

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний інститут**



**МАТЕРІАЛИ
XXIV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**

*Конференція присвячена
60-річчю від дня заснування
ЗФ ДМЕТІ – ЗІІ – ЗДІА*

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний інститут

МАТЕРІАЛИ

XXIV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів

*Металургія як основа сучасної
промисловості*

Том I

26-29 листопада 2019 р.

Запоріжжя
2019

Оргкомітет

Голова: Фролов Микола Олександрович, д-р. іст. наук, професор, ректор

Заступники голови: Васильчук Г.М. – д-р. іст. наук, професор, проректор з наукової роботи;
Банах В.А. – д-р. техн. наук, проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти;

Члени оргкомітету:

Коломоєць Г.П. – директор Інженерного інституту;
Коваленко В.Л. – декан факультету енергетики, електроніки та інформаційних технологій;
Федченко О.І. – декан факультету будівництва та цивільної інженерії;
Румянцев В.Р. – декан факультету металургії;
Ткаченко Є.Ю. – в.о. декана факультету економіки та менеджменту;
Чейлитко А.О. – заступник декана з наукової роботи факультету енергетики, електроніки та інформаційних технологій;
Каплуновська М.О. – доцент, заступник декана з наукової роботи факультету будівництва та цивільної інженерії;
Кириченко О.Г. – доцент, заступник декана з наукової роботи факультету металургії;
Сіліна І.В. – доцент, заступник декана з наукової роботи факультету економіки та менеджменту;
Батичко О.С. – голова НТСАДМВ;
Щербіна Т.С. – голова НТСАДМВ факультету металургії;
Ляшенко Д.М. – голова НТСАДМВ факультету економіки та менеджменту;
Слісаренко О.О. – голова НТСАДМВ факультету енергетики, електроніки та інформаційних технологій;
Кокошуєв О.П. – голова НТСАДМВ факультету будівництва та цивільної інженерії;
Вербицький В.Г. – завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем;
Хрипко С.Л. – завідувач кафедри мікроелектронних інформаційних систем;
Критська Т.В. – завідувач кафедри електронних систем;
Артемчук В.В. – в.о завідувача кафедри електротехніки та енергоефективності;
Бахтін В.І. – в.о. завідувача кафедри теплоенергетики та гідроенергетики;
Кожемякін Г.Б. – завідувач кафедри прикладної екології та охорони праці;
Банах А.В. – завідувач кафедри міського будівництва та господарства;
Арутюнян І.А. – завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва;
Терновий Ю.Ф. – завідувач кафедри металургії;
Явтушенко О.В. – завідувач кафедри обробки металів тиском;
Огінський Й.К. – завідувач кафедри металургійного обладнання;
Пазюк М.Ю. – завідувач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами;
Меліхова Т.О. – завідувач кафедри обліку, аналізу, оподаткування та аудиту;
Метеленко Н.Г. – завідувач кафедри фінансів, банківської справи та страхування;
Воронкова В.Г. – завідувач кафедри менеджменту організацій та управління проектами;
Глушевський В.В. – завідувач кафедри економіки та інформаційних технологій;
Дробишева А.О. – в.о. завідувача кафедри економіки підприємствами.

І

Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Металургія як основа сучасної промисловості. Том I / II ЗНУ. – Запоріжжя: П ЗНУ. - 2019 р.- 88 с.

Власенко В.В.¹ магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Маслов В.В.² студент гр. ВСФ-16-1/9,
Кириченко О.Г.¹, доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ АЛЮМІНІЮ ПРИ ВИПЛАВЦІ ФЕРОСИЛІЦІЮ ФС-75

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М
Запорізький металургійний коледж ЗНУ

Високопроцентний 75%-ний феросиліцій (ГОСТ 1415-93) відноситься до елітної експортно-орієнтованої продукції, попит на який на міжнародному ринку феросплавів постійно підвищується. В той же час виробництво феросиліцію марки ФС75 пов'язано з рядом технологічних труднощів, в першу чергу, складністю фізикохімії процесів і невідпрацьованістю раціональних параметрів виплавки цього сплаву в закритих печах.

Існуючі в даний час способи отримання залізокремністих сплавів з низьким вмістом алюмінію по ряду найбільш загальних ознак можна розбити на 3 групи:

- отримання феросиліцію з низьким вмістом алюмінію в рудовідновних печах з чистих шихтових матеріалів;
- рафінування феросиліцію, отриманого в рудовідновних печах зі звичайних шихтових матеріалів, в печах сталеплавильного типу синтетичними шлаками, продувкою вуглекислим газом);
- рафінування феросиліцію, отриманого зі звичайних шихтових матеріалів, поза печі (продування хлором, вуглекислим газом, обробка синтетичними сумішами).

В роботі проведені лабораторні досліджень щодо зниження вмісту алюмінію в феросиліцію. За отриманими даними в виробничих умовах поставлені досліди по позапічному рафінуванню металу окисними шлаками. Мета дослідів полягала в розробці технології, що забезпечує одержання в промислових масштабах 75%-ого феросиліцію з вмістом алюмінію не більше 1,0%.

В результаті проведеної роботи з вивчення впливу технологічних параметрів на вміст алюмінію в феросиліцію марки ФС 75 встановлено:

1 Основним джерелом глинозему в шихті є коксик і кварцит. Мийка кварцитів знижує вміст алюмінію в сплаві не менше ніж на 0,5%, що рівносильне економії 1% електроенергії.

2 Позапічне рафінування 75%-ого феросиліцію є найбільш дієвим і економічно виправданим фактором, що знижує алюміній в готовому металі.

3 Обробка рідкого феросиліцію в ковші легкоплавкими синтетичними шлаками, що містять силікати магнію і кальцію, з одночасним барботажем розплаву стисненим повітрям дозволяє знизити вміст алюмінію на 70-75%, що забезпечує залишкову концентрацію його в металі менше 0,5% при виході придатних плавок до 80 %.

4 Рафінування твердими сумішами дає гірші результати (ступінь видалення алюмінію до 60-65%), що пояснюється порівняно високою температурою плавлення кожного з компонентів суміші, труднощами у формуванні окислювальних шлаків в ковші і їх низькою окисної здатністю.

5 Виявлено, що в інтервалі випробуваних температур (1520 -1650 ° С) зниження температури металу на випуску (при всіх випробуваних способах) призводить до зниження ступеня видалення алюмінію, що пояснюється підвищенням в'язкості шлаків і зменшенням, внаслідок цього, їх окислювальної здатності. Тому при рафінуванні феросиліцію в промислових умовах необхідно запобігати втратам тепла металом (більш потужною теплоізоляцією ковша, застосуванням кришок, попереднім підігрівом окислювальних шлаків і ковшів).

6 Збільшення відносної ваги твердих сумішей і синтетичних шлаків (в інтервалі 3-15% від ваги металу) підвищує ступінь видалення алюмінію. Подальше збільшення навішування

не дає помітних позитивних результатів, так як це призводить до охолодження металу і шлаку.

7 Збільшення тривалості барботажу (в інтервалі продувки 5-20 хв.) Також збільшує ступінь видалення алюмінію. При подальшому збільшенні часу барботажу такої закономірності не спостерігається через надмірне охолодження металу і шлаку.

УДК 669.15-198

Дмитрієв П.С. магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

В даний час взято курс на створення ефективних безвідходних технологій виробництва, що дозволяють найбільш раціонально використовувати сировинні та енергетичні ресурси країни. За ГОСТ 4755-80 і 4756-77 масова частка дріб'язку фракції 0-20 мм не повинна перевищувати 10% для вуглецевого феромарганцю і 15% - для силікомарганцю від загальної маси сплаву в партії.

Найбільш перспективним і технологічним напрямом утилізації некондиційної дрібниці, що утворюється при фракціонуванні марганцевих феросплавів, є її переплав в процесі розливання за рахунок фізичного тепла перегрітого рідкого сплаву. Це метод, який отримав назву "суспензійний розливання" був успішно випробуваний при виробництві сортового 45%-ого феросиліцію.

Метод суспензійний розливання є новим напрямком в технології ливарного виробництва, що дозволяє істотно підвищити якість литих заготовок.

Суть методу полягає у введенні в рідкий метал в процесі його розливання дисперсних частинок, які грають роль додаткових центрів кристалізації і забезпечують збільшення швидкості кристалізації і диспергування структури литого металу. При цьому введені частинки акумулюють тепло розплаву, що твердіє, яке витрачається на їх нагрівання і плавлення.

Некондиційна дрібниця марганцевих феросплавів задовольняє всім вимогам до дисперсної добавки для суспензійного розливання. За хіміскладом вона відповідає стандартному металу, хоча і містить 1,0-2,0% неметалічних домішок у вигляді вапняного пилю. Контрольне розсівання дрібниці показало, що частка щодо крупних частинок фракції 10-20 мм становить лише 13,0% для силікомарганцю і 16,0% для вуглецевого феромарганцю. Для обох сплавів в дрібниці переважає фракція 0-5 мм. Насипна маса дрібниці фракції 0-20 мм становить 3,5 т/м³.

За результатами проведених досліджень можна сформулювати наступні висновки:

- розроблено технологію утилізації некондиційної дрібниці фракції 0-20 мм силікомарганцю і вуглецевого феромарганцю при суспензійному розливанні цих сплавів на конвеєрних машинах;
- допустима маса дрібниці, що присаджується, визначається величиною перегріву розлитого металу і при максимальному фактичному перегріві 100 °С становить в середньому 7% від маси рідкого металу;
- повне засвоєння дрібниці рідким металом забезпечується шляхом введення її в струмінь металу на жолобі розливної машини;
- показано, що суспензійне розливання марганцевих феросплавів забезпечує зменшення часу повного затвердіння злитків в мульді в середньому на 30% і зниження виходу дрібниці фракції 0-20 мм після дроблення на 3%.

Шайтанов І.В. магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ З АЛЮМІНІЄМ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

При виплавці сталі в кисневих конверторах, електродугових і мартенівських печах широко використовується такий комплексний розкислювач як феросилікомарганець. Мета роботи - дослідження і розробка технології виробництва феросилікомарганцю з підвищеним вмістом алюмінію методом змішування.

Методика проведення роботи полягала у визначенні часу розплавлення алюмінію під пальником, часу витримки сплаву до змішування, тривалості розливання, вимірювання температури металу, що розливається, і товщини злитка, а також з'ясування впливу хімічного складу сплаву на міцність одержуваного злитка і основні показники виробництва.

Міцність злитка феросилікомарганецьалюмінію характеризували виходом дрібниці при розсвірі розлитого сплаву на гуркоті з осередком 20x20 мм.

За результатами досліджень встановлено, що задовільну міцність злитка забезпечує вміст кремнію в металі не більше 18,4% при температурі розливається сплаву в межах 1310-1330 °С і товщині відливається зливка 90-100 мм.

Розроблено більш ефективна технологія отримання комплексного сплаву марганець-кремній-алюміній, заснована на утилізації тепла, виробленого з печі силікомарганцю для розплавлення алюмінію. Показана принципова можливість заміни вторинного алюмінію силікоалюмінію марки АК-19.

В результаті досліджень технології встановлено що:

1. Корисне використання алюмінію зростає на 5-7% і на 1,4% збільшується використання марганцю, в порівнянні з існуючою технологією. Одночасно знизився чад алюмінію близько 7%, економія природного газу склала 15 м³/т алюмінію економія електроенергії - 1,87 Млн кВт·год/рік.

2. Механічна міцність сплаву, що встановлена по виходу фракції -20 мм, при сортуванні збільшується з ростом вмісту кремнію в сплаві і температури металу. Вихід дрібниці в кількості не більше 10 % від маси плавки досягається при вмісті кремнію в сплаві менше 18,4% і температурі розливання не вище 1340 °С

3. Для досягнення оптимальних температурних умов розливання необхідно контролювати температуру металу. Оптимальна, тривалість витримки сплаву перед змішуванням становить 1,5-2,0 години; оптимальна температура металу, використовуваного для отримання комплексного сплаву - 1320 °С.

4. З метою підвищення ступеня використання алюмінію запропонований і перевірений в крупнолабораторних умовах спосіб отримання сплаву без попереднього розплавлення алюмінію в ковші газовим пальником. Для усереднення сплаву заливку рідкого силікомарганцю в ківш з алюмінієм виробляють в два прийоми. На початку для розплавлення алюмінію заливають третю частину металу. Потім проводять витримку протягом 3-8 хв і заливають основну масу сплаву потужним струменем. При цьому забезпечується підвищення використання алюмінію на 5-7%.

5. Запропонована технологія зменшує окислення алюмінію. Для подальшого зниження чаду алюмінію доцільно випробувати способи притоПЛення чушок алюмінію в момент заливки рідкого силікомарганцю.

6. Показана принципова можливість заміни чушкового алюмінію більш дешевим сплавом АК-19, що містить 70% алюмінію.

Череватюк Д.Д. магістрант гр. МЕТ-18-5мд,
Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

При виробництві високоякісних сталей важливу роль відіграє використання у сталеплавильному переділі чавуну з мінімальним вмістом сірки і фосфору.

Раніше основною вимогою було забезпечення вмісту сірки в чавуні до 0,01-0,02%. У сучасних умовах вимоги посилилися в сторону максимальної економічності і істотного поліпшення якості виплавленої сталі. Так, в конвертерній сталі воно не повинно перевищувати 0,008-0,010%. Крім того, збільшуються обсяги виплавки малосірчистої сталі (не більше 0,005% сірки), для чого необхідно застосовувати чавун, що містить не більше 0,001-0,003% сірки.

В даній роботі розглянуто передові способи десульфурації чавуну в умовах сталеплавильного виробництва. Вони відповідають потребі у розвитку металургійної промисловості, тобто вдосконаленню виробництва, впровадженню сучасних технологій, підвищенню якості продукції і т.д.

Аналіз процесів десульфурації на всіх стадіях металургійного виробництва доводить доцільність реалізації позапічної десульфурації чавуну, яка дозволяє спростити і здешевити технологію аглодоменного і конвертерного виробництва.

В умовах ПАТ «Запоріжсталь», коли частка експорту сталеплавильної продукції перевищує 80% та поставлені завдання з розширення випуску комбінатом високоякісної конкурентоспроможної металопродукції, актуальність і необхідність вирішення проблеми поза доменної десульфурації чавуну на якісно новому рівні все зростає.

На підставі проведених досліджень встановлено:

1. Найбільше поширення для десульфурації чавуну отримали реагенти на основі вапна, кальцинованої соди, карбиду кальцію та магнію. За перерахованих вище причин більш перспективними представляються процеси позапічної десульфурації чавуну магніємісткими реагентами, що дозволяють варіювати глибиною десульфурації і зменшити вміст сірки аж до 0,001%.

2. Серед процесів десульфурації чавуну магнієм в даний час найбільшого поширення набув метод інжекції гранульованого (зернистого) магнію за допомогою занурювальної фурми з випарною камерою. Цей спосіб відрізняється мінімальною витратою реагенту, максимальним ступенем його використання, найбільшим ступенем десульфурації, мінімальними експлуатаційними витратами.

3. Показано, що десульфурація чавуну в 350-т заливальних ковшах конвертерного цеху забезпечує подачу чавуну з заданим вмістом сірки на кожну плавку.

4. Вивчена робота фурми з «укороченою» на 150 мм випарювальною камерою.

5. Випробувана фурма для введення магнію без випарної камери - з прямооточним каналом діаметром 12 мм.

6. Проведені дослідження показали, що найбільш досконалою технологією десульфурації чавуну зараз є десульфурація в великовантажних заливальних ковшах, методом вдування гранульованого магнію в струмені газу-носія через занурювальну фурму.

Агафонов О.А., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПРО ВПЛИВ ЗНЕВОДНЮВАЧА НА ВМІСТ ВОЛОГИ У ГІДРОКСИДІ АЛЮМІНІЮ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Основним завданням барабанних вакуумних фільтрів на ділянці кальцинації є відокремлення твердої від рідкої фаз гідроксидної пульпи (суспензії), а також промивання конденсатом гідроксиду алюмінію від лугу. Відмитий гідроксид алюмінію як очищена тверда фаза (кек) прямує по конвеєрному тракту до установки киплячого шару (УКШ).

Для забезпечення нормальної економічної роботи УКШ остаточна вологість кеку на фільтрі має бути на рівні 10-11 %. Важелів для зниження вмісту води в кекі, а, як наслідок, зниження питомих витрат на паливо для УКШ без суттєвих капіталовкладень не було. Для зниження вологості кеку на стадії фільтрування та зневоднення запропоновано застосовувати реагент, який є сумішшю нейоногенних поверхнево активних речовин.

Реагенти в системі промивання фільтру поширено використовують у чорній металургії, проте для барабанних фільтрів почали застосовувати лише нещодавно. В промисловій практиці новітніх глиноземних підприємств використовують інші типи фільтрів (дискові, тарільчасті та ін.), в яких гостра пара (під тиском 0,6 МПа) подається на поверхню кеку без додавання будь-яких реагентів.

Таким чином, було розглянуто рішення про використання в промислових масштабах зневоднювача (реагенту) в лінії промивання конденсатної рампи. Реагент змішують з конденсатом та у подальшому його розпилюють через форсунки на поверхню кеку. Використання реагенту не потребує додаткових операцій його приготування, оскільки дозування відбувається за допомогою мембранного насоса. Це дозволяє в повній мірі використовувати зневоднювач на всю робочу зону барабана.

Реагент, потрапивши на пульпу, адсорбується на поверхні мінеральних частинок та сприяє гідрофобізації їх поверхонь. Завдяки гідрофобізації поверхні мінеральних частинок відбувається різке зниження їх здатності змочуватися водою або водними розчинами при збереженні паро- та газопроникності. Додавання реагенту сприяє інтенсифікації видалення гравітаційної та капілярної води.

Для визначення оптимальної витрати реагенту під час розпилення на поверхню кеку проведено декілька етапів дослідження зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах від 10 г до 60 г на 1 т глинозему. Після тривалих випробувань, на основі отриманих даних, встановлено, що при додаванні реагенту в кількості 50 г/т глинозему вміст води у гідраті знижується на 2 %. Таким чином, підтверджено доцільність та економічність використання такого способу зневоднювання гідроксиду алюмінію.

Кучер Д.С., магістрант гр. МЕТ-18-2м,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ РОЗПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ СИРОВИНИ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Висока хімічна активність алюмінію та деяких легуючих елементів спричинює забруднення розплавів під час виплавки алюмінієвих сплавів, особливо під час плавлення некомпактної і легкової вторинної алюмінієвої сировини. На ступінь забруднення розплаву

твердими і газоподібними неметалевими домішками впливають сортність, способи зберігання та підготовки шихти, черговість завантаження компонентів, способи перемішування та переливання розплаву, рафінування, методи доставляння розплаву на розливання. Перелічені чинники залежно від специфічних особливостей алюмінієвого сплаву вносять свій внесок у змінення якості розплаву, проте рафінування істотно впливає на підвищення чистоти металу.

Дослідниками Альтман М.Б., Макаров Г.С., Курдюмов О.В. та іншими виявлено основні закономірності щодо видалення неметалевих домішок та водню з розплаву під час рафінування. Визнано, що кількість водню, адсорбованого на поверхні дрібних часточок оксиду алюмінію, який достатній для утримання їх від осадження в розплавленому алюмінії, дорівнює половині сумарного об'єму оксидних частинок. Тому кількість газоподібного водню пропорційна вмісту оксиду в розплаві. Оксиди алюмінію, наявні в алюмінієвому розплаві у вигляді α - і γ - Al_2O_3 . Якщо розплав містить активні оксиди α - Al_2O_3 , тоді водень в ньому знаходиться і як розчин, і як комплексні сполуки типу γ - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}$. Розпад комплексної сполуки під час охолодження та кристалізації розплаву спричинює утворення газової пористості у виробу.

Процеси рафінування за технологічними ознаками поділяють на такі групи: поверхнєве рафінування; струменеве рафінування, рафінування пазирками. Відомі методи рафінування характерні або для одного з процесів, або є універсальними (так, обробка флюсами застосовується в будь-якому процесі). Враховуючи різноманітність вимог до ступеня чистоти металу, особливості взаємодії окремих сплавів з газами й оксидами, різні методи рафінування слід використовувати у комбінації, тобто застосовувати комплексно для очищення розплаву від декількох типів домішок. Для видалення неметалевих домішок використовують фільтрування розплаву крізь сітчасті, кускові, рідкі сольові фільтри. Зважені включення під час фільтрування затримуються механічним способом або через фізико-хімічну взаємодію з матеріалом фільтра. За допомогою флюсів зважені неметалеві домішки вилучаються внаслідок адсорбції, розчинення або хімічної взаємодії з розплавленими солями. Обробка флюсами супроводжується дегазацією розплавів.

Під час плавлення використаного алюмінієвого пакування проводили флюсове рафінування з подальшим фільтруванням розплаву через зернисті фільтри, виготовлені з магнезиту, суміші фторидів, графіту. Матеріал фільтра використовували одноразово. Під час дослідження комплексного рафінування початковий і профільований розплав аналізували на вміст неметалевих і газових домішок. Для визначення оптимальних умов рафінування змінювали висоту шару (від 40 мм до 120 мм) та розмір зерен фільтрувального матеріалу (від 2 мм до 10 мм). Встановлено, що незалежно від матеріалу фільтра ступінь очищення розплаву від домішок підвищується зі зменшення розміру зерен, збільшення висоти фільтрувального шару. Для фільтрування розплавів, отриманих переплавленням брухту алюмінієвого пакування з поверхневим лакофарбовим покриттям, вибрано зернистий фільтр із суміші фторидів.

УДК 669.712:628.477-043.61

Поляк В.В., магістрант гр. МЕТ-18-2м,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГОТОВКИ ЧЕРВОНИХ ШЛАМІВ ДО УТИЛІЗАЦІЇ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

На підприємствах глиноземного виробництва не опрацьована технологія комплексної переробки алюмінійвмісної сировини, внаслідок чого утворюється нерозчинні відходи – червоні шлами, які складаються у шламосховищах. Залежно від способу переробки

алюмінійвмісної сировини отримують червоні шлами різного складу. Шлам є пульпою, яка складається з рідкої лужної фази зі зваженими дрібнодисперсними часточками твердої фази. Основними компонентами шламів є Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O , CaO , TiO_2 , волога, леткі. Фізико-хімічні характеристики шламів залежать від якості сировини, способу її переробки, особливостей технології кожного підприємства.

Завдяки багатокомпонентного складу червоних шламів відомо велика кількість технологічних схем його використання: а) в чорній металургії для зміцнення залізородних агломератів і окатишів; б) комплексна переробка на чавун, глинозем і цемент; в) виробництво керамічних і будівельних матеріалів та ін. Використання червоних шламів у різних галузях промисловості потребує вирішення складного завдання організації та впровадження на глиноземних підприємствах технологічних ліній підготовки шламу до транспортування, оскільки їх вологість має становити до 15-20 %. Проте за сучасними схемами переробки промита шламова пульпа, що потрапляє у відвал має вологість 75-80 %.

Зневоднити шлами можна тепловою обробкою, фізичними або хімічними способами, обробкою реагентами (кварцовим піском, вапняком). До фізичних способів належить зневоднення в барабанних вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, фільтрувальних центрифугах. При хімічному зневодненні зв'язують вологу ангідридом, негашеним вапном. До теплового оброблення належить природне та примусове сушіння (в трубчастих, барабанних печах, розпилювальних сушилах). Для зневоднення червоних шламів доцільніше застосовувати фільтрування, оскільки такі установки використовують у виробництві глинозему.

На згущення пульпи впливають концентрація та температура, мінералогічний склад червоного шламу, розмір його частинок. Тверда частина шламу має малий розмір (1-10 мкм), тому для прискорення осадження червоного шламу з пульпи використовують флокулянти (крохмаль 1 кг/т, ржана мука 1,2 кг/т, вівсюг 1,5 кг/т, модифіковані поліакриламіді марок СААН, ПААБ, ППА-СГК, ППА-СГС, ППА-ЗС, ППА-Г 0,1–10 кг/м³), коагулянти (H_2O_2 , H_3PO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Donau Klar Clever 111,1 кг/м³). При взаємодії з червоним шламом ці речовини сприяють селективній агрегації частинок шламу та утворюють флокули, що осідають значно швидше. Для фільтрування і згущення при великій кількості шламу використовують двоярусну фільтрувальну установку, при малій кількості – одноярусну, Схеми згущення і промивання червоного шламу відрізняються розташуванням устаткування та кратністю промивання. Чим більше кількість промивачів, що використовують під час промивання шламу, тим більша ступінь відмивання шламу та швидше буде фільтруватися пульпа, проте збільшаться витрати на фільтрування і згущення.

Досліджено вплив технологічних умов фільтрування пульпи червоних шламів на швидкість процесу в лабораторних умовах. Швидкість фільтрування пульпи збільшується з підвищенням температури, розбавлянням пульпи, дії вібрації. Обчислено константи фільтрування та визначено оптимальні умови процесу фільтрування.

УДК 669.712:66.041:669.162.252

Голота К.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПРО МОДЕРНІЗАЦІЮ ГАЗООЧИСНИХ СПОРУД ПЕЧЕЙ ВИПАЛУ ВАПНЯКУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛИНОЗЕМУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Досвід використання циклонів типу СДК-ЦН для очищення від дрібнодисперсного пилу димових газів, що відходять з печей випалу вапняку в виробництві глинозему, показав їх низьку ефективність (30-60 %).

Для уловлювання дрібнодисперсного пилу з газів, що очищаються, застосовують

пилогазоочисні апарати більш високого класу – рукавні фільтри і електрофільтри. Ці апарати забезпечують ефективність очищення 99 % і вище за умови дотримання технологічного режиму їх експлуатації.

Зазвичай тканинні рукавні фільтри застосовують для уловлювання дрібнодисперсного пилу з газів з температурою до 250 °С. При температурах понад 250 °С починається процес руйнування більшості поширених фільтрувальних тканин або скорочується термін їх можливого використання до економічно невігідного. Сучасні фільтрувальні тканини, що призначені для експлуатації за температур понад 250 °С, в декілька (до п'яти) раз дорожчі, ніж тканини з температурою експлуатації до 250 °С. Крім того, істотно впливає склад газу, що очищається, і наявність пилових частинок, які можуть руйнувати тканину або погано піддаватися видаленню з поверхні фільтрувальної тканини і з бункерів рукавного фільтра.

Електрофільтри є універсальнішими апаратами для уловлювання пилу серед сучасних. Електрофільтри зазвичай забезпечують ступінь очищення газів від пилу 99,5 % та більше. В електрофільтрах уловлюються пилові частинки розміром від 100 мкм до 0,01 мкм, тобто і субмікронні, при концентрації пилу в газах 50 г/м³ і більшій. Промислові електрофільтри застосовуються в діапазоні температур до 400-450 °С, в деяких випадках і за більш високих температур, а також в умовах впливу різних корозійних середовищ. Електрофільтри характеризуються найменшим гідравлічним опором порівняно з іншими апаратами, працюють як при атмосферному тиску, так і при тисках вище і нижче атмосферного.

Електрофільтри відрізняються відносно низькими експлуатаційними витратами. Витрати електроенергії становлять зазвичай 0,36-1,8 МДж (0,1-0,5 кВт·год) на 1000 м³ газу. Системи пиловловлення із застосуванням електрофільтрів повністю автоматизовані. Додатковим аргументом щодо доцільності застосування електрофільтра є питомий електричний опір пилу. Питомий електричний опір пилу газів, що відходять з печей випалу вапняку, становить $0,59 \cdot 10^6$ Ом·м, тобто пил належить до другої групи пилу, питомий електричний опір яких становить 10^2 - 10^8 Ом·м.

Пил другої групи зазвичай добре уловлюється в електрофільтрах. Під час осадження на електродах частинки пилу розряджаються не миттєво, а через деякий час, достатній для накопичення шару і формування з дрібних частинок, що осаджуються, агломератів під дією електричних і адгезійних сил. Розмір агломератів зазвичай такий, що основна частина пилу при струшуванні електродів потрапляє в бункер електрофільтру і лише невелика кількість виноситься газовим потоком, утворюючи вторинне пиловивнесення.

Враховуючи високу температуру (260-305 °С) газів, що підлягають очищенню, наявність у складі пилу оксиду кальцію (основний характер пилу) і позитивний досвід застосування електрофільтра при реконструкції пилогазоочисної установки однієї з печей випалу вапняку, найбільш прийнятним апаратом для вилучення пилу з димових газів інших печей випалу вапняку у виробництві глинозему є електрофільтр ЕГУ1-15/400.

УДК 669.871:669.054

Смітєнко І.Г., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ГАЛІЮ ДОДАТКОВИМ ОЧИЩЕННЯМ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Технічний галій використовують у виробництві легкоплавких сплавів, термометрів, покриттів, у медицині, високочистий галій – для реєстрації нейтрино, у волоконно-оптичних лініях зв'язку. Перспективне його застосування як теплоносії в атомному реакторобудуванні, вискоефективних фотоелектричних перетворювачах і

напівпровідникових лазерах. Оксидні кристали високочистого галію незамінні в лазерах, нелінійній оптиці, резонаторах.

В промисловості основну кількість галію вилучають із продуктів технології переробки глиноземвмісної сировини. В процесі отримання глинозему з бокситових і нефелінових руд галій переходить в розчин алюмінатів у вигляді галату натрію. Циклічність використання оборотного лужного розчину приводить до накопичення в ньому галію. Його вміст у розчинах становить 0,07-0,15 г/л. Тому постає питання організації, разом з виробництвом глинозему, отримання супутнього продукту – високочистого галію.

Очищення чорного галію для отримання високочистого металу відбувається за три етапи: термостатування, вакуумне фільтрування, гідрохімічне оброблення.

На першому етапі очищення (термостатуванні) чорновий галій піддають термічному обробленню в шафах вакуумного сушіння при температурі 120-150 °С протягом 12 год. Під час термічного оброблення хімічно активніші, ніж галій, домішки переходить в оксидну форму або утворюють тверді інтерметалідні сполуки. Нерозчинні в галії тверді часточки і шлам сполучаються, спливають на поверхню металу та, після вилучення ємності з галієм із шафи, видаляються. Під час вакуумного фільтрування на воронках Шотта з розміром комірки пор керамічної пластини 100 мкм відбувається очищення галію від дрібних домішок. Під час гідрохімічного оброблення з чорного галію видаляються домішки, які вступають у взаємодію з розчинами кислот. Домішки Al, Mg, Zn видаляють обробленням галію розчином азотної кислоти, а домішки Fe, Cu, Ni – розчином соляної кислоти. Після проведення трьох етапів очищення чорного галію на виробництві отримують метал з чистотою 99,99 %.

Для більш глибокого очищення металу і досягнення чистоти галію 99,999 %, на підприємстві запропоновано та досліджено додаткову стадію очищення – кристалізацію. Кристалізаційне рафінування засновано на різній розчинності металів-домішок у твердій і рідкій фазах. Під час такого рафінування відбувається нарощування шару галію методом спрямованої кристалізації на внутрішній поверхні ємності, в яку розміщено метал, що очищується.

При кристалізації незакристалізована рідка фаза збагачується домішками Cu, Pb, Zn. Технологією передбачено кристалізацію галію в круглому кристалізаторі з перфорованим графітовим вкладишем і з механічним змішуванням або в титановому кристалізаторі з електромагнітним змішуванням на установці ДШАК для змішуванні легкоплавких металів. Очищені кристалічні фази галію після останньої фази кристалізації аналізують на вміст домішок Cu, Pb, Al, Fe, Zn, Mg, Si, Ni. Метал, що не відповідає необхідній якості, відправляють на додаткову перекристалізацію.

Таким чином, дослідженням встановлено, що додаткове очищення галію методом спрямованої кристалізації дозволяє отримувати галій, що містить 99,99899 % основного металу, та розширити сфери застосування супутньої продукції глиноземного виробництва.

