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

МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ ТА ФЕРОСПЛАВІВ

Тематична добірка публікацій з актуальних
питань сталеплавильного виробництва

Випуск 4

Дніпро - 2024

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 01.08.2024 р.

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

1. Конвертерне виробництво, безперервний розлив та позапічна обробка сталі

УДК 669.184:628.5-049.5
DOI: 10.31721/2306-5451-2021-1-52-19-25

Тарасов В.К. Вибір раціональних засобів техногенної безпеки киснево-конвертерного процесу / В.К. Тарасов, О.С. Воденнікова, Л.В. Воденнікова // Вісник Криворізького національного України. – 2021. – Вип. 52. – С. 19-25.

Метою роботи є пошук шляхів підвищення техногенної безпеки технологічного процесу киснево-конвертерного виробництва сталі. Поставлена мета в роботі вирішується наступними завданнями: проаналізувати шкідливі виробничі фактори киснево-конвертерного процесу та засоби підвищення техногенної безпеки конверторного виробництва; визначення рівня безпеки основного обладнання киснево-конвертерного цеху від тривалості його безаварійної роботи; встановлення раціональної зони роботи обладнання киснево-конвертерного цеху; привести оцінку причин та характеру негативного впливу теплових виділень, зокрема, через нагрітий корпус конвертеру, на умови праці робітників киснево-конвертерного цеху; визначити шляхи захисту робітників киснево-конвертерного цеху від негативного впливу джерела зовнішнього іонізуючого випромінювання; проаналізувати допустиму тривалість перебування людини в зоні дії інфрачервоного випромінювання в умовах киснево-конвертерного цеху. Запропоновано удосконалення методики аналізу рівня безпеки технологічного процесу та обладнання киснево-конвертерного цеху; для зменшення дії випромінювання від кисневого конвертеру запропоновано схему теплозахисного екрану. Приведений розрахунок теплових втрат і виділень бічною поверхнею кисневого конвертера дозволяє за рахунок встановлення теплозахисних екранів та укриття знизити радіус небезпечної зони до 1,0 м та підвищити техногенну безпеку в киснево-конвертерному цеху. Визначено рівень безпеки кисневого конвертеру в залежності від тривалості його безаварійної роботи. Встановлено, що максимальний рівень безпеки роботи кисневого конвертеру (в межах 80–98%) досягається при тривалості його безаварійної роботи на протязі 720–2160 год. Запропоновано заходи з охорони праці в умовах киснево-конвертерного цеху, які дозволяють забезпечити дану безаварійну тривалість роботи кисневого конвертеру.

Ключові слова: техногенна безпека, рівень безпеки, кисневий конвертер, теплові виділення, забруднення виробничого середовища, безаварійна робота конвертеру...……..**С.9**

УДК 669.184:669.141.245

DOI: 10.31319/2519-2884.39.2021.1

Особливості формування зони хвиль та сплесків на поверхні ковшової ванни / Є.М. Сігарьов, Г.Ю. Крячко, О.В. Довженко та ін. // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2021. – №2. – С.7-15.

У роботі вирішена актуальна наукова задача, яка полягає в науковому обгрунтуванні доцільності використання нових способів продувки ковшової ванни при введенні реагентів крізь заглибні фурми зі встановленням особливостей формування зони хвиль та сплесків, які призводять до втрат металу та погіршення техніко-економічних показників процесу. Метою роботи є дослідження впливу витрат газу-носію, товщини шлакового покрову на поверхні ванни та швидкості обертання заглибної фурми на висоту та площу утвореного за рахунок виходу газових об'ємів на поверхню ванни буруна. Отримані нові дані щодо особливостей впливу змін у товщині шару шлаку, що формується по ходу десульфурації розплаву на поверхні ванни, на профіль буруна, з поверхні якого здійснюється викидання крапель металу за межі ковшу, та площу «ока». Запропоновані математичні вирази для опису залежності зміни висоти буруна від досліджених у роботі факторів впливу, придатні для застосування при удосконаленні конструкцій заглибних фурм для продувки ковшової ванни.

