Державний заклад «Центральна державна науково-технічна бібліотека
гірничо-металургійного комплексу України»

МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ ТА ФЕРОСПЛАВІВ

Тематична добірка публікацій з актуальних
питань сталеплавильного виробництва

Випуск 2

Дніпро - 2026

Дана тематична добірка містить копії першоджерел, присвячених вирішенню актуальних теоретичних та практичних проблем, а також вдосконаленню технологій сталеплавильного та феросплавного виробництв.

Складено за фондом ЦДНТБ ГМК України станом на 01.04.2026 р.

Бібліографічний анотований список до тематичної добірки «Металургія сталі та феросплавів»

1. Конвертерне виробництво, безперервний розлив та позапічна обробка сталі

УДК 53.31.17

Аналіз різних видів вуглецевих відновників та методів окускування шлаку та шламу конвертерного виробництва / Н.Б. Айткенов , С.А. Смаилов, Г.Г. Жабалова, Н.Б. Айтбаев // Праці Карагандинського технічного університету – 2023. – №1. – С.73-78.- Текст англ.

Рециклінг металовмісних відходів із вмістом заліза більше 15%, таких як шлаки та шлами газоочищення конвертерного виробництва може бути використаний для вилучення металу. З метою дослідження відновлювальних властивостей вугільного шламу, коксової дрібниці (коксика), Шубаркольського вугілля проведено серію експериментальних плавок шламовугільних брикетів з різним вмістом перелічених вуглецьвмысних матеріалів. З конвертерних шлаку і шламу виготовляли шламовугільні брикети із застосуванням як сполучної ланки гідратованого вапна. Для визначення необхідних параметрів відновлення залізовмісного елемента проведено хімічний та технічний аналізи на зольність, вологість та вихід летких речовин. Вибір оптимального компонентного складу сумішей, що брикетуються, встановив, що частка відновника в брикеті не повинна перевищувати 20...25%, щоб уникнути надлишку вуглецю, який зв'язується в тверді карбідні сполуки. Частка відновника у брикеті становила 15...18%. Хімічний аналіз отриманих сплаву та шлакової складової вказав на доцільність використання шубаркольського вугілля як вуглецевого відновника з високими реакційною здатністю та питомим електроопором.

Ключові слова: конвертерний шлак, конвертерний шлам, вугільний шлам, шубаркільське вугілля, коксовий пил, брикет, плавка.……..……..**С.8**

УДК 669.184.244.66:669.184.235.083.133

Аналіз механізмів впливу активізованих струменів кисню на процеси виділення пилу в киснево-конвертерному виробництві / С. І. Семикін, Т. С. Голуб, Л. С. Молчанов, П. Г. Прокопенко // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – №37. – С.246-259.

У світовій практиці чорної металургії у зв’язку із загостренням питання екологічності процесу виробництва та необхідністю пошуку нових методів загального поліпшення технологічності все частіше звертаються до нетрадиційних способів інтенсифікації, які розширюють можливості існуючих металургійних процесів і не вимагають значних капіталовкладень і кардинальних змін виробництва. У зв'язку з цим, актуальним є проведення досліджень з вивчення способів впливу активізованими

кисневими струменями шляхом створення активного озоновмісного газового потоку через верхню продувну фурму. Ресурсо- і енергозберігаючий ефект в цьому випадку може бути отриманий за рахунок: підвищення ступеня засвоєння кисню розплавом з відповідною інтенсифікацією тепло й масообмінних процесів у конвертерній ванні, що призводить до підвищення продуктивності кисневих конвертерів; економії шихтових матеріалів за рахунок поліпшення шлакоутворення й виключення високовартісних розріджувачів лаку; зниження інтенсивності димоутворення й виносу пилу з агрегату в результаті взаємодії активізованого окислювального струменя з часточками пилу. Дослідження проведено за отриманими лабораторними результатами вивчення активізації кисневого газового струменя кистьовим електричним розрядом при продувці як холодної моделі (що імітувала продувну фурму) так і в моделі кисневого конвертера. процес високовольтної активізації кисню і кисеньвмісних газів призводить до додаткової термічної дисоціації молекул кисню з формуванням іонів і заряджених комплексів (радикалів) позитивного і негативного заряду. Проведене аналітичне дослідження встановило переважне формування позитивних частинок в газовому потоці по всій довжині струменя, що сприяє утворенню молекул озону з більш високою окисною здатністю ніж кисень, та надання позитивного заряду газовому потоку з можливістю притягування й укрупнення часточок пилу з подальшим осіданням їх у ванні.