УДК 669.01

Карюк А.Ю., магістрант гр. МЕТ-18-1мд,
Харченко О.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВЕЛР В КИСНЕВО-КОНВЕРТОРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

В даний час в світі для виплавки сталі в основному використовують кисневий конвертер і дугову сталеплавильну піч (ДСП). Конкурентоспроможність в сталеплавильному виробництві забезпечується якістю і ціною продукції, які на пряму залежать від кількості використаних матеріалів на розкислення і легування сталі, а постійне впровадження

енергозберігаючих технологій дозволяє знизити собівартість кінцевої продукції і заощадити природні ресурси. Тому розробки ефективних заходів по зниженню шкідливих домішок, зокрема сірки та фосфору, при виплавці металу залишаються актуальними й досі.

Так в інституті чорної металургії НАН України протягом декількох років виконуються роботи по використанню електричної енергії малої потужності при проведенні конверторної плавки шляхом накладення на рідку ванну низьковольтного електричного потенціалу. Проведені дослідження показали на практиці можливості покращення ряду важливих техніко-економічних показників конверторної плавки.

Використана електрична енергія малої потужності, на відміну від використання електричної енергії в класичній електрометалургії, виступає в ролі своєрідного каталізатору, що більш повно розкриває внутрішній потенціал процесів. Достатньо висока провідність металічного та шлакового розплаву та іонна структура останнього, дали можливість для використання цієї технології.

Процес рафінування металу напряду залежить від покривних шлаків. В результаті застосування постійної негативної напруги до шлаку процес плавки інтенсифікується, а термодинамічна рівновага зміщується в бік окислення заліза. При цьому спостерігається значний приріст температури, який можливо пояснити тільки в рамках концепції хімічних потенціалів Гіббса.

Як показали багаточисленні дослідження, застосування нової технології вторинного електротермічного легування й рафінування в кисневому конвертері дозволяє: інтенсифікувати процес окислення домішок в металі; точніше контролювати процес на заключних етапах киснево-конверторної плавки; отримати суттєву економію матеріалів, що використовуються для продування рідкого металу ванни (киснем або сумішшю кисню з вуглекислим газом) за звичайною технологією; послабити вимоги до матеріалів кисневих фурм; підвищити стійкість кисневих фурм за рахунок зменшення інтенсивності продувки; зменшити викиди конвертерних газів в атмосферу на 15-20%,

УДК 666.374.2

Кудрявцева О.М., магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Харченко О.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ВОГНЕТРИВКИХ БЕТОНІВ ДЛЯ МОНОЛІТНОЇ ФУТЕРОВКИ ТЕПЛОВИХ АГРЕГАТІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Зниження питомої витрати вогнетривів у виробництві, перш за все в чорній металургії, є основоположною сучасною тенденцією. Серед чинників, що зумовили істотне зменшення питомої витрати вогнетривів у виробництві сталі, найбільш важливим є застосування нових неформованих вогнетривів. При цьому частка неформованих вогнетривів в загальному обсязі вироблених вогнетривів зростає.

До неформованих вогнетривів відносяться вогнетривкі бетони (бетонні маси і суміші), торкрет-маси, набивні і пластичні маси, мертели (вогнетривкі розчини), сухі суміші, вогнетривкі покриття, керамічні волокна і матеріали на їх основі. Найбільш затребуваними серед неформованих вогнетривів є вогнетривкі бетони і торкрет-маси.

Істотним недоліком традиційних вогнетривких бетонів з в'язучими на основі глиноземистого або високоглиноземистого цементу, є знижені механічні та термомеханічні властивості. Удосконалення бетонів гідратаційного твердіння ведуть по шляху зниження вмісту високоглиноземистого цементу, що досягається насамперед розробкою комплексних типів зв'язуючих, у яких основна частина цементу або цемент повністю замінюється високодисперсними або ультрадисперсними порошками або колоїдною зв'язкою.

Найбільш значні успіхи в останні десятиліття досягнуті в області створення нових вогнетривких бетонів, які часто називають наливними вібраційними тиксотропними вогнетривкими масами - нізкоцементних, ультранізкоцементних, а також безцементних (в тому числі керамобетонів). На відміну від традиційної технології віброукладання стосовно до останніх створені литі (саморозтікаючі при низькій вологості) бетони, а також технології їх нанесення (укладання) методом торкретування.

Для правильного вибору вогнетривкого бетону, що володіє оптимальним поєднанням властивостей для тих чи інших умов експлуатації, необхідно враховувати такі відмінні характеристики нізкоцементних сумішей:

1. Висока щільність, низька пористість, малий розмір пор. Наявність в складі бетонів ультрадисперсних порошоків розміром 0,5-10 мкм збільшує щільність упаковки частинок, це, а також наявність диспергаторів знижує кількість води, необхідну для приготування бетону (до 4-7 проти 8-12% для звичайних бетонів). Це призводить до зростання щільності бетону, зниження пористості і збільшення частки дрібних пор.

2. Хімічна стійкість до дії агресивних середовищ і рідких металів і сплавів.

Всі ці питання про придатність вогнетривкого матеріалу, визначення терміну бездефектної служби, а також про надання йому необхідних якостей, можна вирішити тільки за умови точного знання про процеси структуроутворення в матеріалі при його виготовленні і зміні, що відбуваються в процесі експлуатації.

Література

1. Пивинский Ю. Е. Неформованные огнеупоры: Справочное издание: В 2-х томах. Т. 1. Книга 1. Общие вопросы технологии [Текст] — М.: Теплоэнергетик, 2003. — 448 с.

УДК 669.15'74-198

Гострий К.А., магістрант гр. МЕТ-18-1мз
Башлій С.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТРЬОХСТАДІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МАРГАНЦЮ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Відвальний шлак металевго марганцю при охолодженні зазнає ряд модифікаційних перетворень через енантіотропне перетворення бета ортосилікату кальцію яке, в свою чергу, супроводжуються збільшенням об'єму. Відвальний шлак розсипається, що ускладнює його використання у складі шихт інших феросплавів або в суміжних металургійних виробництвах. Узагальнюючи результати аналізу діючих технологічних процесів виробництва марганцю силікотермічним методом доведено, що використання марганцю в товарні феросплави не перевищує 52% через його втрати з відвальним шлаком третьої стадії. Єдиною задачею удосконалення трьохстадійної технологічної схеми та процесів виплавки марганцевих феросплавів силікотермічним методом є зниження втрат марганцю. При виробництві металевго марганцю підвищення вмісту кремнезему в малофосфористому шлаку, в порівнянні з початковим концентратом, призводить до необхідності введення в шихту значної кількості флюсу, що підвищує вихід відвального шлаку і втрати з ним марганцю. Дослідження показує, що заміна частини кремнезему на глинозем при виплавці малофосфористого шлаку покращує техніко-економічні показники процесу. Перспективними з точки зору калій і натрій містких матеріалів є алюмосилікатна сировина відходів збагачення вугілля зола якого містить 5% (K_2O+Na_2O) і 17% Al_2O_3 . Вона дозволить знизити вміст оксидів кремнію в шлаку і підвищить концентрацію у ньому оксидів лужних металів і сірки. Одним з шляхів економічного отримання марганцю є використання в якості шихтових

матеріалів відходів суміжних виробництв що містять марганець або матеріали які сприяють повнішому витягання марганцю. Введення до складу шихти при виплавці малофосфористого шлаку відходів коксохімічного виробництва зменшує витрату коксового дріб'язку, підвищує міру утилізації матеріалу. Підвищення вмісту Al_2O_3 в шлаку при виплавці марганцю створює сприятливі кінетичні умови для повнішого витягання марганцю. Для заміни кремнезему на глинозем найбільш відповідним матеріалом є відходи виробництва вторинного алюмінію, що містять 80% глинозему, 15% алюмінію і 5% кремнезему.

Приведені результати досліджень технологічних процесів забезпечують істотне підвищення наскрізного коефіцієнта витягання марганцю шляхом створення раціональної комбінації технологічних рішень для максимально ефективного використання фізико-хімічних властивостей шихтових матеріалів. Таким чином, для вдосконалення трьохстадійної технології виплавки металевого марганцю доцільно вводити глиноземні матеріали в шихту на першій стадії – стадії виплавки малофосфористого шлаку. Досліджуючи теплофізичні властивості шихти доведено, що оптимальною є шихта, що має у своєму складі відходи виробництва вторинного алюмінію, що містять до 80% глинозему.

УДК

Прохорова А.Д., магістрант гр. МетМ-18-3,
Щербакова Е.П., PhD – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОД - УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Карагандинський державний технічний університет, г. Караганда, Казахстан

Основными параметрами, обеспечивающими качественные характеристики низкоплотных УУКМ, являются плотность с гарантированным разбросом по объему, коэффициенты теплопроводности, коэффициенты термического линейного расширения, упругие и прочностные характеристики, структурный, фазовый и химический состав.

Для обеспечения гарантированной плотности с допустимыми значениями ее разброса предполагается исследование структурного состава и геометрических параметров структурных элементов для получения низкоплотных УУКМ, исследование их влияния на вязкость водных суспензий и технологические режимы слива водных суспензий.

Особое значение на параметры плотности УУКМ, формирование пористости и физико-механических характеристик оказывают процессы низко- и высокотемпературной обработки.

Разработка математической модели процесса карбонизации низкоплотных УУКМ дает возможность прогнозирования пористости, термохимических усадок, упругих и прочностных характеристик конечного материала.

В математической модели используются характеристики компонентов низкоплотных УУКМ, которые подвергаются термохимическим преобразованиям в процессе карбонизации. Для определения термохимических усадок, изменения упругих и прочностных характеристик компонентов разработаны специальные методы, создано исследовательское оборудование и проведен комплекс исследований. Наиболее эффективными и достоверными методами исследований компонентов композита являются методы, основанные на измерении скорости распространения ультразвуковых колебаний.

Объектами исследования являются короткие углеродные волокна на ос-нове вискозы, фенолформальдегидная смола СФ-010.

Предмет исследования это механизмы и процессы формирования структуры низкоплотных УУКМ, полученных с использованием метода высадки из водной суспензии.

**О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА ПОЛУФАБРИКАТА НА ОСНОВЕ
ПЛАВЛЕННОГО КИТАЙСКОГО ПЕРИКЛАЗА НА МИКРОСТРУКТУРУ
ОБОЖЖЕННЫХ ОГНЕУПОРОВ**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

Огнеупоры повышенной стойкости позволяют развивать высокоэффективные процессы в металлургии, химической технологии, производстве строительных материалов, энергетике, приборостроении. Развитие методов выплавки легированной стали, внепечной обработки вакуумом, инертными газами, синтетическими шлаками существенно изменили требования, предъявляемые и к самим огнеупорам, и к технологии их изготовления. За последние годы в технологии огнеупоров приобрел существенное значение метод плавки и литья, применяемый для огнеупоров из оксидов, отличающихся стойкостью к диссоциации при высоких температурах.

Развитие огнеупорной промышленности в области магнезиальных огнеупоров нового поколения возможно на основе глубокого научного исследования физико-химической механики и петрологии процессов формирования указанного вида огнеупоров [1].

Повышение качества магнезиальных огнеупоров начинается с роста содержания оксида магния, увеличения размеров кристаллов периклаза и плотности периклазовых порошков.

Обжигу подвергали образцы полуфабриката, изготовленного из одного состава шихты на основе плавленного китайского периклаза, и спрессованного при максимальном удельном давлении 98 КПа. Обжиг выполняли при максимальных температурах 1833, 1853, 1923 и 1973 К и длительности изльноитснмеой выдержки 5 ч.

Исследование под микроскопом микроструктуры образца, обожженного при максимальной температуре 1833 К показало неоднородную обломочную структуру, обусловленную наличием крупных агрегатных зерен и монокристаллов плавленного периклаза и недостаточно с ними спеченной тонкомолотой связующей массы того же состава. Агрегатные зерна периклаза угловатой неправильной формы с преобладающими размерами 0,6-2,8 мм слагаются из крупных полигональных и изометрических кристаллов размерами от 80 до 600 мкм и значительно реже состоят из призматических кристаллов размерами до 800 мкм.

Силикаты присутствуют в виде монтчеллита $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ и форстерита $2MgO \cdot SiO_2$. Их соотношение определяется количеством примеси CaO. Концентрируются силикаты между кристаллами плавленного периклаза тонкими прерывистыми и сплошными прослойками или представлены округлыми выделениями по периклазу, часто по зернам наблюдаются округлые замкнутые поры размерами 10-50 мкм. В довольно пористой связке преобладают изотермические зерна плавленного периклаза размерами 50-150 мкм. Поры в основном имеют округлую форму, реже встречаются сообщающиеся каналы с преобладающими размерами 50-150 мкм. Между зернами заполнителя и связкой наблюдаются прерывистые трещины шириной 0,02-0,06 мм.

Для образца, обожженного при максимальной температуре 1973 К характерно более плотное и крупнокристаллическое строение, обусловленное дополнительным спеканием в условиях более высоких температур. Участки заполнителя слагаются круглыми призматическими и вытянутыми кристаллами периклаза с преобладающими размерами 80-800 мкм и более плотной структурой зерен. Имеющиеся в небольшом количестве силикаты распределены в целом равномерно в виде прерывистых пленок между кристаллами и сфероидальными включениями в кристаллах периклаза. Связующая масса состоит из угловатых бесцветных кристаллов размерами 50-120 мкм. При этом поры немногочисленны,

в основном округлой формы размерами 40-80 мкм, максимальный размер 110 мкм. Имеет место плотный контакт зерен заполнителя со связкой.

Микроскопическое исследование образцов показывает, что силикатные фазы располагаются в виде весьма тонких прослоек между зернами оксида магния MgO . Наблюдается также значительное количество так называемых прямо связанных кристаллов периклаза. Присутствие силикатов на границах кристаллов оксида магния проявляется в процессах относительного смещения зерен при высокотемпературной деформации.

Повышение температуры обжига магнезитовых изделий снижает их пористость и повышает прочность и температуру начала деформации под нагрузкой.

Литература

1. Попов О. Н. Производство и применение плавнелитых огнеупоров / О. Н. Попов, Д. Г. Рыбалкин, В. А. Соколов и др. - М. : Металлургия, 1985. - 256 с.

УДК 621.315

Євсєєва А.М., магістрант гр. МЕТ-18-2мз,
Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ВИРОЩУВАННЯ МОНОКРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ СПРЯМОВАНОЮ КРИСТАЛІЗАЦІЄЮ.

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Розвиток суспільство тісно пов'язано з розвитком джерел енергії. Особливо гостро це питання стає з вичерпними джерелами (вугілля, газ, нафта) запаси котрих обмежені і поступово закінчуються. Найбільш перспективними джерелами альтернативної енергії є сила вітру та сонячного випромінювання. Для виготовлення сонячних елементів з високими значеннями коефіцієнта корисної дії необхідні монокристали кремнію з заданими електрофізичними властивостями.

На даний час виробництво монокристалів кремнію відбувається методом спрямованої кристалізації з розплаву на затравці. Проаналізовано рух інертного газу, летючих домішок, монооксиду кремнію та вуглецю в установці вирощування монокристалів кремнію методом Чохральського. Запропоновано замінити верхню подачу інертного газу на нижню. Інертний газ подавати у нижню камеру таким чином щоб він виходив у центральній частині, вакуумний отвір для відводу газів зробити у верхній частині нижньої камери вище системи бокових екранів теплового вузла та у верхній камері. Газовий потік, підіймаючись в гору, буде нагріватися за рахунок нагрітих частин теплового вузла та нагрівача, та видаляти моноокси і летючі домішки.

Конев Р.М., магістрант гр. МЕТ-18-2мз,
Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ВИРОБНИЦТВО ГУБЧАСТОГО ТИТАНУ ВІДНОВЛЕННЯМ ТЕТРАХЛОРИДУ ТИТАНУ МАГНІСМ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра Металургії

Високі темпи розвитку техніки обслуговують необхідність розширення застосування високоякісних конструкційних матеріалів з самими різними властивостями. Серед металів, на основі яких розробляються сплави з підвищеними механічними і корозійними властивостями, здатні працювати в складних умовах, важливе місце належить титану. В основу технології виробництва титану покладено процес Кролля - отримання титану магнієтермічним відновленням тетрахлориду титану з наступною вакуумної дистиляцією. Якість отриманої титанової губки залежить від вмісту домішок в ній.

При проведенні процесу вакуумної сепарації в реактор з губчастим титаном через негерметичність апаратури натікає певна кількість повітря, з яким у блок титану губчастого надходить певна частка газових домішок азоту. Також азот потрапляє в титан губчастий з повітря при розбиранні реакторів відновлення і вакуумної сепарації. Це підтверджують розрахунки термодинамічних величин реакцій взаємодії титану губчастого з повітрям робочого приміщення. Під час операцій відновлення та сепарації крім азоту, титан губчастий забруднюється і іншими шкідливими домішками – киснем та їхніми з'єднаннями що утворюються при взаємодії з ними у вигляді оксидів (TiO_2), нітридів (TiN_2) і окислів (Ti_2O_3) та інших. Процес відновлення та сепарації губчастого титану потребує додаткових досліджень по зниженню впливу розглянутих факторів на вміст домішок у реакційній масі.

Красса О.О., магістрант гр. МЕТ-18-2мд,
Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ОСОБЛИВОСТІ ВИПЛАВКИ ТИТАНОВИХ ШЛАКІВ У РУДНОТЕРМІЧНІЙ ПЕЧІ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра Металургії

Титан – є основним конструкційним матеріалом якій має широке використання, головним з яких є сплавів для авіаційної і ракетної техніки. Багато титанових сплавів по міцності перевершують леговану сталь. Титан і його сплави мають дві основні переваги в порівнянні з іншими конструкційними матеріалами, а саме: високу питому міцність і відмінну корозійну стійкість в найсуворіших атмосферних умовах, а також у ряді сильних хімічних реагентах.

Одним з етапів виробництва металевого титану є отримання титанового шлаку якій далі буде піддаватися хлоруванню. Для цього титанову руду збагачують з отриманням концентрату, що містить 45...70 % TiO_2 , а потім концентрат піддають плавці з отриманням титанового шлаку (до 85 % TiO_2) і чавуну.

Для заощадження енергоресурсів, раціонального використання відходів пропонується використовувати брикетовану шихту для виробництва титанових шлаків у руднотермічній печі. Використання брикетів, що містять тонкоподрібнений вуглецевий матеріал, запобігає випередження розплавлення шихти, а відновлення оксидів заліза в основному протікає в твердій фазі, спостерігається значно краща і рівномірна газопроникність, різко знижуються втрати сировини із-за віднесення дрібних часток, полегшується ведення плавки із закритим колошником печі; повніше використовується енергія печі і теплова енергія газів.

Іванюк А.А., магістрант гр. 8.1369-мкм,
Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА МАГНІЮ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра Металургії

Магній відноситься до легких металів. Він легше заліза в 4,5 рази і алюмінію в 1,5 рази. За останні десятиліття виробництво і споживання магнію поступово росте. Внаслідок високої хімічної активності магній забруднюється домішками, що слід враховувати при розробці технології його виробництва. Домішки сильно впливають на корозійну стійкість магнію. Особливо шкідливо діють хлористі солі, які гідролізуються при взаємодії продукції з вологою повітря. В даний час значна кількість магнію використовується для виробництва губчастого титану, де магній використовують у якості відновника хлоридів титану в реакторах. У виробництві титану використовуються чистий магній та пред'являють жорсткі вимоги по вмісту домішок, так як вони будуть забруднювати губчастий титан що утворюються

При електролітичному отриманні магнію електроліт представляє собою складну багатокомпонентну систему, що складається із суміші хлориду магнію і хлоридів лужних (натрій і калій) і лужноземельних (кальцій або барій) металів. При електролізі електроліт збіднюється хлористим магнієм. Його склад залежить головним чином від вмісту солей в природному або штучному карналіті, а також від схеми їх збагачення. В інших випадках для електролізу застосовують технічний хлористий магній. Виробництво електролітичного магнію високої якості складний процес що потребує вдосконалення.

Асаулова Ю.О., магістрант гр. Мет-18-1мд
Харченко А. В., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ТЕХНОЛОГІЯ ВЕЛР ЯК АКТУАЛЬНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ ПЕРЕДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

При аналізі розподілу сірки між металом і шлаком в процесі електрошлакової переплавки постійним струмом неодноразово виникало питання про можливість використання установок піч-ківш для вторинного легування і рафінування сталі. Однак через відсутність адекватних фізико-хімічних моделей багатокомпонентних систем «метал-шлак-газ» неможливо було ефективно управляти даним процесом. Впровадження в модель такої системи ентальпійного теплового балансу з невід'ємним розрахунком кінцевої температури і нової термодинамічної моделі конденсованих розчинів практично завершило теоретичну розробку «каркаса» фізико-хімічної моделі, придатної не тільки для побудови повністю автоматизованих систем управління існуючими металургійними процесами, а й відкрило практичні можливості для розробки теоретичних основ і технології принципово нових процесів, таких як вторинне електротермічне легування і рафінування (ВЕЛР) в процесі обробки металу в печі-ковші.

Основним елементом теорії ВЕЛР є так звана крива електронейтральності (КЕ), яка дозволяє оцінювати здатність елементів до окислення і відновлення в даних умовах рівноваги. Знання якісних і кількісних характеристик КЕ, а також вміння управляти ними за допомогою зовнішнього електричного поля дозволяє організувати принципово новий процес

ВЕЛР на практиці.

Основними перевагами використання методу ВЕЛР для обробки сталі у вдосконалених установках піч-ківш є:

1. Економія дорогих феросплавів, синтетичних шлаків і порошкоподібних модифікаторів.
2. Можливість утилізації рядових конвертерних, мартенівських і доменних шлаків.
3. Можливість проведення десульфурзації і дефосфорації без введення реагентів, що підвищують вміст неметалевих включень.
4. Можливість введення в розплав високоактивних легуючих добавок з максимальним ступенем засвоєння.
5. Зменшене газовиділення і пилоутворення у порівнянні з існуючими методами легування і розкислення сталі.

ВЕЛР є новим процесом позапічної обробки сталі. Його можливості і особливості технологічної реалізації знаходяться у стадії вивчення і розробки. Однак перераховані переваги ВЕЛР дозволяють припустити, що цей процес, поряд з іншими методами позапічної обробки сталі, знайде широке застосування в металургійному виробництві.

УДК 669.046.582.2

Захарчук І.О., ст. гр. МЕТ-18-1мд

Харченко О. В., доцент, канд.техн.наук – науковий керівник

ОСОБЛИВОСТІ ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ЛУЖНОЗЕМЕЛЬНИМИ МЕТАЛАМИ З ВИКОРИСАННЯМ ВЕЛР

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

У ряді робіт за результатами експериментальних і теоретичних досліджень були викладені можливості легування та рафінування металу (ВЕЛР) по ефективному легуванню і сталі. Було показано, що однією з технологічних особливостей ВЕЛР є істотне зменшення маси шлаку по ходу позитивного процесу. Процесу, в якому електричний заряд шлаку є позитивним. Як показують теоретичні розрахунки, цей ефект супроводжується не тільки переходом аніонів в метал, але освітою газової фази при збільшенні заряду шлаку вище деякого порогового рівня.

Підвищений заряд шлаку дозволяє не тільки знизити вміст сірки, кисню і неметалічних включень в металі до наднизьких величин, але і отримати модифіковану сталь з вмістом кальцію і магнію понад 0,04%. Як відомо, в абсолютній більшості марок сталі вміст цих елементів не регламентується і фактично не перевищує 0,001%. При проведенні експериментальних досліджень фіксувалося зменшення маси шлаку і інтенсивне газоутворення. Слід зазначити, що газоутворення перешкоджає інтенсифікації позитивного процесу ВЕЛР і сприяє зменшенню його ефективності, оскільки з шлаку в газову фазу йдуть і безповоротно губляться цінні легуючі елементи, такі як марганець, кальцій і магній.

Очевидно, що відносно високий парціальний тиск пари кальцію не дозволяє отримати високий його вміст в сталі при звичайному атмосферному тиску, так що 0,04% Са є межею для всіх досліджуваних марок сталі. Підвищення зовнішнього тиску до 200 кПа виявляється достатнім, щоб довести вміст кальцію в сталі до 0,30-0,35%. У цьому випадку велика частина кальцію шлакової фази переходить не в газову фазу, а в метал.

Слід зазначити практично лінійну залежність вмісту кальцію від питомого заряду шлаку на висхідних ділянках кривих при підвищеному тиску. Це створює можливість надійного управління необхідним вмістом кальцію в сталі від слідів до верхньої межі 0,35%. Для подальшого збільшення вмісту кальцію в сталі необхідно збільшувати частку СаО в

шлаку і масу самого шлаку.

Якщо вміст кальцію в стали зі збільшенням позитивного заряду шлаку монотонно зростає від вельми малих значень до верхньої межі, то вміст магнію проходить через максимум 0,020-0,026%, що приблизно відповідають мінімальним тискам утворення газової фази. При подальшому збільшенні заряду шлаку вміст магнію помітно зменшується і стабілізується на рівні 0,01% при $q > 1,25$ F/моль. Це пов'язано з тим, що частина магнію йде в газову фазу. Підвищення зовнішнього тиску до 200 кПа не збільшує вміст магнію в стали. Для отримання сталі з більш високим вмістом магнію необхідно збільшувати частку MgO в шлаку.

Цікаво відзначити, що модифіковану сталь з високим вмістом кальцію і магнію і наднизьким вмістом сірки і кисню можна отримати також з використанням нелегованого напівпродукту і конвертерного шлаку.

Теоретично за допомогою ВЕЛР можна практично повністю видалити сірку і кисень з металу за рахунок ефективного зміщення рівноваги в системі метал-шлак-газ. Однак при насиченні шлаку киснем і сіркою шлакова фаза стає термодинамічною нестабільною і може початися її випаровування раніше, ніж відбудеться повне видалення сірки.

УДК 661.666

Алексейчик С.О., магістрант гр. МЕТ-18-2мд,
Бережна О.Р., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЯКІСТЬ ГРАФІТОВАНИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Основним параметром, що визначає рівень фізико - механічних характеристик графітованих електродів, є гранична температура графітації. Від граничної температури графітації залежить міжплощинна відстань d_{002} , питомий електричний опір, коефіцієнти теплопровідності і лінійного термічного розширення, межі міцності на стискування і розтягування.

В умовах прямої графітації розподіл температури по довжині електродів стає неоднорідним в результаті різного електричного опору в зонах стикування окремих електродів по довжині свічки і в зонах токопідводів.

Вибір конструктивного рішення стикування електродів у свічці представляє складне науково – технічне завдання.

Пряме стикування по торцях електродів, оброблених механічним шляхом, не забезпечує щільного контакту. Заповнення зони стикування порошкоподібним графітом або вугіллям вимагає прикладання високого питомого тиску і крім того, технологічно зробити досить складно.

Формування зони стикування у вигляді профільної поверхні вимагає високої точності обробки двох поверхонь, що знаходяться в різних площинах.

Найбільш зручним варіантом може бути установка в зоні стикування прокладення на основі графойла. Цей варіант буде дещо дорогим, але значно технологічніше.

У класичних печах графітації основна кількість тепла виділяється в коксовій засипці, а нагрів заготівель електродів реалізується за рахунок теплопровідності від їх поверхні до центру.

Відведення тепла від керна печі в подину, бічні стіни і зведення значно знижує температуру в зонах бічних поверхонь.

Використання для нагріву змінного електричного струму призводить до появи скін - ефекту, в результаті якого щільність електричного струму вище по периферії, ніж в центрі. За рахунок скін – ефекту відбувається деяке вирівнювання температури по поперечному

перерізу керна. Проте різниця температур складає до 400°C.

Такий перепад температур створює неоднорідні властивості в електродах між центром заготівель і їх краями.

Зниження електропровідності по краях заготівель призводить до перевитрати електричної енергії на одиницю продукції.

УДК661.666

Патрашок , магістрант гр. МЕТ-18-2мд,
Бережна О.Р., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЧАСУ НА ВЛАСТИВОСТІ КАРБОНІЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Під карбонізацією розуміють процес термічної обробки пресованих заготівель, що призводить до спікання часток порошку наповнювача коксом зв'язуючого.

Основним при термічній обробці вуглецевих пресованих заготівель є формування зв'язуючого цементуючих коксових решіток. При цьому відбувається термічна деструкція зв'язуючого, утворення з нього напівкоксу і наступне перетворення його в кокс, що зв'язує в єдине ціле частки вуглецевого наповнювача. Матеріал, що утворюється в результаті спікання, представляє агрегат вуглецевих часток, скріплених коксом зв'язуючого. Це новий стан забезпечує такі цінні властивості виробів, як міцність, термічна і хімічна стійкість, висока електропровідність, завдяки яким вуглецеві матеріали широко застосовуються в різних галузях промисловості.

Виходячи з призначення операції випалення вуглецевих формованих заготівель, головними завданнями при випаленні вважають забезпечення максимального виходу коксового залишку зі зв'язуючого, що обумовлює міцність спікання часток наповнювача і кінцеву механічну міцність обпалюваних заготівель і готових виробів; отримання матеріалу з однорідної за усім об'ємом заготівлі бездефектною структурою.

В процесі випалення у вуглецевих заготівлях внаслідок їх складного початкового складу протікають різні фізико-хімічні процеси, що супроводжуються зміною агрегатного стану (заготівля спочатку розм'якшується внаслідок розплавлення зв'язуючого пека, потім знову твердне в результаті коксування останнього); зміною розмірів (розширенням і усадкою); втратою маси. Ці зміни заготівель можуть відбуватися в певній послідовності і одночасно супроводжувати один одного. Результатом різноманітних дій є напруга в заготівлях, які при несприятливому поєднанні технологічних параметрів можуть привести до спотворення форми заготівель або до їх розтріскування. Тому нагріваючи і охолоджуючи заготівлі при випаленні за інших рівних умов необхідно вести так, щоб звести до мінімуму напругу, що неминуче виникає в них.

Експериментальні дані показали, що з повільним підйомом температури в печі при випалюванні заготовок, їх механічні властивості покращуються, і зменшується усадка виробу. При збільшенні швидкості підйому температури, а отже скорочення тривалості процесу випалу призведе до зменшення трудовитрат і збільшенню якості виробу.

Білогуров Е.В., магістрант гр. МЕТ-18-1мд,
Скачков В.О., професор, д-р техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТРУБОК ПРИЦЕЗІЙНОЇ ЯКОСТІ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

У сучасній техніці широко застосовують сплави на алюмінієвій основі, які за технологічними властивостями поділяють на три групи: ливарні сплави, з яких виготовляють деталі ливарним способом; сплави, що деформуються, з яких виготовляють різні напівфабрикати прокатуванням, пресуванням, волочінням, куванням і штампуванням; сплави, що одержують способом порошкової металургії — спіканням (САП — спікання алюмінієвих порошків, САС — спікання алюмінієвих сплавів).

Розливання трубок малого діаметру з алюмінієвих сплавів може бути реалізоване в металевому трубчастому кристалізаторі (усередині кристалізатора знаходиться стержень) із зовнішнім охолодженням в середовищі рідини або газу. У зоні розплаву температура алюмінієвого сплаву складає T_p , яка перевищує температуру плавлення $T_{пл}$ на величину перегрівання $T_{пр}$.

Величина відведення теплоти через бічну поверхню кристалізатора визначається передачею теплоти від поточного розплаву до стержня і внутрішньої поверхні кристалізатора, по товщині стінки кристалізатора і від зовнішньої поверхні кристалізатора в довкілля. Вона залежить від теплоємності поточного розплаву, коефіцієнта тепловіддачі від кристалізатора до зовнішнього середовища, а також від геометричних розмірів кристалізатора.

Технологічні методи забезпечення пружних, міцнісних і геометричних характеристик алюмінієвих трубок припускають побудову статистичних характеристик чорнових заготівель після їх розливання і волочіння у безоправочному режимі, на циліндричних закріпленій і рухливою оправляннях, а також проведення подальшої поверхневої обробки з оцінкою міри деформаційної анізотропії пружних і міцнісних характеристик.

Однією з основних характеристик заготівель алюмінієвих трубок є стабільність товщини стінки, яка визначає однорідність жорсткості трубок і їх деформаційну поведінку в процесі волочіння.

Для оцінки статистичних характеристик товщини заготівель проводили дослідження представницьких вибірок, як по довжині трубок, так і по їх кількості. Товщину стінок вимірювали з точністю до 0,001 мм по окружній координаті на кожній фіксованій довжині.