Ключові слова: фурма, ківш, бурун, газ, металевий розплав, шлак……...**С.16**

УДК 669.14:62-412:621.746.5

DOI: 10.15407/plit2022.01.011

Особливості перерозподілу конвективних потоків в процесі заливки і формування крупного зливка / М.І. Тарасевич, А.В. Нарівський, О.М. Смірнов та ін. // Процеси лиття. – 2022. – № 1. – С. 11-18.

В роботі, на базі математичного та комп'ютерного моделювання, проведено дослідження перерозподілу конвективних потоків в процесі заливання рідкого металу в виливницю. Показано, що в процесі заливки з масовою швидкістю 114 кг/с знімається перегрів рідкого металу над ізотермою ліквідус та проходить сепарація шарів металу при заповненні виливниці. Це явище може впливати на утворення хімічної та фізичної неоднорідностей у зливках в процесі їх формування.

Ключові слова: великий зливок, математичне та комп'ютерне моделювання, конвективні потоки, виливниця, сепарація……..**С.25**

УДК 669.162.221.2

DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-172-181

Оцінка параметрів занурення частинок реагенту з газом у розплав при інжекційній позапічній десульфурації чавуну / В.І. Єлісєєв, І.О. Маначин, А. П. Шевченко, С.А. Шевченко // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2022. – Вип. 36. – С. 172-181.

Метою роботи є розробка математичної моделі для оцінки занурення частинок реагенту з газом у розплав чавуну під час десульфурації. Технології позапічної інжекційної ковшової десульфурації чавуну засновані на введенні частинок реагенту в рідкий чавун за допомогою швидкісних газових струменів. Закономірності поведінки та взаємодій двофазних струменів (транспортуючий газ+реагент) з розплавом чавуну складні, оскільки втрачаються індивідуальні динамічні характеристики окремої частинки.

Також важливим є питання про співвідношення кількості частинок, що пішли вглиб металу, і частинок, що опинилися у спливаючому пузирі. В роботі для оцінки факторів та параметрів занурення частинки реагенту при ковшовій десульфурації чавуну виконано ряд експериментальних досліджень. Експериментами показано, що глибина занурення частки реагенту радіусом 0.5 мм за наявності каверни залежить від швидкості частки. Для початкової швидкості 20 м/с довжина каверни близько 6 калібрів, а для швидкості 140 м/с – близько 10 калібрів. Проте, як випливає з розрахунків, швидкості часток реагенту швидко падають, що має призводити здо міни структури течії та винекнення каверн. У цьому випадку для проникнення реагента в розплав значну роль гратимуть капілярні сили. У розробленій моделі вони враховані як додатковий чинник. Показано, що ці ефекти мають досить слабкий характер порівняно з виштовхуючою силою Архімеда.

Ключові слова: десульфурація, інжекція, чавун, ківш, реагент, частинка, занурення…….....**С.33**

УДК 669.184.14
DOI: 10.34185/1991-7848.2023.01.03

Голуб Т.С. Термодинамічний аналіз процесів розчинення нітрогену в залізо-вуглецевому розплаві при різних концентраціях домішок / Т.С. Голуб, Л.С. Молчанов, С.І. Семикін // Сучасні проблеми металургії. – 2023. – №26. – С.26-37.

Шляхом проведених термодинамічних розрахунків проведено оцінку ефективності розчинення нітрогену в залізовуглецевому розплаві при додатковому введенні титану, хрому та алюмінію. Введення хрому у розплав в кількості 0,25-0,05%мас позитивно відображається на розчинності нітрогену у залізовуглецевому розплаві незалежно від вмісту вуглецю, дозволяючи збільшити вміст нітрогену у 32 - 46 рази у порівнянні зі стандартними умовами. Алюміній додатково введений у розплав негативно впливає на вміст нітрогену, знижуючи його кількість навіть при малій кількості введення. Введення титану у розплав є найбільш позитивним при низькому вмісту вуглецю і дозволяє збільшити розчинності нітрогену у 1,0-1,33 рази при вмісті титану від 0,05 до 0,25 %мас. відповідно.