Ключові слова: киснево-конверторний процес, верхня продувка, електричний розряд, озон, йони, активізація, пилоутворення …….. **С.14**

УДК 669.184.244

Визначення факторів впливу на стійкість зварних наконечників кисневих фурм / Є.М. Сігарьов, А.А. Похвалітий, М.Р. Руденко та ін. // Збірник наукових праць ДДТУ (тематичний випуск). – 2024. – С.111-122.

Метою дослідження є визначення факторів впливу та уточнення причин руйнування зварних швів між соплом Лаваля та зовнішньою обоймою наконечника кисневої фурми, визначення ступеня впливу зовнішнього ізолювання робочої поверхні наконечника шаром намороженого шлаку на умови їх охолодження. На підставі дослідження умов експлуатації кисневих фурм та аналізу мікроструктури зон розміщення тріщин у зварних швах показано негативний вплив різниці у хімічних складах матеріалів наконечника, сопел Лаваля та зварювального дроту на міцність зварного шву. Встановлено ступінь впливу товщини і теплопровідності шару шлаку, намороженого на поверхню наконечника, на теплопровідність та тепловіддачу до охолоджуючої води. Розроблені рекомендації до виконання зварювальних робіт при виготовленні наконечників з метою підвищення надійності зварних швів та міцності конструкції в цілому.

Ключові слова: зварний шов, наконечник, фурма, конвертер, шлак, теплопровідність, тріщина, мікроструктура…….. **С.28**

УДК 669.162.267

Дослідження ерозії вогнетривів ковшу при вдуванні газу вглиб ванни крізь обертову фурму / Є.М. Сігарьов, Д.В. Єськов, Г.Ю. Крячко, І.М. Матина // Вісник Приазовського ержавного технічного університету. – 2024. – Вип. 49, Т.1. – С. 208-218.

Із застосуванням ізотермічного моделювання отримані нові дані стосовно впливу переміщення газових струменів із сопел наконечника заглибної обертової фурми на

гідродинаміку та інтенсивність масообмінних процесів у ковшовій ванні. Досліджені особливості ерозійного зношування робочого шару футерівки великовантажного чавунозаливального ковшу під час десульфурації вдуванням порошкоподібних реагентів крізь сопла Т-подібних наконечників заглибних фурм. На основі результатів порівняльного аналізу профілю зношення робочого шару вогнетривів ковшу при використанні нерухомої та обертової конструкції фурм та чисельного моделювання динаміки зношування визначені раціональні витрати газу-носію та швидкість обертання фурми для мінімізації інтенсивності ерозії футерівки.

Ключові слова: вогнетрив, газ, гідродинаміка, ерозія, ківш, руйнування, стійкість, футерування…….....**С.40**

УДК 669.184.244.66:669.184.235.001.5

Оцінка прямих втрат металу при продувці в конвертері засобами низькотемпературного моделювання та її верифікація / Л.С. Молчанов, Т.С. Голуб, С.О. Дудченко, С.І. Семикін // Метал та литво України. – 2025. – № 3-4. – С. 43-52.