Розгляд отриманих результатів свідчить про те, що при безоправочному волочінні міра коливання товщини алюмінієвих трубок зростає, а при оправному волочінні на закріпленому оправлянні - знижується. Проте фактична стабілізація товщини стінки трубок призводить до викривлення осевої лінії, що обумовлено несиметричною зоною деформації у волоці.

Для відновлення прямолінійності осі трубки необхідно її піддати зворотній пластичній деформації, при цьому база зворотної деформації повинна відповідати періоду коливань $T = 104\text{мм}$.

Підвищення жорсткості трубок і забезпечення їх геометричної точності досягається методом електрохімічного оксидування, при якому товщина оксидованого шару знаходиться в межах 10...50 мкм. Модуль пружності оксидованого шару досягає 4...5 ГПа, а мікротвердість складає 50...90 МПа. Високі показники механічних характеристик оксидних покриттів при їх товщині, складової 10...15% товщини стінки, значно підвищують міцнісні параметри вказаних алюмінієвих трубок.

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ З
ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ**

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

В даний час, при виробництві металевого марганцю, з відвальними шлаками втрачається до 30 % марганцю, внаслідок чого вміст марганцю в ній складає 15 %. Такі шлаки можуть використовуватися як сировина при здобутті різних марганцевих феросплавів. Проте, існує проблема використання відвального шлаку металевого марганцю із-за поліморфізму ортосилікату кальцію ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ або $\text{Ca} \cdot 2\text{SiO}_2$ або C_2S), який є обов'язковою фазою високоосновних шлаків силікотермічного способу виплавки феросплавів (металевий марганць, ферохром і ін.), а також офлюсованого марганцевого агломерату для здобуття феромарганцю.

За даними [1] поліпшення цілого ряду показників виплавки феросилікомарганцю очікується при веденні процесу на шлаках:

- волластонітових з основністю $\text{CaO} / \text{SiO}_2 = 0,6-1,0$ при обмеженому (до 8%) вмісті Al_2O_3 , що реалізується в поточній технології при електротермії високоякісної марганцевої сировини;

- анортитових ($\text{CaO} / \text{SiO}_2 = 0,4-0,6$ і $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{CaO}$ більше 1,0), тобто з підвищенням до 27% вмістом глинозему в кінцевих шлаках.

З метою вивчення впливу глинозему на активність MnO була розрахована активність глинозему в системі $\text{MnO-SiO}_2\text{-CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ при різних вмістах глинозему [2]. Результати розрахунків свідчать про те, що при збільшенні вмісту Al_2O_3 в шихті феросилікомарганцю активність MnO підвищується, що може привести до поліпшення техніко-економічних показників процесу плавки.

В роботі [3] були досліджені деякі фізикохімічні властивості різних складів шихти феросилікомарганцю, в залежності від вмісту в них глинозему (2,5; 5,0; 7,5 і 10% від загальної суми оксидів шихти) - питомий електроопір і усадка при розм'якшенні, в'язкість і питома електропровідність шлакових розплавів, що утворюються при виплавці феросилікомарганцю з моменту їх формування і до кінцевих складів, ступені відновлення марганцю і кремнію при температурах 1500 °C і 1600 °C. Результати проведених досліджень показали, що оптимальною є шихта з вмістом 7-8% глинозему, що дозволяє отримувати кінцеві шлаки з вмістом 28-32% Al_2O_3 і 28-32% CaO .

Так само відомо [3], що позитивні результати дає подшіхтовка шлаку виробництва вторинного алюмінію (68-75% Al_2O_3 і 13-18% SiO_2). При цьому можливо отримати феросилікомарганець з вмістом понад 2% алюмінію без погіршення основних техніко-економічних показників. Доведено ефективність використання шлаків виробництва силікоалюмінія як комплексного флюсу-відновника при виплавці висококремнистого феросилікомарганцю.

1. Садовский Н.Г. Влияние окиси кальция на коэффициент распределения кремния при выплавке металлического марганца / Садовский Н.Г., Гасик М.И. // Тезиси докладов научно-технической конференции по ферросплавам. – Днепропетровск, ДМетИ, 1975.- С.65-67.

2. Ермолов В.М. Исследование и разработка технологии выплавки передельного марганцевого шлака с низким содержанием кремнезема. Автореф. канд.дис.- М.:ЦНИИЧМ,1975.

3. Якушев А.М. Влияние марганца на раскислительную способность алюминия / Якушев А.М., Михайлов Э.Н., Кудрин В.А.// В кн.: Физико-химические основы производства стали. М.: Наука, 1971, с. 235-237.

Морозов А.А. магістрант гр. МЕТ-18-1мд,
Скачков В.О., професор, д-р техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТВЕРДОФАЗНОГО СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ФЕРОСПЛАВІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Характерною закономірністю в динаміці росту світового виробництва сталі простежується її структурні зміни у бік випереджаючих темпів розвитку якісних сталей по відношенню до масових. Великим запасом економії коштів на легуючих матеріалів тугоплавких елементів являються вторинні мінеральні ресурси, використання яких для України придбаває ще більшу актуальність в умовах відсутності власної мінерально-сировинної бази. Перспективні зарубіжні наукові розробки і практика свідчать про те, що перевага віддається процесам отримання металізованих концентратів на основі тугоплавких елементів у вигляді брикетів або пігулок. У цьому сенсі порошкова металургія має величезні потенційні можливості для створення економічних і високоякісних матеріалів; її процеси, як правило, протікають при температурах на 20-30 % нижче температури плавлення, тим самим забезпечуючи можливість економії енергоресурсів. У плануванні майбутніх виробництв, що спеціалізуються на випуску легуючих матеріалів і виплавці сталей з їх застосуванням, ці чинники є вирішальними.

Підтвердженням вищевикладеного підходу в рішенні стратегічних проблем ресурсозберігання може служити досвід технології виробництва металізованого молібденового концентрату (губчастого феромолібдену). Виявлений ряд переваг в порівнянні з діючим технологічним регламентом і досягнутими показниками виробництва металізованого молібденового концентрату (КММ, губчастий феромолібден) нового легуючого матеріалу на основі молібдену в шахтних електричних печах:

- вихід сирих брикетів з шихти 92-93 %;
- міра відновлення брикетів при металізації в пічних агрегатах 96,9-98,3 %;
- продуктивність процесу відновлення 263,1-301,4 кг/година при перерахунку на зміст молібдену в металізованому продукті;
- при легуванні розплаву стали 08X17H15M3T (ЕП-580) молібденом металізованого концентрату швидкість його розчинення змінюється в інтервалі від 5 до 24 хвилин, залежно від змісту молібдену в металізованому продукті.
- засвоєння молібдену розплавом змінювалося в межах від 92,1 % до 94,9 %, що значно вище за засвоєння, досягнуте заводською практикою при легуванні розплаву стали обпаленим молібденовим концентратом, яке складає (в середньому) 84,6 %;
- скорочуються практично до 0,5 % мас., механічні втрати компонентів шихти і, отже, втрати молібдену.

Визначені раціональні технологічні параметри процесу комбінованого відновлення обпаленого молібденового концентрату до губчастого феромолібдену. При реалізації цих параметрів зниження змісту сірки і фосфору в металізованому молібденовому концентраті досягає 4...6 разів, що значно нижче, ніж в стандартному феромолібдені. Це дозволяє розширити сортамент сталей, що виплавляються, а також поліпшити їх якісні показники за рахунок застосування металізованого молібденового концентрату з нижчим вмістом сірки і фосфору.

Ковалева А.В., магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Скачков В.О., професор, д-р техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВИСОКОМІЩНОГО ЧАВУНУ В ІНДУКЦІЙНИХ ПЕЧАХ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Високоміщний чавун використовується для виготовлення середньо- та важко навантажених деталей відповідального призначення: прокатного, ковальсько-пресового обладнання, корпусів парових турбін, колінчастих валів для автомобілів, тракторів та комбайнів, поршнів, кронштейнів та інших деталей.

Міцність чавуну залежить від кількості і форми вкраплення графіту. Додавання в рідкий сірий чавун 0,5 % магнію від маси чавуну сприяє утворенню дрібнозернистої структури. При цьому утворюються часточки графіту кулястої форми, яка унеможливорює наявність гострих надрізів усередині металевої основи. Тому міцність, пластичність і в'язкість чавуну значно підвищуються.

В індукційних тигельних печах почали плавити чавун близько чверті століття тому. Однак через дефіцит електроенергії, недосконалість печей і кладки широкого застосування така плавка не отримала. Основним плавильним агрегатом залишалася вагранка.

Починаючи з кінця п'ятдесятих років плавка чавуну в індукційних печах в промислово розвинених країнах починає витісняти вагранковий плавці. За останні 6-7 років в США число вагранок скоротилося майже вдвічі, а число електропечей зросло в 25 рази. У Західній Європі також йде процес заміни вагранок електропечами.

При плавці чавуну в індукційних печах різко знижується вміст S в розплаві, що полегшує отримання чавуну з кулястим графітом. Істотно поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці, так як обслуговуючий персонал не піддається шкідливим впливам тепла, пилу, шуму, газів від спалювання палива.

При розробці проектів із застосуванням індукційних печей необхідно передбачати спеціальні засоби для видалення вологи, масла, емульсії та інших жиромістких речовин в стружці і інших відходах, які направляються на плавку.

Підготовку шихти можна виробляти тепловим методом в печі при 500-700 ° С, де видаляються практично всі летючі і горючі речовини. Щоб уникнути окислення стружки, створюють в печі нейтральну або відновну атмосферу.

Для знежирення легковагих металовідходів застосовують також промивку слаболужними розчинами їдкого натру (40- 50% NaOH і 05-1% ДС РАС - поверхнево-активна речовина). Операція промивки проводиться методом душування зверху в спеціальній ємності. Тривалість знежирення становить 5-10 хв. Розчин підігрівають до 60-80 ° С, що полегшує подальшу сушку шихти за рахунок власного тепла.

Серйозним резервом в зниженні вартості плавки і підвищення продуктивності індукційних печей промислової частоти є попередній підігрів шихти дешевшим паливом - мазутом або газом. Завантаження шихти, що має температуру 650-700 ° С, забезпечує підвищення продуктивності печі на 40 і зниження витрати електроенергії на 30%.

При виплавці чавуну індукційні печі можуть працювати в різних режимах. Якщо йдуть плавки одного хімічного складу, в печі може залишатися «болото» рідкого металу. Відбір металу виробляється певними порціями. Після кожного відбору піч завантажується такою ж кількістю холодної шихти.

Дуплекс-процес вагранка-індукційна піч може бути двох типів. Перший тип - дві печі тигельні, що працюють поперемінно: одна - на заповнення, інша - на видачу рідкого металу. При використанні каналних міксерів, де зазвичай залишається до 30% рідкого металу, ємність міксера збільшується на 30%.

Никифоров С.Є., магістрант гр. МЕТ-18-1мд,
Скачков В.О., професор, д-р техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Сутність ЕШП складається в переплаві витраченого електрода в електрошлаковій печі за рахунок тепла, що виділяється в шарі рідкого шлаку при проходженні через нього електричного струму, краплинному перенесенні через шар шлаку електродного металу, рафінуванні рідкого металу нагрітим до високої температури шлаком і послідовному затвердінні металу в водоохолоджуваному кристалізаторі.

Шлак є невід'ємною складовою будь-якого процесу ЕШП. Результативність та ефективність процесу ЕШП багато в чому залежить від властивостей застосовуваних флюсів, які перш за все визначаються їх складом. Найбільшою мірою відповідають вимогам шлаки на основі фтористого кальцію CaF_2 . Фторидні шлаки вільні від кисню, мають порівняно низьку температуру плавлення. В даний час розроблений великий сортамент флюсів для ЕШП на основі фторидно-оксидних систем.

Основні фізико-хімічні процеси при ЕШП, які визначають зміну складу металу, що переплавляється та його очищення від шкідливих домішок: окислення шлаку киснем газової фази і перенесення кисню через шар рідкого шлаку до поверхні рідкого металу; окислення і відновлення елементів, присутніх в металі; видалення з металу неметалевих включень; поглинання і видалення з металу газів (водень і азот).

Водень є шкідливою домішкою в металі, і хоча розчинність водню в залізі і його сплавах дуже мала (0,0020-0,0030%), навіть невеликий вміст його в готовій сталі різко погіршує її властивості і викликає появу характерних дефектів: флокенів, підкіркових бульбашок, газової пористості і ін. Джерелами водню при ЕШП є: електрод, що переплавляється; волога, що міститься в початковому флюсі; волога, що міститься в атмосфері.

Неметалеві включення (НВ) в металу, що переплавляється представлені в основному оксидами, сульфідами, частково оксисульфідними НВ. При прокатці, в залежності від ступеня пластичності НВ, вони або зберігають форму, будучи концентраторами напружень (кристалічні), або витягуються вздовж напрямку прокатки. Наявність таких НВ значно погіршують механічні властивості металу, особливо його пластичні властивості.

Принципове значення для ЕШП має розкислення вихідної сталі і особливо вміст у ній алюмінію. Як правило, норма присадок алюмінію в метал, призначеного для ЕШП, збільшується на 50-100%, конкретний вміст алюмінію в сталі визначається складом флюсу, що застосовується при ЕШП, маркою сталі яку переплавляють, технологічними параметрами переплавки.

З огляду на високу схильність до ліквації ШХ сталей, важливо забезпечити хімічну однорідність металу по перетину великого злитка, виключити перерозподіл вуглецю, фосфору, сірки. Це досягається застосуванням електродів, відлитих на МБЛЗ, обмеженням перетину кристалізатора (не більше 600×600 мм) і швидкості переплаву.

Для отримання високої чистоти металу по НВ вихідний метал повинен містити 0,05-0,06% Al, мати мінімальну забрудненість включеннями на основі магнезійної шпінелі ($\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$) і нітридів титану.

Неметалеві включення в сталі утворюються і видозмінюються під впливом різних умов виплавки, розливання і кристалізації. При цьому часто умови утворення носять метастабільний характер. Тому вивчення процесів утворення неметалевих включень є складним завданням.

Агафонов О.А., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПРО ВПЛИВ ЗНЕВОДНЮВАЧА НА ВМІСТ ВОЛОГИ У ГІДРОКСИДІ АЛЮМІНІЮ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Основним завданням барабанних вакуумних фільтрів на ділянці кальцинації є відокремлення твердої від рідкої фаз гідроксидної пульпи (суспензії), а також промивання конденсатом гідроксиду алюмінію від лугу. Відмитий гідроксид алюмінію як очищена тверда фаза (кек) прямує по конвеєрному тракту до установки киплячого шару (УКШ).

Для забезпечення нормальної економічної роботи УКШ остаточна вологість кеку на фільтрі має бути на рівні 10-11 %. Важелів для зниження вмісту води в кекі, а, як наслідок, зниження питомих витрат на паливо для УКШ без суттєвих капіталовкладень не було. Для зниження вологості кеку на стадії фільтрування та зневоднення запропоновано застосовувати реагент, який є сумішшю нейоногенних поверхнево активних речовин.

Реагенти в системі промивання фільтру поширено використовують у чорній металургії, проте для барабанних фільтрів почали застосовувати лише нещодавно. В промисловій практиці новітніх глиноземних підприємств використовують інші типи фільтрів (дискові, тарільчасті та ін.), в яких гостра пара (під тиском 0,6 МПа) подається на поверхню кеку без додавання будь-яких реагентів.

Таким чином, було розглянуто рішення про використання в промислових масштабах зневоднювача (реагенту) в лінії промивання конденсатної рампи. Реагент змішують з конденсатом та у подальшому його розпилюють через форсунки на поверхню кеку. Використання реагенту не потребує додаткових операцій його приготування, оскільки дозування відбувається за допомогою мембранного насоса. Це дозволяє в повній мірі використовувати зневоднювач на всю робочу зону барабана.

Реагент, потрапивши на пульпу, адсорбується на поверхні мінеральних частинок та сприяє гідрофобізації їх поверхонь. Завдяки гідрофобізації поверхні мінеральних частинок відбувається різке зниження їх здатності змочуватися водою або водними розчинами при збереженні паро- та газопроникності. Додавання реагенту сприяє інтенсифікації видалення гравітаційної та капілярної води.

Для визначення оптимальної витрати реагенту під час розпилення на поверхню кеку проведено декілька етапів дослідження зі зміненням кількості реагенту, що додається, в межах від 10 г до 60 г на 1 т глинозему. Після тривалих випробувань, на основі отриманих даних, встановлено, що при додаванні реагенту в кількості 50 г/т глинозему вміст води у гідраті знижується на 2 %. Таким чином, підтверджено доцільність та економічність використання такого способу зневоднювання гідроксиду алюмінію.

Лотошников О.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ ЗГУЩЕННЯ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Для згушення червоного шламу, що утворюється під час виробництва глинозему з бокситів, на підприємстві застосовується флокулянт (Ф1), розчин якого готують на установці

компанії Cytec. Проведено дослідження для вивчення можливості використання нового флокулянта Ф2 для згущення шламу через виробничу необхідність.

Розчин нового флокулянта Ф2 готувався відповідно до застосованої методики приготування флокулянта Ф1. Готували 1,5 %-й розчин флокулянта Ф2 з використанням суміші підшлямової води, конденсату і розчину стабілізації. Періодично відбирали та аналізували промивні води на вміст натрієвого лугу. Під час дослідження вміст Na_2O у промивних водах знаходився в межах від 5 г/л до 20 г/л.

Порівняння впливу флокулянтів Ф1 і Ф2 на поділ пульпи червоного шламу проводилося протягом однакової тривалості дослідів. Під час дослідження потік розбавленої пульпи змінювався залежно від кількості працюючих автоклавних батарей. На переробку в автоклавні батареї надходили гвінейські боксити «Кіндія» і «Діан-Діан», гайянський боксит.

Під час випробування контролювали такі параметри технологічного процесу: добова витрата флокулянта, годинна витрата розведеної пульпи, навантаження на привід кожного згущувача, щільність шламу зі згущувачів, висота підйому гребків. Додатково періодично аналізували зливи зі згущувачів на вміст Fe_2O_3 , шлами зі згущувачів – на вміст твердої фази, співвідношення рідина:тверде.

За результатами відбирання проб шламів встановлено, що під час використання нового флокулянта відбувається значний поділ пульпи між гребками на розчинну і шламову частини. Ймовірно такий поділ пов'язаний зі зміненням плинності шламу, потребує додаткового вивчення.

При рівних значеннях величини потоків і кількості червоного шламу, що надходить на згущення, витрати флокулянтів Ф1 і Ф2 на 1 т шламу знаходяться практично на одному рівні: 0,300 кг та 0,285 кг відповідно. Незначні відмінності можуть бути пов'язані зі змінами виду бокситу, що переробляють. Показники щільності шламу, навантаження на привід кожного згущувача, прозорості зливів зі згущувачів при використанні обох флокулянтів приблизно однакові. Проте новий флокулянт дозволяє більш повно відокремити шламову частину від розчинної із шламової пульпи.

Встановлено, що існуюча установка не забезпечує безперервне приготування та дозування розчину флокулянта Ф2, оскільки його в'язкість, плинність та деякі інші фізичні властивості істотно відрізняються від властивостей флокулянта Ф1.

Таким чином, новий флокулянт Ф2 можна використовувати для виділення червоного шламу з вареної розведеної пульпи під час згущення. Однак для приготування та дозування розчину цього флокулянта потрібно замінити існуючу установку на нову. Тому слід внести зміни в конструкцію окремих вузлів установки та розташування баків.

УДК 669.712:544.778.3

Живиця І.В., магістрант гр. 8.1369-МКМ-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ЗАСТОСУВАННЯ УСТАНОВКИ ГІДРОКЛАСИФІКАЦІЇ РОЗБАВЛЕНОЇ ВАРЕНОЇ ПУЛЬПИ У ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

При збільшенні випуску товарного глинозему порівняно з проектною потужністю на ділянці згущення виникла проблема щодо підвищених навантажень на перемішуючі пристрої згущувачів і промивачів. Підвищення навантажень на вказаних апаратах відбулося через збільшення кількості розбавленої вареної пульпи і використання бокситу, що містить велику кількість піску. Для вирішення цієї проблеми розроблено і впроваджено установку гідрокласифікації розбавленої вареної пульпи, до складу якої входять гідрокласифікатор, бак знекремнювання, дугові грохоти, перемішуючі пристрої, насоси.

Розбавлена варена пульпа з баків-агітаторів автоклавних батарей надходить в циліндроконічний гідрокласифікатор. Верхній продукт гідрокласифікатора самопливом надходить в бак знекремнювання, нижній продукт відцентровим насосом із конуса гідрокласифікатора подається на верхній дуговий грохот. Підрешітний продукт (шламова пульпа, відокремлена від пісків) з верхнього дугового грохота самопливом надходить в перемішувач пристрій, звідки насосом відкачується в згущувач червоного шламу. Надрешітний продукт (пісок з великим розміром часточок) верхнього дугового грохота змішується з промивною водою і самопливом надходить на нижній дуговий грохот. Далі пісок з великим розміром часточок змішується з пульпою дрібнодисперсного червоного шламу і загальним потоком надходить в перемішувач пристрій, звідки насосом подається на шламовидалення. Підрешітний продукт (пульпа відмитого від пісків шламу) з нижнього дугового грохота самопливом надходить в перемішувач пристрій, звідки насосом відкачується в промивач червоного шламу.

Застосування установки гідрокласифікації розбавленої вареної пульпи дозволило розділяти варену пульпу на складові частини, відокремлюючи продукційну пульпу від піску, а, отже, знизити навантаження на перемішувачі пристрої згущувачів і промивачів та підвищити ефективність виробничого процесу.

УДК 669.712:621.926

Личко Д.М., магістрант гр. 8.1369-мкм-з,
Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПРО ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МЛИНІВ ДІЛЯНКИ МОКРОГО РОЗМЕЛЮВАННЯ БОКСИТІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Боксит надходить на ділянку мокрого розмелювання по тракту стрічкових конвеєрів. Пересувними реверсивними конвеєрами боксит завантажується у витратні бункери млинів, з яких пластинчастими живильниками боксит подається на стрічкові конвеєри млинів, безперервно зважується і завантажується в млини. Для кожного млина встановлено по одному бункеру, живильнику і конвеєру, обладнаному автоматичними вагами. Виконавчий механізм вагів автоматично підтримує задану продуктивність млина шляхом змінення швидкості руху стрічки живильника за допомогою частотно-перетворювальної установки. Продуктивність млина за бокситом задається залежно від кількості густої пульпи у відповідних баках.

Одночасно з бокситом у млин подається оборотний розчин для оптимального подрібнення і приготування густої бокситової пульпи. Витрата оборотного розчину для кожного млина задається залежно від його продуктивності за бокситом. Розрахунок дозування оборотного розчину на 1 т бокситу виконується для отримання густої сирової пульпи зі встановленими параметрами та для підтримання заданого співвідношення між рідкою і твердою фазами пульпи на виході з млина. Визначене співвідношення між заданою витратою оборотного розчину і бокситу підтримується автоматично.

З млина пульпа надходить в конусний бак, в який також подається частина оборотного розчину і корегувальна пульпа. З конусного бака густа бокситова пульпа насосом подається на дуговий грохот для класифікації. Пульпа, що пройшла через сито дугового грохота, по трубопроводу самопливом надходить у бак густої пульпи ділянки вилуговування. Піски, що не пройшли через сито дугового грохота, по трубопроводу повертаються в млин на подрібнення. Одним із заходів, що сприяють збільшенню продуктивності млинів ділянки мокрого розмелювання, є вдосконалення процесу кульового завантаження млинів.

Конструкція колосникових решіток віброгрохота кульосортування не дозволяє

видалити некондиційні (поколені, деформовані, діаметром менше 50 мм) кулі через утворення заторів, змішування продукційних і некондиційних куль. Неякісне кульове завантаження млинів призводить до їхнього перевантаження, збільшення циркуляційного навантаження, зниження продуктивності млинів.

Для усунення перевантаження млинів кріпильні і опорні елементи колосникових решіток віброгрохота кульосортування слід виконувати так, щоб забезпечити можливість регулювання кута нахилу колосникових решіток, та відновити працездатність шибера, який регулює кількість куль, що виходить з бункера на віброгрохот.

Таким чином, підвищення якості кульового завантаження млинів дозволить знизити тривалість непродуктивної («холостої») роботи кульових млинів ділянки мокрого розмелювання шляхом усунення їх перевантаження, знизити витрату електроенергії на розмелювання бокситів.

УДК 669.15'74-198

Козловський А.В.⁽¹⁾, магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Воденнікова О.С.⁽¹⁾, доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В.⁽²⁾, ас. – наукові керівники

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИЛІКОМАРГАНЦЮ НА ГАРЯЧІЙ ШИХТІ

⁽¹⁾Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М
Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для
іноземних студентів та токсикологічної хімії

Аналіз особливостей технології виплавки силікомарганцю показав на застосування технології виплавки сплаву на холодній та гарячій (нагрітій до меж від 600 °С до 900 °С) шихтах, при цьому важливим техніко-економічним показником є питома витрата електроенергії на базову тону сплаву, яка при роботі на холодній шихті складає 4950 кВт·год., а на гарячій шихті - 4224 кВт·год. Серед шляхів підвищення ефективності виробництва силікомарганцю пропонується поєднання технології виплавки сплаву на гарячій шихті та застосування лужних алюмосилікатів (пегматитів).

Експериментальними дослідженнями процесу виплавки силікомарганцю марки МнС17 на холодній і гарячій шихтах встановлено, що оптимальна температура шихти складає від 1020 °С до 1050 °С, що виключає розплавлення рудної складової шихти і запобігає настилоутворенню в трубчастій печі. При цьому марганцевий агломерат і концентрат має бути представлений фракцією від 5 мм до 50(60) мм; кварцит, доломіт, пегматит від 5 мм до 40 мм і коксик від 5 мм до 25 мм. Вживання шихтових матеріалів вказаної вище фракції дозволяє отримати нагріту шихту рівномірного хімічного і гранулометричного складу. Повне розкладання доломіту досягається при знаходженні обпалюваної шихти в зоні температур від 800 °С до 1000 °С не менше 12 хв.

Застосування технології виплавки силікомарганцю марки МнС17 на гарячій шихті з використанням пегматиту замість частини кварциту і доломіту, в порівнянні із звичайною холодною шихтою, дозволяє збільшити продуктивність печі на 19,3%, при цьому витягання марганцю підвищується з 72,2% до 77,5%, а питома витрата електроенергії знижується на 16,1%. Слід зазначити, що введення до складу марганцево-силікатного розплаву оксидів лужних металів збільшує швидкість і міру відновлення марганцю та кремнію з розплаву вуглецем. Крім того, оксиди лужних металів надають більш сильну дію, в порівнянні з оксидами лужноземельних металів, на зниження в'язкості силікатних розплавів у всьому інтервалі температур, аж до температур початку кристалізації, що призводить до кращого осадження корольків металу і зменшення втрат марганцю з шлаками.

Результати дослідних плавок силікомарганцю марки МнС17 на гарячій шихті з

використанням пегматиту, в порівнянні з вживанням звичайної гарячої шихти, показують на підвищення витягання марганцю на 3,8 % та зниження питомої витрати електроенергії на 3,4 %.

Таким чином, застосування технології виплавки силікомарганцю марки MnC17 на гарячій шихті в напівпромислових умовах дозволяє:

- значно скоротити кількість колошникових газів, що виділяються, та понизити теплові втрати і втрати марганцю в газову фазу, а також спростити систему газоочищення;
- використання колошникових газів закритих феросплавних печей для технологічних цілей;
- покращити умови відновлення марганцю за рахунок підвищення температури в середніх і нижніх горизонтах електропечі.

УДК 669.15'74-198

Волошин І.І.⁽¹⁾, магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Воденнікова О.С.⁽¹⁾, доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В.⁽²⁾, ас. – наукові керівники

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕГМАТИТУ

⁽¹⁾Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра металургії,
Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для
іноземних студентів та токсикологічної хімії

На сьогоднішній день найважливішим шляхом підвищення конкурентоспроможності та збільшення обсягів виробництва металопродукції є економія сировини, палива і енергії, застосування ресурсозберігаючих маловідходних технологій, зниження матеріалоемності та залучення в переділ вторинних ресурсів, раніше не використовуваних відходів виробництва. Тому у феросплавному виробництві, зокрема при виплавці силікомарганцю, одним з шляхів пошуку більш економічно вигідної вхідної сировини є використання у шихті замість доломіту оксидів лужних металів.

Оцінюючи вплив оксидів лужних металів на вуглецьвідновні процеси в умовах електроплавки можна відзначити, що прискорення процесів обумовлюється, в основному, наявністю в золі коксу лужних з'єднань, що переходять головним чином в шлак. Пари лужних металів, змінюючи параметри кристалічної решітки коксу, впливатимуть як на вугільне футерування печі, так і на електроди, що самоспекаються, руйнуючи їх. Тому оксиди лужних металів необхідно мати в шлаковій фазі, де їх позитивний вплив зводиться до зміни структури шлаку, поліпшення його фізичних властивостей, кінетичних закономірностей відновлення провідних елементів і формування металевої фази.

У якості матеріалів, які містять лужні оксиди, можуть використовуватися лужні алюмосилікати, які складають основу таких гірських порід як пегматит, перліт та інші, при цьому помітного відльоту лугів в умовах електроплавки не відбувається, тому вони практично повністю переходять у шлак. Складові елементи пегматиту, порівняно з кварцитом, володіють меншою енергією кристалічної решітки, тому композиційне поєднання в пегматиті кремнезему і лужних оксидів дозволяє використовувати його при виплавці силікомарганцю як комплексний шихтовий матеріал замість доломіту і кварциту.

Дослідженнями кінетики відновлення силікомарганцевих шихт встановлено, що заміна в шихті лужно-земельних оксидів ($\text{CaO}+\text{MgO}$) на лужні оксиди ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) сприяє прискоренню кінетики сумісного відновлення марганцю і кремнію вуглецем. При цьому кількість пегматиту, що вводиться в шихту, залежно від якості вживаної марганцевої сировини, повинна бути для кожного конкретного випадку визначена дослідним шляхом.

При дослідженні технології виплавки силікомарганцю пропонується використання у

шихті замість кварциту додавання пегматиту у кількості 30%, 60% та 100%. Дослідними шляхом було встановлено, що при виплавці силікомарганцю із збільшенням в шихті частки пегматиту відношення суми лужних оксидів до кремнезему (CaO/SiO_2) в шлаку зростає, а разом з цим підвищується витягання марганцю і кремнію в сплав. Так, якщо при використанні звичайної шихти відношення CaO/SiO_2 в шлаку складає 0,107, то при повній заміні кварциту пегматитом – 0,181, при цьому витягання марганцю підвищується на 5,5% абс., а кремнію – на 8,2% абс. Аналіз фазового складу шлаку силікомарганцю із застосуванням в шихті пегматиту показує, що основу шлаку складає силікатне скло складного складу, а силікати марганцю практично відсутні.

УДК 669.74.055:621.746

Лукашенко Р.В.⁽¹⁾, магістрант гр. МЕТ-18-1мз,
Воденнікова О.С.⁽¹⁾, доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В.⁽²⁾, ас. – наукові керівники

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУСПЕНЗІЙНОЇ РОЗЛИВКИ МАРГАНЦЕВИХ СПЛАВІВ

⁽¹⁾Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М,
Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для
іноземних студентів та токсикологічної хімії

На сьогоднішній день актуальна розробка та впровадження ефективних безвідходних технологій металургійного виробництва, що дозволяють найраціональніше використовувати сировинні та енергетичні ресурси країни. Особливо гостро ця проблема стоїть в металургії марганцю. Так тільки 40% марганцю, здобутого з надр землі, переходить в готову продукцію, при цьому загальні втрати марганцю при виплавці марганцевих феросплавів складають 28,1%. Одним з видів втрат марганцю у феросплавному виробництві є утворення некондиційної дрібниці при розливці, дробленні і сортуванні марганцевих сплавів. Так кількість дрібниці марганцевих сплавів фракції < 20 мм зростає до 40%, не знаходить попиту і стає, таким чином, некондиційною дрібницею, що вимагає утилізації на феросплавних підприємствах.