Ключові слова: залізо-вуглецевий розплав, нітроген, хром, алюміній, титан, розчинення……..……**С.43**

2. Електрометалургія сплавів заліза

УДК 669.15
DOI: 10.34185/tpm.6.2021.01

Пройдак Ю.С. Оцінка природної радіоактивності фосфоритів з метою подальшого їх використання при виробництві ферофосфору / Ю.С. Пройдак, А.Ю. Пройдак, С.І. Страколист // Теорія і практика металургії. – 2021. – №6. – С.5-12.

Дослідження ефективної питомої радіоактивності фосфориту групи родовищ Харківської області (Ізюмський район) з метою визначення можливості використання їх для виплавки ферофосфору відповідно до норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Визначено, що розрахована ефективна питома активність природних радіонуклідів фосфориту за методикою НРБУ-97 складає 440 Бк/кг, що відповідає II класу рівня дії для подібних видів сировини. При цьому показано, що при виплавці ферофосфору з метою підвищення кислотності фосфоритового розчину (відношення % SiO_2 / % CaO) в шихту доцільно

присаджувати кремнезем, який знижує концентрацію радіоак-тивних елементів до нормованого показника. Вперше встановлена ефективна питома активність природних радіонуклідів у фосфориті Малокомишевахського родовища (Харківська область, Ізюмський район). За результатами роботи можливо встановити доцільність використання вітчизняних фосфоритів для електроплавці ферофосфору при виробництві сплавів на основі чорних та кольорових металів.

Ключові слова: фосфорити, ефективна питома активність природних радіонуклідів, мінеральні руди, електроплавки, ферофосфор …….. **С.55**

УДК 66.046:532.137
DOI: 10.31498/2225-6733.42.2021.240586

Макуров С.Л. Експериментальне дослідження електропровідності шлаків, що застосовуються у процесах спеціальної електрометалургії (СЕМ) / С.Л. Макуров, О.Є. Погібаєв // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2021. – Вип. 42. – С. 81-87.

Розвиток металургійної промисловості України в значній мірі залежить від експорту спеціальних сталей високої якості, які одержують способами спеціальної електрометалургії. Якість металу, що одержують такими способами (в першу чергу способом ЕШП), визначається властивостями флюсу на основі CaF_2, з якого протягом плавки утворюється рідкий шлак. Шлак служить джерелом теплоти, а також середовищем, в якому включення, що містяться в металі, та шкідливі домішки видаляються в результаті хімічної реакції або розчинення. Впливаючи на шлак, можна здійснювати вплив не лише на хімічний склад, а також на структуру злитка. В цілому вказані шлаки повинні мати не лише високу рафінуючу здатність, а й відповідати ряду інших вимог, які на практиці частенько вступають у протиріччя. У кожному конкретному випадку треба підібрати такий шлак, який відповідатиме найбільш важливим вимогам, у першу чергу має оптимальну електропровідність. З метою застосування шлаків раціонального хімічного составу виконали експериментальні дослідження електропровідності деяких шлаків, що застосовують у процесах спеціальної електрометалургії. У роботі використовували експериментальну установку із застосуванням датчика оригінальної конструкції. Вимірювальна гарунка, що занурюється у тигель з рідким шлаком, зроблена з нітрідборового циліндра, у який вставлена термопара та вольфрамові електроди для вимірювання електропровідності. Вимірювання проводили з використанням змінного струму із частотою 400 Гц. Одержані експериментальні результати добре відповідають літературним даним щодо флюсів із хімічним составом близьким к дослідженим і даним розрахунків за рекомендованою в літературі емпіричною формулою. Результати виконаних досліджень дозволяють рекомендувати для промислового використання флюси АН-14 та АН-15, які, крім усього, вміщують невелику кількість шкідливого для здоров'я плавикого шпату.