Світове виробництво сталі в кисневих конвертерах має високі показники, підтримка яких здійснюється завдяки постійним вдосконаленням процесу. Найбільш простим з позиції впровадження є вдосконалення конструкції пристрою верхньої продувки — продувної фурми, та розробка технологій їх використання. Така особливість зумовлена ключовим впливом зазначеного пристрою на процес: створення високошвидкісних кисневих струменів, що чинять перемішуючий вплив на рідку металеву ванну та забезпечують протікання хімічних процесів. Важливим у процесі є фізичне дослідження характеристик нових пристроїв та перевірка ефективності їх роботи під час продувки за умов взаємодії з рідкою ванною. Найчастіше для перевірки обирають спосіб фізичного низькотемпературного моделювання через доступність матеріалів, простоту реалізації та високу наочність. У якості моделюючих рідких середовищ використовують воду та олію для імітації металевого та шлакового розплавів, а у якості газового середовища — повітря. Важливою умовою моделювання є дотримання критеріїв геометричної подоби та подоби фізичних процесів через критерії Фруда та Вебера. Однак навіть їх застосування не дає гарантії кількісної подоби отриманих результатів реальному процесу. У зв’язку із цим важливим є накопичення інформації щодо співвідношення результатів фізичних низькотемпературного та високотемпературного способів моделювання за умов використання однакових продувних пристроїв та технологічних особливостей продувки. В статті наведено результати щодо порівнювального аналізу низько- та високотемпературного моделювання верхньої продувки рідкої ванни крізь чотирьохсоплову фурму з метою оцінювання показника прямих втрат металу (розбризкування металевої фази під дією газового струменя). Встановлено, що за низькотемпературним моделюванням рівень втрат через розбризкування значно вищий, ніж при продувці реального металевого розплаву через значно нижчі показники фізичних властивостей моделюючої рідини. Також відмічено, що найбільш відповідним періодом за умов двофазного моделювання щодо реальної продувки є початок або закінчення продувки, коли спінювання залежить більшою мірою від дії газового струменя через важкість забезпечення умов на низькотемпературній моделі, подібних до додаткового впливу на спінювання реакції окислення вуглецю у розплаві.

Ключові слова: киснево-конвертерне виробництво сталі, продувка зверху, низькотемпературне моделювання, високотемпературне моделювання, втрати металу із розбризкуванням……..……..…….....**С.51**

2. Електрометалургія сплавів заліза

УДК 669.187

Переробка низькоякісної марганець містить сировини з отриманням обкотишів для виробництва феромарганцевих сплавів. Огляд / А.Є. Тастанова, Є.І. Кульдєєв, С.С. Темирова та ін. // Engineering Journal of Satbayev University. – 2023. – Т.145, № 4. – С.10-18. – Текст англ.

У зв'язку з обмеженістю ресурсів мінеральної сировини з високим вмістом марганцю некондиційні руди та техногенні відходи можуть розглядатися як додаткове сировинне джерело. У статті представлено огляд досліджень з переробки низькоякісної сировини, що містить марганець, шляхом її збагачення з отриманням марганцевих концентратів, агломерації марганцевої дрібниці з формуванням котунів і плавки агломератів на феромарганцеві сплави. Охарактеризовано основні сировинні джерела марганцю. Марганцеві руди поділяються на три основні типи: оксидні, крем'янисті та карбонатні. Залежно від типу сировини здійснюється вибір способу його збагачення. Описані області застосування сплавів марганцю: у чорній металургії їх використовують у вигляді феромарганцю та феросилікомарганцю при виробництві сталі та чавуну; у кольоровій металургії як легуючий метал у складі бронзи, латуні, більшості алюмінієвих та магнієвих сплавів. Розглянуто процеси збагачення низькоякісної сировини, що містить марганець – некондиційних руд і техногенних відходів. Перспективним напрямом у збагаченні залізомарганцевих руд є магнітна сепарація. Важливе екологічне та практичне значення має витяг марганцю з техногенних джерел – рудної дрібниці, шламових хвостів збагачувальних фабрик. Описані способи агломерації марганцевої дрібниці з отриманням котунів, брикетів, вплив вмісту кислотних та основних оксидів, складу сполучних матеріалів на властивості котунів. Наведено дані щодо впливу різних акторів на процес плавки марганцевих феросплавів, відновлення окатишів марганцевої руди та фазовим перетворенням, що відбуваються в ході процесу.