Найбільш перспективним і технологічним напрямом утилізації некондиційної дрібниці, що утворюється при фракціонуванні марганцевих сплавів, є її переплав в процесі розливки за рахунок фізичного тепла перегрітого рідкого сплаву (так звана суспензійна розливка).

Розробка технології утилізації некондиційної дрібниці при суспензійній розливці марганцевих сплавів (зокрема, феромарганцю марки ФМн75 та силікомарганцю марки МнС17) включає визначення розміру частинок і кількості дрібниці, що досаджується, а також технології введення дрібниці у розплав.

При суспензійній розливці силікомарганцю з метою визначення фактичного значення перегріву металу досліджувався температурний режим випуску і розливки МнС17, який показав, що на випуску перегрів сплаву над температурою ліквідус складає $\approx 210^\circ\text{C}$, а при розливці – від 10°C до 100°C . При цьому допустима маса дрібниці, що досаджується, визначається саме величиною перегріву металу, що розливається, та при максимальному фактичному перегріві 100°C складає в середньому 7% від маси рідкого металу.

При суспензійній розливці марганцевих сплавів на стрічкових конвеєрних машинах найбільш простим і технологічним методом введення некондиційної дрібниці в рідкий метал є використання бункера-живильника, змонтованого на машині. Повне засвоєння дрібниці рідким металом забезпечується шляхом введення її в струмінь металу на жолобі розливної машини.

З метою з'ясування впливу суспензійної розливки на механічну міцність марганцевих

сплавів визначається коефіцієнт міцності зливків силікомарганцю і вуглецевого феромарганцю, отриманих в лабораторних умовах при звичайній та суспензійній розливці. Так присадка некондиційної дрібниці в кількості 7% від маси рідкого металу при розливці ФМн75 та МнС17 забезпечила помітне збільшення коефіцієнта міцності для обох сплавів і зменшення виходу фракції <20 мм в середньому на 3% абс.

Дослідження пористості металу показали, що при суспензійній розливці вона помітно знижується для обох сплавів: 12,2% проти 14,6% для силікомарганцю та 8,6% проти 10,3% для вуглецевого феромарганцю. Істотних відмінностей в макроструктурі зламу в зливках, отриманих при звичайному і суспензійному розливанні, встановлено не було.

УДК 669.891

Горуненко І.С. ⁽¹⁾, магістрант гр. МЕТ-18-1мд,
Воденнікова О.С. ⁽¹⁾, доцент, канд.техн.наук, Воденнікова Л.В. ⁽²⁾, ас. – наукові керівники

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СИЛІКОКАЛЬЦІЮ ВУГЛЕТЕРМІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

⁽¹⁾Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М,
Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для
іноземних студентів та токсикологічної хімії

При виплавці високоякісних сталей, сплавів та чавунів для підвищення їх фізико-механічних властивостей широко використовують різні модифікатори, до яких відносять і силікокальцій. Велика потреба в силікокальції пояснюється тим, що кальцій є активним розкислювачем заліза, крім того, поряд з магнієм і рідкоземельними металами, він глобуляризує графіт в чавунних виливках, істотно знижує концентрацію кисню і сірки, які перешкоджають утворенню кулястого графіту. Обробка металевих розплавів чистим кальцієм або його сплавами покращує фізико-механічні властивості металу завдяки зміні форми і виду оксидних та сульфідних включень в готовому прокаті та виливках.

На сьогоднішній день в Україні силікокальцій отримують як силікотермічним (марки СК15), так і вуглетермічним (марки СК25 та СК30) способами з використанням у якості матеріалу, що містить кальцій, вапнякової породи Василівського родовища.

В лабораторних умовах при дослідженні технології виплавки силікокальцію вуглетермічним способом було запропоновано використання моношихтових брикетів та брикетів з кусковим вапняком. При використанні у складі брикетів в якості кальційвмісної складової вапняку необхідно враховувати додаткове внесення до складу брикетів вуглецю через те, що в подальшому процесі розкладу вапняку буде виділятися двоокис вуглецю.

З метою з'ясування особливостей виплавки силікокальцію з гетерогенних брикетів і визначення оптимального надлишку вуглецю в них було проведено дві дослідні кампанії, при цьому брикети містили різну кількість відновника - 100% і 110% від стехіометрично необхідного для відновлення оксидів кремнію і кальцію шихти. Експериментальним шляхом було визначено, що найбільш оптимальним складом є шихта з незначним надлишком вуглецю. Так як при підвищенні температури в кремнійвмісних брикетах слід очікувати утворення карбіду кремнію, то досить імовірно, що в високотемпературній зоні брикет складається з кремнезему і карбіду кремнію.

При проведенні дослідних плавок на моношихтових брикетах в печі потужністю 1200 кВА, в порівнянні з виплавою на звичайній кусковий шихті, досягнуто зниження питомої витрати електроенергії на 30% та збільшення витягу кремнію і кальцію з шихти до 95% і 70% відповідно.

При дослідженні кінетики відновлення гетерогенних і моношихтових брикетів встановлено, що при ізотермічній витримці з температурою 1600 °С моношихтові брикети

втрачають у вазі 59% від вихідної, а гетерогенні тільки 50%, що свідчить про перевагу тісного контакту між усіма складовими компонентами шихти в брикеті.

Таким чином, при дослідженні різних технологій виплавки силікокальцію вуглетермічним способом - з використання у шихті моношихтових брикетів та брикетів з кусковим вапняком техніко-економічні показники обидних варіантів виявилися значно вищі в порівнянні з виплавою на звичайній кусковій шихті.

УДК 669.15'74-198

Сгоров Є.О.⁽¹⁾, магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Лук'яненко Ю.В., ст. гр. МЕТ-17-1бдс
Воденнікова О.С.⁽¹⁾, доцент, канд.техн.наук, Воденнікова Л.В.⁽²⁾, ас. – наукові керівники

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛОКОНЦЕНТРАТУ ТА ВІДСІВУ ШЛАКОПЕРЕРОБКИ

⁽¹⁾Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М,
Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для іноземних студентів та токсикологічної хімії

Останнім часом пріоритетним напрямком використання відходів феросплавного виробництва стало їх максимальне залучення в технологічні процеси металургійного виробництва, що в свою чергу сприяє заощадженню матеріальних та енергетичних ресурсів, зниженню собівартості металопродукції. Так металургійний переділ шлаків збагачувальних фабрик і відвальних шлаків феросилікомарганцю має важливе значення у вирішенні проблеми комплексного використання марганцевмісної сировини, що дозволяє розширити рудносіровинну базу та істотно знизити втрати марганцю на стадії збагачення і металургійного переділу.

Дослідження речового складу марганцевмісної сировини, зокрема відсіву шлакопереробки та металоконцентрату, показали, що концентрація марганцю у відсві шлакопереробки становить від 16% до 20%, а у металоконцентраті – від 55% до 65%, при цьому вони містять відповідно від 6% до 12% та від 75% до 85% металевої фази (корольків і частинок марганцевих сплавів), хімічний склад якої відповідає феросилікомарганцю марки МнС14Р. Відсиви шлакопереробки в межах від 90% до 95%, а металоконцентрату в межах від 60% до 80% представлені фракцією <3 мм, вони є цінною марганцевмісною сировиною, тому перед використанням їх при виробництві марганцевих сплавів необхідно піддавати окискуванню.

Лабораторні дослідження процесу окискування марганцеворудної сировини з вторинними матеріалами показали, що оптимальна кількість відсіву шлакопереробки в аглошихті становить 10%, при цьому відбувається підвищення швидкості спікання шихти на 3,5% і міцності агломерату на 0,8%. Підвищення міцності агломерату пов'язано з особливостями його мікроструктури, представленої в основному силікатами, які сприяють його зміцненню. Дослідний агломерат характеризується зменшенням вмісту марганцю на 1,7%, більш високою пористістю (більше в 2 рази) і дещо меншою питомою вагою в порівнянні з агломератом, отриманим з окисного концентрату II сорту фракції < 10 мм.

Агломерація окисного концентрату II сорту з металоконцентратом у кількості від 2,9% до 9,8% забезпечує підвищення вмісту марганцю в агломераті в межах від 0,6% до 2%, при цьому швидкість спікання шихти і міцність агломерату кілька перевищують показники спікання базового агломерату. Додавання в аглошихту металоконцентрату також сприяє незначному підвищенню пористості та питомої ваги агломерату.

Рентгеноструктурний аналіз зразків спеченого агломерату показав, що корольки металу та частинки шлаку, що містяться у металоконцентраті та відсві шлакопереробки, в процесі спікання істотно не змінюються, а запікаються в агломераті і щільно з'єднуються з

його масою. Однак в ряді випадків відбувається часткове окислення корольків за рахунок їх розпушення і розчинення в марганецьрудному розплаві, а потім відбувається утворення оболонки з виділенням облямівки манганозіту, яка обрамляє частинки, що розчиняються.

Лабораторними дослідженнями також було встановлено, що застосування технології переплаву металоконцентрату у кількості до 10% відносно ваги агломерату спільно з шихтовими матеріалами в порівнянні з базовою технологією підвищує вилучення марганцю в межах від 0,7% до 1,9%, продуктивності електропечі в межах від 4,4% до 8,9%, а також зниження питомої витрати електроенергії в межах від 9,1% до 9,6%.

УДК 669.18.046.55

Теряник В.А., ст. гр. МЕТ-18-5мд,
Кириченко О.Г. доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛІ КОМПЛЕКСНИМИ РОЗКИСЛЮВАЧАМИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

У виплавці сталі завжди присутня проблема з зайвими неметалічеськими включеннями в процесі виплавки, які негативно впливають на властивість металів.

На практиці ефективним способом є використання комплексних розкислювачів. Вони представляють собою сплави двох або кількох компонентів (силікомарганець, силікокальцій, сплав кремнію, марганцю і алюмінію та ін.).

Переваги, пов'язані із застосуванням комплексних розкислювачів, обумовлені двома обставинами:

- істотним поліпшенням термодинамічних умов розкислення
 - більш сприятливими кінетичними умовами зародження, укрупнення і видалення неметалевих включень.
- зменшення ручної праці при виплавці сталі

В роботі проведено дослідження в якому при 1600 ° С в рідкому залізі з 0,2% Si знаходиться в рівновазі 0,012% розчиненого кисню. У розчин, який маємо при добавці 0,5% Mn вмістом 0,2% Si відповідає більш низька рівноважна концентрація кисню: 0,008%. Таким чином, добавка марганцю призводить до підвищення розкислювальної здатності кремнію. Марганець і кремній окремо і спільно підвищують розкислювальну здатність алюмінію. Розглянутий ефект збільшення розкислювальної здатності під впливом другого компонента пояснюється зменшенням термодинамічної активності, утвореного оксиду в складних продуктах розкислення, які істотно відрізняються від продуктів при роздільному розкисленні. Якщо сталь одночасно розкислювати кремнієм, марганцем, то продуктами розкислення є залізомарганцево вмістові силікати. Склад силікатного розчину і його агрегатний стан визначається температурою, а також концентрацією кремнію і марганцю в залізі.

Таким чином при використанні комплексних розкислювачів помітно краще проходить розкислення ніж розкисленні окремими компонентами. Головні переваги яких: поліпшення термодинамічних умов, більш сприятливими кінетичними умовами зародження, укрупнення і видалення неметалевих включень, вдосконалення технологічного процесу, а саме зменшення ручної праці.

Кириченко Р.О., ст. гр. МЕТ-18-5мд,
Мосейко Ю.В., доцент, канд. пед. наук – науковий керівник

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗОКИСНЕВОГО РАФІНУВАННЯ В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Комбінат «Запоріжсталь» є одним з виробництв, де залишилося мартенівське виробництво. Вже тривалий час існують проекти із заміни мартенів на кисневі конвертери. Одним з перспективних в умовах України варіантів є використання технології газокисневого рафінування (ГКР). Ця технологія близька до відомої в світі технології AOD (аргоно-киснева декарбюризація), але забезпечує більш високу продуктивність, зниження витрат аргону, збільшення стійкості футеровки, а отже суттєву економію вогнетривів, а також знижену металоємність обладнання та його вартість.

Особливості технології ГКР дозволяють виплавляти в конвертерах сталі електропічного сортаменту, такі як сталі для глибокої витяжки, високохромисті корозійностійкі та жароміцні, що відкриває підприємству нові можливості на світовому ринку сталі. Крім забезпечення високої якості металу, досягається значний економічний ефект за рахунок використання більш дешевих шихтових матеріалів і вуглецевих феросплавів. Для сталей з вмістом вуглецю менше 0,03% метод ГКР забезпечує зниження собівартості металопродукції на 20-30% в залежності від хімічного складу сталі.

Цибенко Н.О., ст. гр. МЕТ-18-1мз,
Харченко О.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВПЛИВ АНТИОКИСЛЮВАЛЬНИХ ДОМІШОК НА ПРОЦЕСИ ВИГОРАННЯ ГРАФІТУ У ПЕРИКЛАЗОВУГЛЕЦЕВИХ ВОГНЕТРИВАХ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра М

Сучасні тенденції в розвитку металургійних процесів визначили підвищенні вимоги до вогнетривів за термічною стійкістю, стійкістю до руйнуючої дії розплавів металу та шлаку. Цим вимогам в значній мірі відповідають безвипалювальні периклазовуглецеві вогнетриви.

Істотнім недоліком периклазовуглецевих виробів є окислення вуглецю, що вводиться у вогнетривку шихту у вигляді графіту, коксу, пеку, і призводить до розпушення структури і зменшення зносостійкості периклазовуглецевих вогнетривів [1].

Запобігання окислення вуглецьвміщуючих вогнетривів можливо з використанням наступних методів: хімічного, структурного, фізичного, термічного та атмосферного. Але найбільше поширення серед способів стабілізації вуглецю отримало використання антиокислювальних добавок – антиоксидантів, які впливають на зменшення ступеню вигорання вуглецю, що забезпечує збереження властивостей вогнетривів в процесі експлуатації, а в деяких випадках сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей периклазовуглецевих вогнетривів.

Антиоксиданти визначають перебіг реакцій, в результаті яких вуглець зв'язується в карбідні або окискарбідні сполуки, тобто змінюють спрямованість реакцій окислення та графітизації вуглецевої складової. В якості антиоксидантів застосовують матеріали, що мають більшу спорідненість до кисню в умовах служби, ніж вуглець. Найбільш поширеними

антиоксидантами є металевий алюміній або магній та сплави на їх основі.

Алюміній в процесі служби вогнетриву утворює карбід алюмінію Al_4C_3 , який розподіляється по межах графітових лусочок у вигляді кільцеподібних частинок, посилюючи зв'язок між вогнетривкими зернами і підвищуючи міцність вогнетривів, а також запобігаючи окислення графіту.

Карбід кремнію, як і алюмінієвий порошок, використовується в графітвміщуючих вогнетривах як ефективний антиоксидант. Окислення SiC має захисну дію на поверхні вогнетриву, оскільки склоподібна плівка, що утворилася, перешкоджає окислення вуглецю. Карбід кремнію відрізняється високою теплопровідністю, стійкістю до змочування шлаками і рідкої сталі, меншою схильністю до науглецювання сталі в порівнянні з чистим вуглецем.

Ефективною добавкою вважається також *карбід бору* B_4C . В процесі служби B_4C реагує з CO , розкладаючись при цьому з виділенням вуглецю і утворенням борного ангідриду B_2O_3 . Внаслідок значного збільшення обсягу виробу форсується ущільнення структури і закриття пір. B_2O_3 , що утворився, перетворюється в сполуку типу $MgO-B_2O_3$ і при високих температурах утворюється рідка фаза яка захищає вогнетрив від окислення. Встановлено, що введення 0,5% B_4C призводить до значного підвищення стійкості до окислення. Добавка карбіду бору обмежує також розчинність MgO в шлаку. Бор вводять у вигляді нітрату бору BN , карбіду бору B_4C , або борної кислоти.

Крім того у світі проводяться дослідження з використання таких антиоксидантів як кристалічний кремній, $Al_8B_4C_7$, TiB_2 , MgB_2 , CrB_2 тощо.

Аналіз даних показує, що промислові випробування систем з антиоксидантами проводяться вкрай рідко. Механізми стабілізації вуглецю і підвищення зносостійкості за допомогою антиоксидантів, процеси фазоутворення в вогнетривких матеріалах при введенні даних добавок в даний час ще недостатньо досліджені. Отож, дослідження впливу антиокислювальних домішок на процеси вигоряння графіту в периклазовуглецевих вогнетривах є актуальним питанням для подальшого вивчення.

Література

1. Кащеев И.Д. Оксидноуглеродистые огнеупоры [Текст]. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. – 265 с.

УДК 621.785.5

Абишева З.М., магістрант гр. МетМ-18-3

Набоко Е.П., доцент, канд. техн. наук – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА СТАЛЕЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ БОРИРОВАНИЮ

Карагандинский государственный технический университет, кафедра НТМ

Исследование фазового состава борированного слоя на высокохромистых, никелевых и хромоникелевых сталях показало, что он состоит из боридов железа в которых часть атомов железа замещена легирующими элементами. В поверхностном слое присутствует борид $(Fe, Cr, Ni)B$ и возможно образование высших боридов хрома и никеля. Второй после поверхностного слой соответствует бориду $(Fe, Cr, Ni)_2B$ с низшими боридами хрома и никеля. По аналогии с карбидной фазой при насыщении бором стали, содержащей большое количество боридообразующих элементов, например никеля, возможно образование чистых боридов типа Ni_3B и Ni_2B .

Микротвердость переходной зоны на 500-1000 МПа больше твердости сердцевины. У мало- и среднелегированных сталей переходная зона имеет структуру эвтектоидной или близкой к эвтектоидной стали, т.е. состоит из крупных зерен перлита, иногда с небольшим

количеством феррита по границам зерен.

У всех исследованных сталей и чугуна строение борированного слоя аналогично: 70-90 % по объему занимают иглообразные бориды железа FeB и Fe_2B , остальное - 30-10 % α -фаза боридами. У большинства сталей зона α -фазы расположена между концами игл боридов Fe_2B , которые глубоко внедряются в переходную зону.

Химический состав стали влияет на соотношение в слое фаз FeB и Fe_2B . При увеличении концентрации углерода уменьшается глубина поверхностной зоны, содержащей в основном FeB . Таким образом, состав стали не оказывает сильного влияния на основной фазовый состав борированного слоя, но количественное соотношение фаз зависит от содержания в стали углерода и легирующих элементов. Чем меньше препятствий для диффузии бора, тем глубже внедряются иглы боридов в переходную зону, тем больше величина зоны сплошных боридов отличается от общей глубины слоя (сталь 20). По мере удаления от борированного слоя к сердцевине количество феррита увеличивается.

В высокоуглеродистых и высоколегированных сталях основная структура переходной зоны не отличается от сердцевины, но под борированным слоем образуется повышенное количество карбидов, расположенных между концами боридных игл и под ними. В стали У12 карбиды выделяются в виде крупных пластин, в сталях ШХ15, Х12, 3Х2В8 - в виде мелких глобулей, количество которых постепенно уменьшается по мере приближения к сердцевине.

Литература:

1. Балтер М. А., Дукаревич И.С., Гольдштейн Л.Я.. Фазовый состав борированного слоя сталей // Металловедение и термическая обработка металлов, 1964, № 12. С.39-41.
2. Hutterer K., Krainer E. Einflub der Legierungselemente beim Borieren von Stahl //Berg und Huttenmann. Monatsh. 1976. Bd-121, N5. S. 187-192.
3. Лахтин Ю. М., Пчелкина М. А. Борирование высоколегированных сталей // Металловедение и термическая обработка металлов, 1961. № 3. С.42-63.

УДК 621.98

Бараннік С.В., магістрант гр. МЕТ-18-3мд,

Бондаренко Ю.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТУВАННЯ ШТАБ НА НЕПЕРЕРВНОМУ СТАНІ ГОРЯЧОГО ПРОКАТУВАННЯ 1680 В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Одним з прогресивних видів прокатування є гарячекатана листовая сталь, що прокатується на НШСГП. У Україні встановлено і працює два неперервні широкоштабові стани гарячого прокатування (стан 1680 в р. Запоріжжя і стан 1700 в р. Маріуполі), на яких удосконалилась технологія виробництва штаб, забезпечується отримання штабової сталі з високою якістю поперечного профілю і механічними властивостями металу.

НШСГП 1680" ВАТ МК „Запоріжсталь” призначений для прокатки штаб товщиною 1,5-10,0 мм, шириною 860-1520 мм в рулонах, вагою до 14 т, зі швидкістю в останній кліті стана до 9,2 м/с, що забезпечує необхідну температуру кінця прокатки штаби. Цей стан обладнаний сучасними пристроями, системами контролю і регулювання точності поперечного та подовжного профілів перетинів. Весь процес від початку і до кінця керується обчислювальними машинами в які включені локальні системи керування окремими операціями.

Але аналіз недоліків діючої технології показує необхідність дослідження та розробки раціональних режимів для подальшого удосконалення технології виробництва гарячекатаних штаб на НШСП 1680.

На даний момент на ринку чорних металів є великий попит на листову і рулонну сталь з високою точністю прокату і високою чистотою поверхні, а також на рулони з масою до 16 тонн і більш.

Перехід на «транзитне» прокатування створило передумови для прямого прокатування слябів завдовжки 10-12 метрів і масою до 16 тонн. Для цього була модернізована чорнова група клітей стану тонколистового «1680» з перекладом електроприводу із змінного струму на постійний і організоване неперервне прокатування слябів в підгрупах чорнових клітей.

З метою зниження енергосилових параметрів прокатки та підвищення показників якості штаб пропонується збільшення швидкості в чорновій групі до 2,5 м/с. В результаті зміни температурно-швидкісного режиму прокатки у чорновій групі клітей є можливість підвищення температури кінця прокатки на 15-20 °С, що дозволить зменшити показники поздовжньої різнотовщинності та збільшити якість випускної продукції.

УДК 621.98

Бондаренко О.О., магістрант гр. МЕТ-18-3 мз,
Бондаренко Ю.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАТЕРІАЛІВ НА ЯКІСТЬ ПРАВКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Для безперервного зростання металургійного виробництва України необхідне щорічне введення в експлуатацію нових, вдосконалених, могутніших металургійних агрегатів і постійної модернізації і реконструкції встановленого обладнання з метою підвищення його продуктивності, рівня механізації і автоматизації.

Всі металургійні машини, незалежно від призначення та конструктивних особливостей мають загальну властивість – пружність ланок та здатність них під дією зовнішніх навантажень к демфуванию, тобто виникненню в них коливань. В свою чергу ці коливання негативно впливають не лише на міцність основних деталей та вузлів, а й в значній мірі ускладнюють, або порушують нормальний технологічний процес машини. Найбільш жорсткі динамічні режими властиві саме основному та допоміжному прокатному обладнанню, характер навантаження якого наближається до ударного. Майже 90% руйнувань деталей машин носять втомний характер в результаті дії динамічних навантажень. Робота привода п'ятироlikової правильної машини, пов'язана з динамічними навантаженнями та перенавантаження приводу. Необхідність дослідження динамічних навантажень підвищує достовірність розрахунків на міцність, дозволяє оптимізувати технологічні режими та здійснити конструктивні заходи для підвищення надійності та довговічності обладнання.

Одним із шляхів вдосконалення листопрямуючого обладнання є створення вигину осі робочих роликів, що робить можливим додаткове виправлення поперечної кривизни листів. При цьому актуальною є проблема визначення оптимального налаштування робочих роликів не тільки в поздовжньому напрямку руху листа, але і в поперечному, тобто визначення крім величини перекриття роликів величину їх вигину. В рамках аналізу напружено-деформованого стану металу при виправленні поздовжньої і поперечної кривизни листів здійснюється розрахунок з використанням методу скінченних елементів в системі Abaqus.

Для моделювання роликів використані тривимірні недеформовані елементи. Параметри машини відповідають параметрам п'ятироликової правильної машини, розрахованої в розрахунковій частині роботи. Для моделювання вигину осі робочих роликів їх бочка була виконана опуклою.

Для моделювання листа використані твердотільні лінійні елементи з нанесеною сіткою з контролем руйнування. Товщина листа, що правиться – 10 мм. В якості матеріалу листа прийнята сталь 08кп.

За результатами розрахунку для листів товщиною 10 мм зі сталі 08кп с крайовою хвилястістю 4 мм показано, що при вигині робочих роликів на 1 мм крайова хвилястість зменшується на 30%, при вигині на 2 мм – на 75%, при вигині на 5 мм – на 87%. Дані результати підтверджують ефективність технології правки хвилястості на ЛПМ, а запропонована модель дозволяє розрахувати оптимальне налаштування робочих роликів.

УДК 621.98

Дворецький В.М., магістрант гр. МЕТ-18-3 мз,
Бондаренко Ю.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ В ЕЛЕМЕНТАХ ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Робота кривошипних пресів при технологічному навантаженні супроводжується появою пружних деформацій в станині преса та в системі «прес-штамп». Це призводить до поламак пуансонів, порушенню профілю відштампованих деталей тощо.

Технологічне зусилля, що розвивається пресом для здійснення будь-якої технологічної операції, витрачається на подолання опору деформуванню матеріалу заготовки і на пружну деформацію системи «прес-штамп», значна частина якої припадає на станину. Перекоси повзуна, що виникають при технологічних навантаженнях, істотно знижують стійкість штампів і погіршують їх експлуатаційні властивості. При цьому стійкість штампів у пресів відкритого типу (з С-подібної станиною) в 2-3 рази нижче, ніж у пресів закритого типу.

Одним з перспективних напрямом зменшення пружних деформацій у вузлах пресового обладнання є використання пружних компенсаторів, які встановлюються між опорними поверхнями повзуна та верхньої плити штампа.

Для оцінки напружено-деформованого стану конструкцій в даний час застосовують програмні комплекси на основі методу скінченних елементів, наприклад ANSYS інтегрований із середовищами SolidWorks і AutoCad. Істотна різниця між пружними властивостями матеріалу компенсатора (поліуретан) і матеріалу станини і штампа викликають труднощі при реалізації твердотільної моделі в кінцево-елементних пакетах, тому пропонується для оцінки напружено-деформованого стану станини преса виконати циклічний розрахунок і зіставлення кутових деформацій станини і різних конструкцій плоских компенсаторів.

Для проведення експерименту необхідне наступне обладнання: кривошипний прес з відкритою станиною номінальним зусиллям 1 МН, гідравлічний навантажувач (домкрат), штатив у вигляді штангенрейсмуса і закріпленого на ньому індикатора годинного типу для вимірювання лінійних переміщень з можливістю повороту і переміщення по висоті.

Фізичними моделями пружних компенсуючих елементів служать двошарові рельєфні пластини і плоскі прямокутні компенсатори-пластини, що відповідають габаритам опорної поверхні повзуна преса.

Розкриття станини вимірюється в двох характерних точках в горизонтальному і в вертикальному напрямках, а сумарне переміщення обчислюється як довжина результуючого

вектора.

При навантаженні з варіантом розкриття компенсатора уздовж столу преса його деформація менше, ніж при розкритті поперек столу. У другому випадку крайні області компенсатора практично не задіяні, а центральна частина відчуває найбільшу осадку.

Використання двошарового рельєфного компенсатора, розкритого наполовину уздовж столу преса, знижує сумарне переміщення станини в середньому на 24%, а при розкритті компенсатора поперек столу преса зареєстроване зменшення розкриття станини на 12 %.

УДК 621.771

Сабіров В.Г., магістрант гр. МЕТ-18-3мд
Белоконь Ю.О., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ОТРИМАННЯ ПОРИСТИХ СТРУКТУР ІНТЕРМЕТАЛІДНИХ Ni-Al СПЛАВІВ МЕТОДОМ ТЕРМОХІМІЧНОГО ПРЕСУВАННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Термохімічне пресування є одним із різновидів технології саморозповсюджувальною високотемпературною синтезу (СВС). Це тип технології, в якому гарячі пористі продукти синтезу, які ще не встигли охолонути, ущільнюються зовнішніми силовими діями (пресуванням, екструзією, прокаткою, обробкою вибухом) [1].

Мета роботи – отримання безпористих матеріалів і виробів заданої форми з використанням пластичних властивостей продукту горіння при високих температурах.

В умовах синхронізації процесів саморозповсюджувальною високотемпературною синтезу та динамічного компактування продукту синтезу можна отримати компактний інтерметалідний сплав з високодисперсною структурою, розмір зерен в якому значно менше, ніж сплавах, отриманих методами лиття, спікання або ударно-хвильової дії на синтезований продукт. Подрібнення зерна інтерметалідного сплаву в процесі його синтезу під тиском відбувається в результаті пластичної деформації продукту синтезу та високих швидкостей охолодження. Більш високу ефективність процесу подрібнення зерен структури інтерметалідного сплаву можна досягти при інтенсивній пластичній деформації синтезованого сплаву в процесі формування зерен структури під час високотемпературною синтезу сплаву під тиском. Наприклад, шляхом екструзії синтезованого інтерметалідного сплаву через отвір (калібр) у прес-формі безпосередньо під час температурного синтезу під тиском (термохімічного пресування). Наявність оболонки сипкого теплоізолятора, в яку поміщається шихтова заготовка, значно збільшує час остигання продуктів синтезу та призводить до виконання умови досягнення компактного безпористого стану. Газопроникність теплоізоляційної оболонки також важлива, вона дозволяє відводити гази, які виділяються при синтезі, і сприяє досягненню безпористого стану. Перевагою даної схеми є простота проведення процесу пресування, недоліком - складність збереження форми, заданої початкової шихтової заготовки. Останнє пояснюється тим, що в даній схемі тепло ізолююча оболонка з сипкого матеріалу деформується при пресуванні спільно з цільовим продуктом і спотворює його початкову форму.

Література

1. Белоконь Ю.О. Термохімічне пресування інтерметалідних сплавів : монографія. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 208 с. ISBN 978-617-7120-15-4.
2. Чейлитко А.О., Белоконь К.В., Жеребцов О.А., Носов М.А. Формування пористих структур інтерметалідних каталізаторів : монографія. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 208 с. ISBN 978-617-7120-18-5.

Черняк С.С., магістрант гр. МЕТ-18-3мд
Белоконь Ю.О., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

ОСОБЛИВОСТІ ТЕЧІЇ ТА НАПРУЖЕНОГО СТАНУ МЕТАЛУ ПРИ ГАРЯЧІЙ ПРОКАТЦІ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Представлена модель температурного режиму прокатки низьколегованих сталей, що враховує температурно-швидкісні умови прокатки. Визначення зміни температури штаби проводилося для вказаних розрахункових перетинів при послідовному їх проходженні через робочі кліті чистової групи напівнеперервного широкоштабового стану гарячої прокатки 1680 (НШСГП 1680).

Аналіз отриманих моделей свідчить про те, що підвищення швидкості прокатки позитивно впливає на подовжню різнотовщинність штаби. У результаті цього можна зробити такі висновки, що на зниження подовжньої різнотовщинності впливає підвищення швидкості прокатки штаби (при прискоренні на $0,029 - 0,49 \text{ м/с}^2$). Крім того, також ліквідується зворотній температурний клин (тобто температура заднього кінця штаби перевищує температуру переднього), що компенсує відсутність натягу на задньому кінці штаби. Внаслідок цього виключається вплив натягу на перекручування поперечного профілю штаби у міжклітєвих проміжках, поліпшуються площинність (коробчастість або хвилястість); стабілізуються механічні і металографічні характеристики штаби, що забезпечують високу якість процесу штампування сталей, а отже і якісні показники [1-3].

На підставі отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що прокатка із прискоренням стабілізує температурні умови прокатки і змотування гарячекатаних штаб з низьколегованих марок сталей. Впровадження цієї технології із застосуванням раціональних режимів деформації та оптимізації умов виробництва дозволить понизити коливання температури кінця прокатки та змотування по довжині і в межах партії (плавки) штаб з температурою 60 до 25 °С.

Література

1. Василев Я.Д., Мінаєв О.А. Теорія подовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.
2. Гарбер Э.А., Кожевникова И.А. Теория прокатки : учеб. для студентов вузов. Череповец : ЧГУ; Москва : Теплотехник, 2013. 306 с. ISBN 978-5-85341-517-1.
3. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки. Москва : Металлургия, 1980. 320 с.

