

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії та організації виробництва

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП



Сергій СЕМІРЯГІН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Металургія сталі»
за спеціальністю 136 Металургія

на тему "Дослідження впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення та легування сталі в ковші"

Керівник роботи

Костянтин НІЗЯЄВ

Наставник від бази
практики

Михайло ШУБА

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

Олексій БЕВЗ

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>металургії та організації виробництва</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Металургія сталі</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Сергій СЕМІРЯГІН

25 грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Бевзу Олексію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення і легування сталі в ковші
керівник роботи Нізяєв Костянтин Георгійович, проф., докт. техн. наук.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №238/14.10.2024 від 14.10.2024 р
2. Термін подання роботи: 15 лютого 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики сталеплавильного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «Запоріжсталь» м. Запоріжжя.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження технології виплавки сталі в мартенівській печі, процесів розкислення та легування сталі. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи мартенівської печі. Визначення взаємозв'язків між технологічними параметрами мартенівські плавки та результатами розкислення та легування сталі.. Розділ 3 . Охорона праці в мартенівському цеху. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 7 слайдів по розділам 1,2; 1 слайд по розділу 3; 1 слайд по розділу 4.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Розділ 1	Нізяєв К.Г., професор
Розділ 2	Нізяєв К.Г., професор
Розділ 3	Нізяєв К.Г., професор
Розділ 4	Латишева О.В, доцент

7. Дата видачі завдання 25.12.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретичний розділ (Аналітично-пошуковий)	25.12.2024-03.01.2025
2	Розділ 2. Технологічний розділ	03.01.2025-23.01.2025
3	Розділ 3. Охорона праці	23.01.2025-26.01.2025
4	Розділ 4. Економічний розділ	26.01.2025-30.01.2025
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, автореферат	30.01.2025-03.02.2025
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025-05.02.2025
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	05.02.2025-15.02.2025
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	15.02.2025-20.02.2025

Здобувач

Олексій БЕВЗ

Керівник роботи

Костянтин НІЗЯЄВ

АНОТАЦІЯ

Бевз Олексій Олегович. Дослідження впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення і легування сталі в ковші. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Металургія сталі» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Об'єктом дослідження є технологія виготовлення напівспокійних марок сталі в умовах мартенівського цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Предметом дослідження є аналіз впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення і легування сталі в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

У першому розділі Надана загальна характеристика технології виплавки напівспокійної сталі умовах мартенівського цеху ПАТ «Запоріжсталь». Також проаналізовано питання засвоєння і вигару розкислювачів в процесі глибинного розкислення напівспокійної сталі. В результаті визначена необхідність дослідження впливу основних параметрів плавки у мартенівській печі та характеристик металу і шлаку в печі перед випуском плавки на засвоєння феросплавів у ковші при виготовленні напівспокійної сталі.

У другому розділі проведено аналіз впливу основних технологічних показників мартенівської плавки (тривалість основних технологічних періодів мартенівської плавки, витрата кисню та інш.), хімічного складу рідкої сталі на випуску з подового сталеплавильного агрегату, на засвоєння основних феросплавів при розкисленні та легуванні сталі у ковші.

В розділі охорони праці та захисту навколишнього середовища визначені основні шкідливі фактори виробництва й заходи щодо поліпшення умов праці та охорони довкілля у відділенні розливання сталі.

В економічна частина кваліфікаційної роботи було проведено аналіз впливу запропонованих заходів на собівартість сталі марки Зпссв в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

РОЗКИСЛЕННЯ, ПОДОВИЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИЙ АГРЕГАТ, ФЕРОСПЛАВИ, КІВШ, СТАЛЬ "НАПІВСПОКІЙНА", ВИГАР, ОКИСЛЕНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз технології виплавки сталі у мартенівському цеху в умовах ПАТ «Запоріжсталь»	8
1.1.1 Заправлення	8
1.1.2 Завалка шихти	8
1.1.3 Заливання чавуну	10
1.1.4 Спуск шлаку	11
1.1.5 Доведення плавки	12
1.1.5.1 Полірування	12
1.1.5.2 Чисте кипіння	12
1.2 Загальна характеристика напівспокійної сталі	18
1.3 Структура зливка напівспокійної марки сталі	19
1.4 Розкислення напівспокійної сталі марганцем та кремнієм	21
1.5 Розкислення напівспокійної сталі алюмінієм	23
1.6 Практика виробництва напівспокойної сталі на металургійних підприємствах	26
Висновки по розділу 1	30
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	31
2.1 Загальні засади розкислення та легування в умовах ПАТ "Запоріжсталь"	31

2.2 Аналіз впливу основних чинників на ступень засвоєння FeMn при розкисленні та легуванні сталі 3 пссв	35
Висновки до розділу 2	47
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	49
3.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки	49
3.2 Заходи по забезпеченню безпеки праці та виробничої санітарії	54
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	58
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення та пристрої	59
3.3 Протипожежна профілактика	60
3.4 Захист навколишнього середовища	61
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	64
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

ВСТУП

Тривала історія металургійного виробництва завжди була пов'язана з прагненням вирішити його основну задачу - одержання металу з заданими властивостями при мінімізації матеріальних витрат та енергоресурсів, негативного впливу на навколишнє середовище, працевтрат та ін. При цьому виникають деякі характерні проблеми, що вимагають технічного рішення найбільш зручним способом. Хоча порівняльне значення цих проблем згодом змінюється, але все - таки вони залишаються важливими і дотепер.

Про важливість для металургів застосування найбільш прогресивних методів виробництва та розливання сталі можна судити по цілому ряду техніко-економічних показників, до числа яких, в першу чергу, відносяться питомі витрати енергії, вихід придатного по сталеплавильному переділу, рівень сертифікації металопродукції відповідно до міжнародних стандартів та вимог.

Таким чином потреба у зниженні собівартості сталі постійно зростає, що викликає необхідність максимальної економії металу на шляху від шихти до готового прокату і його здешевлення.

Заміна спокійних сталей напівспокійними дозволяє збільшити пропускну спроможність цехів підготовки складів і розливних прольотів, понизити витрату розкислювачів, а також в порівнянні із спокійною понизити витрати на підготовку складів.

В даний час в світі проводиться до 20% напівспокійної сталі від загального об'єму виробництва. Напівспокійна сталь завдяки своїй близькості до структури спокійною знайшла широке застосування в різних галузях народного господарства. В даний час ведуться роботи по поліпшенню якості напівспокійної сталі і удосконалення технології виробництва напівспокійних марок сталі.

Через економічну, енергетичну, фінансову кризу, яку переживає економіка України, зокрема, металургійна галузь, різко ускладнюються умови роботи агрегатів і цехів на всіх стадіях металургійного переділу і, особливо, при виробництві сталі. У цих умовах актуальними стають питання пошуку шляхів скорочення витрат при виробництві сталі. Одним з таких методів є зниження витрат шихтових матеріалів у тому числі й при розкисненні та легуванні сталі.

Таким чином, мета випускної кваліфікаційної роботи магістра «Дослідження впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкиснення і легування сталі в ковші» є актуальною.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

В умовах металургійного комбінату ПАТ "Запоріжсталь" сталь виробляють у мартенівському цеху з використанням 8 подових сталеплавильних агрегатів, а саме 1 – двований сталеплавильний агрегат №1 (2X250 т) та 7 - 500 тонних мартенівських печей (№2, 5, 6, 7, 8, 10,12).

1.1 Аналіз технології виплавки сталі у мартенівському цеху в умовах ПАТ «Запоріжсталь» [1]

1.1.1 Заправлення

Заправлення печі вище рівня шлаку сполучається з періодом доведення плавки. При цьому не допускається загущення шлаку заправними матеріалами.

Початком періоду заправлення вважається початок випуску попередньої плавки. Заправлення печі проводиться в мінімально короткий час при високій температурі робочого простору, не допускаючи його охолодження, що сприяє кращому приварюванню заправних матеріалів, зменшенню їхньої витрати, підвищенню стійкості печі, зниженню втрат тепла, гарячому ходу наступних періодів плавки, скороченню тривалості плавки.

1.1.2 Завалка шихти

Після заправлення печі й огляду подини проводиться завалка шихти. Шихтові матеріали (металобрухт, вапно (вапняк), антрацит і, при необхідності, залізна руда) подаються до печі одним потягом до початку випуску плавки. Одночасно з подачею шихти на піч

сталеварові вручається накладна, у якій вказується попередня вага шихти кожної пари візків або окремого візка. Не рекомендується ділити металобрухт із одного потягу на дві й більше печі. Рекомендується завалку 250-тонних печей проводити двома потягами, 500-тонних - трьома потягами. Остаточна маса заваленого в піч лома визначається з урахуванням результатів тарування складу. У паспорті плавки відзначається кількість відвантаженого, завантаженого лома і його повернення по кожному складі окремо.

Порядок і швидкість завалки, а також режим прогріву сипучих матеріалів і металобрухту визначаються термічною потужністю печі, інтенсифікацією плавки киснем, затвердженими тепловими режимами. Вони значною мірою впливають на тривалість і характер протікання наступних періодів плавки, особливо плавлення й спуска шлаку. При продувці ванни киснем завалка шихти проводиться у наступному порядку: на подину завалюється легковагий лом, потім вапняк, скрапакети, обрізь слябів і бій злитків. При використанні в завалку антрациту він завалюється перед вапняком, у середнє завалочне вікно з розкантовкою його уліво - вправо. Зверху антрацит прикривається вапняком.

Допускається завалка вапняку й залізної руди шарами з металобрухтом. Шихта завалюється рівномірно по ванні.

