціональні електричні режими в умовах зонної тарифікації електроенергії.

Вперше для умов роботи феросплавного заводу з виробництва марганцевих феросплавів із застосуванням науково-обгрунтованих моделей розсіювання розроблена ІТ аналізу розповсюджування пилогазових викидів від стаціонарних джерел для різних метеорологічних умов.

**Заміна природного газу ферогазом, скорочення питомої витрати**

**коксику за рахунок використання антрациту**

**За проектною і діючою у ПАТ НЗФ технологією для запалювання шихти при спіканні агломерату використовувався природний газ. На підставі аналізу особливостей теплотехнічних процесів запалювання аглошихти і науково-методологічних підходів та результатів власних досліджень, науково обґрунтовано можливість заміни при запалюванні марганцевої аглошихти природного газу ферогазом – колошниковим газом від феросплавних електропечей, які виплавляють марганцеві феросплави. Для забезпечення процесу запалювання 400-450 мм шару аглошихти насипною щільністю 1750-1800 кг/м3 питома витрата ферогазу складає 1800-2500 м3/год. На основі теоретичних розрахунків розроблена і впроваджена технологія запалювання шихти ферогазом при виробництві марганцевих агломератів на агломашині АКМ-5-105. За результатами впровадження розробленої технології запалювання аглошихти ферогазом в аглоцеху ПАТ НЗФ з початку впровадження заощаджено 82587 тис. м3 природного газу.

**

*Рис. 1 Реконструйоване горно камерного типу для запалювання аглошихти під час виробництва марганцевого агломерату на агломашині АКМ-5-105 аглоцеху ПАТ НЗФ: 1 - бічні пальники; 2 - пальники задньої стінки; 3 - скоби для футеровки горна; 4 - візок агломашини.*

За технологією виробництва марганцевого агломерату, що діяла раніше, як паливо використовувався коксик дрібних фракцій менше 5 мм. На основі комплексу досліджень з метою заміни частини дорогого і дефіцитного коксику дрібних фракцій антрацитом, встановлено, що при питомій витраті антрациту 11,6-18,9 кг/т марганцевого агломерату якість агломерату відповідає стандарту підприємства. Розроблену технологію реалізовано в промисловому масштабі в аглоцеху ПАТ НЗФ при виробництві марганцевого агломерату на 4-х агломашинах.

**Технологія одержання марганцевого магнезійного агломерату з використанням магнезійно-силікатного шлаку виплавки феронікелю**

Враховуючи позитивний вплив MgO у пічних шлаках на показники плавки феросилікомарганцю, науково обґрунтована можливість використання в якості MgO-вмісного компонента аглошихти магнезійного силікатного шлаку виплавки багатого феронікелю на Побузькому феронікелевому комбінаті (ПФК). Узагальнення фазової рівноваги в системах MgSiO3-MnSiO3 і CaSiO3-MnSiO3 показали, що температура ліквідус першої системи у всьому концентраційному інтервалі вища, ніж другої. На основі дослідження термодинамічної рівноваги фаз реальних складів марганцевих агломератів, отриманих за діючою та дослідною технологіями, з урахуванням дев'яти оксидів (MnO, SiO2, CaO, MgO, Al2O3, FeO, TiO2, K2O і Na2O) в інтервалі температур 900-1300°С, встановлено, що в дослідному магнезійному агломераті марганець має тенденцію концентруватися переважно в монооксидній фазі, що підвищує його відновлюваність, а в базовому агломераті – в олівіновій фазі. Дослідний агломерат має вищу температуру ліквідус, що має важливе значення для обґрунтування температурного режиму виплавки феросилікомарганцю.

За розробленою технологією отримана промислова партія такого агломерату і використана для виплавки феросилікомарганцю в електропечі РПЗ-63. Механічна міцність дослідного агломерату становить 77,1%, що відповідає міцності базового за вимогами стандарту ПАТ НЗФ. Показано, що марганець концентрується переважно у «монооксиді» (Mg, Mn)O, у якому активність марганцю істотно вища, ніж в його силікатах, що підвищує відновлюваність агломерату. Новизна, практична цінність і промислова корисність розробленої технології одержання марганцевого магнезійного агломератувикладені в патенті України «Шихта для виробництва марганцевого агломерату» № 99087 від 10.07.2012.