Пушич Ю.О., магістрант гр. МЕТ-18-3мз
Явтушенко О.В., доцент, док. техн. наук - науковий керівник

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИ РОЗПОДІЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Розділові операції листового штампування характеризуються несприятливим силовим режимом пластичного деформування. При виконанні операції поділу інструментом з

плоскими ріжучими крайками процес поділу металу починається одночасно по всьому периметру контуру, в результаті чого технологічне зусилля зростає до максимального значення, а потім різко знижується майже до нуля. В результаті відбувається різке динамічне порушення технологічної машини - під дією накопиченої потенційної енергії рухомі частини робочого органу та інструменту (штампа) набувають значне прискорення і відбувається перерозподіл сил в головному виконавчому механізмі. Таке динамічне порушення системи призводить до перерозподілу напрямів і величини діючих сил, зміни положення ланок в зазорах кінематичних пар, виникненню напруг, що розтягують в шатуні механічного преса або виникненню вакууму в циліндрах гідравлічного преса. Це призводить до необхідності збільшення запасу міцності технологічних машин, вибору машин більшого номінального зусилля, або обмеження максимального допустимого зусилля для даного преса. Наприклад, при виконанні розділових операцій на кривошипних універсальних пресах максимальне зусилля деформації не повинно перевищувати 45-50% від номінального. А гідравлічні преси категорично не рекомендується використовувати для розділових операцій.

Одним з методів зниження не стільки величини, стільки інтенсивності зміни зусилля розділових операцій є застосування інструменту з похилими ріжучими крайками. Прикладом є т. Н. звані гільйотинних ножиць. При виконанні розділових операцій в штампах використовують робочий інструмент з похилими ріжучими крайками. Залежно від призначення готової деталі нахил кромки виконується на пуансоні або на матриці. Застосовують пуанسونи зі скошеними крайками трьох типів:

- з нахилом кромки всередину;
- з нахилом крайки назовні;
- зі змінним кутом нахилу кромки.

У даній роботі представлена методика визначення величини і характеру зміни зусилля деформації в залежності від геометричних характеристик інструменту. Встановлено, що вибір оптимального варіанту параметрів інструменту дозволяє не тільки знизити величину зусилля, але забезпечити сприятливий характер його зміни без різкого зриву.

УДК 669.1

Кустря Є.І., магістрант гр. МЕТ-18-3мд
Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ ОБВІДНИХ РОЛИКІВ НА СТАНАХ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Неперервний стан холодної прокатки 1680 меткомбінату «Запоріжсталь» відносять до станів перших поколінь. Швидкість прокатки на цьому стані не перевищує 12 м/с, а керування процесом прокатки відбувається вручну. На станах застосовують по рулонний спосіб прокатки при масі збільшеного рулону 10 – 30 т.

Для усунення недоліку потовщених кінців на НСХП 1680 пропонується застосування методу подібного на процес нескінченної прокатки. Використовуючи його зменшиться подовжня різнотовщинність та кількість металу у обрізі.

Значна частина штаби прокатується зі змінною швидкістю, що впливає на параметри процесу прокатки: силу прокатки, натяг, товщину штаб, обтиснення, коефіцієнт тертя та ін.

Зварені шви прокатуються на вповільненій швидкості, через нестабільність механічних властивостей швів і зміни товщини. Якщо при проходженні зварених швів між валками швидкість прокатки не знижувати, то це веде до сильних ударів і може відбутися розрив штаби.

Для того щоб не знижувати швидкість прокатки при проходженні зварених швів,

потрібно забезпечити однакові механічні властивості металу штаби і метала шва і мінімальну різнотовщиність підкату. Вирівнювання меж плинності матеріалу штаби і матеріалу шва може бути досягнуто зменшенням обтиснення по шві за рахунок зняття грата на мінус.

Для пришвидшення валків стана застосовують двигуни, що забезпечують швидкий розгін.

При багаторазовому обтисненні штаби відбувається її значний розігрів, тому виникає необхідність примусового охолодження валків і штаби. Для охолодження використовують технологічне змащення. Змащення при холодному прокатуванні знижує коефіцієнт тертя між валками і прокатує штаби, що, до 0,02...0,06, завдяки чому зменшуються сила прокатки і опір деформації. Прокатка зі змащенням забезпечує більше обтиснення. Змащення при холодному прокатуванні знижує витрати енергії, зменшують зношування валків, і підвищує якість листової сталі.

Холодна прокатка здійснюється зі значним натягом, що знижує силу прокатки, стабілізує процес прокатки й служить у якості регулюючого фактора товщини штаби.

Звичайно на штабу в першій кліті діє тільки передній натяг, а в останній та проміжній клітках діє передній і задній натяг. Між клітками натяг створюється за рахунок неузгодженості швидкостей, а передній натяг в останній кліті – моталкою.

При малій ступені деформації, зерна гарячекатаного металу майже не дробляться, і далі зростання зерна не спостерігається, тому що відсутня рекристалізація. При збільшенні ступеня деформації зерна фериту дробляться і витягаються в напрямку прокатки, відбувається розрив міжзеренної речовини, границі зерен майже зникають, цементит також витягається уздовж прокатки.

Межа міцності і границя текучості холоднокатаної відпаленої сталі зростає зі збільшенням ступеня деформації. При холодному прокатуванні на практиці сумарне обтиснення становить 50...80 %, а одержання необхідних механічних властивостей забезпечують підбором оптимального хімічного складу сталі і режиму відпалу.

УДК 621.771

Кідалов В.С., магістрант гр. МЕТ-18-3мд
Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ НА РЕВЕРСИВНИХ СТАНАХ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

Використання технічної води у складі емульсії має свої недоліки – під час прокатки смуги вода випаровується, а саме мастило залишається на штабі. Далі прокатані рулони йдуть на відпал до термічного відділення. При відпалюванні рулону через наявність мастила на його поверхні може утворити такий дефект, як «пригар емульсії». Також технічна вода містить певні часточки солей, які після прокатки залишаються на поверхні рулону та викликають його передчасне ржавіння.

З метою покращення емульсійної системи та умов холодної прокатки пропонується використовувати емульсол «ColdRoller» за виробництвом ТОВ «РУ НПП Аринол» з метою покращення змащувальних властивостей без схильності продукту до сажоутворення і пригару. Характерною перевагою цього емульсору є те, що для його приготування використовуються дистильована вода. Використання цього емульсолу підвищить змащувальні властивості, які забезпечать зниження інтенсивності утворювання і накопичення в емульсії механічних домішок, що у свою чергу підвищить якість поверхні прокатаного металу.

Недоліком використання механічного натискного пристрою є недостатньо точна установка міжвалкового зазору, що приводить до такого дефекту як поперечна

різнотовщинність та неможливість точно корегувати параметри валкового зазору під час прокатки. Найбільш доцільним заходом для підвищення якості готового прокату є заміна на гідравлічний натискний пристрій призначений для роботи при тисках від 49 МПа і забезпечення підвищеної точності установки валків.

Встановлення цього пристрою дозволить вирішити низки питань щодо якості: зниженню витрат емульсії, зменшенню різнотовщинності, та встановлення системи автоматичного контролю параметрів прокатки.

Для створення умов прокатки штаб товщиною 0,2 – 0,3 мм, пропонується реконструкція існуючої кліти кварто на сучасні шестивалкові кліті, в яких між опорними та робочими валками встановлено проміжний валок. Це дозволить зменшити діаметр бочки робочих валків, що у свою чергу забезпечить можливість прокатки широких смуг малої товщини з високою точністю і дозволить знизити енерговитрати на прокатку.

Література

1. Ксензук, Ф.А., Трощенко Н.А., Павлищев В.Б., Принцип Н.И. Вальцовщик станов холодной прокатки : Москва : Металлургия, 1969. 256 с.
2. Целіков, А.І., Смирнов В.В. Прокатні стани : Москва : Металлургиздат, 1958. 329 с.
3. Технологическая инструкция ТИ 226-П.ХЛ1-15-06. ОАО «Запорожсталь» г. Запорожье, 2006.

УДК 621.771

Соловйова Д.В., магістрант гр. МЕТ-18-3мд
Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ХОЛОДНОКАТНИХ ШТАБ ПІСЛЯ ДРЕСИРУВАННЯ ЗІ ЗМАЩУВАННЯМ ТА БЕЗ ЗМАЩУВАННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ

В останні 20 - 30 років спостерігається істотне зростання вимог до якості металопродукції практично всіх видів. У тому числі посилилися вимоги до шорсткості поверхні листів, смуг, труб, дроту. Завдяки технічному прогресу в промисловості практично всі металургійні підприємства були оснащені більш досконалою апаратурою для одночасного контролю відразу декількох показників шорсткості поверхні металу (комп'ютеризованими багатофункціональними профілографами-профіметрами), а також сучасним обладнанням для обробки (шліфування, насічки) поверхні прокатних валків, в першу чергу верстатами для нанесення на поверхню валків строго регламентованої шорсткості електроерозійним, лазерним, електронним способами. Тим самим технологія виробництва тонколистової сталі з регламентованої поверхнею була виведена на новий в технічному відношенні етап розвитку.

Жорсткість вимог до мікрорельєфу металопродукції і нові інструментальні можливості реалізації цих вимог зумовили черговий сплеск наукових досліджень в даній області прокатного виробництва. У статтях [1, 2] були названі і коротко проаналізовані публікації результатів досліджень, виконаних на металургійних комбінатах Магнітогорському, Новолипецькому, Череповецькому, Карагандинському, «Запоріжсталь». Однак кожна з розглянутих публікацій, як правило, стосувалася результатів досліджень, виконаних стосовно металопродукції конкуруючого виду, і не містила принципових узагальнень, значущих висновків.

У публікаціях [3, 4 та ін.] наведено приклади і показані можливості імовірнісного підходу при досліджуванні шорсткості поверхні листової сталі. Однак на практиці повсюдне використання достатньо складного апарату багатовимірних випадкових функцій і

випадкових полів стосовно оцінки мікрорельєфу металопрокату пов'язано з труднощами, як в реалізації методу, так і в інтерпретації і застосуванні змін одержуваної інформації для вирішення конкретних виробничих завдань.

У промислових умовах шорсткість поверхні металопрокату цілком достатньо характеризують показники R_a - середнє арифметичне відхилення профілю і R_c - кількість піків (мікровиступів) на базовій довжині профілю згідно ГОСТ 2789. Додаткові показники, наприклад зазначені в роботі [1], і складні методики оцінки раціонально застосовувати при виконанні спеціальних тонких досліджень.

Основним фактором, що визначає шорсткість поверхні деформованого металу, листової сталі, є стан поверхні робочого інструмента. При виробництві листової сталі підготовлювані до експлуатації прокатні валки шліфуються, а далі, якщо необхідно, їх поверхня піддається обробці для додання шорсткості. Підготовка поверхні валків - це одна з ключових технологічних операцій, що визначають якість готової продукції. У статті [5] зіставлені тривалості обробки одного валка дробеструйним і електрофізичним способами і одержувані діапазони значень параметрів R_a і R_c шорсткої поверхні. Однак відсутність у цій публікації даних про розміри валків і тривалості насічки одиниці площі оброблюваної поверхні для досягнення конкретних величин R_a і R_c знижує корисність і ускладнює можливості аналізу наведеної інформації. Адже в листопрокатних цехах Магнітогорського металургійного комбінату, як і на інших заводах, використовують робочі валки різних розмірів з різною площею насіченої поверхні. Крім того, треба думати, що в статті [5] йдеться про стадії насичення мікрорельєфу, тобто про стан, коли подальша обробка вже не змінює параметри шорсткості оброблюваної поверхні.

Слід особливо підкреслити, що забезпечення високої рівномірності шорсткості насіченої поверхні робочих валків є головним і необхідним, але недостатньою умовою для отримання стабільно рівномірного мікрорельєфу готової листової сталі. Бо, зокрема, при дресируванні холоднокатаних відпалених штаб через їх різнотовщинності і нестабільності властивостей, коливань міжвалкового зазору, мінливості відносного обтиску, швидкості та інших відхилень параметрів процесу від усталеного стану рівномірність шорсткості поверхні дресированою листової сталі може суттєво погіршуватися.

Література

1. Мазур В.Л. Шероховатость поверхности тонколистовой стали : требования и технология производства : Сталь. 2012. № 1. С. 29 - 33.
2. Мазур В.Л. Обеспечение требований к микрорельефу тонколистовой стали : Сталь. 2007. № 12. С. 35 - 39.
3. Мелешко В.И., Чекмарев А.П., Мазур В.Л., Качайлов А.П. Отделка поверхности листа : Москва : Металлургия, 1975. 272 с.
4. Мазур В.Л. Производство листа с высококачественной поверхностью : Киев : Техника, 1982. 162 с.
5. Хусу А.П., Витенберг Ю.Р., Пальмов В.А. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) : Москва : Наука, 1975. 344 с.

Гудіна К.А., магістрант гр. 8.1369-ОМТ, Лавров М.В., ст. гр. ОТ-16-1/9
Проценко В.М., доцент, канд. техн. наук - науковий керівник

РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ НЕПЕРЕРВНОГО СТАНУ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКОСТІ ПРОКАТКИ І МАСИ РУЛОНУ ШТАБИ, ЩО ПРОКАТУЄТЬСЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра ОМТ
Запорізького металургійного коледжу ЗНУ

Продуктивність прокатного стану підвищується разом з підвищенням швидкості прокатки і маси рулонів тільки до деякої межі. Подальше підвищення цих параметрів, забезпечуючи деяке зростання продуктивності стану, робить його експлуатацію неекономічною, оскільки темпи зростання капітальних і експлуатаційних витрат випереджають темпи зростання продуктивності стану.

Метою роботи є виявлення доцільних меж підвищення швидкості прокатки ($v_{пр}$) і маси рулонів штаби, що проектується, виявлення залежності продуктивності від цих найважливіших параметрів з урахуванням інших істотних факторів: динамічних характеристик привода, кількості зварних швів, часу допоміжних і заправочних операцій, режиму прокатки, частоти змін валків тощо. Іншою метою є розробка програми для виконання розрахунків за відомою методикою [1] із застосуванням сучасного програмного комплексу MathCAD Prime 5 [2].

Розрахунки показують, що при постійній масі рулону q середньогодинна продуктивність $Q_{ср}$ спочатку доволі різко підвищується, потім зростання уповільнюється, при деякому значенні $v_{пр}$ крива має максимум, а потім починає зменшуватися (рис. 1). Таким чином, підвищення швидкості прокатки призводить до зростання продуктивності тільки до відомої межі. Швидкість прокатки, при якій продуктивність максимальна, умовно називається критичною швидкістю прокатки $v_{кр}$.

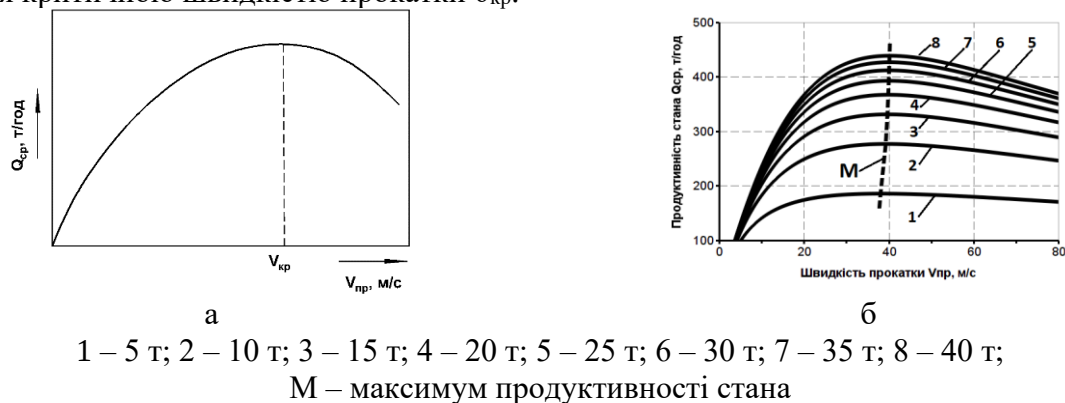


Рисунок 1 – Характер кривої $Q_{ср} = f(v_{пр})$ (а) і зміна середньогодинної продуктивності чотирикільцевого стану 1700 в залежності від швидкості прокатки при різній масі рулонів (б)

Література

1. Химич Г.Л., Третьяков А.В., Гарбер Э.А., Макарова М.А. Оптимальная производительность станов холодной прокатки : монография. Москва : Металлургия, 1970. 240 с.
2. Шестаков Н.А. Расчеты процессов обработки металлов давлением в Mathcad (решение задач энергетическим методом) : монография. Москва : МГИУ, 2008. 333 с.

Хомицький А.С., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В МОЛОТКОВИХ ДРОБАРКАХ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Після аналізу існуючих конструкцій молоткових дробарок, а також патентного огляду теоретичних й практичних досліджень встановлено основні проблеми, якими найчастіше схильні більшість конструкцій молоткових дробарок, а саме: нерівномірність подачі матеріалу що подрібнюється, досить висока енергоємність процесу подрібнення.

Метою всіх досліджень та вдосконалень в світі є: підвищення продуктивності та зменшення енергоємності процесу дроблення та подрібнення, а також збільшення терміну роботи робочих органів.

Цього можна досягти: поліпшивши конструктивні міцності робочих елементів дробарок – молотків, броньових плит та колосників, так і поліпшивши технологічний процес, зокрема – подаванні дробимого матеріалу до робочого простору дробарки.

Рівномірна подача матеріалу до робочих органів молоткової дробарки дозволяє підвищити якість подрібнення. Одним з важливих конструктивних елементів в молоткових дробарках є завантажувальний пристрій, який служить в якості проміжної одиниці, яка забезпечує стабільність процесу подавання матеріалу, що подрібнюється, до робочих органів дробарки – молотків та колосників.

Стрельцов Д.О., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ ЩОКОВИХ ДРОБАРОК

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Аналіз критеріїв руйнування матеріалу дозволив виявити об'єктивні характеристичні критерії руйнування дробленого матеріалу, що є показниками ефективності процесу дроблення і відповідно визначають оптимальні параметри конструкції дробарки. Це гранулометричні і енергетичні показники якості подрібнювальності. Вибір параметрів конструкції дробильної машини з урахуванням гранулометричних і енергетичних показників якості подрібнювальності забезпечує реалізацію раціональних режимів роботи дробарки. У разі невідповідності параметрів конструкції дробарки властивостям матеріалу, що переробляється знижується якість готового продукту і має місце схильність до пресування матеріалу.

При цьому, в якості параметрів оптимізації конструкції щокрової дробарки слід розглядати геометричні та кінематичні характеристики її дроблячого простору: кут захоплення, розміри камери дроблення, кінематичні та геометричні характеристики руху точок дроблячої поверхні, хід стиснення дроблячих плит, частота хитань рухомої щоки, поздовжній профіль дроблячих плит.

Зазначені характеристики камери дроблення, в свою чергу, визначаються параметрами кінематичної схеми, її структурною схемою, розмірами ланок і відносним розташуванням стійок механізму.

Вибір раціональних значень зазначених параметрів з урахуванням режиму експлуатації та властивостей матеріалу, що переробляється, забезпечить досягнення необхідних критеріїв оптимізації роботи щоклової дробарки, а, відповідно, і ефективність її роботи.

Багаторічна практика створення і експлуатації щоклових дробарок показує, що при оцінці досконалості щоклової дробарки і її якості простота кінематичної схеми і конструкції повинна особливо братися до уваги. Будь-яке ускладнення схеми призводить до ускладнення конструкції, подорожчання експлуатації та в кінцевому рахунку до відмови від даної схеми.

Вивчення схем простого і складного руху рухомої щокло показало, що вони обидві є найкращими з усіх запропонованих і обидві мають право на життя. Тому, з огляду на особливості схем, дробарки з простим рухом рухомої щокло призначаються в основному для великого дроблення високоміцних і абразивних матеріалів, а дробарки зі складним рухом щокло більше для середнього і дрібного дроблення матеріалів середньої міцності і абразивності.

Література:

1. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Под ред. О.С. Богданова, А. Олевского. – Москва: Недра, 1982. 366 с.

УДК 669.926.323

Сумін М.А., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДРОБЛЕННЯ КРИХКИХ МАТЕРІАЛІВ В ОДНОВАЛКОВІЙ ДРОБАРЦІ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

В двохвалковій дробарці на подрібнювальний матеріал діють стискаючі сили і, відповідно виникають нормальні напруження, границя міцності яких майже в 2 рази більша за границю міцності при дії дотичних напружень. Для зменшення витрат енергії на подрібнення матеріалу в зрівнянні з двохвалковою дробаркою необхідно, щоб на подрібнювальний матеріал діяли не тільки нормальні напруження, але й дотичні.

Такий процес дроблення може забезпечити одно валкова дробарка. Якщо провести силовий аналіз дроблення матеріалу в одновалковій дробарці, то буде видно, що в процесі роботи одновалкової дробарки виникають не тільки сили стискання на подрібнювальний шматок, але й крутний момент, в результаті якого виникають дотичні напруження.

На прикладі одновалкової дробарки з гладким валком розглядаються енергоефективність дробарок, в яких руйнування подрібнювального шматка відбувається, в тому числі, і під дією дотичних напружень.

Розглядаються умови захвату подрібнювального шматка в залежності від коефіцієнту тертя між шматком і нерухомою щоклою, визначається характер руйнування подрібнювального шматка в одновалковій дробарці, і складається математична модель процесу руйнування крихкого матеріалу під дією виникаючого складного напруженого стану, в тому числі, і для багатостадійного процесу руйнування.

Література:

1. Клушанцев Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В.
2. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.

Німаніхін С.В., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ЗНОС ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРНИХ ДРОБАРОК

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Роторні дробарки в основному застосовують при виробництві будівельних матеріалів та в металургії. В роторній дробарці (Рисунок 1) руйнування відбувається за допомогою ударної дії бил, які жорстко закріплено на роторі по матеріалу, а також зіткнень частинок подрібнюваної маси між собою. Для найбільш ефективного руйнування матеріалу що подрібнюється, окружна швидкість ротора може досягати до 80м/с.

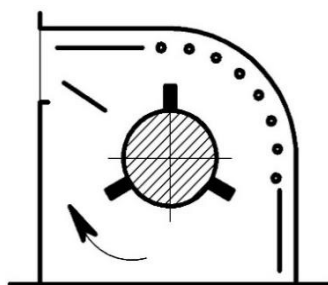


Рисунок 1 – Схема роторної дробарки

Основні вузли роторних дробарок: ротор, відбивні органи, корпус, зворотно-буферні пристрої відбивних органів.

Важливо знати особливості зносу її робочих органів, вплив зносу на показники процесу дроблення і працездатність машини.

Знос робочих органів істотно змінює показники роботи роторних дробарок, тому для підтримки роторних дробарок в працездатному стані після кожних двох змін роботи відновлювалися біла і футерування

Одним з перспективних напрямів поліпшення працездатності роторних дробарок є відновлення зношених елементів, а саме – бил.

В результаті наплавлення відновлюється початковий обрис біла під заданим кутом між його робочої і зовнішньої поверхнями.

За повідомленнями така наплавка забезпечує рівномірний сплав по всьому перетину і однакову масу билів, що виключає необхідність у додатковому балансуванні.

Відновлення зношеного біла – це не тільки повернення працездатності деталі, але і підтримка високих технологічних показників машини. Вдаючись до реставрації, враховують рентабельність відновлення і перш за все ефективність роботи дробарки і всього підприємства в цілому.

Література:

1. Барабашкин В. П. Молотковые и роторные дробилки (конструкция, расчет, монтаж и эксплуатация) / В. П. Барабашкин. – Москва: Недра, 1973. – 194 с
2. Роторные дробилки / В. А.Бауман, В. А. Стрельцов, А. И. Косарев, А. И. Слуцкер. – Москва: Машиностроение, 1973. – 272 с.
3. Клушанцев Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.
4. Фишман М. А. Дробилки ударного действия / М. А. Фишман. – Москва: Госгортехиздат, 1960. – 200 с.

Смородін В. Р., ст. гр. 8.1339
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ОБРОБКИ В УМОВАХ ЗНАКОЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Одним з найбільш поширених та ефективних засобів інтенсифікації механічних процесів є використання «вібраційного поля». Внаслідок впливу такого технологічного фактора має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух частинок продукції в робочій камері по найрізноманітніших та складних траєкторіях руху. Крім того, можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на досить локалізовані її області. При дії вібрації на сипке середовище в ньому відбуваються перетворення, особливості яких обумовлюються інтенсивністю коливань. У міру збільшення інтенсивності вібрації, в межах амплітудних значень прискорень, що не перевищують прискорення вільного падіння, сипуче тіло набуває рухливості, псевдотекучості. Такий стан сипкого середовища прийнято називати станом псевдозрідження. У цьому стані зчеплення між частинками слабшає, вони підходять один до одного, зменшується число пор (досягається більш щільне укладання частинок), сипке середовище ущільнюється. Такий стан оброблюваного середовища характеризується створенням сприятливих умов для зниження витрат на подрібнення матеріалу внаслідок зменшення величини внутрішнього тертя [1].

Отже, універсальність вібраційної обробки полягає в тому, що вона є найбільш ефективним серед механічних методів загальним засобом регулювання динамічного стану продукції при здійсненні різноманітних технологічних задач [2]. Так, унаслідок коливного руху робочих органів вібростани відбуваються достатньо складні траєкторії руху частинок робочого середовища та запасастся значна потенціальна енергія, отримана внаслідок якісної зміни характеру положень рівноваги структурних елементів системи, розділення за їх фізико-механічними властивостями частинок продукції, інтенсивного перемішування маси та сепарації матеріалу, руйнування структури матеріалу та інші віброефекти, що використовуються в широкому спектрі переробних технологій.

Література:

1. Моргулис М. Л. Вибрационное измельчение материалов : Москва : Госстойиздат, 1957. 107 с.
2. Партон В.З., Борисковский В.Г.. Динамическая механика разрушения : Москва : Машиностроение, 1985. 263 с.

Стрельцов Д.О., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ГРАНУЛОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ І ТЕОРІЙ ДРОБЛЕННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Гірські породи мають явно виражену властивість крихкості, тобто мінімальний розмір площадки текучості на діаграмі випробувань на стиснення зразків гірської породи.

Практично до моменту руйнування ця діаграма може бути описана прямою пропорційною залежністю між напруженням, що виникають в тілі зразка під дією зовнішньої стискаючої сили, і його деформацією.

Крім того, структура гірських порід має стохастичний характер розподілу тріщин, дислокацій, включень та інших факторів, що не піддаються з точки зору математичного аналізу детермінованості або формалізації. Тому визначення пружних властивостей цих матеріалів і їх межі міцності носить складний емпіричний характер, який визначається комплексом експериментальних методик досліджень.

Основним поширеним лабораторним методом загальної оцінки міцностних властивостей гірських порід в даний час залишаються лабораторні випробування на одновісне стискання (роздавлювання). Критерієм міцності, який визначається при цих випробуваннях, є границя міцності при одноосьовому стисканні або максимальна величина стискаючого напруження, яке зазнає гірська порода в момент руйнування зразка.

Також експериментальні дослідження гірських порід на границю міцності мають першорядне значення для визначення енергетичних параметрів процесу дроблення, використовуваних надалі для будь-якої, призначеної для цього промислової технології.

Лабораторні дослідження на стиск зразків породи показують свої закономірності процесу деформування і руйнування матеріалу гірських порід. Ці закономірності стійкі і дозволяють проводити з достатньою для практики точністю формалізацію (детермінування) процесу дроблення порід. Зокрема, однією з головних таких закономірностей є залежність гранулометричних параметрів руйнування породи від роботи зовнішніх сил, що визначає в процесі дроблення потенційну енергію деформування шматків породи.

Таким чином, знаючи величину роботи зовнішніх сил і вихідні розміри шматків породи, що руйнуються, можна оцінити гранулометричний склад на виході процесу руйнування. Узагальнена формула теорій дроблення [1] має вигляд:

$$A = kD^n \frac{R^{3-n} - 1}{3 - n},$$

де A - енергія, що витрачається на подрібнення;

n - ступінь лінійного розміру частки (знаходиться дослідним шляхом для кожного конкретного випадку подрібнення);

k - коефіцієнт пропорційності;

R - ступінь подрібнення.

Література:

1. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Под ред. О.С. Богданова, А. Олевского. – Москва: Недра, 1982. 366 с.

Сумін М.А., ст. гр. МБ-18мз,
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ В ОДНОВАЛКОВІЙ ДРОБАРЦІ НА МІНІМАЛЬНИЙ РОЗМІР ЗАЗОРУ ДЛЯ ЗАХОПЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Для визначення впливу коефіцієнта тертя між шматком матеріалу і нерухомою щогою скористаємося формулою:

$$\frac{\pi}{2} - \alpha - \operatorname{arctg} \frac{1}{f_1} > \beta_2,$$

Звідки кут захвату α дорівнює:

$$\alpha < \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1}{f_1} - \operatorname{arctg} f_2. \quad (1)$$

Зазор між валком і нерухомою щогою визначається по формулі:

$$a = D_{CB} - \frac{D}{2} [1 - \cos(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1}{f_1} - \operatorname{arctg} f_2)]. \quad (2)$$

Кут тертя можна визначити дослідним шляхом. Спосіб визначення кута тертя дуже простий і являє собою похилу поверхню, кут нахилу якої можна змінювати. Зафіксувавши кут нахилу поверхні, при якому поміщений на ній шматок матеріалу знаходиться в граничному стані спокою, і сила зчеплення досягає максимального значення, визначаємо кут тертя, дорівнює куту нахилу обраної поверхні.

Проведені заміри кута тертя між валком і шматком дробленого матеріалу β_1 і виміри кута тертя між шматком дробленого матеріалу і нерухомою щогою β_2 .

$$\beta_1 = 30^\circ, \quad \beta_2 = 15^\circ, \quad (3)$$

звідси відповідні коефіцієнти тертя рівні:

$$f_1 = \operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} 30^\circ = 0,57, \quad f_2 = \operatorname{tg} \beta_2 = \operatorname{tg} 15^\circ = 0,27. \quad (4)$$

Після підстановки знайдених значень коефіцієнтів тертя в формулу (2), враховуючи, що діаметр валка $D = 180$ мм, розміри шматка $D_{CB} = 40$ мм, визначається мінімальний розмір зазору, необхідний для дроблення даного шматка:

$$a = 40 - \frac{180}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1}{0,57} - \operatorname{arctg} 0,27 \right) \right] = 37 \text{ мм} \quad (5)$$

Щоб збільшити ступінь дроблення, необхідно зменшити коефіцієнт тертя між шматком і нерухомою щогою, для цього поверхню щого змочується водою, при цьому кут тертя:

$$\beta'_2 = 10^\circ, \quad (6)$$

тоді коефіцієнт тертя між подрібнюваністю шматком і змащеній поверхнею нерухомої щого:

$$f'_2 = \operatorname{tg} \beta'_2 = \operatorname{tg} 10^\circ = 0,18. \quad (7)$$

Після підстановки отриманого значення коефіцієнта тертя в формулу (2) визначається мінімальний розмір зазору між валком і змащеній нерухомою щогою, необхідний щоб розділити шматок.

Хомицький А.С.⁽¹⁾, ст. гр. МБ-18мз,
Кобрін Ю.Г.⁽²⁾, аспірант кафедри МАМВ

НЕОБХІДНІСТЬ ДРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ В МОЛОТКОВИХ ДРОБАРКАХ

⁽¹⁾ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

⁽²⁾ Національна металургійна академія України, кафедра МАМВ

Однією з операцій, що впливають на якість готового продукту і на енерговитрати в металургії та інших галузях, необхідної на його виробництво – це операції дроблення та подрібнення.

Пошук оптимізації операції дроблення та подрібнення, як показали дослідження різних вчених, можливий за рахунок застосування найбільш ефективного дроблячого обладнання.

Аналіз існуючих дроблячих машин показав, що основними машинами для дроблення та подрібнення різних матеріалів до досить малого розміру дробимого шматка – є молоткові дробарки. Існуючі в даний час конструкції молоткових дробарок за рахунок універсальності в їх конструкції та відповідної адаптації – дозволяють збільшити продуктивність процесу і зменшити енергоємність процесу подрібнення.

