

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

До рк
12.08.23

Кваліфікаційна робота / проект

перший (бакалаврський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Огляд особливостей технології виплавки інструментальної сталі

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1369

спеціальності 136 «Металургія»
(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Металургія

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

І.І. Ширин

(ініціали та прізвище)

Керівник доц. каф. металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки,

канд. техн. наук О.С. Воденнікова

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. каф. металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки,

канд. техн. наук Т.М. Нестеренко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 136 «Металургія»
(шифр і назва)
Спеціалізація _____
(шифр і назва)
Освітня програма Металургія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Ю.О. Белоконь

« 29 » 12 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ширину Ігорю Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) Огляд особливостей технології виплавки інструментальної сталі

керівник роботи канд.техн.наук, доцент Воденнікова Оксана Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)









затверджені наказом ЗНУ від “ 29 ” грудня 2022 року № 1893-с

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи Науково-технічна література, статті у фахових виданнях, матеріали конференцій, патенти та ДСТУ.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Конструкційна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист – 1. Мета роботи. Завдання роботи – 1. Хімічний склад та механічні властивості сталі X12MФ – 1. Мікроструктура сталей X12MФ та D2 – 1. Технологічна схема виробництва сталі X12MФ – 1. Загальний вигляд дугової сталеплавильної печі – 1. Схема технологічних операцій електроплавки – 1. Схема установки піч-квіш – 1. Схема машини безперервного лиття заготовок криволінійного типу – 1. Загальні висновки – 1.

6. Консультанти розділів роботи

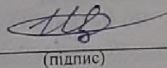
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальна частина	доцент О.С. Воденнікова	29.12.2022р. 	29.12.2022р. 
Технологічна частина	доцент О.С. Воденнікова	29.12.2022р. 	29.12.2022р. 
Конструкційна частина	доцент О.С. Воденнікова	29.12.2022р. 	29.12.2022р. 
Охорона праці та техногенна безпека	доцент О.С. Воденнікова	29.12.2022р. 	29.12.2022р. 

7. Дата видачі завдання 29.12.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.06-18.06.2023	
2	Реферат	12.06-18.06.2023	
3	Загальна частина	15.05-21.05.2023	
3	Технологічна частина	22.05-28.05.2023	
4	Конструкційна частина	29.05-04.05.2023	
5	Охорона праці та техногенна безпека	05.06-11.06.2023	
6	Загальні висновки. Перелік джерел посилання	12.06-18.06.2023	

Студент


(підпис)

І.І. Шурин

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

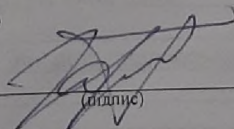

(підпис)

О.С. Воденнікова

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Ю.О. Белоконь

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 79 с., 14 рис., 31 табл.,
11 джерел посилання.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ШТАМПОВА СТАЛЬ, ДУГОВА СТАЛЕПЛАВИЛЬНА ПІЧ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ СТАЛІ, СТРУКТУРА СТАЛІ, ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Огляд особливостей технології
виплавки інструментальної сталі.

Мета роботи – розробити технологію виплавки сталі марки Х12МФ.

У розділі 1 надано характеристику інструментальних сталей марок
Х12МФ та ХН77ТЮР, приведено її фізико-механічні властивості.

У розділі 2 приведено розрахунок шихти виплавки сталі марки Х12МФ
та ХН77ТЮР; розглянуто технологічну схему виробництва інструментальної
сталі марки Х12МФ.

У розділі 3 описано конструкцію металургійних агрегатів для виплавки,
розливки та обробки інструментальних сталей.

У розділі 4 надано характеристику шкідливих та небезпечних факторів,
що виникають при обслуговуванні печі ДСП-50.

Запропонована технологія виплавки інструментальної штампової сталі
марки Х12МФ рекомендується для дослідно-промислових випробувань в
умовах електросталеплавильних цехів металургійних підприємств України.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Характеристика інструментальних сталей та основні вимоги до них.....	8
1.2 Структура та властивості інструментальних сталей.....	12
1.2.1 Структура та властивості штампового інструменту.....	12
1.2.2 Призначення, галузь застосування та фізико-механічні властивості сталі Х12МФ	14
1.2.3 Призначення, галузь застосування та фізико-механічні властивості сталі марки ХН77ТЮР.....	20
1.3 Електросталеплавильний цех: структура, основні ділянки та прольоти.	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Розрахунок шихти виплавки сталі марки Х12МФ.....	23
2.1.1 Окислювальний період плавки.....	25
2.1.2 Відновний період плавки.....	29
2.2 Розрахунок шихти і матеріального балансу виплавки сталі марки ХН77ТЮР для отримання електродів ВДП.....	38
2.3 Технологічна схема виробництва інструментальної сталі марки Х12МФ	47
2.4 Розробка технології виплавки сталі Х12МФ.....	51
3 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА.....	59
3.1 Конструкцій дугової сталеплавильної печі.....	59
3.1.1 Дугові печі постійного струму	59
3.1.2 Дугові сталеплавильні печі типу ДСП-50.....	61
3.2 Конструкція машини безперервного лиття заготовок.....	62
3.3 Конструкція установок позапічної обробки сталі.....	63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	67
4.1 Захист працівників під час COVID-19.....	67
4.2 Характеристика шкідливих та небезпечних факторів, що виникають при обслуговуванні печі ДСП-50.....	70
4.3 Заходи по охороні праці при обслуговуванні печі ДСП-50.....	71

4.4 Заходи по захисту навколишнього середовища.....	75
4.5 Заходи по протипожежній безпеці в пічному прольоті СПЦ5.....	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	78

ВСТУП

Сучасний стан металургійної промисловості характеризується значною техніко-технологічною відсталістю, високою енерго- та ресурсоемністю виробництва, значним екологічним навантаженням на навколишнє середовище. Основні виробничі потужності провідних підприємств металургійної промисловості області були спроектовані і збудовані ще в 70-ті роки і раніше, а подальший розвиток виробництва здійснювався в основному за рахунок збільшення завантаження існуючих потужностей. Таким чином, зростання виробництва досягалося без суттєвої модернізації промислово-виробничих фондів.