Не допускається завалка великовагового лома поблизу газових пальників у районі занурення кисневих фурм щоб уникнути їх пошкодження

При роботі без продувки ванни киснем, а також у випадку необхідності на подину завалюється руда або інші окислювачі. При роботі печей без продувки ванни киснем встановлюється наступний порядок завалки шихти: залізна руда (50-60% від загальної витрати), вапняк, залізна руда (інша частина), металобрухт (у зазначеному вище порядку). Завалку всіх шихтових матеріалів необхідно робити можливо

швидше при максимальному тепловому навантаженні без зниження температури склепіння печі нижче 1500 °С, для чого:

- завалку лома в піч робити, як правило, двома завалочними машинами одночасно;
- перерви при зміні потягів із шихтою не повинні перевищувати 10-15 хвилин.

1.1.3 Заливання чавуну

До моменту заливання чавуну повинні бути встановлені під піч дві порожні шлакові чаші сталевипускний і заливальний жолоба. Заборонено заливати чавун у піч при відсутності порожніх шлакових чаш, а також при поганому прогріві шихти. Одночасно з подачею на піч чавуну сталеварові повинна вручатися накладна із вказівкою тари кожного ковша й ваги налитого в нього чавуну. Заборонено зливати в піч чавун з наявністю шлаків. Після зливу чавуну чавуновізні ківші повинні бути препаровані й зважені, для уточнення ваги залитого чавуну. При використанні тензометричних ваг при заливанні чавуну остаточна вага чавуну визначається після таррірування чавуновізних ківшів з лафетами.

На мартенівській печі продувку ванни киснем починати після зливу всього чавуну в піч. У міру проплавлення шихти й зниження рівня ванни фурми необхідно опускати. Під час продувки вихідні сопла головок фурм повинні перебувати на 50-100 мм нижче рівня розподілу шлак-метал. При різкому скипанні або посиленні барботажу, коли можна чекати викид металу, необхідно піднімати фурми із припиненням продувки до осідання ванни, а потім продовжувати нормальну продувку.

1.1.4 Спуск шлаку

Через 10-15 хвилин після зливу всього чавуну в піч починається спуск шлаку. Своєчасне видалення шлаку – найважливіша умова одержання шлаку необхідної основності до моменту розплавлювання, максимального видалення сірки й фосфору з металу й мінімальних втрат заліза зі шлаком, що збігає. Оптимальна тривалість спуску шлаку 30-40 хвилин. Спуск шлаку необхідно робити через поріг середнього завалочного вікна. Спуск шлаку здійснюється в сухі шлакові чаші. Кількість шлаку, що спускається, у період плавлення повинне бути не менш 1/2 чаші на одножелобних печах і не менш 1 чаші двожелобних печах. Осаду первинного шлаків у чаші робити сухим або вологим сміттям, водою. Скупчування води в чаші не допускається. При потраплянні у шлакову чашу рідкого металу осаду вологими матеріалами або водою не робити. З метою нормального проведення операції спуска шлаків необхідно вчасно забезпечувати печі шлаковими чашами, не допускати затримки шлаку у печі кришками завалочних вікон. Після закінчення спуску первинних шлаків необхідно стежити за станом шлаку у печі. виправлення шлаку повинне бути проведено до розплавлювання ванни. Густі шлаки варто виправляти бокситом, шамотним боєм або окалиною, рідкий - вапном або вапняком. Допускається виправлення густих шлаків або прискорення шлакоутворення шляхом короткочасної (до 5 хвилин) продувки киснем із зануренням фурм на рівень розподілу шлак-метал.

Наприкінці плавлення (коли ванна "сіла") відбирається попередня проба металу для визначення вмісту вуглецю й сірки. У тому випадку, якщо попередня проба показує, що вміст вуглецю по розплавлюванні буде нижче встановленої межі для даної марки сталі, допускається доливання рідкого чавуну в кількості, що не викликає перевантаження печі й сталерозливних ковшів (не більше 5% від ваги садки).

Ознакою розплавлювання ванни є відсутність місцевого бурління (фонтанування) на її поверхні, наявність активного рідкорухомого шлаку необхідної основності й нагрівання металу до температури 1540-1570°C. Товщина шару шлаку, що залишився в печі до моменту розплавлювання повинна бути в межах 60-100 мм. Після повного розплавлювання ванни відбираються проби металу й шлаку. У пробі металу визначається вміст вуглецю, марганцю, сірки, фосфору й при необхідності, нікелю, хрому й міді; пробах шлаку – монооксид заліза й основність. Вміст вуглецю по розплавлюванні повинне бути достатнім для успішного проведення десульфурзації й нагрівання металу, перед випуском до необхідної температури.

1.1.5 Доведення плавки

Оптимальним ходом процесу доведення плавки вважається такий, коли продувка ванни киснем ведеться без перерв всіма фурмами й без присадок матеріалів у піч і забезпечує одержання металу необхідного хімічного складу при необхідній температурі.

1.1.5.1 Полірування

Полірування плавки починається тільки після повного розплавлювання, одержання необхідного складу металу й шлаку до моменту розплавлювання й необхідної температури металу. У період полірування відбираються проби металу через кожні 10-15 хвилин для контролю вуглецю й марганцю. При роботі печі із продувкою ванни киснем застосуванням твердих окислювачів (залізної руди, окалини й інших) для полірування ванни необов'язково. При роботі без продувки ванни киснем витрата окислювачів залежить від вмісту вуглеводу, сірки й фосфору в металі і його температури. Для

запобігання бурхливих реакцій і викидів металу й шлаків присадки варто вводити в піч невеликими порціями, при зменшенні теплового навантаження присадки повинні бути сухими.

Шлаки в період доведення обов'язково скачуються в тих випадках, коли спуск його під час плавлення не забезпечує одержання необхідного вмісту сери й фосфору в готовій сталі й потрібне обов'язковому відновленні шлаків. Шар шлаків у печі під час доведення повинен бути 50-100 мм. Спуск шлаків варто починати за умови, що шлак сформований і метал нагрітий. Для кращого спуска шлаків доцільно присаджувати руду або окалину й робити його без вимикання газу через 5-10 хвилин після присадки окислювачів. При необхідності виробляється примусове скачування шлаків мульдю або спеціальним гребком за допомогою завалочної машини. Поріг, через який повинен стікати шлак, варто попередньо обробити. З метою поліпшення умов видалення сірки й фосфору з металу в період доведення повинне бути спущено шлаків у кількості не менш 1/4 часті.

Після видалення шлаків відбирається проба металу й, у випадку необхідності, виробляється подальше полірування ванни твердим окислювачем. Одночасно, при необхідності, сідає вапно для наведення шлаків необхідної основності. Присадка вапна повинна бути закінчена не пізніше чим за 15хвилин до початку чистого кипіння. Для прискорення наведення шлаків і його формування застосовують боксит, окалину або шамотний бій. Формування шлаків необхідної основності повинне здійснюватися якомога раніше. Вапно повинна застосовуватися тільки металургійна, без коксика, шматками не більше 150 мм, застосування вапна-пушонки не допускається.

При підвищеному вмісті сірки в металі для успішного знесірення необхідно:

- відновлення шлаків у період полірування, підвищення його основності;

- забезпечення енергійного кипіння ванни;
- одержання однорідних активних шлаків при високій температурі металу.

Заходи щодо видалення сірки з металу в шлаки необхідно приймати як можливо раніше, тобто при досить високому вмісті вуглецю. При вмісті сірки в металі по розплавлюванні вище верхньої межі її вмісту в готовій сталі на 0,015% і більше рекомендується припиняти продувку ванни киснем і подальшим доведенням плавки робити без продувки. При цьому для прискорення процесу шлакоутворення після присадок вапна допускається короткочасна продувка ванни киснем. Щоб уникнути надмірного остужування, кількість одноразово присаджуємих окислювачів і вапна, разом узятих, не повинне перевищувати 2% для одножелобних печей і 1,5% від маси садки – для двожолобних печей.

Показниками нормального проведення полірування є:

- швидкість вигорання вуглецю, що у цей період повинна бути не нижче 0,35% у годину для одножелобних печей і не нижче 0,25 %- у годину - для двожолобних печей;
- температура металу, що повинна безупинно підвищуватися й до початку чистого кипіння бути на 10-30°C нижче необхідної перед випуском плавки.

1.1.5.2 Чисте кипіння

Призначення періоду чистого кипіння - нагрівання металу до заданої температури, доведення металами шлаків до необхідного складу до моменту розкислення. На печах, що працюють із продувкою ванни киснем, початок періоду чистого кипіння визначається утворенням що сформувалося рідкорухливим шлаком. Початок періоду чистого кипіння у випадку роботи без продувки ванни киснем

визначається енергійним кипінням ванни рівним міхуром не менш чим на 2/3 її поверхні, під сформованим рідкорухливим шлаком. Початок періоду чистого кипіння вважати не раніше, ніж через 15 хвилин після присадки останньої порції вапна. Закінченням періоду чистого кипіння є початок випуску плавки або присадка розкислювачей у піч (а випадку попереднього розкислення металу в печі). Тривалість періоду чистого кипіння повинна бути в межах 30-60 хвилин. Вміст вуглецю в металі до початку чистого кипіння повинне бути вище середзаданного не менш чим на 0,1% для сталей зі вмістом вуглецю в ковшевої пробі 0,12% і менш; на 0,2% - для всіх інших марок сталі. На початку чистого кипіння, через кожні 10-15 хвилин безпосередньо перед випуском плавки (розкисленням у печі), відбираються проби металу для контролю вмісту вуглецю марганцю (сірки й інших елементів). До моменту випуску плавки повинні бути відомі результату аналізу хімічним способом останніх двох проб металу. Рівень вмісту марганцю по ходу доведення не регламентується; присадки феромарганцю йди силикомарганца до початку розкислення не дозволяються.