**Технологія виплавки феросилікомарганцю з використанням**

**марганцевого магнезійного агломерату**

Особлива увага в роботі приділена розробці та впровадженню ефективної технології виплавки феросилікомарганцю з використанням марганцевого магнезійного агломерату, в виробництві якого застосовується магнезійно-силікатний техногенний шлак виплавки феронікелю на Побузькому феронікелевому комбінаті (ПФК). З використанням сучасної апаратури і методів дослідження встановлені багатофакторні кореляції фізико-хімічних властивостей шлаків, (зокрема в'язкості і електропровідності феросплавних шлаків), з температурою і хімічним складом. Систематично проаналізовані залежності факторів рівняння Арреніуса. Вперше доведено можливість і фундаментальну застосовність правила Мейєра-Нелдела для цих взаємозв’язків.

Моделюванням термодинаміки фазової рівноваги шлакових феросплавних систем з використанням власних оптимізованих баз даних, отримані діаграми рівноваги у багатокомпонентних системах. Показано їх зв’язок з реальними хімічними складами і технологічними режимами процесу агломерації збагачених оксидом магнію марганцевих аглошихт і виплавки феросилікомарганцю з удосконаленим хімічним складом пічного шлаку. Вперше у практиці виробництва марганцевих феросплавів підтверджено ефективність використання високомагнезіального марганцевого агломерату, та з урахуванням інших факторів оптимізовано процес виплавки феросилікомарганцю, істотно підвищено коефіцієнт корисного використання марганцю.

В'язкість шлаків феросилікомарганцю впливає на термокінетичні параметри процесів, що відбуваються у ванні печі, й швидкості гравітаційного розподілу металевої й шлакових фаз у процесі виплавки сплаву та під час випуску металу й шлаку через одну льотку. Викликає значний теоретичний і практичний інтерес аналіз зміни властивостей реальних шлаків виплавки феросилікомарганцю залежно від їх хімічного складу й відношення %MgO/%CaO. Визначення величини термодинамічного параметра енергії активації, що характеризує в'язкість шлаків показало, що зі збільшенням співвідношень %MgO/%CaO і %MnO/%Al2O3 енергія активації знижується. Головним фактором відновлювального процесу в системі шлак-метал-газова фаза є хімічний склад шлаків, що визначає як активність компонентів (*аMnО*, *аSiО*2), так і температуру процесу.

Управління шлаковим режимом виплавки феросилікомарганцю шляхом підвищення вмісту оксиду магнію за рахунок введення Mg-вмісних матеріалів збільшує корисне вилучення марганцю в сплав як за рахунок підвищення активності закису марганцю, так і зростання температури ліквідус пічного шлаку:

*tL*(оС) =7,84(%MgO) + 60(%CaO)/(%Al2O3) – 175 (% MnO)/(%SiO2) + 1443,43; коефіцієнт розподілу *L*Mn = 0,568 (%MgO) – 0,699 (*r =* 0,93).

З використанням базового і дослідного магнезіального агломерату розроблено технологію плавки феросилікомарганцю в печі № 1 РПЗ-63 цеху виробництва феросплавів ПАТ НЗФ, яка дозволяє знизити питомі витрати: марганцевої сировини - на 39 кг/т, коксику - на 12 кг, електроенергії - на 64 кВт·год/т, корисне вилучення марганцю підвищилося з 84,3% до 86,5%.

Новизна, практична цінність і промислова корисність розробленої технології виплавки феросилікомарганцю на магнезіальних шлаках викладені в отриманому патенті України «Шихта для виплавки феросилікомарганцю у феросплавній дуговій електропечі» № 99998 від 25.10.2012.

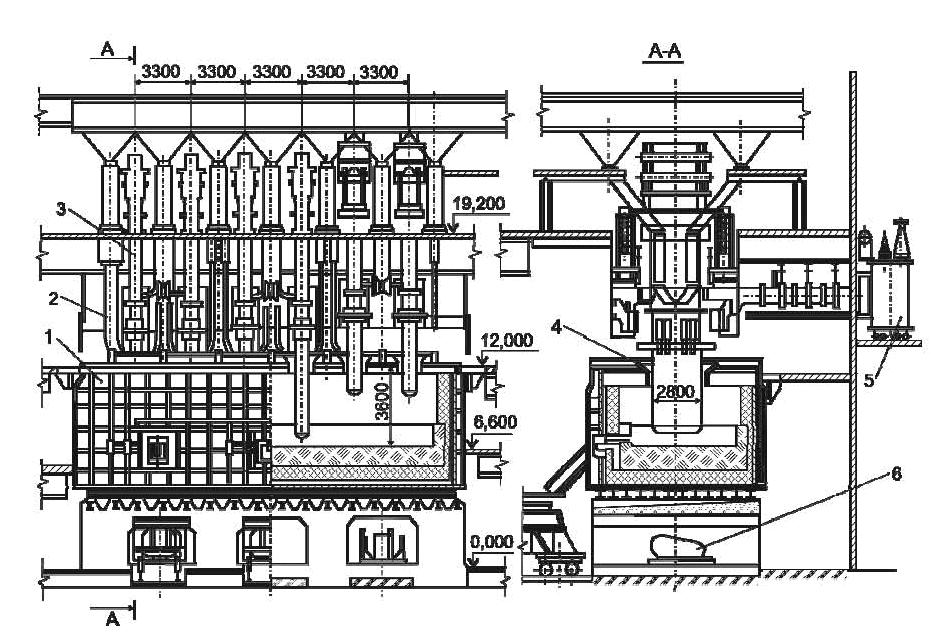
**Оптимізація електричних режимів високопотужних електропечей**