Загострення конкуренції за одночасного спаду темпу приросту споживання металу змусило металургів кардинально переоцінити свої конкурентні позиції та майбутні перспективи. Часткова модернізація галузі проведена, а її позитивними результатами стало збільшення обсягів виплавки киснево-конвертерної сталі та електросталі при суттєвому скороченні мартенівського виробництва. Однак подальше ефективне функціонування підприємств металургійної промисловості за умов глобальної конкуренції потребує впровадження інноваційних проектів реконструкції та модернізації металургійного виробництва. Одним з таких проектів є створення малих металургійних підприємств, що відрізняються високою ефективністю виробництва, якістю та сортаментом продукції, що випускається, передовими технологіями виробництва.

Мета роботи – розробити технологію виплавки сталі марки Х12МФ.

Для вирішення поставленої мети треба вирішити **наступні завдання**:

- проаналізувати сучасні методи виплавки інструментальних сталей;
- запропонувати технологічну схему виробництва інструментальної сталі марки Х12МФ;
- привести технологію виплавки сталі марки Х12МФ з повним окисленням в ДСП-50.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика інструментальних сталей та основні вимоги до них

Інструментальна сталь являє собою сплав, вміст вуглецю в якому становить не менше 0,7%. Її структура при цьому може бути доєвтектоїдною, ледебуритною або заєвтектоїдною. Інструментальні сталі з різною структурою відрізняються наявністю вторинних карбідів. У сплавах з доєвтектоїдною структурою вторинних карбідів немає. Тим часом, в кожній з таких структур карбіди в обов'язковому порядку присутні: вони утворюються при евтектоїдних модифікаціях або є результатом розпаду мартенситу.

Всі марки сталей для виробництва інструментів поділяють на п'ять основних груп, а саме:

- теплостійкі та в'язкі;
- високотверді та в'язкі, не теплостійкі;
- високотверді, теплостійкі та зносостійкі;
- зносостійкі, високотверді та середньої теплостійкості;
- високотверді та нетеплостійкі.

Інструментальна сталь має велику кількість марок, різних за хімічним складом, структурою і властивостями. Необхідні властивості інструментальної сталі визначаються в першу чергу за призначенням інструменту та умов його роботи.

В останні роки для інструментів почали використовувати також високолеговані сплави, що мають після загартування порівняно м'який (40-50 HRC) безвуглецевий або низьковуглецевий мартенсит. Твердість цих сталей зростає при відпустці в результаті виділення дисперсних інтерметалідних з'єднань.

На сьогодні розрізняють такі групи інструментальної сталі:

- вуглецеві та леговані сталі для різального інструменту;
- леговані сталі для різального інструменту;
- штампові сталі для деформування металів в холодному та гарячому стані;
- сталі для вимірювальних інструментів.

Високих експлуатаційних властивостей інструментальних сталей досягають шляхом термічної обробки (загартування). Інструментальну сталь першої групи гартують при температурі від 120 °С до 180 °С. Така обробка забезпечує міцність і стійкість інструменту. Сталь другої групи піддають звичайному, ступінчастому або ізотермічному загартуванню. Сталь третьої групи гартують при температурі від 300 °С до 500 °С. Сталь четвертої групи гартують при температурі від 140 °С до 150 °С протягом часу від 6 годин до 12 годин. Сьогодні легована інструментальна сталь мало використовується, в зв'язку з застосуванням твердих сплавів і металокерамічного інструменту.

Серед основних марок інструментальних штампованих сталей слід відмітити: Х6ВФ, 4Х2НМФ, Х12, Х12Ф1, Х12МФ, Х12ВМ, 7ХГ2ВМФ, 4ХМФС, 7Х3, 8Х3, 5ХНМ, 6ХВГ, 5ХГМ, 4Х5МФ1С, 4Х5МФС, 3Х3М3Ф, 3Х2В8Ф, 3Х2Н2МВФ, 27Х2Н2М1Ф, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 40Х5МФ, та інші.

Для обробки металів тиском застосовують інструменти – штампи, пуансони, ролики, валики та інші інструменти, що деформують метал (рис. 1.1). Зокрема штампові сталі – це сталі, що застосовуються для виготовлення інструменту такого роду.

Штампові сталі діляться на дві групи: сталі, що деформують метал в холодному стані та сталі, що порушують метал в гарячому стані, при цьому умови роботи сталі при різних видах штампування сильно розрізняються.

При штампуванні в гарячому стані метал, що штампується, під дією половинок штампа, що зближуються, деформується і заповнює внутрішню порожнину штампа. В роботі внутрішня порожнина штампа («фігура»), яка деформує метал, стикається з нагрітим металом. Тому штампова сталь для

гарячого штампування повинна володіти не тільки певними механічними властивостями в холодному стані, але і досить високими механічними властивостями в нагрітому стані. Особливо бажано мати високу межу текучості (пружності), щоб при високому тиску штамп не деформувався. Для ковальських штампів велике значення має і в'язкість, щоб штамп не зруйнувався під час роботи при ударах по металу, що деформується. Стійкість проти зношування в усіх випадках дуже важлива, так як вона забезпечує збереження розмірів «фігури» та довговічність роботи штампа.



Рисунок 1.1 – Основні види продукції з інструментальної сталі

Для пресового інструменту, що працює без ударів, велике значення має зносостійкість в гарячому стані та відносно менше в'язкість. Тому для молотових штампів і для пресового інструменту застосовують сталі різних марок.

Для штампування в холодному стані сталь, з якої виготовляють

штампи, зазвичай повинна володіти високою твердістю, що забезпечує стійкість сталі проти стирання, хоча і в'язкість, особливо для пуансонів, має також першорядне значення.