Таблиця 1.1 - Швидкість вигорання вуглецю в період чистого кипіння

Вміст вуглецю у ковшевій пробі, %	тип печей	
	одножелобний	двожелобний
При продувці ванни киснем у період доведення до 0,12	0,09	0,07
	0,25	0,20
0,12 і більше		
Без продувки ванни киснем у період доведення: до 0,12	0,07	0,05
	0,18	0,14
0,12 і більше		

Наявність горизонтальних площадок на кривій вигорання вуглецю в період чистого кипіння не допускається для сталей 08Ю, 08кп і сталі 08пс експортного призначення, а також для сталей зі вмісту вуглецю більше 0,12%

У період чистого кипіння при досить нагрітому металі дозволяється присадка окалини, а у виняткових випадках і руди в кількості не більше 0,5% від ваги садки із закінченням присадки не пізніше, ніж за 30 хвилин до початку випуску плавки (розплавлювання в печі), при виплавці спокійних і напівспокійних марок з розкисленням кремнієм у ковші й за 15 хвилин - для інших марок сталі. У період чистого кипіння виправлення шлаків разрешається сухим бокситом або боєм шамотної цегли, які сідають невеликими. (не більше 0.5 мульди) порціями, щоб не знижувати інтенсивність кипіння ванни. Присадки бокситу й шамотного бою повинні припинятися не пізніше, ніж за 30 хвилин до початку розкислення (випуску). Присадки перевелися в період чистого кипіння забороняються. Перед випуском плавки (розкисленням у печі) відбираються проби шлаків для визначення основності й вмісту монооксиду заліза. Основність шлаків по ходу доведення повинна підвищуватися й до моменту випуску (розкислення) бути для конструкційної киплячої напівспокійної й нестаріючої сталі не менш 2,5; для рядової киплячої й напівспокійної сталі за ДСТ 380-94 і для всіх спокійних марок сталі - не менш 2,2.Що рекомендує основність шлаку 2,5-3.5

На плавках із продувкою ванни киснем вміст монооксиду заліза в кінцевому шлаку може бути вище зазначених верхніх меж, але перевищення вмісту FeO більше 25% небажано. Щоб уникнути підвищення вмісту запису заліза в шлаку під час продувки ванни киснем сопла фурм необхідний занурювати у ванну 50-100 мм нижче рівня границі шлак-метал. Плавки зі вміст монооксиду заліза в

кінцевому шлаку більше 25% прямому замовленню призначаються при наступному співвідношенні монооксиду заліза й основності шлаку:

- | | | | |
|-----------------------|---------|---------|--------------|
| - основність | 2,5-3,0 | 3,1-3,5 | 3,6 і більше |
| - монооксид заліза, % | до 26 | до 28 | до 30 |

Плавки, що мають відхилення від зазначених співвідношень на конструкційні марки сталі не призначаються. При задовільному кипінні металу в виливницях вміст монооксиду заліза нижче.

Температура в період чистого кипіння повинна безупинно підвищуватися й не перевищувати температуру металу перед випуском (розкисленням у печі). З метою одержання якісного металу повинна строго дотримуватися встановлена тривалість післяпродувочного періоду (тривалість від моменту закінчення продувки ванни киснем до випуску плавки або розкислення в печі). Тривалість післяпродувочного періоду повинна бути не менш:

- для спокійної вуглецевої у низьколегованій сталі (крім марок типу 09М2, 07ГСЮФ, 07ГСЮТ, 08ГЮТ, 08ГЮТ, 08ГСЮТ) – 25 хвилин;
- для низьколегованої сталі типу 09М2, 07ГСЮФ, 07ГСЮТ, 08ГЮТ, 08ГСЮТ, 08ГСЮФ і напівспокійної сталі, розкислення кремнієм у ковші - 15 хвилин;
- для киплячої, напівспокійної з "киплячою" скоринкою й нестаріючої сталі - 10 хвилин.

Продувку ванни киснем припиняти при вміст вуглецю в металі не менш 0,07% при виплавці сталі 08Ю и не менш 0,08% при виплавці сталі інших низьковуглецевих марок сталі. Для зниження окисленості металу й шлаку після закінчення продувки ванни киснем виробляється продувка металу в печі киснево-аргонними сумішами й чистим аргонном. У момент закінчення продувки робити відбір проби металу для визначення вмісту вуглецю. Результати аналізу записують у паспорт плавки. Для зниження окисленості кінцевих шлаків і

стабілізації температури й окисленості металу при виплавці сталі зі вмістом вуглецю менш 0,1% рекомендується:

- за 5-10 хвилин до випуску присаджувати у піч твердий чавун у кількості 1% від ваги садки (з метою "прокипання" ванни);

- у готовій сталі одержувати вуглець на верхній межі його вмісту (з урахуванням вуглецю, внесеного феросплавами).

Перед випуском киплячої, напівспокійної й спокійної сталі всіх призначень дозволяється науглецювання металу в печі на 0,05% рідким або чушковим чавуном і в ковші до 0,05% дрібним сухим коксиком, графітом, електродним боєм, що подаються в ківш на струмінь металу.

Забороняється науглецювання металу рідким чавуном по ходу випуску плавки.

1.2 Загальна характеристика напівспокійної сталі

Напівспокійна сталь по ступеню розкисленості займає проміжне положення між киплячою і спокійною.

У ній поєднуються переваги, киплячій сталі (відсутність концентрованої усадкової раковини унаслідок утворення великої кількості пазирів, що зварюються при плющенні металу, і відповідне зменшення головної обреси) і спокійною (вищий ступінь однорідності зливка). Напівспокійна сталь в порівнянні з киплячою володіє кращими механічними властивостями і стійкістю проти старіння. Все це дозволяє використовувати її, як замітник спокійної сталі [2]. При виробництві вуглецевою і низьколегованої напівспокійної сталі замість спокійної, вихід придатного прокату із злитків, збільшується на 8-10%, в 2 – 5 разів знижується витрата ферросилицію, і в п'ять разів і більш - алюмінію на розкислювання металу, зменшується на 30-40% витрату виливниць, знижується (приблизно у два рази) трудомісткість

підготовки розливного складу. Разом з цим застосування напівспокійних сталей замість спокійних дозволяє не тільки зберегти, але і підвищити надійність конструкцій, понизити їх масу при пониженні їх вартості. Освоєна технологія виробництва близько 30-ти марок вуглецевої і низьковуглецевої напівспокійної сталі із вмістом вуглецю 0,05 – 0,9 і марганцю 0,25 – 1,7 %. Деякі сталі, містять ванадій (0,05 – 0,18 %), ніобій (0,02 – 0,04 %) і азот (0,015 – 0,030 %) [3].

1.3 Структура зливка напівспокійної марки сталі

Структура зливка напівспокійної сталі залежить від ступеня її розкисленості й може нагадувати структуру зливка киплячого (перерозкисленого) і спокійного (недорозкисленого) металу. [4-6]

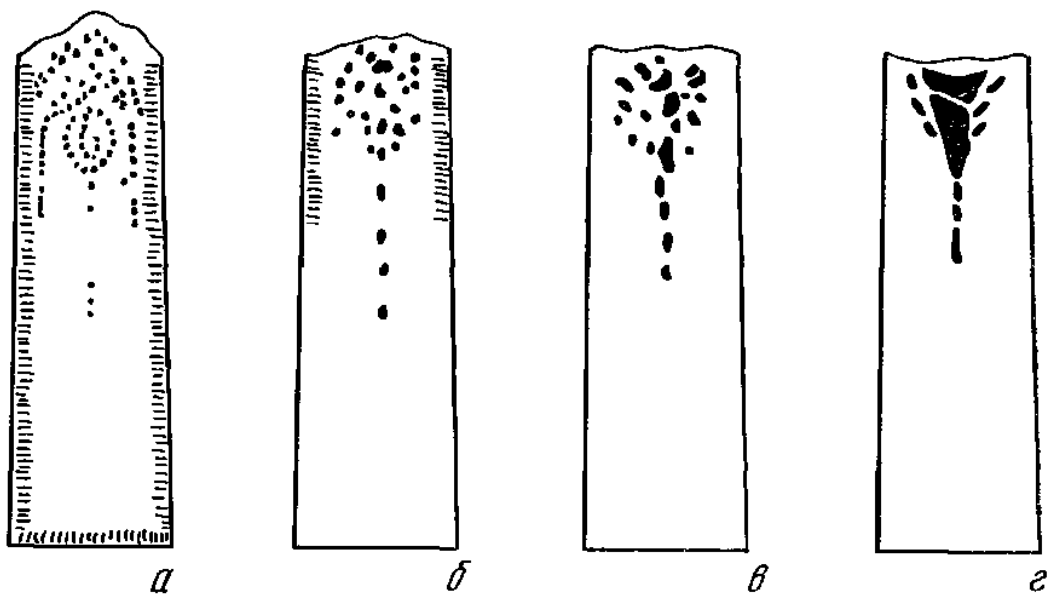


Рисунок 1.1 - Схема будови злитків напівспокійної сталі при різному ступені її розкисленості: а — недорозкислений злиток; б — нормально розкислений злиток (вміст кисню ближче до верхньої межі); в — нормально розкислений злиток (вміст кисню ближче до нижньої межі); г — перерозкислений злиток

Загальним зі злитком киплячої сталі в зливка напівспокійного металу є наявність зони стільникових пузирів. Внаслідок зниженого вмісту кисню стільникові пузирі в зливку напівспокійної сталі розташовуються близько до поверхні. Зона стільникових пузирів залежно від ступеня розкисленості, залягає по-різному: частіше у верхній третині зливка (рис.1.1, б), де спостерігається більш інтенсивне утворення пузирів (мінімальне значення $ρgh$), можуть бути випадки, коли пузирі розкидані по всій висоті зливка (рис. 1.1, а) або відсутні зовсім (рис. 1.1, в).