Ключові слова: флюс, шлак, плавлення, температура, хімічний склад, електропровідність, тигель, вимірювання…...……..…..**С.63**

УДК 69.14.018.298:621.789
DOI: 10.15407/steelcast2022.03.048

Верзілов О.П. Вплив режимів роботи електромагнітного перемішувача на структуру сортової заготовки в умовах сучасних мікрозаводів / О.П. Верзілов, О.М. Смірнов, А.Ю. Семенко та ін. // Метал та лиття України. – 2022. – №3. – С. 48-55.

Поліпшення якості заготовки може бути досягнуто застосуванням зовнішніх впливів на метал, що твердне, зокрема, при впливі біжучого магнітного поля на рідку фазу злитка. Електромагнітне перемішування може здійснюватися на різних ділянках заготовки під час її формування на машині безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), тобто в кристалізаторі, в зоні вторинного охолодження і в нижній частині рідкої лунки. Електромагнітне перемішування в кристалізаторі МБЛЗ є одним з найбільш ефективних методів фізичного впливу на рідкий метал з метою формування якісної поверхні і внутрішньої структури безперервнолитого злитка. Це пов'язано з тим, що первинна коринка заготовки, що твердне, має незначну товщину, і її термічний опір теплопередачі до стінки кристалізатора мінімальний. При цьому створення примусового перемішування сприяє переміщенню більш гарячого металу до фронту тверднення, тобто інтенсифікуються тепло- і масообмінні процеси на даній ділянці.Експериментальні дослідження впливу режимів роботи електромагнітного перемішувача (ЕМП) на дендритну структуру квадратної заготовки 180 мм були проведені на шестиструмковій радіальній МБЛЗ. Дослідження макроструктури проводили на металі заготовок, відлитих на першому і шостому струмку МБЛЗ при величинах струмів в обмотках ЕМП 217 А і 500 А, відповідно. Для аналізу відібрано поперечні темплети (шайби), з яких вирізали поперечну смужку шириною 25 мм. Після шліфування, полірування і огляду поверхні темплетів проводилося їх травлення на дендритну структуру реактивом Стєда з метою вивчення впливу інтенсивності електромагнітного перемішування на структуру, швидкість кристалізації і розподіл неметалевих включень. Експериментальні дослідження показали, що електромагнітне перемішування металу в кристалізаторі МБЛЗ істотно підсилює тепло- і масообмінні процеси і значно впливає на формування структури заготовки. Зі збільшенням інтенсивності електромагнітного перемішування протяжність зони стовпчастих дендритів з боку малого радіуса зменшується на 20 мм, відповідно розширюється зона рівноосних кристалів. Було встановлено, що найбільш характерними неметалевими включеннями в досліджуваних заготовках є оксиди і сульфіди. Слід зазначити, що збільшення величини струму в обмотці ЕМП призводить до усунення осьової рихлості і зменшення на 7–8 % повного часу твердіння заготовки.

Ключові слова: металургійний мікро-завод, електромагнітний перемішувач, кристалізатор, безперервне розливання, сортова заготовка…….……...……..**С.70**

УДК 621.762.002.6
DOI: 10.37434/sem2023.01.02

Особливості структури і фізико-хімічних властивостей міді, отриманої способом електронно-променевого випаровування-конденсації у вакуумі / В.Г. Гречанюк, М.І. Гречанюк, О.В. Хоменко та ін. // Сучасна електрометалургія. – 2023. – №1. – С.9-15.

Досліджено структуру і фізико-хімічні властивості міді, отриманої способом електронно-променевого випаровування-кондесації у вакуумі. Для осадження металу використовували підкладку із сталі марки Ст3 нагріту до 700 ± 15 °С. В експериментах використовували ванну-посередник із сплаву Cu–Zr–Y. Оцінка властивостей конденсованої