Сталь для «гарячих штампів» повинна мати якомога меншу чутливість до місцевого нагріву. У недостатньо в'язкої (пластичної) сталі, наприклад, у погано відпущеної, місцевий нагрів може привести до утворення тріщин.

Ще в більш важких умовах роботи знаходиться сталь в штампах (прес-формах) для лиття під тиском. Нагрівання робочої поверхні форми розплавленим металом і охолодження водою внутрішніх частин форми викликають значні напруги. Сталь для прес-форм повинна бути також досить зносостійкою, мати високі механічні властивості в нагрітому стані та добре чинити опір роз'їданню поверхні форми розплавленим металом.

Крім перерахованих властивостей, від сталі, з якої виготовляють штампи великих розмірів, потрібно підвищена прокаліваємість. Сталь, що застосовується для штампів і пуансонів складних конфігурацій, повинна мало деформуватися при загартуванні.

Вимоги, що пред'являються до штампових сталей, наступні:

- технологічність: повинна піддаватися обробці різанням та обробці тиском у гарячому та холодному станах;
- незначна деформація при термообробці;
- гарна прокаліваємість: повинна мати однорідну високу твердість, однорідну дрібнокристалічну структури в глибину;
- низька чутливість до перегріву: повинна гартуватися в достатньо широкому інтервалі температур;
- невелика чутливість до обезвуглецювання при накаливанні, що знижує твердість робочого поверхневого шару;
- твердість у поєднанні з високою в'язкістю;
- хороша шліфованість та полірованість – визначає якість поверхні виробів для штампування.

1.2 Структура та властивості інструментальних сталей

1.2.1 Структура та властивості штампового інструменту

Штамповий інструмент для гарячого деформування працює в умовах динамічних циклічних навантажень під впливом високих температур і питомих тисків. Найбільш складних умовах експлуатується інструмент, що використовується для гарячого пресування важкодеформованих, високоміцних алюмінієвих сплавів. При цьому в деформуючому вузлі (пуансон, розсікач, матриця) виникають високі напруги, рівень яких наближається до межі пружності інструментальних штампових сталей.

Тому матеріал, що застосовується для виготовлення пресового інструменту, повинен мати високі фізико-механічні властивості: бути високоміцним, теплостійким, теплопровідним та зносостійким. Крім того, інструментальні сталі, що використовуються для виготовлення такого інструменту, повинні добре оброблятися різанням, шліфуванням, мати малу схильність до відпускнуї крихкості та зростання аустенітного зерна, бути стійкими до знеуглецювання.

Виходячи з умов роботи штампового інструменту та вимог до матеріалів для його виготовлення, частіше всього застосовують леговані інструментальні сталі підвищеної теплостійкості в'язкості. Таким матеріалам відносяться середньовуглецеві сталі з карбідним зміцненням 4X5MΦC(Ш), 4X5MΦ1C(Ш), 3X3M3Φ(Ш). Знижений сумарний, близько 7 %, вміст карбідоутворюючих елементів і вуглецю від 0,22 до 0,44 % забезпечує отримання даних сталей структур з низькою карбідної неоднорідністю. Це вигідно відрізняє названі матеріали від швидкорізальних сталей, де сумарний вміст карбідоутворювальних елементів може досягати більше 20 %, а концентрація вуглецю до 1,5%. Однак сталь 3X3M3Φ після зміцнюючої термічної обробки часто має більш високу структурну полосчастість, ніж сталі 4X5MΦC та 4X5MΦ1C, та знижений рівень ударної в'язкості. Це, мабуть, пов'язано з підвищеним вмістом у даній сталі стійких важкорозчинних в аустеніті карбідів

молібдену та ванадію.

Потрібні властивості пресового інструменту HRC 44–51, KCU=30–45 Дж/см² забезпечуються структурою трооститу з карбідною неоднорідністю не більше 4 балів за шкалою 5 ГОСТ 801. Така структура виходить при дотриманні параметрів як попередньої термічної обробки (ПТО) заготовок, так та остаточної термообробки (ОТО), яка є зміцнюючою. Дане дослідження спрямоване на вивчення змін структури та властивостей сталей при ОТО, що формує експлуатаційні характеристики штампового інструменту, а також визначення причин отримання низької ударної в'язкості сталі 3Х3М3Ф. ТО включає гарт на мартенсит з області «аустеніт + карбіди» та подвійної або потрійної відпустки. Для забезпечення необхідних властивостей інструмента бал зерна аустеніту після ВТО повинен бути № 8 (ГОСТ 5939) і порівняти з його розміром в заготовках після ПТО. З метою визначення структурних змін при ОТО та впливу на них легуючих елементів, у роботі проведено аналіз діаграм розпаду аустеніту та вплив на них легуючих елементів, що містяться в досліджуваних сталях.

У цих сталях легуючі елементи, ванадій та молібден утворюють стійкі до розчинення при нагріванні карбіди типу Me₃C, MeC, а наявність хрому дозволяє отримати карбіди, які розчиняються при високотемпературному нагріванні під загартування. Зіставлення довідкових відомостей щодо ізотермічних діаграм розпаду аустеніту (С-криві) сталей дозволило простежити вплив підвищеного вмісту ванадію та молібдену на кінетику розпаду аустеніту, нагрітого до області "аустеніт + карбіди". В сталі 3Х3М3Ф(Ш) концентрація молібдену майже 2 рази, а ванадію приблизно в 1,2 рази більше, ніж 4Х5МФС. Підвищений вміст цих карбідоутворювальних елементів зміщує С-криві вправо та в область нижчих температур. З наведених параметрів випливає, що для сталі 4Х5МФС у порівнянні зі сталлю 3Х3М3Ф час мінімальної стійкості аустеніту при перлітному перетворенні збільшилось у 4,4 рази, а бейнітному у 16,6 рази. Крім того, слід зазначити, що перлітне та бейнітне перетворення розділені за температурою, і в досліджуваних сталях цей температурний інтервал становить 50–70 °С.