Вміст розчиненого (залишкового) кисню нижче оптимального виключає можливість утворення стільникових пузирів, навіть у головній частині зливка. При подальшій зниженні вмісту кисню виходить перерозкислена сталь, що практично наближається за структурою до спокійної (рис. 1.1, г). Однак оскільки метал відлито у наскрізну, розширену донизу виливницю без утеплення верхньої (головної) частини, то глибина усадочних дефектів виявляється занадто великою, а вихід придатного — малим. Тому одержання перерозкислених злитків напівспокійної сталі економічно не вигідно. З іншого боку, підвищений вміст залишкового кисню в металі сприяє одержанню зливка з малою товщиною безпухирькової кірки й досить широкою зоною стільникових пузирів. При прокатці такі злитки (у порівнянні зі зливками киплячої сталі — перерозкислені, а напівспокійної — недорозкислені) дають багато браку по поверхневих дефектах.

Нормальний злиток напівспокійної сталі на відміну від зливка киплячої сталі не має зони вторинних пузирів, тому що для утворення останніх не вистачає необхідного тиску виділення окиси, вуглецю (внаслідок низької концентрації кисню).

Структура центральної зони зливка напівспокійного металу більше нагадує структуру зливка спокійної сталі: це щільний метал

крупнокристалічної будови. У верхній частині осьової зони при нормальном розкисленні розташовується невелика усадочна раковина з областю усадочних порожнеч, яка простирається на глибину 10-15% від висоти зливка (рахуючи від головної частини). Над усадочною раковиною розташовується " міст" пухирчатого металу товщиною 200-270 мм, що надійно ізолює раковину від атмосфери, завдяки чому вона заварюється при прокатці. Як відзначалося вище, усадочні порожнечі заповнені окисом вуглецю, що виділився під деяким позитивним тиском, що перешкоджають проникненню атмосферного повітря. Тому стінки пузирів і усадочних раковин у головній частині зливка чисті, неокиснені, добре заварюються при прокатці, що забезпечує високий вихід придатного металу (більш 90%).

1.4 Розкислення напівспокійної сталі марганцем та кремнієм

Виплавка напівспокійної сталі практично не відрізняється від виплавки киплячої і спокійної сталі. Отримання якісної напівспокійної сталі вимагає високої культури виробництва і систематичного контролю складу і температури металу. Помилки в розрахунку кількості розкислювачів, що вводяться, або у визначенні раціональної швидкості розливання приводять до отримання перерозкисленого або недорозкисленого металу, виправити вказані помилки в процесі розливання практично важко [4-6].

Щоб отримати якісні напівспокійні злитки, метал перед розливанням повинен містити оптимальну кількість кисню. При розкислюванні напівспокійної сталі ставиться завдання отримання залишкового кисню приблизно рівного рівноважному вмісту з вуглецем (область 2 на рис 1.2). Тільки при виконанні цієї умови злиток напівспокійної сталі, формується нормально.

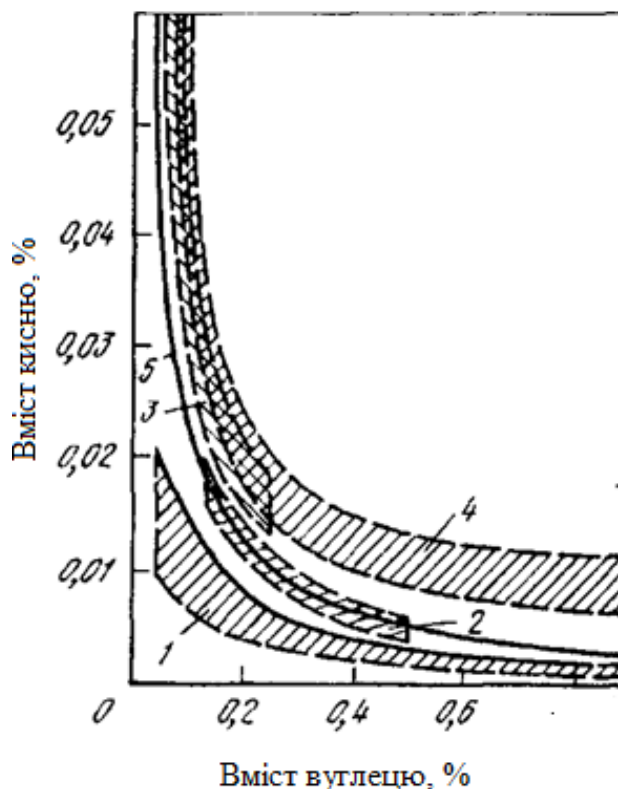


Рисунок 1.2 - Рівень окисленості сталі різних типів після її розкислювання: 1-3 – при виробництві відповідно спокійній, напівспокійній і киплячій сталі; 4 – область звичайного вмісту кисню в металі перед розкислюванням; 5 – крива рівноваги з вуглецем.

Напівспокійну сталь розкислюють в ковші ферромарганцем (до заданого складу), а також сілікомарганцем і ферросіліциєм (до заданого вмісту кремнію в сталі 0,05 – 0,15 %). Проте цей спосіб не завжди забезпечує отримання оптимального ступеня розкисленості металу, кисень, що знаходиться в дуже вузьких межах (0,012 – 0,015).

Одним з основних чинників, що утрудняють отримання заданої окисленості, є вторинне окислення металу під час випуску і розливання. Перспективним шляхом в цьому напрямі є розливання напівспокійної сталі під синтетичним шлаком, отриманим з твердої шлакоутворюючої суміші. Спосіб здійснюють таким чином: в процесі розливання метал обробляють сумішшю 65%-ного ферросіліцію конвертерного шлаку і плавикового шпату в співвідношенні 1: (4,5-8) :

(1-1,5). Суміш вводять на дно виливниці 2,5 – 3 кг/т сталі, при витраті менше 2,5 кг/т сталі дзеркало металу і вгору зливка не покриті шлаком і відбувається вторинне окислення дзеркала металу. При витраті зверху 3,0кг/т сталі, збільшує товщину шлакового шару, уповільнює кристалізацію і погіршує якість поверхні зливка. При 2,5 – 3,0 кг/т сталі, дзеркало металу повністю закрито шлаком і сталевий злиток знаходиться в шлаковій сорочці завтовшки 1-2 мм. Застосування вказаної суміші дозволяє стабілізувати окисленість металу завдяки наявності в конвертерному шлаку оксидів заліза 15 -20 %. При розливанні металу формується шлак. Дифузійне розкислювання металу здійснюється згідно із законом (1.1) внаслідок чого стабілізується окисленість металу [7-9].

$$R = (\text{FeO})/[\text{FeO}] = \text{const} \quad (1.1)$$

В результаті застосування цього способу підвищується якість поверхні прокату з напівспокійної сталі, збільшується вихід придатного металу, знижується витрата виливниць і розкислювачів.

1.5 Розкислення напівспокійної сталі алюмінієм

Для поліпшення якості сталі, стабілізації її окисленості випробували присадки алюмінію і продування металу в ковші нейтральним газом. Дослідження проводилися на сталях Ст 3ПС і Ст 5 ПС (всього 235 плавов). Після випуску металу з конвертера вимірювали його окисленість і температуру в ковші за допомогою змінного блоку БС-4 -1200 УКІС – Т3 і реєструючого приладу «Сталь-4», а також відбирали проби для хімічного аналізу. Після обробки металу інертним газом (аргоном або азотом) і досягнення необхідної температури сталь розливали зверху через стакан діаметром 60мм на

злитки масою 10 т., які прокатували на заготовки перетином 80мм і діаметром 100мм. За основний критерій при визначенні оптимальної окисленості вибрали рівень браку в прокатному переділі (табл.1.2) [10].

Таблиця 1.2 - Вплив окисленості металу на брак в прокатній межі

Сталь	Окисленість металу, ppm/брак прокату %	Оптимальна окисленість				
СТ ЗПС	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">$\frac{60-80}{1,47}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{81-100}{0,8}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{101-109}{1,8}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{>110}{2,0}$</td> </tr> </table>	$\frac{60-80}{1,47}$	$\frac{81-100}{0,8}$	$\frac{101-109}{1,8}$	$\frac{>110}{2,0}$	81-100
$\frac{60-80}{1,47}$	$\frac{81-100}{0,8}$	$\frac{101-109}{1,8}$	$\frac{>110}{2,0}$			
СТ 5ПС	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">$\frac{60-80}{1,0}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{81-90}{1,3}$</td> </tr> </table>	$\frac{60-80}{1,0}$	$\frac{81-90}{1,3}$	60-90		
$\frac{60-80}{1,0}$	$\frac{81-90}{1,3}$					

Встановивши за даними відбракування оптимальні межі активності кисню, надалі перед розливанням металу коректували окисленість доводячи її до необхідного рівня присадкою алюмінієвого дроту, а також продування інертним газом. Алюмінієву катанку діаметром 14-16мм вводимо в ківш за допомогою трайб-апарату. Необхідну масу алюмінію розраховували по формулі

$$m = 54(a_{\phi} - a_p) M / 48f_0 \times f_{Al} \times 100 \quad (1.2)$$

де m , M – маса алюмінію в рідкій сталі; a_{ϕ} – активність кисню в рідкій сталі фактична і потрібна %; f_0, f_{Al} – коефіцієнти активності кисню і алюмінію; 54 і 48 – атомні ваги алюмінію і кисню, помножені на стехіометричні коефіцієнти реакції $2[Al] + 3[O] \rightarrow (Al_2O_3)$ [11-12]

При обробці в ковші інертним газом активність кисню в металі зменшилася в результаті його охолодження і самораскислення (рис.1.3): в середньому до 1,5 і 3,0 ppm відповідно в напівстійкою сталі.