Актуальним є – підвищення продуктивності і зниження енергоємності процесу дроблення та подрібнення молотковими дробарками, за рахунок вдосконалення їх конструктивно-режимних і технологічних параметрів.

У молоткових дробарках (Рисунок 1) процес подрібнення відбувається за рахунок впливу на подрібнення матеріалу шарнірно-підвішеними на роторі молотками. Молоткові дробарки відрізняються досить високим ступенем подрібнення. Перевагами молоткових дробарок є: швидкий вихід подрібненого матеріалу з дробильного простору, можливість регулювати ступінь дроблення та подрібнення, легка заміна зношуються робочих органів, механізоване завантаження матеріалу що подрібнюється.

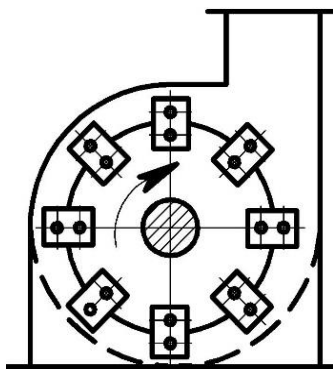


Рисунок 1 – Схема молоткової дробарки

Література:

1. Клушанцев Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие. / В. Я. Борщев. – Тамбов: ТГТУ, 2004. – 75 с.
3. Беренов Д. И. Дробильное оборудование обогатительных и дробильных фабрик / Д. И. Беренов. – Свердловск: Государственное научно-техническое издательство литературы по чёрной и цветной металлургии, 1958. – 296 с.

Німаніхін С.В.⁽¹⁾, ст. гр. МБ-18мз,
Кобрін Ю.Г.⁽²⁾, аспірант кафедри МАМВ

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ РОТОРНИХ ДРОБАРОК

⁽¹⁾ Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

⁽²⁾ Національна металургійна академія України, кафедра МАМВ

Роторні дробарки в основному застосовують при виробництві будівельних матеріалів та в металургії.

Нижче детально представлено роторні дробарки, які випробувані в експлуатації та що застосовуються в промисловості можна класифікувати за технологічними: це крупність прийнятих шматків, властивості оброблюваного матеріалу, вимоги, що пред'являються до продукту дроблення; та конструктивними ознаками.

За конструктивними ознаками роторні дробарки класифікуються: по числу роторів, за способом розвантаження готового продукту, за характером виконання відбивних органів, за способом підвіски відбивних органів, з реверсування обертання ротора, за формою лінії профілю відбивної поверхні, за характером відбивної поверхні.

Багатороторні дробарки поділяються – по числу ступенів дроблення: одноступінчасті, в яких потік матеріалу надходить одночасно на всі ротори, багаступінчасті, по окремі камери дроблення: з об'єднаними камерами дроблення, з роздільними камерами дроблення.

Дробарки з колосниковими ґратами по розташуванню колосників розрізняють: з вертикальними і горизонтальними колосниками.

Ротори класифікуються за такими ознаками: по умовному числу бив: двох-, трьох- і т. д. до дванадцяти-бильних. Відомі й однобильні ротори. Найбільш споживані двох-, трьох-, чотирьох- і шестибильні.

За конструкцією бив і способам їх кріплення існує велика кількість виконань, які потребують самостійної класифікації: по кількості робочих поверхонь, за наявності знімного билотримача, біла що закріплюються безпосередньо на корпусі ротора, за способом кріплення, у напрямку руху біла при його монтажі.

Корпуси роторних дробарок можна класифікувати за такими основними ознаками: за характером поділу на вузли, на станину і верхню частину, що складається з окремих елементів, корпус який також поділяється на кілька вузлів, по доступу до робочих органів, по розташуванню площини приймального отвори, за способом виготовлення.

За способом підтримання сталості ширини вихідної щілини розрізняють такі конструкції відбивних органів: з шарнірною підвіскою, з противагою, з поворотною пружиною і з запобіжним пристроєм, що включає руйнується змінне деталь.

Відбивні плити з шарнірною підвіскою виготовляються суцільнозварними, звареними із захисною футеровкою робочої поверхні, суцільнолитими з зносостійкого сталі і комбіновані.

Відбивні колосникові решітки виконуються суцільнолитими, складальними з литих колосників, які стягуються стяжками, складальними з колосників, виконаних з прокату і вставлених в спеціальну раму. Поліпшення будь-якого з цих елементів гарантує покращення показників дробарки.

Література:

1. Роторные дробилки / В. А.Бауман, В. А. Стрельцов, А. И. Косарев, А. И. Слуцкер. – Москва: Машиностроение, 1973. – 272 с.
2. Барабашкин В. П. Молотковые и роторные дробилки (конструкция, расчет, монтаж и эксплуатация) / В. П. Барабашкин. – Москва: Машгиз, 1963. – 245 с.

Онопрійко І.А., ст. гр. 8.1339
Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

МЕТОДИ АНАЛІТИЧНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

У процесі подрібнення під дією прикладених до оброблюваного матеріалу сил, які перевищують тимчасовий опір або границі його міцності, утворюються пружні та пластичні деформації, в результаті чого виникають мікротріщини, по яких відбувається поділ матеріалу на частинки. Коли зовнішній вплив діє в межах пружності, тріщини за рахунок молекулярних взаємозв'язків можуть замикатися, тобто руйнування тіла не відбувається. Коли ж зовнішні сили перевищують границю пружності, відбувається процес подрібнення, який пов'язаний з витратою енергії на подолання внутрішнього тертя частинок під час їх деформування, взаємодії між собою та виконавчим органом машини. Існує низка гіпотез для визначення витрат енергії на подрібнення.

Основоположник фізико-хімічної механіки П.О. Ребіндер [1,2] вважав, що витрачається на подрібнення, загалом є сумою двох додатків.

$$A = \sigma \Delta F + k \Delta V,$$

де σ – питома енергія, віднесена до одиниці поверхні тіла; ΔF – поверхня тіла, що утворюється при руйнуванні; k – питома робота пружної і пластичної деформацій, віднесена до одиниці об'єму твердого тіла; ΔV – об'єм тіла, яке зазнало деформації.

Очевидно, що на початковій стадії при крупному подрібненні основна робота витрачається на деформацію тіла, нових поверхонь утворюється небагато і, як наслідок, другий доданок має мале чисельне значення. Витрата енергії під час подрібнення зростає із зменшенням розміру частинок. У зв'язку з цим, щоб уникнути непродуктивних витрат, вкрай важливо, щоб під час організації процесу було заздалегідь відомий очікуваний розмір частинок вихідної сировини. З метою зменшення споживаної енергії доцільно періодично видаляти достатньо подрібнені частинки із зони помелу. Новостворені поверхні та частинки мають надмірну кількість кінетичної енергії, завдяки чому відбувається їх рух і подальше руйнування.

Таким чином, подрібнення матеріалу, утворення його нових поверхонь, внутрішніх дефектів, призводить до активізації багатьох явищ, пов'язаних з механічними, тепловими, електричними та хімічними властивостями речовин.

Література:

1. Ребіндер П. А. Физико-химическая механика. Москва : Наука, 1979. 381 с.
2. Ребіндер П. А., В. И. Акунов Физико-химические основы законов тонкого измельчения твердых тел / Журнал прикладной химии. 1959. Т. 28. С. 312.

Сосновський В.М., ст. гр. МБ-18-1мд,
Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЗЛІВ ТА ДЕТАЛЕЙ ПРИВОДУ СТАНА ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Приводи прокатних станів містять такі основні механізми:

- механізми, що служать для збільшення, зменшення і розподілу крутного моменту (шестеренні кліті, редуктора, об'єднані шестеренні кліті-редуктора, мультиплікатора);
- механізми, що служать для передачі крутних моментів від перерахованих вище механізмів до валків робочої кліті (шпіндельні пристрою);
- зберігаючі механізми (муфта);
- електродвигуни;

До основних елементів приводу, що забезпечують з'єднання валів шестерінчастої кліті з редуктором та редуктора з валом двигуна відносяться муфти. Найбільш широко на прокатних станах застосовують компенсуючі муфти. Компенсуючі муфти утворюють окрему групу і використовуються для з'єднання валів, що мають незначні осьові, радіальні і кутові зміщення.

Зубчасті муфти – найбільш поширений вид жорстких компенсуючих муфт. Зубчаста муфта складається з двох обойм з внутрішніми зубцями, що знаходяться в зачепленні відповідно з двома зубчастими втулками із зовнішніми зубцями (рис 1).

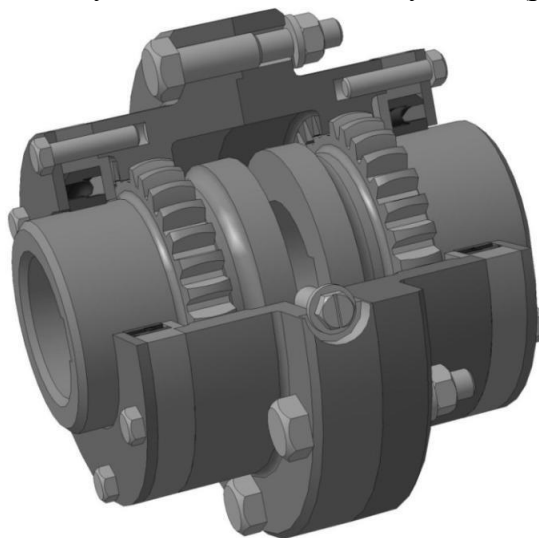


Рисунок 1 – Зубчаста муфта в розрізі

Компенсуючу здатність муфти забезпечують створенням зазорів між зубцями обойми і втулок, а також наданням бочкоподібної форми зубцям зубчастих венців втулок.

Ненадійна робота муфт призводить до зупинок та понаднормових простоїв прокатного стану. Дослідження причин відмов та розробка пропозицій по удосконаленню конструкції дозволить поліпшити роботу прокатного стану.

Харакоз О.А. , ст. гр.. МБ-18-1мд,
Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВУЗЛІВ ТА ДЕТАЛЕЙ ПРАВИЛЬНОЇ МАШИНИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

П'ятироликівська листопрямальна машина призначена для попереднього правлення слуги після розмотування її із рулону для подальшого різання. До правильної машини пред'являються високі вимоги до надійності та безвідмовності в експлуатації, довговічності, простоти технічного обслуговування та ремонту.

Основними елементами правильної машини є ролики. Ролики правильних машин виготовляються ступінчастими з різними діаметрами ділянок. У місцях сполучення ділянок виникає концентрація напружень. Для зниження напружень застосовують різні форми перехідних ділянок.

Циклічна міцність деталей сильно падає на ділянках послаблень, різких переходів, надрізів і т. п. Це викликають місцеву концентрацію напружень, максимум яких може в 2-5 і більше разів перевищувати середній рівень напружень, що діють в цьому перерізі.

Внаслідок відхилення фізико-механічних властивостей матеріалів від ідеальних дійсне підвищення напружень відрізняється від теоретичного, як правило, менше останнього. Дійсне зростання напружень визначають експериментально і характеризують ефективним коефіцієнтом концентрації напружень.

При циклічному навантаженні ефективний коефіцієнт концентрації напружень спрощено визначають на підставі кривих втоми гладкого зразка і зразка з концентратором напружень як відношення їх меж витривалості або руйнівних напружень в області обмеженою довговічності при однаковому числі циклів N.

Дослідження впливу різноманітних факторів на концентрацію напружень дозволить оптимізувати процес проектування деталей.

Якщо усунути концентратори напружень повністю неможливо, то слід замінювати сильні концентратори помірно діючими. Наприклад, різьбові отвори належать до числа найбільш сильних концентраторів доцільно замінювати гладкими отворами, негативний ефект яких менше і може бути ослаблений низкою заходів.

Концентратори слід видаляти з найбільш напружених ділянок деталі і переносити, якщо це допускає конструкція, в зони найменших напружень. З метою зменшення номінальних напружень доцільно збільшувати перетину деталі на ділянках розташування концентраторів.

Концентрацію напружень у вхідних кутах східчастих деталей, наприклад східчастих валів, можна значно знизити раціональною формою сполучення ступенів. Дослідження саме цього питання дозволить збільшити ресурс роботи роликів правильних машин та скоротити аварійні простої.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМІВ СКІПОВОГО ПІДЙОМНИКА ДОМЕНОЇ ПЕЧІ

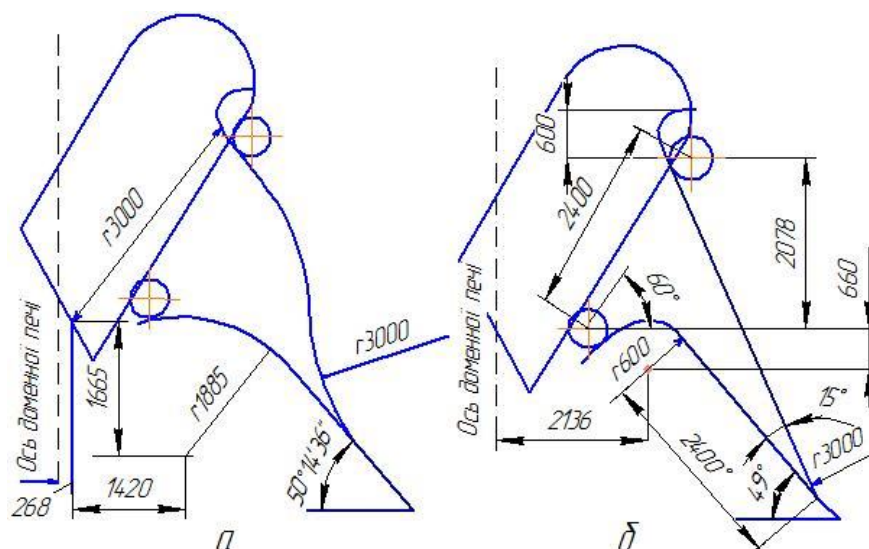
Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Подача шихта на колошник доменних печей здійснюється похилими скіповими підйомниками. Використовуються двоскіпові підйомники врівноваженого типу, що приводяться в рух від однієї лебідки. Розвантаження скіпа проходить шляхом його перекидання.

Скіпи рухаються один назустріч іншому по паралельним рейкам похилого мосту. У верхній частині мосту розташована розвантажувальна ділянка. На розвантажувальній ділянці, крім основного рейкового шляху, вигнутого у верхній своїй частині, є допоміжний шлях більш широкої колії, що піднімається над основним.

Класична конструкція розвантажувальних рейок має прямолінійну форму. При перекиданні скіпа на прямолінійних кривих, передні колеса одночасно з обертанням навколо передньої осі ската перекочуються по нижній рейці вперед і назад, що призводить до утворення вибоїн по поверхні кочення і до виникнення стуку при русі скіпа

Схема кривих розвантажувальної ділянки нової та старої конструкції показана на рисунку 1.



а – криволінійні розвантажувальні рейки; б – прямолінійні розвантажувальні рейки

Рисунок 1 – Типи напрямних рейок розвантажувальної ділянки моста

На підставі досліджень запропонована криволінійна конструкція розвантажувальних рейок, при якій передні колеса скіпа стоять на місці, а задні перекочувалися по кривій.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗМОТУВАЧА ШТАБ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

На сьогодні широко використовуються розмотувачі штаб на підприємствах та мають свої недоліки, що потребують удосконалення.

Придбання та впровадження сучасного обладнання на вітчизняних підприємствах є фінансово важким, тому питання модернізації існуючого обладнання на підприємствах є актуальним.

Метою роботи є дослідження роботи та підвищення продуктивності розмотувача штаб, а також, удосконалення експлуатаційних показників роботи агрегату.

Розмотувач – це поворотна колона, що розташована в станині і спирається на опорний підшипник. Поворотна частина забезпечена двома розмотуючими барабанами, розташованими горизонтально. Фіксація на барабані здійснюється шляхом розтиснення секторів за допомогою пневматики.

Ролики, що тягнуть, є робочою кліттю, встановленою на стаціонарній рамі, що складається з опорно-приводного ролика і притискного ролика. Обидва ролики розміщені в направляючих станини. При цьому, притискний ролик керується двома пневмоциліндрами, а опорний ролик приводиться в обертання приводом, що складається з електродвигуна і черв'ячного редуктору.

Рулони навішуються на вісь розмотувача, фіксуються, після чого вільний кінець рулону проводиться через розведені ролики, що тягнуть. Потім притискний ролик пневматикою притискається до опорного ролика і включається привід «вперед». Після оброблення першого рулону, розмотувач розвертається на 180° і задають в агрегат другий рулон, а на вільний барабан навішується інший рулон.

Хвостова частина лінії по виготовленню елементів упакування складається з роликів, що виштовхують і двопозиційного укладальника.

Ролики, що виштовхують – це тягнуча пара. Вона складається з опорно-приводного ролика і притискного ролика, що коливається. Це служить для відведення відрізаної штаби від гільйотинних ножиць і переведення (укладання) її в короби, встановлені на укладальнику. Опорний ролик знаходиться постійно в обертальному русі від приводу, що складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора, муфт. Притискний ролик закріплений на важелі, що має вісь гойдання, і управляється електрогідравлічним штовхальником в автоматичному режимі.

Укладальник являє собою пересувний перпендикулярно осі агрегату візок, встановлений на рейці, що має два штатні місця для розміщення коробів, один з яких завжди встановлений по осі агрегату. Після заповнення штабою першого короба, оператор включає гідроциліндр, закріплений під візком, у результаті чого останній переміщається на повний хід циліндра, відводячи убік перший короб і встановлюючи по осі агрегату другий короб.

Існуюча конструкція підлогового розмотувача штаб відрізняється низькою продуктивністю агрегату, що приводить до простоїв лінії із-за затримок заміни повних платформ з елементами упаковки, і травмонебезпечними умовами праці.

Проаналізувавши конструкцію розмотувача штаб, метою удосконалення є розроблення конструкції розмотувача, яка дозволить здійснення мірного різку без відбраковування штаб немірної довжини і підвищить вихід придатної пакувальної штаби.

Олефіренко В.М. , ст. гр. МБ-18-1мз,
Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ВУЗЛІВ ТА ДЕТАЛЕЙ МОТАЛКИ ГАРЯЧИХ ШТАБ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Відомо, що моталка гарячої смуги використовується для змотування прокатоної смуги металу в рулони. Проблема змотування смуг в гарячекатані рулони є однією з найважливіших як для підвищення продуктивності широкосмугових прокатних станів, так і для підвищення якості продукції, що випускається. Вирішення цієї проблеми стає особливо актуальною, тому що у вітчизняному виробництві на широкосмугових станах прибирання гарячекатаних смуг здійснюється тільки у вигляді рулонів.

Робота моталок більшою мірою зумовлює якісну сторону роботи стану. На моталках закінчується процес прокатки і від того як буде змотана прокатана смуга, залежить ведення технологічного процесу на стані, а також загальна оцінка готової продукції.

Основним найбільш вагомим дефектом є - телескопічність рулону. «Телескопічні» рулони - це рулони з виступаючими внутрішніми витками. Значною частиною на роботу моталки впливає механізм формування рулону. В механізм формування входять механізми барабана, касет і важеля моталки.

Переміщення і притиснення формуючими роликів здійснюється від пневмоцилиндрів діаметром 500 мм хід 600мм, через систему важелів.

Касета виконана з шарнірної опорою кожної ролика. Касета складається з зварної рами, несучої самоустановлювальними формуючими ролики і гойдаючих амортизаторів. Ролики шарнірно укріплені і встановлені незалежно одна від одної підшипникової опори. Привід формуючих роликів індивідуальний, безредукторний від електродвигунів постійного струму, що передає обертання через карданні вали.

Для автоматичного регулювання зазорів між формуючими роликами і барабаном встановлений клиновий механізм з електромеханічним приводом з черв'ячним редуктором.

Незадовільна робота саме механізму автоматичного регулювання зазору призводить до створення «телескопічності» рулону. Удосконалення саме клинового механізму дозволить покращити якісні характеристики моталки.

Горбатко Д. В., магістрант гр. МБ – 18мз
Власов А. О., старший викладач, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ТА ДЕТАЛЕЙ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Дробарки призначені для зменшення розмірів пружньо–крихкого тіла від первинного (початкового) розміру до потрібного, тобто для дроблення.

В доменного цеху комбінату ПАТ "Запоріжсталь" встановлена щокова дробарка ЩДС 4х9. Це дробарка зі складним рухом щоки, тобто точки рухливої щоки рухаються по замкнутих кривих.

Щокова дробарка (рисунок 1) складається з корпусу 1. У середині корпусу кріпиться

Обидві щоки, що дроблять, виготовлено зі зносостійкої марганцевистої сталі. Робочі поверхні щік, виконані рифленими, причому виступи однієї плити розташовуються проти западин іншої. До нижнього кінця шатуна кріпиться за допомогою шарніра і сухарів 7 плита розпору 5. Регулювання ширини вихідного отвору відбувається зміною положення клину 8. Фіксація вибраного положення осі здійснюється гвинтом 9. Для вибору проміжків в рухливих з'єднаннях шатуна і плити розпору і попередженню ударів передбачена пружина розтягування 10 і тяга 11.

Найбільш слабкою ланкою серед цих пристроїв дробарки є вузол плити, що дробить. Часті ремонти та заміни плити, що дробить приводять до аварійних зупинок процесу дроблення феросплавів.

Пропонується замінити існуючу плиту з виступами трикутної форми на плиту з виступами трапецеїдальної форми.

62

Олійник І.М., магістрант гр. МБ – 18мз
Власов А.О., старший викладач, канд. техн. наук – науковий керівник

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ТА ДЕТАЛЕЙ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ БУНКЕРІВ АГЛОМАШИНИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Обвалювачі призначені для обвалення склепіння завислого матеріалу усередині бункера.

В агломераційному цеху комбінату ПАТ "Запоріжсталь" встановлені розвантажувальні бункера агломашини з встановленими на них обвалювачами склепіння.

У зв'язку з незадовільною роботою обвалювачів склепіння бункерів агломерату, з'являлося зависання сипкого матеріалу, внаслідок чого виникають відхилення від технології.

Пропонується встановити на бункер для обвалення матеріалу магнітоімпульсний обвалювач.

Принцип роботи магнітоімпульсного обвалювача ґрунтований на перетворенні запасеної енергії мережі змінного струму ~ 220 У в кінетичну енергію прямолинійної поступальної ходи (удар).

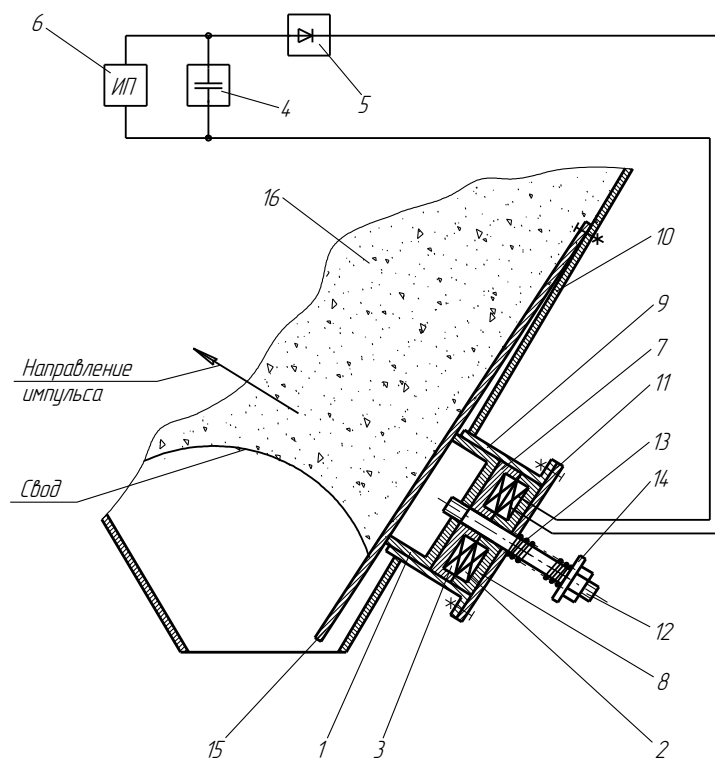


Рисунок 1 – Магнітоімпульсний обвалювач (позиції наведено у тексті)

Пристрій обвалення матеріалу у бункерах (рисунок 1) містить привід бойка 1 у вигляді двох робочих обмоток 2, 3, сполучених з батареєю конденсаторів 4, через блок тиристора управління 5 з джерелом живлення 6. Бойок 1 розміщений в стакані 9 з можливістю переміщення. Стакан 9 жорстко закріплений в стінці бункера 10 і забезпечений знімною кришкою 11. Чашки 7, 8 виконані з магнітомякого матеріалу з пазами. Обмотки 2, 3 дзеркально розташовані в пазах і закріплені. Для повернення бойка 1 в початкове положення

він забезпечений механізмом повернення, виконаним у вигляді шпильки 12, одним кінцем, яка жорстко сполучена з бойком 1, на іншому кріпиться пружина повернення 13 і упор 14. Пружина 13 розміщена між кришкою 11 стакану 9 і упором 10. Усередині бункера 10 закріплений вібролист 15 що переміщається від дії бойка.

Пристрій обвалення матеріалу у бункері працює таким чином. При утворенні склепіння матеріалу 16 у бункері 10 подають заряд енергії на робочі обмотки 2, 3 за допомогою схеми тиристора управління 5, накопичений у батареї конденсаторів 4 від джерела живлення 6. Внаслідок чого в робочих обмотках 2, 3 утворюються зустрічні магнітні потоки, зосереджені в проміжку між обмотками 2, 3 і прагнучі їх розсунути. При цьому чашки 7, 8 з магнітомя'кого матеріалу, охоплюють діаметрально і з торців не дозволяють цим магнітним потокам вирватися назовні, виключають тим самим електромагнітне випромінювання. Завдяки цьому магнітні потоки концентруються в проміжку між обмотками 2, 3 і тим самим додатково збільшують відталкуючу силу обмоток. Внаслідок цього бойок 1 отримує заряд кінетичної енергії і рухається з великою швидкістю уздовж осі склянки 9 у бік вібролиста 15, в якому бойок збуджує коливання. Вібролист 15 забезпечує руйнування адгезії матеріалу 16 до листа 15 і руйнує склепіння матеріалу 16, що утворилося у бункері 10.

У зв'язку з тим, що чашки виконані з магнітомя'кого матеріалу, магнітні потоки уловлюються в проміжку між робочими обмотками, тим самим, сприяючи створенню додаткової рушійної сили, що діє на бойок, що забезпечує збільшення коефіцієнта корисної дії пристрою.

Завдяки встановленню магнітоімпульсного обвалювача забезпечується зниження енерговитрат і вартості обладнання, підвищення ККД, збільшення терміну служби бункера.

УДК 621.833

Шмиков Є.О., студ. гр.МБ-18-мд,
Васильченко Т.О., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

КОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМ ВКЛЮЧЕННЯ КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ З ПЛАНЕТАРНИМ РЕДУКТОРОМ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МО

Система включення виступає зв'язуючою ланкою між головним двигуном та виконавчими механізмами пресу. Вона здійснює пуск та автоматичне відключення виконавчого механізму преса після завершення робочого циклу. Системи включення кривошипних машин складаються з муфти включення, гальма та механізмів керування. Від працездатності системи залежить надійність та безпечність експлуатації преса в цілому.

Більшість кривошипних пресів працює в режимі одинарних ходів, тобто в такому, коли періодично відбувається включення та вимикання ведучих частин приводу від головного виконавчого механізму (ГВМ). Специфічні умови праці системи включення пресів призводить до того, що всі вузли системи працюють у надважких умовах. На розгін ведених частин пресу (при включенні) витрачається значна частина енергії, що часто перевищує величину номінальної технологічної роботи.

Використання планетарних механізмів у приводах кривошипних пресів дозволяє при незмінному числі ходів пресу підвищити в декілька разів число обертів маховика, що призводить до значного зниження його моменту інерції, і, отже, розмірів та ваги. Так як фрикційні вузли всіх планетарних редукторів працюють в якості гальм, умови їх роботи більш сприятливі перед фрикційними муфтами. Зниження швидкості обертання мас, що зупиняються, їх моментів інерції, поліпшення умов охолодження, плавність включення призведе до збільшення терміну служби фрикційних елементів, міжремонтного циклу всієї

ковальсько-пресової машини (КПМ) і, в підсумку, збільшенню її надійності і довговічності. Основна витрата енергії на включення відбувається не перед робочим ходом, а при зупинці ГВМ, що створює до початку робочого ходу певний запас енергії ведучих мас, розширюючи технологічні можливості КПМ.

Проте в літературних джерелах практично повністю відсутні дані про системи включення з планетарними механізмами, методики розрахунку і синтезу приводу, рекомендації з використання та економічному обґрунтуванню доцільності застосування, що стримує процес модернізації кривошипних пресів шляхом оснащення їх принципово новими, надійними системами включення.

В процесі літературного обґяду було проаналізовано конструкції систем включення, що запропоновані провідними вченими, проте, на нашу думку, вони мають певні недоліки. Запропоновано нову конструкції кривошипного преса з планетарними механізмами.

Системі включення кривошипних пресів містить диференційний редуктор, кінематично пов'язаний за допомогою сателітів з водилом, зовнішнім і центральним колесами та маховиком. Центральне колесо зв'язане з гальмом включення, а зовнішнє колесо – з веденою частиною приводу і головним валом, колеса виконані самовстановлюючимися з можливістю радіального та кутового переміщення, гальмовий пристрій виконано фрикційним дводисковим з загальним натискним диском, розташованим між гальмом включення і зупинки. З метою зниження інерційності і витрат енергії на включення, веденою частиною планетарного механізму є водило, жорстко зв'язане з головним валом, а зовнішнє колесо пов'язане з гальмом включення, включення і зупинка відбуваються одним дводисковим гальмівним пристроєм з загальним приводом, що забезпечує зменшення часу вмикання.

Таким чином, шляхом застосування у приводі кривошипних пресів планетарного редуктора з одним фрикційним гальмовим пристроєм отримано привід кривошипних пресів, що забезпечує значне зниження часу та витрат енергії на включення, поліпшення умов обслуговування вузлів гальма та редуктора та зменшення металоємкості вузлів.

УДК 621.7-216

Шефф О.І. студент гр. МБ-18-1мд,
Огінський Й.К., с.н.с., д-р техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКОВИХ ОПОР ОПОРНИХ ВАЛКІВ КЛІТИ КВАРТО СТАНА 1680 КОМБІНАТУ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Інженерний інститут запорізького національного університету, кафедра МО

Металургійні машини складаються з великої кількості певним чином з'єднаних між собою деталей, відмова яких викликають порушення працездатності. Наявність складних функціональних залежностей між елементами механічного обладнання значно ускладнює технічне діагностування. Досить складним елементом є підшипникові опори валків прокатних станів. Розглянуто методи і прийоми, що дозволяють спростити про-процес визначення технічного стану підшипникових опор стану. Основний зміст цих методів полягає в тому, що привід стану формально розкладається на ряд блоків і об'єктів технічного діагностування та замінюють математичною (діагностичною) моделлю.

Математична модель об'єкта діагностування - це формальний опис (в аналітичній, табличній або іншій формі) об'єкта і його поведінки в працездатному і непрацездатному станах. Будь-яку металургійну машину можна розглядати як перетворювач вхідних

(технологічні впливи) величин x у вихідні (температура, віброшвидкість, ударні імпульси і ін.) величини Z . Це перетворення можна записати так:

$$Z(t) = Ax(t) \quad (1)$$

де A - оператор, що характеризує перетворення вхідних величин у вихідні; t - час.