Аналіз механічних властивостей показав, що у сталі 3Х3М3Ф ударна в'язкість знижена та становить 12,5–16,8 Дж/см² порівняно зі сталями 4Х5МФС та 4Х5МФ1С, у яких ця характеристика дорівнює 42,5–44,3 і 38,7–40,7 Дж/см² відповідно. Відомо, що зниженню ударної в'язкості сприяє утворення структури верхнього бейніту та присутність карбідів у вигляді сітки, що утворилася за межами колишніх аустенітних зерен. Отже, для сталі 3Х3М3Ф олія не є середовищем, яке дозволяє придушити утворення тонкої плівки карбідів за межами зерен.

Сталі зі зниженим вмістом карбідотворюючих елементів більш технологічні при термічній обробці, що зміцнює. Крім того, застосування більш м'якого охолодження при загартуванні інструменту зі сталей 4Х5МФ1Сі 4Х5МФС забезпечує знижений рівень загартованих напруг порівняно зі сталлю 3Х3М3Ф, що також призводить до підвищення ударної в'язкості після зміцнюючої ОТО.

1.2.2 Призначення, галузь застосування та фізико-механічні властивості сталі марки Х12МФ

Сталь Х12МФ (табл. 1.1, рис. 1.1) розшифровується як інструментальна штампова легована сталь. Цей вид сплаву має високу твердість, корозійну стійкість. За своєю структурою сталь щільна, стійка до ударної дії. Вироби зі сплаву Х12МФ зносостійкі та якісні. Х12МФ складається з чотирьох основних елементів: вуглецю, хрому, марганцю, кремнію. Всі ці перелічені елементи мають досить гарну міцність, завдяки чому сталь виходить такою ж. Додатково додаються ванадій, мідь, хром, нікель та інші речовини.

Вона є сталлю перлітного класу. Рекомендується максимальна температура призначення до межі від 570 °С до 585 °С. Температура інтенсивного окаліноутворення повинна бути 600 °С, а термін праці для сталі – більше 10000 годин .

Сталь марки Х12МФ найчастіше застосовується виготовлення різних

типів ножів.

Такі ножі довго не тупляться і добре справляються зі своїми призначеннями. Також з цього виду сталі роблять різні інструменти (різці по дереву, вимірювальні та слюсарні). Сталь широко застосовують для створення штампів.

Корозійна стійкість сталі Х12МФ невисока. Хороша термообробка дасть щільну структуру і відносно непогану стійкість до ударних навантажень, хоча при цьому вважається, що сталь Х12МФ схильна до відпускнуї крихкості – для метання ножі з неї точно не призначені. Вважається, що ця сталь має підвищену зносостійкість. Структура сталі часто призводить до появи візерунка на готовому виробі, який є наслідком карбідної неоднорідності. Через цю неоднорідність та велику кількість великих карбідів.

Замінниками сталі Х12МФ є сталі Х6ВФ, Х12Ф1, Х12ВМ. Закордонними аналогами сталі Х12МФ є сталі 1.2379, 1.2601, Х162CrMoV12, Х165CrMoV12, Х155CrVMo12-1 (Німеччина), BD2 (Англія), Х160CrMoV12 (Іспанія), SKD11 (Японія), D2 (США) та інші.

Мікроструктура термообробленої та підданої відпустці сталі D2 (аналог сталі Х12МФ) приведена на рис. 1.2 та 1.3. Фізико-механічні та теплотехнічні властивості сталі Х12МФ приведено у табл. 1.2 –1.7.

Призначення сталі Х12МФ – профілювальні ролики складних форм, секції кузовні штампів складних форм, складні диетрошовні матриці при формуванні листового металу, еталонні шестірні, накатні плашки, волокни, матриці та пуансони вирубних просічених штампів зі складною конфігурацією робочих частин, штампування активної частини електричних машин.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Х12МФ згідно з ГОСТ 5950 –2000

Вміст елементів, %										
C	Mn	Si	Mo	V	Cr	W	Ni	S	P	Cu
1,45- 1,65	0,15- 0,45	0,1- 0,4	0,4- 0,6	0,15- 0,3	11- 12,5	н.б. 0,2	н.б. 0,35	н.б. 0,03	н.б. 0,03	н.б. 0,3