Забезпеченість електроенергією і її вартість є найважливішим чинником управління ефективністю виробництва марганцевих феросплавів. Виходячи з аналізу вартості електроенергії для основних світових виробників феросплавів порівняно з Україною в сукупності з даними виробництва марганцевих феросплавів і динамікою середньомісячного споживання електроенергії ПАТ НЗФ, в роботі ставилась задача розробки і впровадження раціональних електричних режимів роботи електропечей, що забезпечують максимум з досяжної продуктивності за мінімальної можливої плати за електроенергію в умовах її зонної тарифікації.

З цією метою розроблені методи дослідження будови ванни й електротехнічних параметрів шестиелектродних електропечей із прямокутними ваннами типу РПЗ.

Особлива увага приділялась науково обґрунтованому вибору та розробленню ІТ для розрахунку ефективних керуючих параметрів електро-технологічних режимів виплавки марганцевих феросплавів, базовим з яких є електричний опір ванн діючих феросплавних печей**.** На основі досліджень розроблені й впроваджені в практику великотоннажного виробництва феросилікомарганцю й високовуглецевого феромарганцю оптимальні електричні режими роботи електропечей РПЗ-63, РПГ-63, РКГ-75. Найкращі техніко-економічні показники досягаються при наступних параметрах електричного режиму:

виплавка феросилікомарганцю в печах РПЗ, РПГ- при силі струму *I*э = 90 кА й опорі ванни *R*э = 0,85-1,15мОм; виплавка феросилікомарганцю в печах РКГ - при силі струму *I*э = 130 кА й опорі ванни 0,8-0,95 мОм; виплавка високовуглецевого феромарганцю в печах РПЗ, РПГ при силі струму *I*э = 86 кА й опорі ванни 0,7-0,9 мОм.



*Рис. 2 Закрита шестиелектродна прямокутна електропіч типу РПЗ-63 (поздовжній та поперечний розрізи):1 - ванна; 2 - завантажувальні труби; 3 - електродотримач; 4 - воронки завантажувальні; 5 - трансформатор; 6 - лебідки для викочування ковшових візків*

Істотно впливають на собівартість продукції робота печей з урахуванням зонних тарифів на споживану електроенергію. Розроблена й освоєна автоматична система контролю за споживанням електроенергії в кожному підрозділі й по кожному виробничому агрегату. Використання такої системи дозволило організувати процес планування виробництва таким чином, щоб максимально використовувати дешеву електроенергію в нічний період (пік навантаження) і години напівпіку з мінімізацією її вартості в цілому за добу (рис.3). Це дало економію у вартості електроенергії 15-18 % відносно одноставочного тарифу. Залежно від технічного графіка роботи печей можлива робота печей на зниженій потужності або із зупинками в гарячий резерв.

**Дослідження, розробка й впровадження інноваційних технологій сепарації шлаків з одержанням металоконцентрату**

Сучасна технологія виробництва стандартного феросилікомарганцю у ПАТ НЗФ характеризується великою кратністю відвальних шлаків, що становить 1,3-1,4 стосовно тонни феросилікомарганцю. Із шлаком виноситься 3-5% відновленого марганцю. Для переробки відвальних шлаків і шлаків поточного виробництва в складі виробничих потужностей на заводі споруджений цех вторинної переробки шлаків феросилікомарганцю й попутних марганцевмісних вторинних матеріалів.

Твердий шлак має високу механічну міцність і антикорозійні властивості. На підставі аналізу економічної й екологічної доцільності в роботі проведено теоретичні й експериментальні дослідження магнітних властивостей феросилікомарганцю та обґрунтувано доцільність промислового освоєння технології автоматичного машинного сортування (сепарації). Вперше розроблені вимоги до устаткування й технології, на базі яких було обрано сортування шлакових щебенів із застосуванням Модуля кускового сортування (МКС), розробленого ТОВ НПП «Гамаюн» (м. Кривий Ріг). Застосовано сортування кускового матеріалу з використанням електронної сенсорики й сучасних програмних продуктів для обробки інформаційних потоків. Ефективність сепарації обумовлена точністю виміру маси металевої частини в кожному шматку чистого сплаву й у кожному куску шлаків. Щодобова вибірка шлакометалевої суміші (СШМ) становить до 20 т з усередненою якістю ~40 % Mnобщ. Ефективність сепарації відвальних і поточних шлаків при порівнянні ручної вибірки із застосуванням модуля МКС значно вища.