Якщо в об'єкті діагностування механічних пошкоджень або інших дефектів немає, то система є математичною моделлю працездатного стану. Позначимо символом S безліч усіх можливих відмов машини і будемо вважати, що вона знаходиться в 1-й непрацездатному стані, якщо виявлений дефект S_i ($i = 1, 2, \dots, S$). Система передавальних функцій для цього випадку

$$Z_i(t) = Ax_i(t) \quad (2).$$

Отже, система (1) і сукупність систем (2) для всіх S_i утворюють явну математичну модель об'єкта діагностування. Для механічного обладнання в явному вигляді задається модель працездатних станів - система (1), а поведінка в i -непрацездатних станах може бути представлено побічно через безліч S можливих відмов. В цьому випадку неявну математичну модель утворюють: система (1), безліч можливих відмов і спосіб обчислення залежностей (2) для будь-якої відмови. При експлуатації металургійного обладнання необхідно вирішувати різні завдання. Одна з основних - завдання визначення фактичного залишкового ресурсу деталей або вибору моменту ремонтних впливів для відновлення заданого рівня надійності.

Наведемо різні шляхи вирішення цього завдання:

1. Можна спробувати знайти явний або неявний аналітичний опис об'єкта діагностування і отримати уточнені значення напрацювання на відмову. Цей шлях можна практично реалізувати, так як невідомі закони зміни умов експлуатації, закони зміни технології виготовлення деталей, механічних властивостей матеріалів і ін.

2. Більше раціональним є шлях, при якому використовуються оцінки вихідних величин виду "працездатний - непрацездатний", "в нормі - не в нормі". Сучасні засоби технічного діагностування дозволяють відносно просто отримати такі оцінки. Тому цей шлях на сучасному етапі розвитку техніки цілком реальний.

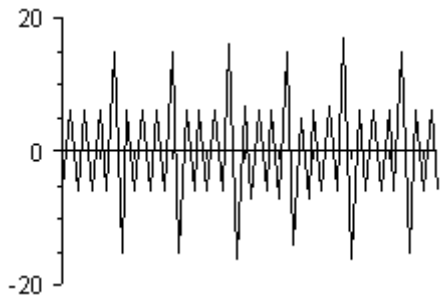
Для опису станів машин такими допусковими оцінками необхідно використовувати математичні моделі логічного типу, а для їх аналізу - теорію математичної логіки. Вихідні форми подання станів металургійного устаткування, за якими будуються математичні моделі логічного типу, можуть бути різні. Характерними формами є структурні, функціональні або принципові схеми працездатного об'єкта, а також системи рівнянь, що задають залежності між вхідними та вихідними величинами. Для побудови логічних моделей часто буває достатньо знань причинно-наслідкових зв'язків між діагностичними ознаками або параметрами.

Андрєєв Р.Є. студент гр. МБ-18-1мд,
Огінський Й.К., с.н.с., д-р техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКОВИХ ОПОР РОБОЧИХ ВАЛКІВ КЛІТИ КВАРТО СТАНА 1680 КОМБІНАТУ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОНСТРУКЦІЇ

Інженерний інститут запорізького національного університету, кафедра МО

Наявність дефекту в підшипникових опор робочих валків легко виявляється декількома способами. Дефект може бути діагностований «на слух», за формою вібраційного сигналу, по спектру, по СКЗ сигналу, по спектру обвідного вібраційного сигналу, з використанням «пік-фактора», «ексцесу», і іншими методами.



Характерна форма вібраційного сигналу, в даному випадку, зареєстрованого на опорі з підшипником кочення, що має досить розвинений дефект стану, для прикладу, наведена на наступному рисунку. На цьому рисунку добре видно дві найбільш характерні, і важливі для діагностики, складові сигналу вібрації - фонові, і імпульсні.

Фонові, або середні значення рівня вібрації, що реєструється на підшипнику кочення, характеризується середнім значенням, наприклад середньоквадратичним значенням віброшвидкості. Це значення вібрації досить просто може бути заміряні за допомогою звичайних віброметрів.

У моменти проходження через «несучу», навантажену зону підшипника кочення, дефектного елемента, або елементів, на вібросигналі з'являється чітко виражений амплітудний пік, якийсь енергетичний імпульс. Параметри цього імпульсу визначаються видом, локалізацією і ступенем розвитку дефекту підшипника. Кожен такий ударний імпульс володіє чотирма основними діагностичними параметрами. Це максимальна амплітуда імпульсу, частота вільних (заповнюють) коливань, швидкість загасання амплітуди цих коливань, і частота повторення імпульсів.

Найбільш важливим параметром, що характеризує ступінь розвитку дефекту підшипника, є амплітуда ударного імпульсу. Для вимірювання цього параметра імпульсу в приладах вібраційного контролю повинні бути передбачено використання високочастотних датчиків вимірювання вібрації та застосування спеціальних пікових детекторів або досить високочастотних АЦП. Це обумовлено тим, що ударні імпульси мають порівняно високу частоту. Локалізація дефекту, місце його розташування, зазвичай уточнюється по частоті проходження імпульсів, для чого використовуються спектральні методи.

Якщо діагностику стану опорних підшипників кочення проводити за параметрами тимчасових вібраційних сигналів, то основну увагу слід приділити двом. Це, по-перше, кількісне значення загального рівня фону вібрації і, виміряний краще в розмірності СКЗ, по-друге, це співвідношення між рівнями фону вібрації і амплітудами пікових значень в вібраційному сигналі.

Література:

1. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. – Пермь, 2012г., 252 с.
2. Техническая диагностика механического оборудования. / В. А. Сидоров, В. М. Кравченко, В. Я. Седуш и др. – Донецк. 2003, 125 с.

Мастюк Л.Р., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ В КОМПАНІЇ «CARLSBERG UKRAINE»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Пивоварний завод у місті Запоріжжя є найбільш потужним серед трьох підприємств компанії Carlsberg Ukraine. Продуктивність Запорізького пивоварного заводу (ЗПЗ) на сьогоднішній день становить 407 млн літрів напоїв на рік. Це пиво та безалкогольні напої таких брендів, як Славутич, Львівське, Tuborg, Robert Doms, Kronenbourg 1664, та інші.

Підприємство складається з двох основних частин: виробничої частини та логістики. Завданням логістики є управління, планування та оптимізація роботи складів сировини і готової продукції, а також забезпечення транспортних перевезень.

Для організації роботи транспортного забезпечення на підприємстві впроваджено програмний комплекс ERP-Моноліт. Робота підприємства зі споживачами здійснюється через їх дистриб'юторів. Найбільшими споживачами продукції ЗПЗ є мережа магазинів «АТБ» та торгово-промислова група «Фоззи груп». Дистриб'ютор формує вимогу на необхідний вид продукції, його кількість та терміни доставки. Диспетчера відділу логістики та дистрибуції займаються формуванням та обробкою замовлень, які є у системі ERP-Моноліт для певного міста та визначають маршрути перевезень.

За аналізом статистичних даних отримано, що найбільш поширеними типами маршрутів перевезень на підприємстві є: кругорейс, умовний та складний кругорейс, попутка. Тип маршруту визначає шлях прямування транспортного засобу при перевезенні вантажу. Оптимальним вважається той маршрут, по якому можливо доставити логістичний об'єкт в найкоротші терміни (або передбачені терміни) з мінімальними витратами, а також з мінімальною шкодою для об'єкту доставки.

За результатами річних показників роботи підприємства ЗПЗ отримано, що здебільшого для перевезень вантажу використовується тип маршруту попутка, але водночас тариф на цей тип маршруту є найбільш дорогим з усіх наведених. Другим за частотою використання є тип маршруту кругорейс, за тарифом на перевезення він є найбільш дешевшим.

Для забезпечення перевезень товару на підприємстві використовується автомобільний транспорт вантажопід'ємністю 20 тон з допустимим завантаженням продукцією у 22 – 23 тони. Даний вид транспорту має низку техніко-економічних особливостей, що визначають його переваги і широке використання. Це – велика маневреність і рухливість, висока швидкість доставки вантажів, у ряді випадків дозволяє забезпечити більш короткий шлях руху вантажів.

Для оцінки ефективності перевезень у роботі використовувались локальні критерії ефективності: коефіцієнт використання пробігу, час доставки вантажу, довжина холостого пробігу, коефіцієнт використання вантажопід'ємності транспортного засобу, витрати на перевезення. За результатами математичних розрахунків для різних умов перевезень слідує, що оптимальним з наведених типів маршрутів є попутка, так як для нього оцінки якості та ефективності перевезень найбільш наближені до оптимальних значень локальних критеріїв. Час доставки вантажу при даному маршруті є мінімальним порівняно з іншими маршрутами. Коефіцієнт використання пробігу складає $\beta = 1$, що свідчить про відсутність холостого пробігу транспортного засобу. Коефіцієнт використання вантажопід'ємності $\gamma = 1$, що відповідає вимогам оптимальності. Витрати на перевезення складають мінімальне значення у порівнянні з іншими типами маршрутів.

Федьков М.О., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРУ ОПЕРАТОРА-ТЕХНОЛОГА ВІДДІЛЕННЯ НАГРІВАЛЬНИХ КОЛОДЯЗІВ ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Комп'ютерні тренажери – це автоматизовані апаратно-програмні функціонально орієнтовані комплекси для навчання людини і відпрацювання нею певних навичок і вмінь. Широке їх застосування при підготовці фахівців пов'язано з можливістю імітувати хід будь-яких технологічних процесів, роботу агрегатів та систем управління у штатних, позаштатних та аварійних ситуаціях при відсутності безпосереднього контактування з об'єктом управління та втручання у реальний хід технологічного процесу.

Проведений аналіз існуючих тренажерних комплексів в сфері металургії показав, що сучасні комплекси застосовуються для підготовки операторів машин безперервного лиття зливків, конвертування мідних штейнів, при визначенні оптимального управління процесом плавки в рудно-термічних печах, при вдосконаленні дій операторів-технологів відділення регенеративних нагрівальних колодязів та при навчанні технологів управлінню доменною плавкою та іншими складними технологічними агрегатами. Основна увага при розробці тренажерів приділяється математичному забезпеченню, застосування якого повинно дозволити повністю описувати поведінку об'єкта, враховуючи його статичні та динамічні характеристики.

В роботі за допомогою додатку System Identification Toolbox програми Matlab, а також додатка Simulink розроблено математичне забезпечення для тренажера оператора-технолога рекуперативного нагрівального колодязя для умов ПрАТ «Дніпроспецсталь». При моделюванні враховували, що об'єкт управління змінює свої характеристики при термообробці злитків різних марок сталі та різних видів посаду при застосуванні палива різної калорійності. Модель об'єкта управління складається із двох частин: моделювання роботи об'єкта по каналу «витрата газу – температура» й моделювання роботи по каналу «положення шиберу - розрідження перед шибером».

Для визначення передатної функції для кожного з каналів об'єкта розглядали декілька типових моделей: аперіодична ланка першого порядку, аперіодична ланка другого порядку, аперіодична ланка першого порядку з ланкою транспортного запізнення. Найменший сигнал неузгодженості було одержано при застосуванні передатної функції виду:

$$w_{об}(p) = \frac{K_{об}}{(T_{об}p + 1)} \cdot e^{-\tau p},$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт посилення об'єкту; $T_{об}$ – постійна часу об'єкту, с; τ – транспортне запізнення об'єкту, с.

В процесі моделювання з урахуванням різних видів посаду та марок сталі злитків були розраховані параметри об'єкту по каналу «витрата газу – температура» для передатної функції (табл.1). Також враховувалось масштабування реального часу для комп'ютерного тренажера.

Таблиця 1 – Значення параметрів для передатної функції

Вид посаду	Марка сталі злитків	$K_{об}$	$T_{об}$	τ
Холодний	55с2	0,519	0,766	0,05
	Сталь 45	0,63	1,45	0,01
Гарячий	Шх15	0,53	0,52	0,01
	40хН2МА	0,46	0,16	0,014

Пономаренко К.А., магістрант гр. АКІТ-19-1мд,
Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ПРОТОТИП РОБОТИЗОВАНОГО СОРТУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

На сьогоднішній день, виконуючи аналіз технологічних процесів різних галузей виробництва та послуг, можна виділити такий процес, як сортування виробів. Для кожної галузі сортування виробів може виконуватись за різними критеріями, які характеризують виріб за матеріалом, кольором, розміром, вагою та іншими параметрами.

Технологічне оснащення ліній сортування за кордоном, як правило, представляє собою сучасні промислові роботи або роботизовані комплекси (РК) (маніпулятори Flex Picker, ZenRobotics Recycler, AI-робот Clarke та інш.), які здатні виконувати синхронізовані точні переміщення та довготривало забезпечувати безперервність роботи конвеєрних систем.

Для створення таких комплексів потрібні фахівці, які б мали комплексні теоретичні та практичні знання у сферах механіки, електроніки, програмування та автоматизації технологічних процесів. Тому для підготовки таких спеціалістів на кафедрі АУТП Інженерного інституту Запорізького національного університету запропонована методологія створення та практичне використання у навчальному процесі РК для сортування виробів.

Проектування прототипу РК починалось з розробки схеми інформаційних та матеріальних потоків, за допомогою якої було визначено загальний принцип роботи РК. В результаті сформованої концепції було розроблено функціональну схему автоматизації, на якій представлено об'єкт управління, розташування первинних перетворювачів та виконавчих механізмів та інші технічні засоби автоматизації, які дозволили створити та визначити основні принципи управління.

Конструкція блоку управління РК представляє собою коробку, що має два відділення. Одне відділення для розташування блоку живлення та друге – для електронних компонентів. На етапі розробки 3D-моделі конструкції були передбачені отвори для розташування кнопок та індикаторної панелі, для підводу кабелів, а також для пасивного охолодження компонентів за рахунок повітря навколишнього середовища. Виготовлення блоку виконувалось за допомогою САМ-технології із застосуванням 3D-принтера.

Базовим елементом системи управління є мікроконтролер ATmega2560, який програмувався за допомогою програмного забезпечення Arduino IDE та мови програмування C++.

Робота прототипу роботизованого сортувального комплексу у режимі реального часу дозволяє оператору за допомогою кнопок обрати необхідний режим (принцип) сортування виробів, що подаються по конвеєру до контейнера, який розбито на сектори. Вироби, що повинні знаходитись у кожному з секторів характеризуються однаковими параметрами, наприклад, матеріалом виробу та його кольором. Транспортування виробів по конвеєру здійснюється послідовно з постійною швидкістю. При потрапленні виробу у зону аналізу за допомогою сенсорів виконується розпізнавання його параметрів. Відповідно до отриманих характеристик про виріб програма формує керуючі впливи для серводвигунів, які дозволяють маніпулятору здійснити захват та перенесення виробу до необхідного сектору. Якщо параметри виробу не відповідають критеріям, даний виріб ігнорується маніпулятором та скидається конвеєром у окремий контейнер, що розташований в кінці конвеєра.

У режимі реального часу оператор на екрані LCD-дисплея може бачити кількість відсортованих виробів та характеристику поточного виробу, що знаходиться у зоні аналізу його параметрів.

Впровадження даної розробки у навчальний процес дозволить на кафедрі готувати висококваліфікованих спеціалістів, які у подальшому в Україні будуть здатні проектувати більш складні роботизовані системи для різних галузей промисловості і вносити свій вклад у розвиток країни в цілому.

Король Н.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мз,
Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

**АНАЛІЗ РОБОТИ АСУ ПРОЦЕСОМ КОМПЕНСАЦІЇ ТИСКУ У ЗАМКНЕНОМУ
КОНТУРІ В УМОВАХ ЕНЕРГОБЛОКУ ВВЕР-1000 ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ»
ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»**

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

На ВП «Запорізька АЕС» (ЗАЕС) використовують водо-водяні енергетичні реактори (ВВЕР). Ядерна енергетична установка типу ВВЕР працює за двоконтурною схемою. Перший контур заповнений водою під тиском та складається з реактора і чотирьох петель, кожна з яких включає парогенератор, головний циркуляційний насос і головні циркуляційні трубопроводи.

Вода в реактор надходить під тиском 16,6 МПа з температурою 289 °С. В активній зоні реактора вона нагрівається до 322 °С і направляється в парогенератор, де охолоджується, віддаючи теплоту теплоносію другого контуру. З парогенератора вода головним циркуляційним насосом повертається в реактор. Кипіння теплоносія запобігається високим тиском в контурі. Для створення необхідного тиску потрібне спеціальне зовнішнє джерело, яким є паровий компенсатор тиску (КТ). До складу системи компенсації тиску входять: компенсатор тиску, барботажний бак (ББ), імпульсні запобіжні пристрої (ІЗП) компенсатора тиску, трубопроводи і арматура.

Умовно систему компенсації тиску можна розбити на чотири підсистеми:

- підсистема компенсатора тиску з вбудованими пристроями. Підсистема призначена для підтримки тиску в першому контурі і компенсації об'єму теплоносія при зміні його середньої температури. Для підтримки тиску встановлені трубчасті електронагрівачі, які управляються регулятором;

- підсистема ІЗП. Підсистема призначена для запобігання підвищення тиску в першому контурі вище уставок і складається з трьох ІЗП, встановлених паралельно на трубопроводі скидання пари з парового об'єму компенсатора тиску у ББ;

- підсистема вприскування в КТ. Підсистема включає в себе трубопровід вприскування, блок подачі на вприскування в КТ води від "холодної" нитки циркуляційної петлі, лінію вприскування від системи продувки-підживлення. Підсистема призначена для вприскування теплоносія з "холодної" нитки циркуляційної петлі у компенсатор тиску з метою підтримки заданого тиску в першому контурі;

- підсистема локалізації скидання з КТ. Підсистема включає в себе ББ і його обв'язку.

КТ заповнений частково теплоносієм, частково паром. При зміні середньої температури теплоносія у 1-му контурі і відповідної зміни його обсягу, відбуваються перетоки з 1 контуру в КТ або навпаки. Пов'язане з цим коливання рівня в КТ викликає стиснення або розширення пари, що обмежує відхилення тиску за рахунок її пружних властивостей. Додатковий ефект щодо обмеження змін тиску відбувається за рахунок випаровування або конденсації середовища при відхиленні параметрів від лінії насичення.

При зниженні тиску в 1-му контурі нижче номінального по черзі включаються групи електронагрівачів, при відновленні тиску послідовно відключаються згідно з алгоритмом, викладеному в інструкції з експлуатації систем автоматичного регулювання.

При збільшенні тиску в 1-му контурі вище номінального відбувається відкриття регулюючого вентиля на лінії вприскування в КТ, потім відкривається перша швидкодіюча арматура, а при подальшому підвищенні - друга. Закриття арматури відбувається також послідовно в міру зниження тиску, згідно уставок відкриття-закриття. Якщо, не дивлячись на роботу вприскування, відбувається подальше збільшення тиску, спрацьовують ІЗП і відбувається скидання пари у барботер. При зниженні тиску відбувається їх закриття в зворотній послідовності.

Бодров Д.М., магістрант гр. АКІТ-18-1мз
Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук – науковий керівник

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ВОДИ У ПАРОГЕНЕРАТОРІ ПГВ-1000М В УМОВАХ ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Завданням атомної електростанції є перетворення енергії, що виділяється в результаті ділення атомних ядер пального, в електричну. Для здійснення цих перетворень енергії на АЕС є основні (реактори, парогенератори, турбогенератори) і допоміжні агрегати, сполучені між собою трубопроводами і іншими технологічними лініями.

Регулювання рівня в парогенераторі зводиться до підтримки матеріального балансу між відведенням пари і підведенням поживної води. Параметром, що характеризує матеріальний баланс, є рівень води в парогенераторі. До стабілізації рівня пред'являються досить жорсткі вимоги. Для парогенератора з ВВЕР-1000 номінальний рівень складає 2450 мм від внутрішньої створюючого корпусу. Точність підтримки рівня в статичних режимах складає ± 50 мм від номінального рівня, в динаміці ± 150 мм від номінального рівня (з врахуванням нечутливості регулятора).

Підтримка рівня здійснюється шляхом зміни подачі поживної води. У стаціонарних умовах подача поживної води має дорівнювати витраті пари. Регулювання в змінних режимах ускладнюється із-за наявності так званого «спухання». Наприклад, якщо збільшити приплив теплоти до рідини при постійній витраті поживної води $D_{пв}$, то це призводить до тимчасового підйому рівня, а потім до його падіння.

Перехід з одноімпульсного регулятора на трьохімпульсну САР рівня води в ПГ з ПІ-регулятором значною мірою ліквідує ці недоліки.

У такій схемі виконавчий механізм поживного клапана управляється регулятором, на вхід якого подаються сигнали по рівню, витраті пари і витраті поживної води. Знаки сигналів вибираються так, щоб відкриття клапана відбувалося при зниженні рівня і витрати води і збільшенні витрати пари.

Таким чином, можливе придушення стрибкоподібних обурень витратою пари величиною до 18 кг/с без виходу рівня з п'ятдесяти міліметрової зони.

Для порівнювального аналізу була розроблена функціональна схема на трьохімпульсну САР рівня, побудована модель системи в Simulink і розраховані параметри ПІ-регулятора за допомогою інструментального пакету Nonlinear control design lockset (Ncd-blockset).

Додатково було розглянуто синтез оптимального цифрового ПІ-регулятора рівня води в парогенераторі, який за рахунок ускладнення структури алгоритму управління удосконалює роботу типових систем і максимально реалізує потенціал цифрових управляючих комплексів, які упроваджуються на АЕС України замість аналогових регуляторів і реалізують колишній алгоритм управління.

Для синтезу оптимального регулятора використана лінійна математична модель парогенератора, доповнена моделлю ділянки живильного трубопроводу між регулюючим клапаном і парогенератором (інерційна ланка з транспортним запізнюванням).

Після проведення порівняльного аналізу цифрового ПІ-регулятора з типовою трьохімпульсною системою було підтверджено, що цифровий ПІ-регулятор забезпечує декілька кращу якість управління і може бути легко реалізований в управляючих комплексах, які упроваджуються на АЕС України.

Атамась Є.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мз
Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук – науковий керівник

**РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВІБРОШУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ
РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ ЕНЕРГОБЛОКУ ВВЕР-1000 В УМОВАХ
ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»**

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

На території України функціонують чотири атомні електростанції (АЕС) з загальною кількістю 15 енергоблоків. Наразі перші введені в експлуатацію АЕС з реакторами типу ВВЕР-1000 працюють вже понад 35 років, хоча проектний ресурс експлуатації становить - 30 років. Підставою для подальшої експлуатації даних реакторних установок (РУ) є обґрунтування їх безпечної експлуатації у понадпроектні строки. З метою подовження строків експлуатації ядерних енергоблоків надзвичайно важливим завданням є розробка сучасних систем діагностики та моніторингу основного обладнання РУ важливого для безпеки. В якості вихідного події аварійної ситуації, як правило, вибирають дуже важкий інцидент, наприклад, гільйотинний розрив трубопроводу першого контуру, однак вихідним подіям аварій передують ланцюжок більш дрібних подій, тому в процесі експлуатації важливо вміти виявляти такі події, які при своєму розвитку можуть вплинути на працездатність РУ. Вихідними подіями аварійної ситуації може стати поява неконтрольованих вібрацій обладнання АЕС. Віброшумова діагностика дозволяє виконати сукупний аналіз з послідовним визначенням вібростану основного обладнання РУ в експлуатаційних умовах.

У зв'язку з цим виникла необхідність у розробці системи віброшумової діагностики реакторної установки, яка дозволяє контролювати:

- вібраційний стан тепловиділяючих збірок (ТВЗ) та шахти реактора за допомогою нейтронно – шумового моніторингу;
- вібраційний стан та траєкторію теплового переміщення основного обладнання першого контуру РУ. Описані та реалізовані на мові C++, алгоритми обробки сигналів датчиків контролю нейтронного потоку, теплового переміщення та вібрації.

Розроблена система віброшумової діагностики може використовуватись в складі комплексної системи діагностики РУ, забезпечуючи контроль теплового переміщення, нейтронно-шумової діагностики, контроль вібрацій, виявлення і аналізу «повільних» трендів вібродіагностичних ознак.

Знання динаміки вібродіагностичних ознак дозволяє оцінювати і прогнозувати реальний віброресурс обладнання, не допускати його раптових відмов, знати до моменту початку планового ремонту «слабкі» місця обладнання.

Книш Н.О., магістрант гр.АКІТ-18-1мз
Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук. – науковий керівник

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЕАЕРАТОРА
ТУРБІННОГО ВІДДІЛЕННЯ АТОМНОГО ЕНЕРГОБЛОКУ В УМОВАХ
ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»**

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Автоматизація технологічних процесів на Запорізької АЕС здійснюється на обладнанні, яке випускалось при будівництві блоків, а це більше 30-ти років тому. Для подовження строків подальшої експлуатації, з підвищенням вимог до рівня безпеки, системи керування та регулювання мають пройти певні етапи модернізації та модифікації після дослідження можливості і економічного обґрунтування того чи іншого способу впровадження будь-яких змін.

Через складну систему сумісної роботи багатьох систем керування об'єктів турбінного відділення енергоблоку ВВЕР-1000 і унеможливлення через це проведення досліджень було проведено оцінку динамічних властивостей деаераційної установки. На підставі цього розроблена математична модель ділянки живильного тракту, за допомогою якої розраховані настроювальні параметри регуляторів рівня і тиску в деаeratorі. Після порівняння їх з існуючими параметрами на діючому регуляторі розроблено декілька напрямів покращення якості регулювання систем автоматизації деаератора.

Так за допомогою зміни технічних засобів автоматизації можна підвищити якість регулювання системи автоматизації. При цьому треба жорстко дотримуватись вимог нормативної документації щодо принципів підвищення безпеки експлуатації. Оскільки система автоматизації деаератора входить в глобальну систему керування другого контуру турбінного відділення енергоблоку, необхідно застосовувати комплексний підхід до розробці програмно-технічних комплексів АСУ турбінного відділення з дотриманням принципів резервування, незалежності, захисту від несанкціонованого доступу та ін.

Гостєв Р.Ю., магістрант гр. АКІТ-18-1мз,
Овчинникова І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

**УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ТУРБОЖИВИЛЬНИМИ НАСОСАМИ ВОДОЖИВИЛЬНОГО ТРАКТУ ДРУГОГО
КОНТУРУ ЕНЕРГОБЛОКУ В УМОВАХ ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»**

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Регулювання продуктивності турбоживильних насосів при зміні навантаження редуційної установки є дуже важливим завданням регулювання енергоблоком.

Система регулювання продуктивності турбоживильних насосів, тісно пов'язана з системою регулювання поживної води парогенератора, сприяє підвищенню економічної роботи енергоблоку, його динамічної стійкості в перехідних режимах і надійної роботи регулюючих поживних клапанів.

Аналіз існуючого рівня автоматизації турбоживильних насосів показав, що при зміні навантаження енергоблоку і витрати пари на турбіну відповідно змінюється подача поживної води в парогенераторі за допомогою регулюючих поживних клапанів регулятора рівня в парогенераторі. Якщо на номінальному навантаженні регулюючий поживний клапан майже

повністю відкритий і перепад тиску на ній відносно не великий, то зі зменшенням навантаження клапан прикривається і перепад на ній зростає.

Задачею дослідження є шляхи збільшення продуктивності поживних насосів.

Досягнення поставленої мети можливо за рахунок збільшення продуктивності поживних насосів шляхом регулювання зміни числа оборотів за допомогою цифрових регуляторів.

Регулятори продуктивності турбоживильних насосів призначені для управління продуктивністю при тепловій потужності парогенератора в діапазоні від 20% до 100% номінальної.

Регулятори впливають на механізми управління турбіни, змінюючи витрату пари на ТПН. Особливістю роботи регуляторів є трьох канальне вимірювання основних вхідних величин: тиску пари, різниці температур гарячої та холодної води, витрати води та інші.

УДК 004.4

Якушевич І.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук – науковий керівник

РОЗРОБКА ТРЕНАЖЕРА ОПЕРАТОРА-ТЕХНОЛОГА АСУ ЛИВАРНО-ПРОКАТНОГО АГРЕГАТУ З ВИРОБНИЦТВА АЛЮМІНІЄВОЇ КАТАНКИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

На даному етапі розвитку систем автоматизації актуальним питанням є підготовка операторів-технологів для управління складними технологічними процесами на базі SCADA-систем. Частіше за все при автоматизації того чи іншого об'єкта для операторів створюються десятки сторінок інструкцій до різних ситуацій які можуть виникнути при експлуатації. Але умов в яких оператор заздалегідь міг би підготуватися до різних ситуацій на об'єкті, частіше за все немає. Тому створення тренажерів, чи простих симуляторів роботи об'єктів автоматизації є актуальним питанням.

У зв'язку з цим розроблено імітатор АСУ ТП неперервного лиття та прокатки алюмінієвої катанки з використанням пакетів програмування ПЛК та створення SCADA-систем, відповідно Unity Pro XL і TIA Portal V14. Структурно розроблений проект складається з секцій програми, в кожній з яких реалізується різні функції тренажера.

В секції «dpr», що розроблена у програмному пакеті «tia portal v14», змодельоване автоматизоване робоче місце оператора АСУ ТП з елементами контролю за ходом технологічного процесу, керування агрегатами та механізмами в ручному і автоматичному режимах.

Секція «Anim» реалізує анімацію роботи витяжки, факелів пальників, роботу ливарної машини і прокатного стану, анімацію заготовки та роботу бухтоукладника.

В секціях «Sahtna», «Riv_alum» і «Rosd_pch» реалізовані моделі шахтної та роздавальної печей, алгоритми управління їх роботою, а також зміна налаштувань регулятора та встановлення нових коефіцієнтів об'єктів. Представлена імітація збурень яка реалізована шляхом додавання або віднімання від основного параметру (температури в печі) випадкового числа.

Секція lv_mash реалізує імітацію роботи ливарної машини. В якій можна задати налаштування регулятора, коефіцієнти об'єкта та параметри блоків обчислення кількості теплоти на основі даних яких і відбувається регулювання.

В секції «Prok_stan» реалізована імітаційна модель роботи прокатного стану, в якій передбачена можливість зміни налаштувань регулятора та констант імітаційної моделі. Окрім того змодельована система автоматичного регулювання охолодження заготовки в процесі її прокатки.

В секції «Buht» виконане моделювання роботи загартувальної системи та бухтоукладника.

За допомогою розробленого імітатора-тренажера можна зрозуміти технологією виробництва алюмінієвої катанки методом неперервного лиття та прокатки, придбати деякі навички керування в якості оператора АРМ, дослідити вплив окремих параметрів на хід технологічного процесу. На даному тренажері також можна спеціалістам з автоматизації отримати досвід налагодження програм, та обслуговування автоматизованої системи управління. Окрім того імітатор-тренажер можна використовувати у роботі зі студентами, в якості лабораторної установки для ознайомлення з прийомами моделювання роботи технологічних агрегатів і систем автоматизації, придбання навичок створення людино-машинного інтерфейсу при проектуванні АСУТП та налагодженні її роботи у віртуальному режимі.

УДК 669.01-52

Сірінюк Н.Ю., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Овчинникова І.А., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ШАРУ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ НА АГЛОСТРІЧЦІ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СПІКАННЯ ШИХТИ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Аналіз сучасного стану агломераційного виробництва показує, що продуктивність агломерату значно збільшується внаслідок підвищення шару шихти на аглострічці. Однак, з підвищенням шару шихти знижується газопроникливість шихти на агломераційній стрічці, про що свідчать відомі дослідження.

В зв'язку з цим, ціллю даної роботи є підвищення якісних показників технологічного процесу та визначення оптимального поєднання газодинамічних властивостей шару шихти та міцності агломерату.

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити такі задачі:

- аналіз сучасного стану процесу завантаження шихти на агломераційну стрічку, пристроїв та методів підвищення якості автоматизованої системи управління спікання шихти;
- розробка математичної моделі оптимізації режими роботи завантажувального вузла агломераційної машини;
- визначення газодинамічних характеристик сформованого шару та встановлення залежності впливу структури шару на його газодинамічний опір;
- розробка удосконаленої роботи завантажувального пристрою агломашини.

В результаті аналізу існуючого процес на ПАТ «Запоріжсталь» визначено, що на підприємстві відсутній прямий інструментальний контроль, використовують застарілі прилади, висоту шару шихти на аглострічці вимірюють за допомогою лінійки. Вся автоматизована система управління налагоджена таким чином, що всі процеси виконуються в різних інструментальних середовищах, та з використанням контролерів, приладів різних виробників.