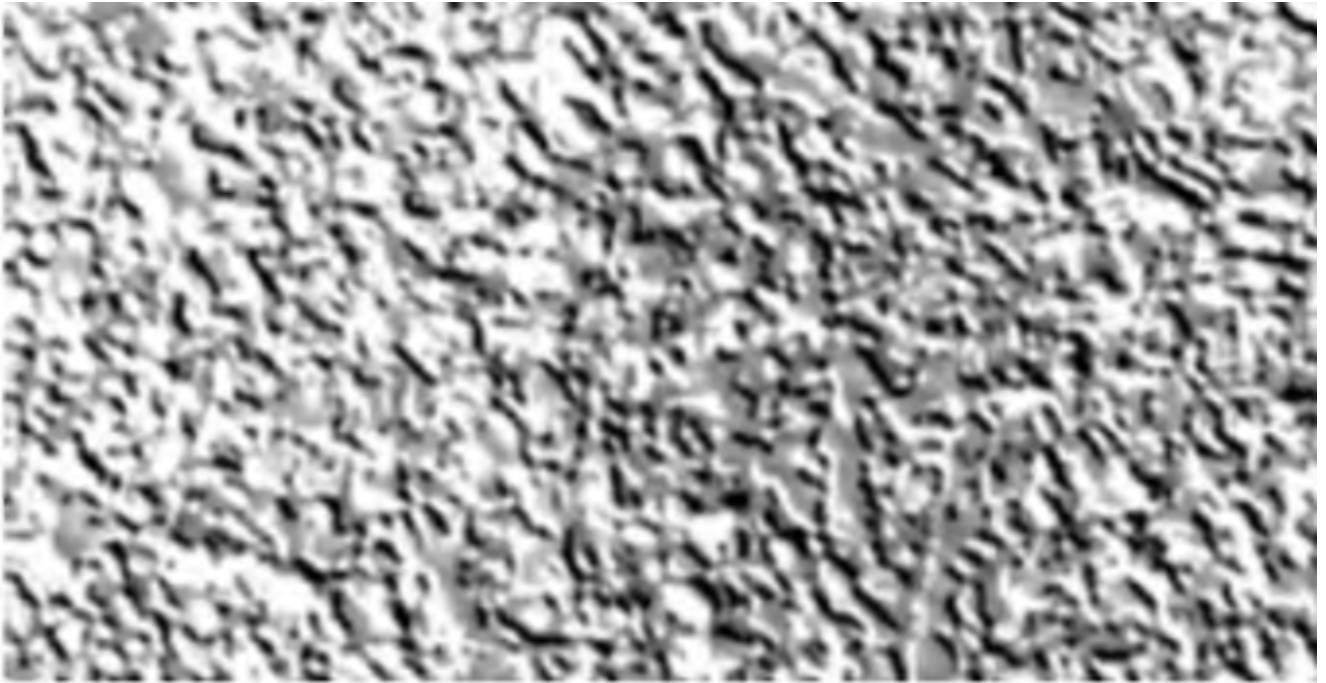


Рисунок 1.2 – Мікроструктура сталі X12МФ, х300

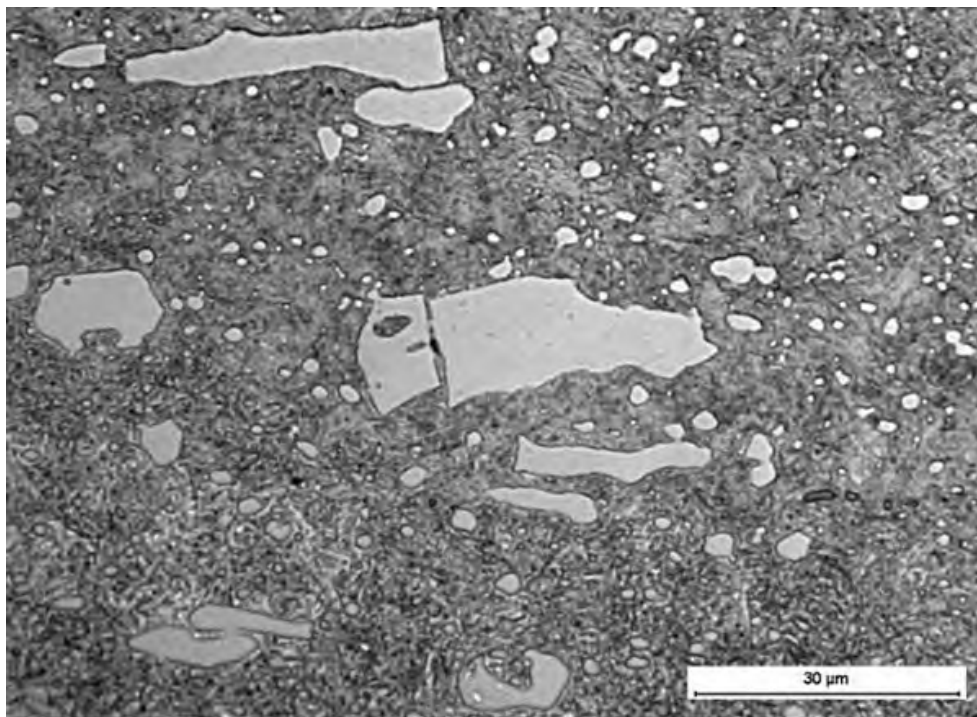


Рисунок 1.3 – Мікроструктура перегрітої при термообробці сталі D2 (аналог сталі X12МФ)

Вид постачання: сортовой прокат, у тому числі фасонний: ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006. Калибрований пруток ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шлифований пруток та

серебрянка згідно з ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 14955-77. Полоса згідно з ГОСТ 4405-75. Поковки та ковані заготовки згідно з ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 1133-71, ГОСТ 7831-78.

Вплив температури азотування на механічні властивості сталі представлено на рис. 1.4.

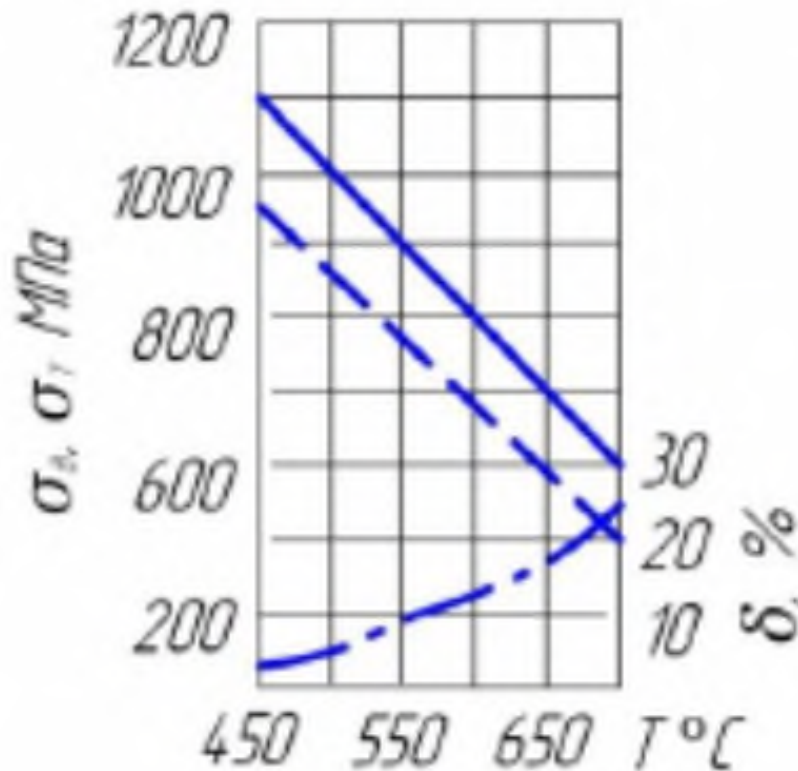


Рисунок 1.4 – Вплив температури азотування на механічні властивості сталі (лінії: основна – межа міцності σ_B , штрихова - межа плинності σ_T ж штрихпунктирна - відносне подовження δ)