Ключові слова: техногенні відходи, що містять марганець, збагачення, котуни, плавка, сплави...……...……...……...……**С.61**

УДК 669.02/09:669.168:669.15’74-198..003.12

Експертна система оцінки фізико-хімічних та теплофізичних властивостей марганецьвмісних феросплавів / Д.М. Тогобицька, І.Р. Поворотня, В.П. Піптюк та ін. // Сучасні проблеми металургії. – 2024. –Вип. 27. – С. 102-119.

Марганецьвмісні феросплави у сталеплавильному виробництві є безумовним лідером при розкисленні сталі, однак також використовуються і для її легування в залежності від складу і поставлених вимог замовника до металопродукції. Не зважаючи на значні успіхи науковців-дослідників, експериментальні методи визначення властивостей феросплавів, що потрібно для визначення їх технологічності при використанні, все ще залишаються досить трудомісткими та обмежені техніко-конструкційними можливостями обладнання, яке застосовується. Крім того, з огляду на хімічну та структурну мікронеоднорідність добавок, яка існує у високотемпературних надліквідусних областях, не завжди дозволяють отримати адекватні результати досліджень для подальшого аналізу. На основі основних положень концепції спрямованого хімічного зв’язку на рівні міжатомної взаємодії встановлені аналітичні вирази для прогнозування першочергових

фізико-хімічних та теплофізичних властивостей марганецьвмісних феросплавів. Одержані залежності пройшли експертну оцінку на промислових даних.

Ключові слова: марганецьвмісні феросплави, параметри міжатомної взаємодії, моделювання, прогноз, фізико-хімічні та теплофізичні властивості, якість сталі……..……..……..**С.70**

УДК 539.67

Кременчутський О.С. Вплив високодемпфуючих покриттів на резонансні коливання титанової пластини / О.С. Кременчутський, А.І. Устінов // Сучасна електрометалургія. – 2024. – № 3. – С.3-12.

Наведено результати дослідження впливу високодемпфуючих покриттів Co–Ni і Co–Fe на резонансні коливання системи «титанова пластина–покриття». Встановлено, що при амплітудах резонансних коливань системи, більших за деяку критичну величину, залежність характеристик коливань від параметрів зовнішнього збудження стає нелінійною. Величина критичної амплітуди коливання, при якій спостерігається зміна характеристик коливань від псевдолінійних до нелінійних, залежить від нахилу амплітудної залежності демпфуючої здатності системи: чим крутіша амплітудна залежність демпфуючої здатності, тим менша критична величина амплітуди, за якої відбувається перехід системи до нелінійних коливань. Нелінійність коливань проявляється як у стрибкоподібній зміні амплітуди при незначній зміні частоти вимушених коливань, так і у виникненні гістерезису на амплітудно-частотних залежностях. Перехід системи в стан нелінійних коливань може впливати на ефективність пригнічення у ній резонансних коливань із великою амплітудою.

Ключові слова: демпфуюче покриття, резонансне коливання, амплітудно-частотна залежність, демпфуюча здатність, логарифмічний декремент……..…….....……..**С.88**

УДК 669.1:621.365.5.016

Дан Л.О. Обґрунтування можливостей покращення енергоефективності процесу плавління металу в електродугових печах / Л.О. Дан, Л.О. Трофімова, К.Р. Грек // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2025. – Вип. 50 – С. 134-139.