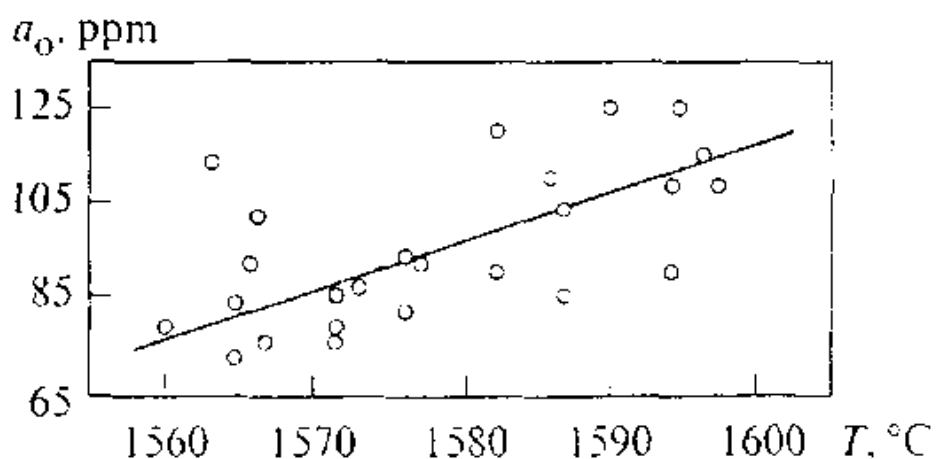


Рисунок 1.3 - Вплив температури (Т) рідкої сталі на активність кисню (a_0)

Коректування окисленості дозволило скоротити загальний брак в першому переділі на 12%, причому удвічі відбракування по рванині, але розшарування заготовок спостерігалось. Для вивчення причини неоднозначного впливу коректування окисленості рідкої сталі з його масовою часткою в твердому металі. Проби відбирали з ковша пробницями ПМР одночасно з визначенням окисленості рідкої сталі. Масову частку кисню в твердому металі контролювали приладом ТС – 136 фірми «Леко».

Використовуючи залежність вигляду, де a_0 і γ_0 - активність, і коефіцієнт активності кисню, підраховували різницю між його масовими долями і активністю, а також визначили коефіцієнт активності в кожному досвіді. Найменший коефіцієнт активності і найбільша різниця між масовою часткою кисню і його активністю були отримані для сталі 3 ПС (рис 1.2 таблиця 1.3), яка виявилася найбільш забрудненою неметалічними включеннями.

Цей вивід підтверджується і аналізом технології, який виявив найбільше число «передувов» (переокислення понад рівноважний стан) і зменшене засвоєння алюмінію і феросплавів при виплавці сталі Ст 3ПС.

Таблиця 1.3 - Активність, масова частка ([O]) і коефіцієнт активності (γ_0) кисню в напівспокійних і киплячих сталях (чисельник – середнє значення, знаменник – розгін значень)

Сталь	a_0 , ppm	[O], ppm	γ_0	[O] – a_0 , ppm
СТ 5ПС	$\frac{54}{42 - 65}$	$\frac{340}{260 - 360}$	$\frac{0,17}{0,16 - 0,18}$	256
СТ 3ПС	$\frac{97}{80 - 113}$	$\frac{622}{330 - 900}$	$\frac{0,16}{0,10 - 0,28}$	525
СТ 1КП	$\frac{330}{240 - 450}$	$\frac{771}{560 - 900}$	$\frac{0,43}{0,32 - 0,50}$	441
СВ-08А	$\frac{342}{233-403}$	$\frac{414}{280 - 580}$	$\frac{0,83}{0,51 - 1,29}$	72

Таким чином, визначення окисленості кисню в рідкій сталі і подальший контроль масової частки кисню в твердому металі показали, що введення алюмінію в «передуту» сталь зменшує в ній частку вільного кисню, але не усуває забрудненості неметалічними включеннями. При нагріві «передутого» металу під плющення легкоплавкі оксиди ліквіднують в середину зливка, ослабляючи осьову зону заготовки, що приводить до розшарування металу при деформації. Тому для виробництва бездефектної напівспокійної сталі разом з коректуванням окисленості в ковші необхідно виключити переокислення (передув) металу на стадії продування в конвертері [10].

1.6 Практика виробництва напівспокійної сталі на металургійних підприємствах

Відомий спосіб, розкислювання напівспокійної сталі в ковші феромарганцем і феросиліцієм з отриманням в металі 0,05 – 0,1 % кремнію для сталей сортового прокату. Недолік способу полягає в тому, що він не забезпечує стабільної окисленості металу після

розкислювання. Чад 65 %-ного феросиліцію збільшується, головна обріз висока і при цьому не досягається задовільна якість поверхні прокатних заготовок. Розподіл хімічних елементів по висоті зливка нерівномірно, що знижує службові властивості металу. Відомий спосіб розкислювання напівспокійної сталі, що включає попереднє розкислювання феросиліцієм з розрахунку отримання кремнію в готовій сталі 0,03 – 0,05 % і остаточне розкислювання добавкою алюмінію 30 – 150 г/т сталі при розливанні у виливниці. Недолік способу полягає в тому, що окисленість металу (вміст кисню) коливається в широких межах 0,01 – 0,025 %. Окисленість металу при розливанні додатково підвищується за рахунок вторинного окислення. Якість поверхні злитків напівспокійних сталей погіршується, головна обріз збільшується.

В останній час на металургійних підприємствах України [13-15] при виробництві напівспокійних сталей була випробувана нова технологія розкислювання розкислювачем РА – 30 напівспокійних сталей, виплавлених в конвертерах місткістю 150 і 160 т. Відмінність технології розкислювання сталі, що виплавляється в 160 т. конвертері, полягало у використанні розкислювача однією відкритою гранню. Це було обумовлено нетривалим випуском плавки з конвертера (протягом 2 – 5 хв.) і побоюванням, що чавунна оболонка в яку поміщений алюміній (розкислювач РА- 30 містить 28 – 32 % Al у вигляді зливка і 70 % чавуну у вигляді оболонки) може не розплавиться. Розкислювач масою до 15 кг додавали в ручну, по ходу випуску плавки, в ківш в кількості, залежній від масової частки вуглецю перед випуском і приблизно відповідному (по масі) звичайній кількості чушкового алюмінію. Його не застосовували в дослідних плавках [16-18].

Технологічні показники отримані на дослідних (з використанням розкислювача РА- 30) і порівняльних (з використанням чушкового алюмінію) плавках, приведені в таблиці (1.4).

Таблиця 1.4 - Технологічні показники дослідних плавок

Варіант технологій	Число плавок	Об'єм виробництва, т	Витрата розкислювача, кг/т			Масова частка елементів %					Загальне число злитків
			ківш		виливниця	на повалке		у ковші			
			РА-30	Al(ч)	Al(д)	С	Mn	С	Mn	Si	
Ст3-Ст5пс, Ст3Гпс, GR60 в 150-т конвертері											
Дослідний	424	63361	0,261	-	0,018	0,047	0,08	0,21	0,54	0,08	7243
Порівняльний	179	26639	-	0,229	0,026	0,045	0,07	0,21	0,59	0,085	3044
Сталь SAE 1008 в 160-т конвертері											
Дослідний	5	731	0,242	-	-	0,052	0,09	0,07	0,37	0,034	89
Порівняльний	6	887	-	0,277	-	0,049	0,09	0,07	0,41	0,037	109

Враховуючи, що при розкислюванні сталі, алюміній практично повністю окислюється, про ефективність дослідного і порівняльного варіантів технології судили по ступеню розкисленості що характеризується поведінкою металу у виливниці, за вмістом залишкового алюмінію в пробах, відібраних на розливанні, і за якісними показниками готового прокату. Не дивлячись на менший вміст алюмінію в розкислювачі РА – 30, якісні показники прокату з металу, проведеного по досвідченому і порівняльному варіантах технології, знаходяться на одному рівні, а в деяких випадках дослідний метал краще порівняльного. Так, наприклад, основний показник розкисленості сталі – час іскріння металу у виливниці для обох варіантів плавки в 160 – т конвертері знаходилася в межах 22 – 27 с, а для плавки з 150 – т конвертера складало 5 – 120 с при максимально допустимою 40 с. Время іскріння, що перевищує 40 с, у дослідного варіанту технології спостерігалось на 7,2 % плавки, тоді як у порівняльного варіанту на 9,4 % плавки. Кількість рослих злитків дослідних плавки в 150- т конвертері складало 17,7 %, порівняльних – 20,5 %.

На плавках, що виплавляються в 160т конвертері, співвідношення опуклих і рівних поверхонь головної частини злитків у дослідного варіанту технології переважніше (79,8 і 20,2 % тоді як у порівняльного 33 і 67 %).

Масова частка алюмінію в пробах, відібраних на розливанні у дослідного і порівняльного варіантів технології, знаходилася в межах 0,001 – 0,006 % (в середньому 0,004 %). Виконані розрахунки показали, що при використанні розкислювача РА – 30 засвоєння алюмінію в 2 – 4 рази більше, ніж при розкислюванні чушковим алюмінієм. Величина додаткової обрізи відповідно для сталі з 150 і 160 – т конвертера у разі дослідного і порівняльного варіантів складала

0,008/0,018 і -/0,11 %, частка зачистки - - /- і 24,5/ 27,2 % брак першого переділу - 0,39 / 0,4 і 0,08 / 0,08 %. Коефіцієнт заміни, визначуваний відношенням масової витрати розкислювача PA, – 30 до масової витрати чушкового алюмінію рівний 0,87 – 1,14. Економічна ефективність від використання PA – 30 в заміні чушкового склала 0,6 грн/т сталі [16].

Висновки по розділу 1

Поведений огляд наукової літератури показав, що вигар феросплавів під час проведення розкислення та легування сталі у ковші пов'язаний з багатьма чинниками (окисленість шлаку та сталі, її температура та хімічний склад, видом феросплаву, що застосовується) також важливим фактором є специфіка роботи конкретного цеху.