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості сталі 12ХМФ

T, °C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
R·10 ⁹ , Ом·м	580									
ρ, кг/м ³	7700									
T, °C	20- 100	20- 200	20- 300	20- 400	20- 500	20- 600	20- 700	20- 800	20- 900	20- 1000
a · 10 ⁶ , 1/град	10,9			11,4		12,2				

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі X12MФ в залежності від температури випробування

Температура випробування, °С	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %
Зразки діаметром 10 мм, довжиною 50 мм, ковани та відпалені. Швидкість деформування 1,1 мм/ хв., швидкість деформації 0,0004 1/с			
700	140	44	68
800	124	-	58
900	81	46	54
1000	46	-	49
1100	25	48	48
1200	8	3	14

Температура критичних точок матеріалу X12MФ:
 $A_{c1}=810$, $A_{c3}(A_{cm})=860$, $A_{r3}(A_{rcm})=780$, $A_{r1}=760$, $Mn=225$.

Температура кування: початку 1140 °С, кінця 850 °С. Охолодження в колодязях або термостатах. Твердість сталі X12MФ після відпалу HB=255.

Таблиця 1.4 – Теплостійкість сталі X12MФ

Температура, °С	Час, год.	HRC _d
150–170	1	63
490–510	1	59
Шліфуємість задовільна		

Таблиця 1.5 – Критичний діаметр при гартуванні сталі X12MФ, мм

Середовище для гартування		
олива	селітра	повітря
80–100	80–100	50–60

Таблиця 1.6 – Твердість сталі 12ХМФ після термообробки (згідно з ГОСТ 5950-73)

Стан постачання, режим термообробки, режими термообробки	HRC _δ (НВ)
Прутки та смуги відпалені або високовідпущені зразки	до (255)
Гартування 970 °С, олива. Відпускання 180 °С. Гартування 1020 °С, повітря.	св. 61
Ізотермічний випал: нагрів від 850 °С до 870 °С, охолодження зі швидкістю 40 град/год. до температури в межах від 700 °С до 720 °С, витримка від 3 годин до 4 годин, охолодження зі швидкістю 50 град/год. до 550 °С, повітря.	(255)
Підігрів від 650 °С до 700 °С. Гартування від 1000 °С до 1030 °С, олива. Відпускання від 190 °С до 210 °С, 1,5 год., повітря (режим кінцевої термообробки).	61-63
Підігрів від 650 °С до 700 °С. Гартування від 1000 °С до 1030 °С, селитра. Відпускання від 320 °С до 350 °С, 1,5 год., повітря (режим кінцевої термообробки).	58-59

Таблиця 1.7 – Ударна в'язкість сталі Х12МФ в залежності від температури відпускання

Температура відпускання, °С	КСУ, кДж/м ²	HRC _δ
Гартування при температурі від 1000 °С до 1030 °С, олива. Витримка при відпусканні на протязі 1,5 год.		
200	43	63
300	64	61
400	54	60
500	30	60
550	-	52

За своєю структурою ці штампові сталі схожі на швидкорізальні, в них відбуваються перетворення за тим же типом.

1.2.3 Призначення, галузь застосування та фізико-механічні властивості сталі марки ХН77ТЮР

Жароміцна таль марки ХН77ТЮР виплавляється методом ВДП в умовах СПЦ-5 ВАТ «Дніпроспецсталь» та відповідає за хімічним складом вимогам ТУ 14-1-1843-76 (таблиця 1/8).

Таблиця 1.8 – Хімічний склад сталі ХН77ТЮР

Марка сталі	Вміст елементів, %											
	C	Mn	S	P	Cr	Ni	Al	Ti	Cu	B	Pb	Fe
ХН77ТЮР	0,04-0,08	0,4	0,007	0,015	19,0-22,0	77	0,6-1,0	2,4-2,80	0,07	0,01	0,02	н.б. 1,0

Сталь ХН77ТЮР призначена для виробництва робочих лопаток, турбінних дисків, кілець та інших деталей газових турбін, які працюють при $t^{\circ} = 600\text{--}750^{\circ}\text{C}$.

Вид поставки: сортовий прокат, у тому числі фасонний: ТУ 14-1-402-72, ТУ 14-1-75-71, ТУ 14-1-223-73. Калібрований пруток ТУ 14-1-2480-78. Лист тонкий ТУ 14-1-1747-76. Стрічка ТУ 14-1-927-74. Поковки та ковани заготовки ТУ 14-1-895-75, ТУ 14-1-1465-75, ТУ 14-1-1530-75. Труби ТУ 14-1-895-74

Використання в промисловості: диски, кільця, лопатки та інші деталі до 750°C .

Закордонні аналоги сталі: DIN, WNr, 2.4952, NiCr20TiAl, JIS, NCF80A.

1.3 Електросталеплавильний цех: структура, основні ділянки та прольоти

На сьогодні структура ВАТ «Дніпроспецсталь» складається з таких цехів:

– основні (електросталеплавильні цехи СПЦ -1, СПЦ - 2, СПЦ - 3, СПЦ - 5, ГКР);

- переробні (прокатний, ковальський, термічний, калібрований, ковальсько-пресовий, копровий);
- допоміжні (ЗДЦ, РМЦ-1, ЦПМ, ЦС та П, ЕРЦ, ЕСЦ, ЦПП, Цспр, цех іспитів, автомобільний цех РСЦ, ЦРМО).