Для вирішення поставлених задач розроблено опис процесу формування шару шихти. А також створено математичну модель, що дозволяє оптимізувати режими роботи формування структури шару агломераційної шихти на аглострічці з метою підвищення якості виготовлення агломерату. Завдяки моделі можливо визначити експериментальним шляхом процес завантаження компонентів шихти на аглострічку та визначення оптимальних характеристик для покращення газопроникливості шару шихти.

Алексеев О.Р., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Мних А.С., професор, д-р техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧЕЙ З ЦІЛЛЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ЯКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Аналізуючи сучасні характеристики сталеплавильних печей можна побачити, що автоматизована система управління технологічним процесом виплавки сталі призначена для оптимального управління технологічним процесом виплавки сталі різних марок. Використання застарілих приладів суттєво знижує точність технологічного процесу та якість придатної продукції.

В зв'язку з цим, ціллю даної роботи є розробка удосконаленої системи автоматизації процесу виплавки сталі.

Щоб досягнути ціль були поставлені задачі:

- розглянути технологічний процес сталеплавильних печей;
- проаналізувати сучасний стан сталеплавильних печей, пристроїв та методів підвищення якості їх автоматизованої системи управління;
- розробити математичну модель системи управління тепловим режимом сталеплавильних печей;
- розробити удосконалену систему управління виплавки сталі.

Проаналізувавши існуючий процес на ПАТ «Запоріжсталь» було визначено, що проблемою існуючої системи автоматизації є використання приладів суттєво застарілих як морально так і фізично.

Для вирішення поставлених задач розроблено опис процесу виплавки сталі. А також створено математичну модель, що дозволяє оптимізувати режими роботи сталеплавильних печей з метою підвищення якості виплавки сталі. Розроблено удосконалену систему управління виплавки сталі мартенівської печі.

Грищенко О.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мз
Баріщенко О.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ДВОКОНТУРНОЮ СХЕМОЮ З РЕАКТОРОМ КОРПУСНОГО ТИПУ НА ТЕПЛОВИХ НЕЙРОНАХ ТА ТУРБІНІ З НАСИЧЕНОЮ ПАРОЮ В УМОВАХ ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Стан і масштаби розвитку енергетики є однією з характерних особливостей народно-господарського розвитку України при одночасному посиленні вимог до вирішення екологічних проблем і впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій.

Основною метою експлуатації АЕС в Україні є виробництво електроенергії. Найкращим режимом роботи ядерних реакторів з точки зору безпеки і надійності є режим роботи на номінальному рівні потужності. Але на практиці енергосистема накладає свої вимоги і, отже, необхідне забезпечення можливості змінювати потужність енергоблоку, щоб забезпечити режим проходження за навантаженням. Тому до сучасних систем автоматизації

реакторних установок пред'являються підвищені вимоги, що в першу чергу стосується алгоритмів управління технологічними процесами, які повинні забезпечувати надійні та безпечні умови експлуатації.

Підвищення стійкості роботи інформаційно-керуючих систем надзвичайно актуальним завданням. Її успішне вирішення залежить від багатьох факторів, в тому числі і від ступеня автоматизації енерговиробництва.

Надійність є основною вимогою стандартизації при проектуванні АСУ ТП, яка досягається за рахунок застосування внутрішніх підсистем діагностики, а також завдяки впровадженню систем моніторингу та стандартизації. З іншого боку, грамотного проектування, для того щоб побудувати ефективну інфраструктуру АСУ ТП, не завжди достатньо.

Для досягнення оптимальних результатів при реалізації таких масштабних проектів необхідно:

- поліпшення якості виготовлення і принципів побудови елементів системи;
- поліпшення структури і введення надмірності;
- підвищення надійності в процесі експлуатації;
- використання високоякісного сучасного обладнання від надійних, перевірених часом виробників.

Резервування елементів системи значно підвищує надійність роботи об'єкта, хоча і ускладнює його конструкцію. Оптимальним рішенням є заміна елементів, що часто відмовляють.

УДК 621.186.1

Детскова Ю.Б., магістрант гр. АКІТ-18-1мз

Барішенко О.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ КОМПЕНСАТОРОМ ТИСКУ В ПЕРШОМУ КОНТУРІ ЕНЕРГОБЛОКУ З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000М В УМОВАХ ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Сучасними міжнародними правилами і нормами атомної енергетики стверджується, що забезпечення безпечної експлуатації атомних станцій є пріоритетним завданням в порівнянні з поліпшенням економічних, технологічних і будь-яких інших показників роботи енергоблоків, причому з плином часу вимоги до безпеки АЕС стають все жорсткішими.

Перший контур з реактором ВВЕР-1000 заповнений водою під тиском. Зі зміною навантаження енергоблоку змінюється температура теплоносія, що призводить до зміни об'єму і відповідно тиску теплоносія. Для компенсації цих змін в першому контурі встановлюється компенсатор тиску.

Важливість якісного та сталого управління параметрами компенсатора тиску, як в режимах нормальної експлуатації, так і в аварійних режимах, підтверджується кількома інцидентами (аварійними ситуаціями), що викликали широкий громадський резонанс, наприклад, аварія на Три-Майл-Айленд США, де неправильні показання рівнеміра в компенсаторі тиску привели до подальшої витoku теплоносія першого контуру.

Такі помилки в регулюванні компенсатора тиску можуть привести до розриву першого контуру й зупинці блоку в цілому. Тому, підвищення стійкості роботи компенсатора тиску є надзвичайно актуальним завданням. Її успішне вирішення залежить від багатьох факторів, в тому числі і від ступеня автоматизації енерговиробництва.

Однією з регульованих величин в компенсаторі тиску є тиск теплоносія. Основними обурюючими параметрами на тиск є: зміна навантаження блоку, скидання навантаження, відключення турбоживильного насоса, відключення ГЦН, відключення підігрівачів високого тиску.

Іншою регульованою величиною в компенсаторі тиску є рівень води. Причинами зміни рівня можуть бути: протікання води через нещільності, попадання води через ущільнення ГЦН, зміна температури теплоносія.

Серед режимів роботи компенсатора тиску можна виділити наступні:

- 1) пусковий режим;
- 2) стаціонарний режим на постійній потужності при нормальній експлуатації;
- 3) перехідною режим при нормальній експлуатації;
- 4) режим розхолодження;
- 5) аварійний режим.

Як параметри, за якими слід виконувати ідентифікацію, можна використовувати:

- 1) концентрацію азоту або пара в компенсаторі тиску;
- 2) температуру і тиск в компенсаторі тиску, а також швидкості їх зміни;
- 3) концентрацію бору в першому контурі;
- 4) швидкість зміни рівня води в компенсаторі тиску.

Отже, система компенсації тиску маркується грає одну з ключових ролей на всіх етапах життєвого циклу атомної станції і оснащена декількома регуляторами, що підтримують заданий режим роботи обладнання.

УДК 621.18.08

Барбаш А.Ю., магістрант гр. АКІТ-18-1мз,
Барішенко О.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЕАЕРАТОРОМ ЕНЕРГОБЛОКУ ПОТУЖНІСТЮ 1000 МВт В УМОВАХ ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

В процесі виконання дипломної роботи була розроблена автоматизована система управління технологічними процесами в деаераційній установці. Деаераційна установка є частиною другого контура енергоблоку АЕС і призначена для деаерації основного конденсату, створення необхідного запасу води в баках акумуляторів, живлення парою основних ежекторів і підігріву живильної води.

Основними регульованими параметрами в деаeratorі є тиск в колонці деаератора і рівень в баку-акумуляторі.

Обурюючими діями на рівень є витрата пари, конденсату і живильної води. Обурюючими діями на тиск пари в деаeratorі є витрата пари та конденсату, температура конденсату, тиск пари.

Регулюючою дією для стабілізації рівня є витрата додаткової хімічно обчищеної води, для стабілізації тиску - витрата гріючої пари.

Розроблена функціональна схема регулювання рівня в деаeratorі з урахуванням вибраних засобів автоматизації для підтримання заданого рівня, а саме 2000 ± 200 мм; тиск пари в деаeratorі, а саме 0,6 МПа; температури конденсату та живильної води; витрата основного конденсату в деаerator; тиск ХОВ на натиску насоса підживлення деаeratorів та в трубопроводі аварійного підживлення.

Виконані розрахунки регулюючого органу для підбору регулюючого клапана, виконаний розрахунок параметрів пристрою для звуження потоку ХОВ.

У рамках розглянутої математичної моделі деаератора були отримані криві розгону, в результаті обробки яких отримані передавальні функції. Було визначено з графіку перехідного процесу регулювання рівня в деаераторі, що краще використовувати П-регулятор, ніж ПІ-регулятор, тому що рівень це астатичний параметр, а інтегральна складова краща для статичного регулювання. Використавши П-регулятор ми маємо невелике відхилення від номінального значення, що не є проблемою, а наявність статичної помилки несуттєво для регулювання рівня в деаераторі. Для регулювання тиску як виявилось краще застосовувати ПІ-регулятор, тому що наявність статичної помилки недопустимо, так як якщо тиск буде вище від номінального значення, то температура води в баку-акумуляторі також стане вища і буде випаровуватись недопустима кількість пари. А якщо тиск буде нижче, то у воді не розчиняться усі гази, що приведе до поганої очистки живильної води і у свою чергу при порушенні оптимального режиму деаератора корозія елементів живильної системи, парогенераторів та паропроводів з арматурою була б значною.

В автоматизованій системі, розробленій в TRACE MODE, відповідно була розроблена така структура системи, яка забезпечила якісне керування параметром технологічного процесу, а саме рівнем та тиском в деаераторі.

УДК 669.16.013.5

Кононенко М.В. магістрант гр. АКІТ-18-1мз

Баріщенко О.М, доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗПОДІЛУ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПО ДІАМЕТРУ ДОМЕННІЙ ПЕЧІ ДЛЯ УМОВ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

В даний час робота ДП№3 ПАТ «Запоріжсталь», в цілому, характеризується задовільними показниками роботи: виробництво чавуну ~ 3550 т / добу, питомі витрати коксу ~ 350 кг / т і ПВП ~ 160 кг / т чавуну. При цьому на ДП№3 спостерігаються найбільші серед печей доменного цеху (як питомі, так і абсолютні) теплові втрати ~ 20 МВт з піками до 25 МВт (600-700 МДж / т чавуну). Витрата коксу на покриття теплових втрат становить, в середньому, ~ 40кг / т чавуну

Надмірно «відкрита» периферія і «занурена» осьова зона ДП№3 також підтверджуються типовими усередненими діаграмами розподілу вмісту CO₂ і температури газу по її радіусу. Так, середній вміст CO₂ в цих зонах становить близько 15%, при раціональних величинах для доменних печей схожого обсягу, оснащених БЗУ - ~ 5-10% в осі і ~ 18-20% на периферії.

Однією з причин сформованого на ДП№3 газорозподілу є нераціональні кути нахилу лоткового розподільника, задані фахівцями Danieli Corus при проведенні пусконаладжувальних робіт під час завантаження шихти, що задувається. Згідно з результатами досліджень траєкторій руху шихти, що використовуються на ДП№3 кути нахилу лотка (крім нераціонального кроку між ними у всьому діапазоні кутових положень), мають значення менше раціональних величин на ~ 2-8 ° для 6-10- го кутових положень і ~ 7-12 ° для 1-5-го положень. Дана обставина обумовлює неможливість ефективного управління розподілом в периферійній зоні і, при інших рівних умовах, може провокувати інтенсивний периферійний газовий потік.

Для поліпшенні газорозподілу в САУ БЗП ДП№3 необхідно задати раціональні набори робочих кутів нахилу лотка, обраних системою управління в залежності від фактичного рівня засипу шихти.

У складі системи управління БЗУ ДП №3 можливість коригування кута нахилу лотка від фактичної величини рівня в печі передбачена, проте застосовувані в теперішній час параметри даного режиму не забезпечують його високу ефективність через надмірно великого кроку зміни рівня засипу - 2,0 м.

За основу взята модель розроблена ІЧМ яка включає в себе розрахунок кутових положень розподільного лотка у горизонтальній площині, що забезпечує зміну кутів нахилу при різному рівню засипу в печі, а також знаходження зон з підвищеною температурою колошникових газів що означає не рівномірність профілю завантаження.

Метою винаходу є стабілізація ходу доменної плавки за рахунок зниження нерівномірності газового потоку в печі і вирівнювання профілю засипу по колу колошника.

Рівномірний окружне розподіл шихти забезпечується зміною початку вивантаження порцій коксу і залізовмісних матеріалів послідовно і попарно від рівномірно розташованих по колу колошника гаражних положень.

Розроблена модель розрахунку кутів нахилу лотка при різних рівнях засипу та знаходження секторів з перепадом рівня засипу в печі повинні покращити газовий потік, а з ним і запобігти прогару мідних холодильників, прогару кладки печі, зменшити теплові витрати і витрату коксу.

УДК 669.783.24

Лихоман Р.В. магістрант гр. АКІТ-18-1мз

Барішенко О.М., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ В ТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ В УМОВАХ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Термічна камерна піч з нерухомим подом відноситься до розряду методичних печей, основним призначенням котрої є рівномірний нагрів металу для механічного впливу на метал та надання йому індивідуальних властивостей. На сьогоднішній день велике поширення отримала проблема нерівномірного прогріву металу, що безпосередньо впливає на якість продукції.

Після вивчення об'єкта було виявлено що ККД печі, та нагрів заготовок безпосередньо залежить від товщини футерувального слою навколо робочого простору печі, це основна стаття втрати тепла, також не повністю задіяний потенціал пальників що призводить до підвищеної витрати енергоресурсів.

Зробивши розрахунок теплового балансу печі було проаналізовано отриманні данні на основі яких було прийнято рішення збільшити товщину футеровки навколо робочого простору печі, оптимізувати роботу пальників шляхом поділу робочого простору печі на 4 рівні між собою зони, обладнання кожної із зон термічним перетворювачем типу ТНН зі здатністю виміряти температуру від -40 до + 1250 з похибкою $\pm 0,004$.

Також змінюється контролер та панель керування, новий контролер має здатність контролювати чотири параметра температури одночасно та в разі невідповідності значень видавати керуючий сигнал спрямований на 1 із зон. Такі дії допоможуть покращити температурний режим в робочому просторі печі на одному рівні.

Після встановлення елементів технічної частини було проведено повторний розрахунок, порівнявши отримані данні із попередніми бачимо що значення ККД печі підвищилось, витрати палива знизились.

На підставі отриманих даних можна сказати, що якість продукції підвищилась на 43%.

Сироватко А.С., магістрант гр. АКІТ-18-1мд,
Зінченко В.Ю., доцент, канд. техн. наук – науковий керівник

МОДЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра АУТП

Великі підприємства більшості галузей промисловості, енергетики, об'єкти цивільного призначення містять сотні систем автоматичного регулювання, якість роботи яких є основою економічної ефективності технологічних процесів, а також визначає їх безпеку і надійність. Використання застарілих приладів суттєво знижує точність технологічного процесу та якість придатної продукції.

В зв'язку з цим, ціллю даної роботи є розробка удосконаленої системи автоматизації процесу виплавки сталі.

Щоб досягнути ціль були поставлені задачі:

- розглянути технологічний процес сталеплавильних печей;
- проаналізувати сучасний стан сталеплавильних печей, пристроїв та методів підвищення якості їх автоматизованої системи управління;
- розробити математичну модель системи управління тепловим режимом сталеплавильних печей;
- розробити удосконалену систему управління виплавки сталі.

Проаналізувавши існуючий процес на ПРАТ «Дніпроспецсталь» було визначено, що проблемою існуючої системи автоматизації є використання приладів суттєво застарілих як морально так і фізично.

Для вирішення поставлених задач розроблено опис процесу виплавки сталі. А також створено математичну модель, що дозволяє оптимізувати режими роботи сталеплавильних печей з метою підвищення якості виплавки сталі. Розроблено удосконалену систему управління виплавки сталі мартенівської печі.

ЗМІСТ

1	Власенко В.В.1 магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Маслов В.В.2 студент гр. ВСФ-16-1/9, Кириченко О.Г.1, доцент, канд. техн. наук Дослідження процесів зниження вмісту алюмінію при виплавці феросиліцію ФС-75	3
2	Дмитрієв П.С. магістр гр. МЕТ-18-1мз, Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук Аналіз сучасної технології утилізації марганцевмісних відходів	4
3	Шайтанов І.В. магістр гр. МЕТ-18-1мз, Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук Дослідження технології виробництва феросилікомарганцю з алюмінієм	5
4	Череватюк Д.Д. магістр гр. МЕТ-18-5мд, Кириченко О.Г. , доцент, канд. техн. наук Дослідження сучасної технології десульфурзації чавуну	6
5	Агафонов О.А., магістр гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук Про вплив зневоднювача на вміст вологи у гідроксиді алюмінію	7
6	Кучер Д.С., магістрант гр. МЕТ-18-2м, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук Дослідження комплексного рафінування алюмінієвих розплавів, отриманих із вторинної алюмінієвої сировини	7
7	Поляк В.В., магістрант гр. МЕТ-18-2м, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук Дослідження підготовки червоних шлаків до утилізації	8
8	Голота К.О., магістр гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук Про модернізацію газоочисних споруд печей випалу вапняку для виробництва глинозему	9
9	Смітєнко І.Г., магістр гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук Підвищення якості галію додатковим очищенням	10
10	Карюк А.Ю., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Харченко О.В., доцент, канд. техн. наук Використання технології ВЕЛР в киснево-конверторному виробництві	11
11	Кудрявцева О.М., магістр гр. МЕТ-18-1мз, Харченко О.В., доцент, канд. техн. наук Аналіз виробництва вогнетривких бетонів для монолітної футеровки теплових агрегатів	12
12	Гострий К.А., магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Башлій С.В., доцент, канд. техн. наук Аналіз та удосконалення трьохстадійної технології виробництва марганцю	13
13	Прохорова А.Д., магістрант гр. МетМ-18-3, Щербакова Е.П., PhD Исследование процессов и механизмов формирования пористых углерод - углеродных композиционных материалов	14
14	Варченко Д.А., магістр гр. МетМ-18-3, Куликов Ю.В. – доцент, канд. техн. наук О влиянии температуры обжига полуфабриката на основе плавленного китайского периклаза на микроструктуру обожженных огнеупоров	15
15	Євсєєва А.М., магістрант гр. МЕТ-18-2мз, Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук Вирощування монокристалів кремнію спрямованою кристалізацією	16
16	Конев Р.М., магістрант гр. МЕТ-18-2мз, Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук Виробництво губчастого титану відновленням тетрахлориду титану магнієм	17
17	Красса О.О., магістрант гр. МЕТ-18-2мд, Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук Особливості виплавки титанових шлаків у руднотермічній печі	17
18	Іванюк А.А., магістрант гр. 8.1369-мкм, Воляр Р.М., доцент, канд. техн. наук Особливості електролітичного виробництва магнію	18
19	Асаулова Ю.О., магістр гр. Мет-18-1мд, Харченко А. В., доцент, канд. техн. наук Технологія ВЕЛР як актуальний напрямок розвитку передових технологій позапічної обробки металу	18
20	Захарчук І.О., ст. гр. МЕТ-18-1мд, Харченко О. В., доцент, канд. техн. наук Особливості легування сталі лужноземельними металами з викорисанням ВЕЛР	19
21	Алексейчик С.О., магістр гр. МЕТ-18-2мд, Бережна О.Р., доцент, канд. техн. наук Аналіз впливу температури на якість графітованих електродів	20
22	Патрашок , магістрант гр. МЕТ-18-2мд, Бережна О.Р., доцент, канд. техн. наук	21

	Аналіз впливу температури та часу на властивості карбонізованих електродів	
23	Білогуров Е.В., магістр гр. МЕТ-18-1мд, Скачков В.О., професор, д-р техн. наук	22
	Аналіз технології отримання трубок прицевійної якості	
24	Безденежний Р.О., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Скачков В.О., професор, д-р техн. наук	23
	Аналіз технології одержання феросилікомарганцю з техногенних відходів	
25	Морозов А.А., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Скачков В.О., професор, д-р техн. наук	24
	Аналіз технології твердофазного способу отримання феросплавів	
26	Ковалева А.В., магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Скачков В.О., професор, д-р техн. наук	25
	Аналіз процесів отримання високоміцного чавуну в індукційних печах	
27	Никифоров С.С., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Скачков В.О., професор, д-р техн. наук	26
	Аналіз високоміцних сталей в умовах електрошлакового переплаву	
28	Агафонов О.А., магістр гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук	27
	Про вплив зневоднювача на вміст вологи у гідроксиді алюмінію	
29	Лотошников О.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук	27
	Дослідження можливості використання нового флокулянта для згущення червоного шламу	
30	Живиця І.В., магістрант гр. 8.1369-МКМ-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук	28
	Застосування установки гідрокласифікації розбавленої вареної пульпи у виробництві глинозему	
31	Личко Д.М., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доцент, канд. техн. наук	29
	Про заходи для підвищення продуктивності млинів ділянки мокрого розмелювання бокситів	
32	Козловський А.В., магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Воденнікова О.С., доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., асистент	30
	Дослідження технології виплавки силікомарганцю на гарячій шихті	
33	Волошин І.І., магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Воденнікова О.С., доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., асистент	31
	Дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту	
34	Лукашенко Р.В., магістрант гр. МЕТ-18-1мз, Воденнікова О.С., доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., асистент	32
	Дослідження технології суспензійної розливки марганцевих сплавів	
35	Горуненко І.С., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Воденнікова О.С., доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., асистент	33
	Дослідження технології виплавки силікокальцію вуглетермічним процесом	
36	Єгоров Є.О., магістрант гр. МЕТ-18-1мд, Лук'яненко Ю.В., ст. гр. МЕТ-17-1бдс, Воденнікова О.С., доцент, канд. техн. наук, Воденнікова Л.В., асистент	34
	Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки	
37	Теряник В.А., ст. гр. МЕТ-18-5мд, Кириченко О.Г. доцент, канд. техн. наук	35
	Розробка та дослідження технології розкислення сталі комплексними розкислювачами	
38	Кириченко Р.О., ст. гр. МЕТ-18-5мд, Мосейко Ю.В., доцент, канд. пед.	36
	Перспективи впровадження технології газокисневого рафінування в умовах ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»	
39	Цибенко Н.О., ст. гр. МЕТ-18-1мз, Харченко О.В., доцент, канд. техн.	36
	Вплив антиокислювальних домішок на процеси вигорання графіту у периклазовуглецевих вогнетривах	
40	Абишева З.М., магістрант гр. МетМ-18-3, Набоко Е.П., доцент, канд. техн. наук	37
	Исследование фазового состава сталей, подверженных борированию	
41	Бараннік С.В., магістр гр. МЕТ-18-3мд, Бондаренко Ю.В., доцент, канд. техн. наук	38

	Дослідження та вдосконалення технології прокатування штаб на неперервному стані горячого прокатування 1680 в умовах ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» з метою підвищення якості продукції	
42	Бондаренко О.О., магістр гр. МЕТ-18-3 мз, Бондаренко Ю.В., доц., канд. техн. наук Оцінка впливу фізико-механічних властивостей та геометричних параметрів матеріалів на якість правки листового прокату	39
43	Дворецький В.М., магістр гр. МЕТ-18-3 мз, Бондаренко Ю.В., доц., канд. техн. наук Аналіз впливу напружень та деформацій в елементах пресового обладнання	40
44	Сабіров В.Г., магістрант гр. МЕТ-18-3мд, Белоконь Ю.О., доцент, канд. техн. наук Отримання пористих структур інтерметалідних Ni-Al сплавів методом термохімічного пресування	41
45	Черняк С.С., магістрант гр. МЕТ-18-3мд, Белоконь Ю.О., доцент, канд. техн. наук Особливості течії та напруженого стану металу при гарячій прокатці низьколегованих сталей	42
46	Пущич Ю.О., магістрант гр. МЕТ-18-3мз, Явтушенко О.В., доцент, док. техн. наук Технологічні та конструктивні методи зниження технологічного зусилля при розподільних операціях листового штампування	42
47	Кустря Є.І., магістрант гр. МЕТ-18-3мд, Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук Аналіз експлуатаційних умов роботи обвідних роликів на станах холодної прокатки	43
48	Кідалов В.С., магістрант гр. МЕТ-18-3мд, Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук Удосконалення процесу прокатки на реверсивних станах	44
49	Соловійова Д.В., магістрант гр. МЕТ-18-3мд, Кругляк Д.О., доцент, канд. техн. наук Аналіз якості холоднокатних штаб після дресирування зі змащуванням та без змащування	45
50	Гудіна К.А., магістр гр. 8.1369-ОМТ, Лавров М.В., ст. гр. ОТ-16-1/9, Проценко В.М., доцент, канд. техн. наук Розрахунок оптимальної продуктивності неперервного стана холодної прокатки в залежності від швидкості прокатки і маси рулону штаби, що прокатується	47
51	Хомицький А.С., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Вдосконалення процесу подрібнення матеріалів в молоткових дробарках	48
52	Стрельцов Д.О., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Вибір та обґрунтування розрахункових схем шокових дробарок	48
53	Сумін М.А., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Теоретичний аналіз процесу дроблення крихких матеріалів в одновалковій дробарці	49
54	Німаніхін С.В., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Знос та відновлення елементів роторних дробарок	50
55	Смородін В. Р., ст. гр. 8.1339, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Зміна властивостей об'єкту обробки в умовах знакозмінних навантажень	51
56	Стрельцов Д.О., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Взаємозв'язок гранулометричних характеристик матеріалів і теорій дроблення	52
57	Сумін М.А., ст. гр. МБ-18мз, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Вплив коефіцієнта тертя в одновалковій дробарці на мінімальний розмір зазору для захоплення матеріалу	53
58	Хомицький А.С.(1), ст. гр. МБ-18мз, Кобрін Ю.Г.(2), аспірант кафедри МАМВ Необхідність дроблення матеріалів в молоткових дробарках	54
59	Німаніхін С.В.(1), ст. гр. МБ-18мз, Кобрін Ю.Г.(2), аспірант кафедри МАМВ Огляд конструкцій роторних дробарок	55
60	Онопрійко І.А., ст. гр. 8.1339, Шевченко І.А., доцент, канд. техн. наук Методи аналітичної інтерпретації процесу подрібнення	56
61	Сосновський В.М., ст. гр. МБ-18-1мд, Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук Визначення навантажувальної здатності вузлів та деталей приводу стана холодної прокатки	57

62	Харакоз О.А. , ст. гр.. МБ-18-1мд, Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук Визначення факторів, що впливають на працездатність вузлів та деталей правильної машини	58
63	Мартинюк Ю.Ю., ст. гр.. МБ-18-1мз, Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук Удосконалення конструкції механізмів скіпового підйомника доменної печі	59
64	Молодецька Г. Л. ст. гр. МБ-18-1мз, Таратута К. В., доцент, канд. техн. наук Удосконалення конструкції та аналітичне визначення динамічних характеристик розмотувача штаб	60
65	Олефіренко В.М. , ст. гр. МБ-18-1мз, Таратута К.В., доцент, канд. техн. наук Підвищення надійності роботи вузлів та деталей моталки гарячих штаб	61
66	Горбатко Д. В., магістр гр. МБ – 18мз, Власов А. О., ст. викладач, канд. техн. наук Дослідження роботи та удосконалення конструкції вузлів а деталей цокової дробарки	61
67	Олійник І.М., магістр гр. МБ – 18мз, Власов А.О., ст. викладач, канд. техн. наук Дослідження роботи та удосконалення конструкції вузлів та деталей розвантажувальних бункерів агломашини	63
68	Шмиков Є.О., студ. гр.МБ-18-мд, Васильченко Т.О., доцент, канд. техн. наук Конструкція систем включення кривошипних пресів з планетарним редуктором	64
69	Шефф О.І. студент гр. МБ-18-1мд, Огінський Й.К., д-р техн. наук, с.н.с. Аналіз та удосконалення режимів експлуатації підшипникових опор опорних валків кліті кварто стана 1680 комбінату «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»	65
70	Андрєєв Р.Є. студент гр. МБ-18-1мд, Огінський Й.К., д-р техн. наук, с.н.с. Аналіз режимів експлуатації підшипникових опор робочих валків кліті кварто стана 1680 комбінату «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» та удосконалення їх конструкції	67
71	Мастюк Л.Р., магістрант гр. АКІТ-18-1мд, Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук Оцінка ефективності застосування логістичної системи в компанії «Carlsberg Ukraine»	68
72	Федьков М.О., магістрант гр. АКІТ-18-1мд, Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук Математичне забезпечення комп'ютерного тренажеру оператора-технолога відділення нагрівальних колодязів ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»	69
73	Пономаренко К.А., магістр гр. АКІТ-19-1мд, Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук Прототип роботизованого сортувального комплексу	70
74	Король Н.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Міняйло Н.О., доцент, канд. техн. наук Аналіз роботи АСУ процесом компенсації тиску у замкненому контурі в умовах енергоблоку ВВЕР-1000 ДП «НАЕК «Енергоатом» ВП «Запорізька АЕС»	71
75	Бодров Д.М., магістр гр. АКІТ-18-1мз, Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук Удосконалення системи автоматичного регулювання рівня води у парогенераторі ПГВ-1000М в умовах ВП «Запорізька АЕС»	72
76	Атамась Є.В., магіст гр. АКІТ-18-1мз, Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук Розробка та аналіз системи віброшумової діагностики реакторної установки енергоблоку ВВЕР-1000 в умовах ВП «Запорізька АЕС»	73
77	Книш Н.О., магістрант гр.АКІТ-18-1мз, Ніколаєнко А.М., професор, канд. техн. наук Удосконалення роботи системи автоматизації деаератора турбінного відділення атомного енергоблоку в умовах ВП «Запорізька АЕС»	74
78	Гостєв Р.Ю., магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Овчинникова І.А., доцент, канд. техн. наук Удосконалення автоматизованої системи управління турбоживильними насосами водоживильного тракту другого контуру енергоблоку в умовах ВП «Запорізька АЕС»	74
79	Якушевич І.В., магістр гр. АКІТ-18-1мд, Ніколаєнко А.М., проф., канд. техн. наук Розробка тренажера оператора-технолога АСУ ливарно-прокатного агрегату з виробництва алюмінієвої катанки	75
80	Сірінюк Н.Ю., магістр гр. АКІТ-18-1мд, Овчинникова І.А., доцент, канд. техн. наук	76

	Оптимізація режимів формування структури шару агломераційної шихти на аглострічці з метою підвищення якості автоматизованої системи управління спікання шихти	
81	Алексєєнко О.Р., магістрант гр. АКІТ-18-1мд, Мних А.С., професор, д-р техн. наук Аналіз теплових характеристик сталеплавильних печей з ціллю удосконалення якості автоматизованої системи управління виплавки сталі	77
82	Грищенко О.В., магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Барішенко О.М, доцент, канд. техн. наук Аналіз системи автоматизованого управління двоконтурною схемою з реактором корпусного типу на теплових нейронах та турбіні з насиченою парою в умовах ВП «Запорізька АЕС»	77
83	Детскова Ю.Б., магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Барішенко О.М, доцент, канд. техн. наук Розробка та дослідження системи автоматизованого управління компенсатором тиску в першому контурі енергоблоку з реактором ВВЕР-1000М в умовах ВП «Запорізька АЕС»	78
84	Барбаш А.Ю., магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Барішенко О.М, доцент, канд. техн. наук Розробка та дослідження автоматизованої системи управління деаератором енергоблоку потужністю 1000 МВт в умовах ВП «Запорізька АЕС»	79
85	Кононенко М.В. магістр гр. АКІТ-18-1мз, Барішенко О.М, доцент, канд. техн. наук Удосконалення системи управління процесом розподілу шихтових матеріалів по діаметру доменної печі для умов ПАТ «Запоріжсталь»	80
86	Лихоман Р.В. магістрант гр. АКІТ-18-1мз, Барішенко О.М, доцент, канд. техн. наук Аналіз існуючих методів та систем управління процесом теплової обробки матеріалів в термічних печах в умовах металургійного виробництва	81
87	Сироватко А.С., магістрант гр. АКІТ-18-1мд, Зінченко В.Ю., доцент, канд. техн. наук Модельне дослідження та розробка алгоритмів регулювання параметрів автоматизації	82