Виходячи з вищенаведеного в основній частині випускної кваліфікаційної роботи бакалавра будуть розглянуті основні чинники (основні характеристики сталі на випуску та умови розкислювання), що можуть впливати на вигар феросплавів при розкисленні та легуванні напівспойної сталі в умовах мартенівського цеху ПАТ «Запоріжсталь».

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність нещасного випадку або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці.

Законодавством передбачена певна система державного нагляду і громадського контролю за станом охорони праці на підприємствах і в організаціях, а також форми громадського впливу і заходів відповідальності за допустимі порушення законодавчих та нормативних актів.

Відповідно до статті 155 [21] «Жодне підприємство, цех, дільниця, виробництво не можуть бути прийняті і введені в експлуатацію, якщо на них не створено безпечних і нешкідливих умов праці.

Технологічні процеси та обладнання в умовах ПАТ «Запоріжсталь» відповідають вимогам ДСП 173-96 [22].

В даному розділі виконано аналіз основних шкідливих і небезпечних виробничих факторів, розроблено заходи щодо їх зниження, для основних професій виконано розрахунок екрануючих пристроїв, розрахована річна потреба в засобах індивідуального захисту, визначені нормативи щодо забезпечення працюючих санітарно-побутовими приміщеннями та пристроями, висвітлено питання пожежної безпеки.

3.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки

В процесі виплавки сталі у подових сталеплавильних агрегатах в умовах ПАТ «Запоріжсталь» в результаті фізико-хімічних процесів

утворюється газ, який на 80% складається з CO. При випуску металу, а також при переливі з ковша в ківш в атмосферу цеху виділяються також SO₂, MnO₂ і пил.

Гранично-допустимі концентрації відповідно до ГОСТ 12.1.005 - 88 [22] і фактичні концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Аналіз запиленості та загазованості повітря робочої зони

Найменування	Найменування токсичної речовини	ГДК, мг/м ³ [22]	Фактична концентрація, мг/м ³
1. Ведення технологічного процесу виплавки	CO	20,0	24,0
	SO ₂	10,0	18,2
	MnO ₂	0,05	0,12
	пил	1,0	2,5
2. Ведення робіт на горні печі	CO	20,0	5,2
	SO ₂	10,0	14,7
	MnO ₂	0,05	0,48
	пил	1,0	5,2
3. Обслуговування обладнання та роботи на позначці ± 0,00	CO	20,0	15,6
	SO ₂	10,0	11,5
	MnO ₂	0,05	0,73
	пил	1,0	10,6

Як бачимо з табл. 3.1. практично по всіх токсичних речовин має місце перевищення фактичних концентрацій над гранично допустимими.

Робота, виконувана обслуговуючим персоналом конверторного прольоту по тяжкості відносяться до категорії 3 (важка) - пов'язана з постійним фізичним напругою і 2-6 - пов'язана з ходьбою і перенесенням тяжкості. Допустимі норми метеоумов для виробничих приміщень зі значними надлишками явного тепла по ГОСТ 12.1.005-88 [22] і фактичні

значення для аналогічних цехів представлені в табл. 3.2.

З наведеної таблиці випливає, що температура повітря робочої зони конверторного прольоту в теплий період перевищує допустимі норми. При випуску металу і його транспортування робочі конверторного прольоту піддаються тепловому опроміненню, значно перевищує нормативне по ГОСТ 12.1.005-88 [22] $0,350 \text{ кВт/м}^2$ - при опроміненні 50% поверхні тіла і більше; $0,700 \text{ кВт/м}^2$ - при величині опромінюваної поверхні від 25% до 50%; 1000 Вт/м^2 - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Таблиця 3.2 - Аналіз метеоумов в конверторному прольоті

Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с		
	ГДР	Фактичне значення	ГДР	Фактичне значення	ГДР	Фактичне значення
II-б	Не більше ніж на 5 °С вище середньої температури зовнішнього повітря самого жаркого місяця в 13 год., але не більше 28 °С	35-38	При 25°С - не більше 70%. При 24°С і нижче - не більше 75%	5-65	0,5-1	0,5-1,5
III	Не більше ніж на 5°С вище температури зовнішнього повітря самого жаркого місяця в 13 год. але не більше 26°С	35-38	При 26°С - не більше 65%. При 25°С - не більше 70%. При 24°С і нижче - не більше 75%.	50-65	0,5-1	0,5-1,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел 2 не повинна перевищувати 1400 Вт/м^2 , при цьому опромінення не повинно піддаватися більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

Джерелом шуму в цеху є робота технологічного обладнання,

транспортні машин і механізми. Нормативні та фактичні рівні шуму конверторного прольоту приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Допустимі рівні звукового тиску та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99 [23]

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами,									Еквівалентний рівень звуку, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Фактична еквівалентний рівень звуку за даними санітарного паспорта цеху коливається в межах від 77 до 84 дБ.

Негативний вплив на організм надає вібрація. Вона може бути загальною або локальною.

Джерелами загальної вібрації є робота електромасових і технологічного устаткування. Фактичний рівень загальної вібрації не перевищує нормативні вимоги ДСН 3.3.6.039-99 [24], наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Допустимі значення загальної вібрації

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	2	4	8	16	31,5	63
Амплітуда переміщення при гармонійних коливаннях, мм	1,28	0,28	0,056	0,032	0,014	0,0072
Середньоквадратичне значення коливальної швидкості	в мм/с	11,2	5	2	2	2
	в дБ відносно 5×10^5 мм/с	107	100	92	92	92

Важним показником санітарно-гігієнічних умов праці, що впливає на ефективність і безпеку трудового процесу, є освітленість. Рівень освітленості робочих місць встановлюються в залежності від характеру і точності робіт. За зоровою напруженістю робота в цеху відноситься до VII розряду - робота з матеріалами та виробами в гарячих цехах, які світяться. Норма загальної освітленості згідно зі ДБН В.2.5-28-2006 [25] складає 200 лк. Фактична освітленість відповідає нормативній.

До небезпечних факторів цеху відносяться:

- а) небезпека травмування транспортними засобами, вантажопідіймальними машинами і пристроями;
- б) захоплення одягу або частин тіла обертаються і рухливими елементами технологічного обладнання;
- в) небезпека термічних травм внаслідок розбризкування металу при випуску, розливанні і його транспортування;
- г) небезпека ураження електричним струмом.

Виробниче приміщення цеху по небезпеці поразки електричним струмом відноситься до особливо небезпечних - є струмопровідні підлоги, підвищена температура повітря, можливість одночасного дотику людини до мають з'єднання із землею корпусам технологічного обладнання з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання або струмоведучих частин - з іншого. За застосовуваному напрузі цех відноситься до приміщень з електроустановками напругою вище 1000 В. За доступності електрообладнання - до виробничих приміщень. За наявності вологи приміщення конверторного цеху класифікується як сухе.

3.2 Заходи по забезпеченню безпеки праці та виробничої санітарії

Промислова вентиляція. Вентиляція промислових будівель має велике значення в оздоровленні умов праці. Вона призначена для видалення шкідливих виділень з робочих приміщень і подачі в них свіжого повітря. З наявних систем вентилявання найбільш широке застосування отримали аерація промислових будівель і механічна вентиляція.

Для доступу в цех зовнішнього повітря в стінах будівлі робляться відкриваються отвори у вигляді воріт, вікон з фрамугами, жалюзі, а для видалення нагрітого і загазованого повітря в даху обладнуються аераційні ліхтарі у вигляді піднятою покрівлі з бічними відкриваються фрамугами. Аераційний ліхтар, як правило, використовується одночасно і як світловий, тому його фрамуги скляться.

Місцева витяжна вентиляція призначена для видалення тепла, газів, парів або пилу безпосередньо від місця їх утворення. Це найбільш раціональний спосіб видалення виробничих шкідливостей, так як в цьому випадку вони не поширюються по цеху. Для того щоб підвищити ефективність місцевої витяжної вентиляції, необхідно максимально укрити джерела виділення шкідливостей і виробляти відсмоктування під укриття.

Заходи щодо забезпечення нормальних метеорологічних умов на виробництві, як і багато інших, носять комплексний характер. Суттєву роль у цьому комплексі відіграють архітектурно - планувальні рішення виробничої будівлі, раціональне побудова технологічного процесу і правильне використання технологічного обладнання, застосування ряду санітарно- технічних пристроїв і пристосувань. Крім цього, використовуються заходи індивідуального захисту та особистої гігієни.

Планування приміщень гарячих цехів повинна забезпечувати вільний доступ свіжого повітря до всіх ділянок цеху.

Для охолодження повітря, що надходить в цех в теплий період року, доцільно проводити дрібне розпилення води за допомогою спеціальних форсунок у відкритих в'їзних і віконних прорізах, в припливних венткамерах і взагалі у верхній зоні цеху. Корисно також періодично обприскувати підлогу цеху водою.

Щоб попередити протяги в зимовий період, всі в'їзні та інші отвори, щб часто відкриваються, обладнуються тамбурами або повітряними завісами.

Заходи по боротьбі з теплонадлишків направляються на максимальне скорочення їх виділення, так як легше попередити надлишки тепла, ніж видалити їх з цеху. Найбільш ефективним способом боротьби з ними є ізоляція джерел тепловиділень.

Враховуючи, що робітники гарячих цехів втрачають з потом порівняно багато рідини і солей, питний режим необхідно побудувати таким чином, щоб ці втрати систематично поповнювалися. Додавання до води 0,5 - 1,0 г/л кухонної солі відіграє двояку роль: поповнює втрату солей з організму і сприяє скороченню виділення поту, тому що солі затримують вологу в організмі.