Сталеплавильні цехи ВАТ “Дніпроспецсталь” оснащені основними дуговими електропечами. В основних електродугових печах виплавляються леговані, високолеговані сталі та сплави в зливках розважуванням 0,625(15т). Методом вакуумно-дугового переплаву виробляються жароміцні сплави, корозійностійкі, конструкційні, підшипникові та інші сталі в зливках розважуванням від 1 до 7 т. Методом електрошлакового переплаву (ЕШП), виробляються підшипникові, конструкційні, корозійностійкі й інші сталі в злитках розважуванням 1,2 (20 т).

Сталеплавильний цех СПЦ-5 обслуговується 18 мостових кранів, з них:

- 4 загального користування на дільниці ЕШП - 10т;
- 2 загального користування на дільниці ВДП - 10т;
- 5 загального користування на дільниці (допоміжний проліт) 10т;
- 5 загального користування на дільниці ОЗМ10 т;
- 2 загального користування на дільниці ЕШП 20 – 30 т;
- 4 передавальних візків 100 т;
- 4 бункери для сипучих матеріалів;
- 1 дробарка щокова продуктивністю 30м³/год.

В СПЦ-5 виконуються наступні операції:

- переплав електродів методами ЕШП та ВДП;
- зачищення поверхні виплавлених злитків і експортування їх замовникові;
- подача на пічний проліт витратних матеріалів.

Пічний проліт ЕШП обслуговується 4 мостовими кранами.

Пічний проліт ВДП обслуговується 2 мостовими кранами, 1 машиною чистки кристалізатора, 1 машиною позапічної приварки інвентарної заготовки, 2 передаточними візками та 1 відрізним станком.

Допоміжний проліт обслуговується 5 кранами, на ділянці знаходиться 6 печей для випалу металу, 12 ковпаків для охолодження злитків.

Дільниця ОЗМ обслуговується:

- 5 мостовими кранами - 10 т;
- 10 станками для обдирання злитків;
- 6 машинами оброзавної зачистки злитків;
- 2 машинами ПДРП;
- 2 дробометами;
- 3 контователями злитків;
- 3 передаточними візками;
- 4 бункери для сипучих матеріалів (флюси).

Пічний проліт ЕШП-20 обслуговується 2 мостовими кранами.

Основною сировиною, що використовується в СПЦ-5, є:

- електроди з конструкційних, інструментальних, жаростійких марок сталі;
- шлакоутворюючі: флюс ФМН6 1, флюс ФМН5,2;
- марки сталі, що переплавляються: конструкційні (09Г2С, 40ХГНМ), підшипникові (ШХ15, ШХ 15СГ, ШХ20), інструментальні (Х12МФ, Х12, Х12ВМФ, 5ХНВ, 5ХНМ) та жаростійкі (ХН35ВТЮ, ХН55МБЮ, 8Х4В9Ф2, ХН77ТЮР, ЕИ437БУ, Х11М22Т3МР, ХН38ВТ, ХН67ВМТЮ).

Основним обладнанням цеху СПЦ-1, СПЦ-2, СПЦ-3 є дугова сталеплавильна піч типу ДСВ та ДСП.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок шихти виплавки сталі марки X12MФ

Розрахунок шихти до виплавки сталі X12MФ у відкритій дуговій електропечі з основною футерівкою проводиться з метою визначення кількості шлаку та його компонентів для окислювального й відповідного періодів плавки, необхідної кількості легуючих добавок і розкислювачів й отримання металу заданого хімічного складу.

Хімічний склад сталі X12MФ та прийнятий для розрахунку приведений в табл. 2.1, а хімічний склад сталюного лома та чавуну приведений в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі

Хімічний склад	Зміст елементів, %										
	C	Mn	Si	Mo	V	Cr	W	Ni	S	P	Cu
По ДЕСТу нижня межа	1,45	0,15	0,1	0,4	0,15	11,00	Н.б.	Н.б.	Н.б.	Н.б.	Н.б.
По ДЕСТу верхня межа	1,65	0,45	0,4	0,6	0,30	12,50	0,20	0,35	0,03	0,03	0,3
Прийнятий для розрахунку	1,55	0,3	0,25	0,5	0,23	11,00	0,1	0,2	0,02	0,02	0,15

Розрахунок проводиться на 100 кг завалення. Шихта складається з розрахунку отримання в кінці періоду окислення вуглецю на 0,03-0,05% нижче за нижню межу заданої марки сталі (0,03 – для високо- і середньо вуглецевих сталей; 0,05% - для низько вуглецевих).

Приймаємо в розрахунку 0,03%.

Кількість випалюваного вуглецю за окислювальний період не менше 0,2-0,3% для високо вуглецевих й 0,2-0,5% для середньо- і низько вуглецевих

сталей.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталюого лому та чавуну

Шихтовий матеріал	Зміст елементів				
	C	Mn	Si	S	P
	Не більше				
Сталевий лом	0,45	0,40	0,30	0,035	0,035
Чугун	4,00	0,45	0,80	0,040	0,30

Визначення необхідної кількості вуглецю в шихті:

$$[C]_{\text{зав}} = [C]_{\text{н. межа}} + [C]_{\text{кип}} - [C]_{\text{науг}} - 0,05 = 1,45 + 0,2 + 0,03 - 0,05 = 1,63\%$$

де 0,05% вуглецю, що взаємодіє з окалиною шихти.