**Аналіз джерел утворення й поширення пилогазових викидів при виробництві марганцевих феросплавів на основі математичного моделювання з метою мінімізації антропогенного впливу на навколишнє середовище**

Велика увага в роботі приділена зниженню емісії діоксиду вуглецю. З точки зору феросплавного виробництва виділено два завдання: аудит емісії діоксиду вуглецю при виробництві марганцевих феросплавів; скорочення емісії діоксиду вуглецю за рахунок використання ферогазу як енергоносія при запалюванні аглошихти. У результаті виконаних досліджень вперше розроблена математична модель оцінки емісії СО2 при агломерації марганцеворудної сировини, виплавки феросилікомарганцю і високовуглецевого феромарганцю. Використання ферогазу в технологічних процесах призвело до зниження сумарної емісії CO2 .

Таблиця 1

Сумарна емісія СО2 за технологічною схемою агломерація марганцеворудної сировини феросилікомарганцю МнС17

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка феросплаву | Газоподібне  паливо | Емісія СО2 (кг/т) при використанні різних марок агломерату | | | | |
| АМНВ-1 | АМНВ-1А | АМНВ-2 | АМНВ-2П | АМНВ-М |
| МнС17 | ферогаз | 1715 | 1700 | 1796 | 1769 | 1897 |
| природний газ | 1735 | 1719 | 1821 | 1794 | 1923 |

Разом з тим, значна частина ферогазу спалюється на свічках, у зв'язку з чим у роботі науково обґрунтовано використання ферогазу для генерації електричної енергії й тепла шляхом будівництва когенераційної станції електричною потужністю 60 МВт.

За отриманими в роботі вихідними даними ДП „УкрНТЦ „Енергосталь**”** розроблено проект газоочистки, споруджена газоаспіраційна станція ГАС-5 потужністю 500 000 м3/год. з рукавним фільтром ФРІР-7000. Спорудження ГАС-5 дозволило знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферу на 89,7т/рік. Використано в роботі аналіз методів моделювання поширення пилогазових викидів від стаціонарних джерела показано, що для оцінки динаміки викидів шкідливих речовин в умовах ПАТ НЗФ найбільш придатною є модель розсіювання Гаусса, яка має високу точність та можливість підстроювання емпіричних параметрів з урахуванням специфіки конкретного джерела пилогазових викидів. Це дало змог оцінити об’єми пилогазових викидів від стаціонарних джерел АГЦ і ЦВФ для різних метеоумов. За рахунок використання ферогазу рудовідновлюваних печей в технологічних процесах знижена емісія CO2.

За підсумками впровадження розробок в умовах ПАТ НЗФ за період 2003-2013 роки отримано реальний економічний ефект, що складає більше 2,5 млрд. грн., у тому числі у 2013 році – 334,6 млн. грн.

Основні результати роботи опубліковані у 9 монографіях, 76 статтях в спеціалізованих наукових журналах, 26 статтях у збірках наукових праць і доповідей наукових конференцій. Новизна технічних рішень захищена 29 патентами. Захищено 2 докторських та 4 кандидатських дисертацій.

*Головним підсумком виконаної роботи є вирішення актуальної і пріоритетної науково-технологічної проблеми гірничо-металургійного комплексу України відповідно до Державної програми розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2011 року, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів від 28.06.2004 року – підвищення виробництва конкурентоспроможних марганцевих феросплавів у високопотужних електропечах на основі розробки і впровадження науково-обгрунтованих інноваційних технологій і устаткування, що досягнуто за рахунок зниження питомих витрат вихідних шихтових матеріалів, підвищення коефіцієнта корисного наскрізного вилучення марганцю в товарні марганцеві феросплави, зниження споживання природного газу і коксу при агломерації марганцеворудної сировини і питомої витрати електричної енергії та вирішення завдань з охорони довкілля.*

Автори:

|  |  |
| --- | --- |
| Куцін В.С.  Філіппов І.Ю.  Гладких В.А.  Камкіна Л.В.  Михальов О.І. | Ольшанський В.І.  Дєдов Ю.Б.  Гасик М.М.  Зубов В.Л.  Петров Ю.Л. |
|  |  |