Представлена робота присвячена аналізу можливості повернення частки електричної енергії, що витрачається під час проведення плавки металів в електричних печах, конкретно – в електродугових. Відомо, що при виплавці металу в електропечах (особливо в електродугових) виділяється значна кількість пилу та газів, що мають високу температуру. Вихід газів та їх склад залежить від складу шихти, швидкості плавлення, технологічного та температурного режимів плавки, режиму кисневої продувки та ін. Для електросталеплавильного виробництва є характерним вміст у відхідних від печей газах дрібнодисперсного пилу, який найбільше виділяється під час продувки металу киснем. Інша сторона питання – теплові викиди в навколишнє середовище. Глобальне потепління вимагає швидкого та ефективного вирішення цієї проблеми. Використання тепла, що виноситься з плавильного об’єму електропечей, може, по-перше, дати можливість економити енергоресурси для технологічних цілей «in - situ», а, по-друге, – забезпечувати гарячою водою, парою, електроенергією як зовнішніх промислових, так і побутових споживачів. Одним із перспективних методів утилізації цього тепла є використання термоелектричних явищ, зокрема, ефекту Зеєбека. Обладнання, що працює на цьому ефекті, дозволяє перетворювати теплову енергію в електричну і це може бути використано для підвищення

енергоефективності виробництва. У роботі проаналізовані теоретичні засади використання термоелектричних перетворювачів у цілому та при утилізації тепла газів, що відходять від плавильних печей конкретно. На підставі передового досвіду розрахована електрична потужність блока перетворювачів, наведена принципова схема підключення термоелектричних перетворювачів до електромережі та їх монтажна схема.

Ключові слова: електродугова піч, енергетичний баланс, ефект Зеєбека, термоелектричний перетворювач…….…….…….....**С.98**

УДК 621.791.75:620.178.16:621.9.02

Формування та властивості NbC-армованих шарів, отриманих електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному кристалізаторі малого діаметра / О.В. Сайчук, О.Ю. Боровик, В. Ю., Боровик та ін. // Technology Audit and Production Reserves. – 2025. – № 1. – С.30-35.-Текст англ.

Об’єктом дослідження є процес формування NbC-армованих композитних шарів методом електрошлакового наплавлення (ЕШН) у струмопідвідному кристалізаторі (СПК) малого діаметра. Проблемою, що вирішується, є стабільне введення дрібнодисперсного NbC у шлакову ванну малого діаметра без розчинення та агломерації з досягненням рівномірного армування, низької пористості та високої зносостійкості.

Дослідження направлено на експериментальне визначення мікроструктури, фазового складу, твердості, пористості та абразивної зносостійкості шарів, сформованих за керованих режимів ЕШН із використанням порошкового дроту, що містить 35 мас.% NbC, та обґрунтування технологічної спроможності процесу у СПК малого діаметра.

Процес реалізовано у двосекційних СПК Ø 65–85 мм за режимів: I = 1,1 кА; U = 22 В; швидкість подачі $V_{под}$ = 2,0 м · хв$^{-1}$; тривалість проплавлення 45 с; $T_{ванни}$ = 1600–1700°C. Морфологію та хімічну однорідність визначали оптичною мікроскопією й SEM-EDS; фазовий склад – рентгенографічно; твердість – за Віккерсом HV10; абразивну зносостійкість – відповідно до ASTM G99.

Отримано шари 2,0 ± 0,2 мм без макротріщин і шлакових включень, із рівномірним розподілом NbC (≈ 2–5 мкм) по товщині. Середня твердість становить 1020 ± 30 HV10 (≈ ×3 порівняно зі сталлю 20), лінійна швидкість зносу зменшена у 3,4 рази, пористість ≤ 0,8 об.% за збереження високої адгезійної міцності. Підтверджено, що керована подача неструмоведучого порошкового дроту у найбільш нагріту зону ванни забезпечує відтворюваний перенос тугоплавкої фази та запобігає її розчиненню й укрупненню. Узгоджені мікроструктурні ознаки корелюють із приростом твердості та зниженням зношування, що підтверджує причинно-наслідковий зв’язок «структура → властивості».

Запропонована технологія відтворювана на наявних установках ЕШН без переоснащення та рекомендована для відновлення деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, із потенціалом масштабування за рахунок регламентації режимів і контролю складу шлаку.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення, карбід, ніобій, композити, зносостійкість, мікроструктура, твердість, пористість, триботехніка, кристалізатор…….....**С.104**