Для захисту горнових від тепловипромінювання біля горна встановлюються екрануючі пристрої - порожнинно-водяний екран, виготовлений з полірованих алюмінієвих листів.

Температура екраніруючої поверхні стінки печі $t_1=185$ °С.

Температура поверхні екрана $t_2=35$ °С

Матеріал зовнішньої стінки печі-сталь окислена шорстка

Температура надходить на екран води - $t_n=18$ °С

Температура що йде від екрану води $t_y=36$ °С

Площа екрану $-F=2,5$ м²

Кількість проточної води, кг / год., що циркулює в екранах з листового металу визначається за формулою:

$$L = \frac{a \times q_{и} \times F}{c \times (t_y - t_{п})}, \quad (3.1)$$

де a - коефіцієнт поглинання інфрачервоного випромінювання матеріалом екрану і водою, рівний 0,9; $q_{и}$ - інтенсивність опромінення-кількість теплоти, передане випромінюванням з 1 м гарячої стінки воді, Вт / м ;

$$q_{и} = \varepsilon_{пр} \times C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (3.2)$$

де: $\varepsilon_{пр}$ - наведена ступінь чорноти, рівна

$$\varepsilon = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} \right) - 1}, \quad (3.3)$$

де ε_1 і ε_2 - ступінь чорноти відповідно стінки печі та екрану; C_0 - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, рівний 5,67 Вт/(м² К⁴); T_1 - температура поверхні (стінки) печі, °К; T_2 - температура поверхні екрана, °К; c - теплоємність річкової води (0,98).

Заходи по боротьбі з шумом і вібрацією.

Усунення або скорочення шуму і вібрації від обертових або рухливих вузлів і агрегатів досягається, насамперед, шляхом точної підгонки всіх деталей і налагодження їх роботи (зменшення до мінімуму допусків між з'єднуються деталями, усунення перекосів, балансування, своєчасне змащення і т. п.). У тих випадках, де допустимо за технічними умовами, доцільно замінити підшипники

кочення на підшипники ковзання, редукторні передачі на безредукторні, деталі та вузли з зворотно-поступальними рухами - на обертальні.

Профілактика електропоразок. Електропоразки людей в умовах промислового підприємства попереджаються завдяки:

- технічним рішенням, що виключає можливість включення людей в ланцюг струму між двома фазами або між однією фазою та землею, способом, при якому струмовідні частини, нормально знаходяться під напругою, недоступні для випадкового дотику. Це забезпечується надійною ізоляцією, огороженням, розташуванням їх на недоступній висоті або під землею, блокуваннями та іншими способами;

- зняттю напруги зі струмовідних частин під час робіт, при яких не виключена можливість дотику до них;

- влаштуванням захисного заземлення або автоматичного відключення, що забезпечує в разі пошкодження ізоляція і переходу напруги на металеві частини електропристроїв обмеження напруги по величині або вимкнення несправного обладнання та апаратури;

- застосування в електропристрої (системах управління) безпечної напруги в залежності від умов, в яких вони експлуатуються;

- пульт управління електричним режимом печі повинен бути обладнаний контрольно-вимірювальними приладами;

- всі роботи, пов'язані з включенням і відключенням, повинні проводитися із застосуванням биркової системи;

- на робочою, дозирочной і електродних майданчиках повинна бути світлова сигналізація, що попереджає обслуговуючий персонал про те, що піч знаходиться під напругою.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

У тих випадках, коли з якихось причин не вдається знизити несприятливі фактори до безпечних величин або усунути їх, робочі користуються засобами індивідуального захисту. Вони застосовуються також при, проведенні короточасних робіт у небезпечних умовах (усунення аварій, ремонт обладнання).

Спецодяг захищає тіло і шкіру робітника від забруднень як токсичними, так і нетоксичними речовинами, від механічних травм та інших ушкоджень. Спеціальними нормами, для ряду професій встановлені види спецодягу із зазначенням матеріалу її виготовлення та терміну носіння НПАОП 27.0-3.01-08 [26]. У таблиці 3.5. наведений перелік і строки носіння засобів індивідуального захисту для основних професій.

Таблиця 3.5 - Вибір засобів індивідуального захисту

Професія або посада	Кількість осіб за професією	Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту	Термін носіння, міс.	Загальна кількість на рік
Горновий	12	Куртка суконна	9	15
		Штани сукняні	9	15
		Валянки або черевики шкіряні	12	12
		Капелюх повстяна	12	12
		Вачеги	1	144

В якості індивідуальних захисних засобів при роботі в шумних приміщеннях використовуються різні протишуми (антифони).

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення та пристрої

Невід'ємною частиною кожного комплексу промислових споруд є санітарно-побутові приміщення, призначені для розміщення в них роздягальнь, душових, пральнь або приймальних пунктів, майстерень по ремонту спецодягу, приміщень для зберігання, ремонту і зарядки індивідуальних захисних засобів, а також їдальнь, медпунктів, кімнат гігієни жінок та ін. Виробничий процес в цеху по санітарно-гігієнічній характеристиці, згідно ДБН В.2.2-28:2010 відноситься до групи 2-6 [27].

Для групи 2-6 передбачений наступний склад побутових приміщень: гардеробні, душові, умивальні, пункти харчування, вбиральні, пункти питного водопостачання, медпункт.

Гардеробні призначені для зберігання домашнього та спецодягу (вуличного одягу) і розраховуються за загальною кількістю працюючих з урахуванням 5% резерву.

Решта приміщень розраховуються за кількістю працюючих у найбільш численну зміну.

Кількість сіток у душових прийнято з розрахунку одяга духова сітка на 3 людини. Кількість кранів в умивальних розраховано за нормою 1 кран умивальника на 20 осіб.

Душові і умивальні розміщені суміжно з гардеробними.

Для харчування працюючих є їдальня, кількість посадочних місць в якій розраховане за нормою 1 місце на 4 людини.

Для заповнення втрат вологи і мінеральних солей в цеху розміщені питні фонтанчики, автомати підсоленій газованої води. У теплий період робочі забезпечуються білково-вітамінним напоєм. Джерела питного водопостачання віддалені від робочих місць не далі 75 м. Кількість джерел водопостачання розраховується з норми 1 питне пристрій на 50 осіб.

Вбиральні віддалені від робочих місць не далі 75 м. Кількість санітарних приладів у них визначається по нормі 1 санітарний прилад для обслуговування 15 осіб.

Працюючі в цеху цілодобово обслуговуються здравпунктом 1-ї категорії.

3.3 Протипожежна профілактика

Виробничий процес у цеху по вибуховий, вибухопожежної та пожежної небезпеки, згідно НАПБ Б.03.002-2007 відноситься до категорії «Г», тому що обробці піддаються негорючі матеріали в розпеченому стані [28].

Робоча площадка печі відповідно до ПУЕ з пожежної небезпеки відноситься до категорії П-11, по вибухової небезпеки - В-11 [29].

Будівля цеху побудовано з негорючих матеріалів (металоконструкцій, цегли, залізобетону, скла і т.д.) і, згідно ДБН В.1.1.7-2002, має II ступінь вогнестійкості [30].

Пожежі на ділянці можуть виникнути в результаті:

- загоряння електрообладнання при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях (клас пожежі-Е);
- загоряння паливно-мастильних матеріалів при попаданні в них іскор електричного або механічного походження, впливу тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі - В);
- на ділянці можливо загоряння і вибух горючих газоповітряних сумішей (клас пожежі - С);
- самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі - А);
- в результаті розбризкування металу.

Імовірність поразки будівель блискавкою зменшена застосуванням системи блискавкозахисту II категорії, виконаної

відповідно до РД 34.21.122-87 [31].

Для гасіння можливих пожеж в цеху передбачені первинні засоби пожежогасіння, відповідно до «Правил пожежної безпеки в Україні». У таблиці 3.6 наведені норми розрахунку первинних засобів пожежогасіння для пічного відділення.

Таблиця 3.6 - Перелік та норми необхідних первинних засобів пожежогасіння для сталеплавильного цеху

Категорія приміщення	площа, що захищається,	Клас пожеж	Повітряно-гінні вогнегасники. емк.10 л. (ППВ)	Порошкові вогнегасники емністю, л			Хладонові вогнегасники, емк. 2 л.	Вуглекислотні вогнегасники, емністю., л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
Г	800	В	2	-	2	1	-	-	-
		С	-	4	2	1	-	-	-
Г	1800	А	2	4	2	1	-	-	-
		Д	-	-	2	1	-	-	-
		Е	-	2	2	1	2	4	2

3.4 Захист навколишнього середовища

Зменшення кількості шкідливих викидів у сталеплавильному виробництві досягається використанням різних технологічних прийомів та пристроїв. Велике значення має механізація ручних операцій. Для зниження шкідливих викидів передбачається: механізоване завантаження шихти; підвісні бункери для сипких матеріалів та феросплавів; автоматизовані системи для завантаження цих матеріалів; механізація прибирання шлаків та сміття на робочих майданчиках; механізація ломки зношеної футеровки основних агрегатів, прибирання відходів; механізація підготовки та ремонту

набивної футеровки сталерозливних ковшів; обладнання ковшів шибєрними затворами.