міді у порівнянні з литою показала незначну різницю в значеннях питомого електроопору та деяке підвищення рівня механічних характеристик, що, ймовірно, пов'язано із відмінностями її внутрішньозеренної блочної структури. Виявлено збільшення у 1,5 рази твердості конденсату у разі використання ванни-посередника, що пов'язано із мікролегуванням Zr і Y. Гравіметричні дослідження корозії конденсованої міді у воді дозволили встановити суттєвий вплив на цей процес таких факторів, як наявність солей твердості у водопровідній воді та високий питомий електричний опір дистильованої води. Найбільші зміни маси зразків спостерігалися в перші 10 год корозійних випробувань, а далі відбувалася стабілізація процесу і монотонне зменшення маси зразків. У водопровідній воді мідь характеризується найвищою корозійною стійкістю, причому за динамічних умов випробувань втрати маси в два рази перевищують цей показник для статичних випробувань. У динамічних умовах рух середовища перешкоджає осадженню солей і зростання електричного опору уповільнюється. Аналіз корозійних поляризаційних діаграм підтвердив уповільнення перебігу корозійних процесів у водопровідній воді у порівнянні з дистильованою. Результати вимірювання поверхневого електричного опору зразків до і після випробувань показали, що початковий період корозії поряд з відносно швидкою зміною маси характеризується різким збільшенням електричного опору поверхні зразків, що вказує на переважне утворення оксиду міді (I); зменшення динаміки зміни електроопору в наступні часи випробувань обумовлено стабілізацією процесів росту плівки з утворенням оксиду міді (II).

Ключові слова: електронно-променеве випаровування, вакуум, мідь, конденсати, механічні характеристики, корозійна стійкість……..……..**С.78**

УДК 621.74

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301259

Ніколаєв Д.А. Вибір раціонального коректування хімічного складу чавуну, що виплавляється в електродуговій печі, на основи технологічного аудиту серійних плавок / Д.А. Ніколаєв // Technology audit and production reserves. – 2024. – №2/1. – С. 22-26.- Текст англ.

Об'єктом дослідження у роботі є чавун марки СЧ20 по ГОСТ 1412-85 (ДСТУ EN 1561, EN-GJL-200), що виплавляється в електродуговій печі. У цій роботі було визначено показники серійних плавок чавуну, що використовується для виливків машинобудівного призначення, якими обрано вміст елементів хімічного складу. Існуюча проблема полягає в тому, що неможливість урахування багатьох факторів впливу на формування хімічного складу чавуну при плавці призводить до відхилень хімічного складу від вимог, регламентованих технічними умовами. Основною причиною цього є неконтрольованість хімічного складу шихтових матеріалів та складність точного визначення угару елементів в процесі плавки. Це може призвести до формуванню браку литва, або до зайвих витрат на плавку, пов'язаних з необхідністю додаткових технологічних операцій та використання додаткових матеріалів для усунення виявлених відхилень складу від вимог. Запропоновано процедуру технологічного аудиту серійних плавок, особливістю якої є комплексна оцінка фактичних показників плавки. Вони включають в себе: математичні очікування вмісту елементів хімічного складу, оцінки їх дисперсій, середньоквадратичних відхилень, систематичних похибок, полів розсіювання та відхилень нижньої та верхньої межі вмісту кожного елементу від нижньої та верхньої межі, яких вимагають технічні умови. Результатами такого аудиту є можливість розрахунку коригуючих комбінацій з шихтових

матеріалів та феросплавів, що усувають неточності в розрахунку шихти та визначення угару елементів в процесі плавки. За результату аудиту по виборці з 31 серійної плавки встановлено, що середній вміст по елементах C, Mn, Si, Cr перевищує середнє, необхідне технічними умовами. Ці відхилення становлять: +0.04 % C, +0.06 % Mn, +0.038 % Si, +0.06 % Cr. Для компенсації цих відхилень запропонована наступна комбінація шихтових матеріалів та феросплавів, що вводяться в розплав перед видачею чавуну на ділянку заливки: 44 кг брухт сталевий + 88 кг чавун переробний. Представлене дослідження буде корисним для машинобудівних підприємств, що мають в своїй структурі ливарні цеха, де виплавляють чавун для виготовлення виливків.

Ключові слова: електродугова плавка, хімічний склад чавуну, технологічний аудит, серійна плавка, шихтові матеріали, феросплави……...…….....……..**С.85**