З усіх пилогазових викидів із сталеплавильних агрегатів найбільша кількість припадає на мартенівські печі: 90% оксидів сірки, 85% оксидів азоту та 75% пилу. На одну тонну садки у мартенівських печах у випадку опалення їх природним газом утворюється від 1000 до 4000 м³/год газу, який має на виході з печі температуру 700 – 800°C. Хімічний склад газу залежить від виду використаного палива, складу шихти та технології плавки. В ньому містяться оксид та діоксид вуглецю, оксиди азоту та сірки, кисень, водень, азот, водяна пара та деякі інші речовини. Кількість оксидів сірки залежить від виду використаного палива і у випадку опалення коксодоменним газом може досягати 800 мг/м³. Окрім газоподібних домішок газ, що виділяється, містить значні кількості пилу – до 15 г/м³. Мартенівський пил складається в основному з оксидів заліза (близько 88%); Крім цього, в ньому містяться оксиди алюмінію, марганцю та інших речовин, що входять до складу шихти. Винос малих часток руди та вапняку відбувається в результаті руйнування цих матеріалів під впливом високих температур у періоди нагріву шихти та її плавлення. Винос цих часток припиняється повністю після покриття шихти шаром шлаку. У зв'язку з цим велике значення мають склад шлаку, час його наведення, температура, площа поверхні зіткнення з металом.

У мартенівських цехах існують також неорганізовані джерела викиду пилу у довкілля. Наприклад, у повітрі міксерного відділення вміст пилу доходить до 13 г/м³; у місці розвантаження сипучих матеріалів на шихтовому подвір'ї 250 – 450 мг/м³; в люнкеритному пристрої у розливальному прольоті 100–160 мг/м. Пил мартенівських газів містить також оксиди феруму, кальцію, магнію, мангану,

алюмінію, силіцію, фосфору, він переважно дрібнодисперсний (тільки 11 – 12 % пилу припадає на частинки розміром понад 1 мкм).

Велике значення має перехід на випарювальне охолодження сталеплавильних агрегатів (заміна в охолоджувальних системах холодної води на киплячу), що дозволяє зменшити витрати води на охолодження більше ніж у 60 разів. Металургійні агрегати нагріті до високих температур, і в охолоджувальних системах завжди використовували холодну воду. Якщо її замінити кип'ятком, то останній, стикаючись з охолоджуваною поверхнею, перетворюється в пару, яка забирає багато тепла.

Одна з основних умов, що дозволяють знизити викиди шкідливих речовин, - правильне, кваліфіковане ведення технологічних процесів у сталеплавильному виробництві. Це допоможе запобігти аварії та непередбаченим викидам шкідливих речовин [32].

ВИСНОВКИ

1. За літературними джерелами виконано аналіз питань засвоєння і вигару розкислювачів в процесі глибинного розкислення напівспокійної сталі. Основними чинниками, що визначають величину вигару є параметри металу і шлаку в печі перед випуском плавки, фізичні властивості феросплавів, умови подачі феросплавів в ківш.

2. Розглянуто типову технологію розкислення напівспокійної сталі марки Зпссв у ковші, в умовах мартенівського цеху ПрАТ «Запоріжсталь».

Були проведені аналітичні дослідження ступеня засвоєння FeMn при розкисленні та легуванні сталі у ковші від технологічних показників мартенівської плавки: хімічного складу та температури металу, кількості шлаку та інш.

Для аналізу був використаний масив зі ковшів валових плавок сталі марки СтЗ пссв.

3. Проведений аналіз показав, що витрата феромарганцю ФМн 78 при розкисленні та легуванні сталі марки З пссв у ковші складає від до кг/т й у % випадків склала від до т кг/т.

Середня витрата феромарганцю ФМн78 при розкисленні та легуванні сталі марки З пссв у ковші складає кг/т.

При цьому засвоєння марганцю у ковші по масиву даних коливається від до %. При цьому найбільша частка значень засвоєння марганцю (приблизно %) входить до інтервалу значень від до %. Середнє значення засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі феромарганцем ФМн78 у ковші, в умовах ПрАТ «Запоріжсталь», складає %.

Визначено, що основними факторами, які впливають на ступінь засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі у ковші, є ті, що впливають на вміст у кисню у металі та шлаку.

З'ясовано, що з підвищенням вмісту вуглецю на випуску з мартенівської печі засвоєння марганцю зростає. Це пов'язано з тим, що, при збільшенні вмісту вуглецю у відповідності до залежності Вачера-Гамільтону знижується концентрацію кисню у сталі, а відповідно менша кількість феросплавів буде витрачена на взаємодію з ним й більша кількість марганцю може перейти до рідкої сталі

Підвищення температури сталі на випуску знижує ступень засвоєння марганцю, що пов'язано з більшою кількістю марганцю який буде витрачено на видалення підвищеної кількості розчиненого кисню.

Зі збільшенням сумарної витрати кисню на плавку засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні зменшується, що пов'язано зі збільшенням кількості розчиненого у металі кисню, й відповідно підвищенням вихару розкислювача.

З підвищенням кількості шлаку знижує засвоєння феромарганцю, оскільки марганець, що міститься у феросплаві буде взаємодіяти з більшою кількістю FeO шлаку й відповідно менша кількість марганцю буде переходити до сталі.

4. В розділі «Охорона праці та охорона навколишнього середовища» були розглянуті небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на життя та здоров'я робітників мартенівського цеху, також були розглянуті питання техніки безпеки та пожежної профілактики на цій ділянці. Узагальнені питання охорони навколишнього середовища при розкисленні та легуванні сталі у мартенівському виробництві.

5. В економічному розділі випускної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз впливу запропонованих заходів на собівартість сталі

марки Ст3 пссв в умовах ПрАТ «Запоріжсталь». Проведений аналіз показав, що за рахунок зміни параметрів мартенівської плавки, що впливають на вміст розчиненого кисню у металі вдається збільшити ступень засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі у ковші, що дозволяє за рахунок зниження питомої витрати FeMn а також підвищити вихід придатної сталі. Що дозволяє отримати економічний ефект у тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ТИ 226-СТ.М-01-08 Выплавка стали в мартеновских печах Технологическая инструкция. ОАО "Запорожсталь" Запорожье. 2008. 92 с.
2. Metallurgiya stali: Uchebnik dlya vuzov/Yvoyiskiy V. I., Kryakovskiy Yu. V., Grigor'yev V. P., Netchkin Yu. M., Krawchenko V. F., Borodin D. I. M.: Metallurgiya, 1983. 584 с.
3. И.И. Борнацкий, В.Ф. Міхневіч, С.А. Яргин. «Виробництво стали». – Москва, Металургія 1991г.
4. Разливка стали. Под редакцией В.И. Баптизманского.– Киев-Донецк : Вища школа, 1977. – 200с.
5. Общая металлургия. / Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. М.: ИКЦ Академ книга, 2002. 768с.
6. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. — М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003.— 528с., ил
7. В.І. Баптизманський, Б.М. Бойченко, О.Г. Велічко, Е.І. Ісаєв, А.Н. Огірків, В.Б. Охотський, М.О. Поживанов. „Сталеплавильне виробництво”. Київ 1996р.
8. Шнееров Я.А. і Вихлевщук В.А. «Розливання стали в злитки і їх якість». М., 1972г.
9. Меджибожский М Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. - Киев – Донецк: Высшая школа, 1979. – 280 с.
10. Н.Н. Кузьміна, Ю.В. Кофман, И.Ю. Морозова, Г.В. Цілих // Сталь. 2003г. №3. с.21-22
11. Харлашин П.С. Теоретические основы сталеплавильных процессов: Учебник. - К.: ІЗМН.,1998.- 306 с.

12. Раскисление и вакуумная обработка стали. Часть 1. Термодинамические и кинетические закономерности. Ключпель Г. Пер с нем. Г. Н. Еланского. Изд-во «Металлургия», 1973, с. 312.
13. Т.Г. Шевченко, Я.Л. Альперовіч, В.Б. Охотський // Металургійна і гірничорудна промисловість. 1997г. №5. с.22-23
14. Шнееров Я.А., Вихлевщук В.А. Напівспокійна сталь. М: Металургія, 1973. 368с.
15. Попер Д.М. «Металург», 1970. №1. с.19-20
16. А.И. Серов, Ю.Г. Ярославцев // Сталь. 2003г. №12. с.18-19
17. Д.И. Душкевіч, М.Е. Шебалкин, Ю.А. Шевченко, В.Б. Охотський // Металургійна і гірничорудна промисловість. 2002г. №3. с.22-23
18. Онушкевич Г.Ф., Маджар В.М., Шатровский В.А., Краев М.В. Исследование влияния содержания в плавочном анализе марганца и кремния на образование усадочных пустот в квадратной заготовке из полуспокойной стали, отлитой в сквозные изложницы. // Металл и литье Украины. – 2005. - № 5. С.25-27.
19. ТИ 226-СТ.М-02-06 Выплавка стали в двухванной печи Технологическая инструкция. ОАО "Запорожсталь" Запорожье. 2006. 36 с.
20. Величко О. Г., Бойченко Б. М., Стоянов О. М. Технології підвищення якості сталі. Дніпропетровськ: Системні технології, 2009. – 234 с
21. ДСП 173-96."Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів". Міністерства охорони здоров'я Наказ № 173 від 19.06.96р. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24.07.96 р. за № 379/1404.
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ."Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования". - М.: Изд-во стандартов, 1990.

23. ДСН 3.3.6.037-99. "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку". - К.: Держстандарт, 1999.
24. ДСН 3.3.6.039-99. "Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації". - К.: Держстандарт, 1999.
25. ДБН В.2.5-28-2006."Природне і штучне освітлення". - К.: Мінбуд. України, 2006.
26. НПАОП 27.0-3.01-08. "Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості". Держгірпромнагляд України 07.10.2008 № 434. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1.10.2008 за№ 918/15609.
27. ДБН В.2.2-28:2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення". Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30.12.2010 № 570. - К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.
28. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. - К.: Укр. НДІПБ, 2007.
29. ПУЕ. "Правила устройства электроустановок". - М.: Энергоатомиздат, 1987.
30. ДБН В. 1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. - К.: Держбуд України, 2003.
31. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. - Согласована Госстроем СССР от 30 июля 1987г.
32. Лекція 3. Вплив металургійного виробництва на довкілля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kegt-rshu.in.ua/images/dustan/l_o_p_3.pdf