Приймаємо склад шихти: сталевий лом – 90%, чавун – 10%

Визначення змісту елементів в заваленні:

$$[C] = \frac{90 \cdot 0,45}{100} + \frac{10 \cdot 4,0}{100} = 0,805\%$$

де 0,45 і 4,0 – вміст вуглецю в сталевому ломі та чавуні, %

Оскільки в заваленні зміст вуглецю менше 1,63% то буде проводитись додаткове науглецювання з розрахунком:

$$[C] = \frac{(1,63 - 0,805) \cdot 100}{0,6 \cdot 0,865} = 158,96 \text{ кг}$$

Аналогічно підраховується зміст інших елементів завалення:

$$[Mn] = \frac{90 \cdot 0,4}{100} + \frac{10 \cdot 0,45}{100} = 0,405\%$$

$$[\text{Si}] = \frac{90 \cdot 0,3}{100} + \frac{10 \cdot 0,8}{100} = 0,35\%$$

$$[\text{S}] = \frac{90 \cdot 0,035}{100} + \frac{10 \cdot 0,04}{100} = 0,036\%$$

$$[\text{P}] = \frac{90 \cdot 0,035}{100} + \frac{10 \cdot 0,3}{100} = 0,062\%$$

Плавка проводиться за класичною технологією та умовно розбивається на два періоди: окислювальний та відновний.

2.1.1 Окислювальний період плавки

Зміна хімічного складу металу за окислювальний період приведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Зміна хімічного складу металу за окислювальний період

Окислювальний період	Зміст елементів, %				
	C	Mn	Si	P	S
Завалення	0,805	0,405	0,35	0,062	0,036
Видалено	0,2	0,304	0,35	0,047	0,009
Металл кінця окислювального періода	0,605	0,101	сліди	0,015	0,027

Mn – вміст знижується на 60-80%, прийнято 75%.

S – вміст знижується на 20-30%, прийнято 25%.

P – вміст знижується на 75%.

Необхідно визначити кількість шлаку U_1 , руді Y_1 , винищити Z_1 .

У шлаках окислювального періоду міститься, %:

CaO – 40-55% Приймаємо 44%

FeO – 15-25% Приймаємо 15%

SiO₂ – 10–12% Приймаємо 10%

При такому хімічному складі шлаку коефіцієнт розподілу фосфору може бути прийнятий:

$$\eta = \frac{(P_2O_5)}{[P]^2} = 10000$$

Кількість P₂O₅, перехідне в шлак при окисленні фосфору в металі:

$$(P_2O_5)_{\text{пер}} = \frac{\Delta[P] \cdot 142}{62} = \frac{0,047 \cdot 142}{62} = 0,108\%$$

Допустимий вміст P₂O₅ в шлаку:

$$(P_2O_5)_{\text{доп}} = \eta \cdot [P]^2 = 10000 \cdot [0,015]^2 = 2,25\%$$

Кількість шлаку, необхідного для дефосфорації металу до заданих значень:

$$U_1 = \frac{(P_2O_5)_{\text{пер}}}{(P_2O_5)_{\text{доп}}} \cdot 100 = \frac{0,108}{2,25} \cdot 100 = 4,8\text{кг}$$

Це значення потрапляє в допустимі межі 4,0-8,0кг.

При розрахунку кількості кисню, необхідного для окислення домішки, приймаємо, що 75% вуглецю окислюється до СО і 25% до СО₂. Результати розрахунку приведені в табл. 2.4.

Кількість закису заліза, необхідного для окислення домішок:

$$[FeO]_{\text{ок пер}} = \Sigma O_2 \cdot \frac{72}{16} = 0,879 \cdot \frac{72}{16} = 3,956\text{кг}$$

Кількість закису заліза, необхідного для утворення шлаку заданого

складу:

$$(\text{FeO})_{\text{утв.шл.}} = \frac{U_1 * (\text{FeO})}{100} = \frac{4,8 * 15}{100} = 0,72 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок кількості кисню, необхідного для окислення домішок

Елемент	Окисл., %	За реакцією	Необхідна кількість кисню, кг	Кількість продуктів реакції, кг	Примітка
C	0,2 CO – 0,15 CO ₂ – 0,05	C+0,5O ₂ =CO C+O ₂ =CO ₂	$\frac{0,15 * 16}{12} = 0,2$ $\frac{0,05 * 32}{12} = 0,13$	$\frac{0,15 * 28}{12} = 0,35$ $\frac{0,05 * 44}{12} = 0,183$ Σ=0,533	Перехід до газоподібної фази
Si	0,35	Si+ O ₂ =SiO ₂	$\frac{0,35 * 32}{28} = 0,4$	$\frac{0,35 * 60}{28} = 0,75$	
Mn	0,304	Mn+0,5O ₂ =MnO	$\frac{0,304 * 16}{55} = 0,088$	$\frac{0,304 * 71}{55} = 0,392$	
P	0,047	2P=5/2O ₂ =P ₂ O ₅	$\frac{0,047 * 80}{62} = 0,061$	$\frac{0,047 * 142}{62} = 0,108$	
	0,901		0,879	1,783	

Вміст кисню в металі до кінця окислювального періоду визначається із співвідношення:

$$[\text{C}] * [\text{O}] = 0,0032$$

$$[\text{O}] = \frac{0,0032}{[\text{C}]_{\text{к.ок.}}} = \frac{0,0032}{0,605} = 0,0053 \text{ кг}$$

Вміст закису заліза в металі:

$$[\text{FeO}]_{\text{мет}} = \frac{[\text{O}] * 72}{16} = \frac{0,0053 * 72}{16} = 0,024 \text{ кг}$$

У закисі заліза

$$[\text{Fe}] = \frac{0,0239 * 56}{72} = 0,018589 \text{ кг}$$

Необхідна кількість FeO в шлаку:

$$(\text{FeO})_{\text{шл}} = [\text{FeO}]_{\text{ок.пер.}} + (\text{FeO})_{\text{утв.шл.}} + [\text{FeO}]_{\text{мет}} = 3,956 + 0,72 + 0,024 = 4,7 \text{ кг}$$

Необхідна кількість Fe₂O₃ у руді:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{(\text{FeO})_{\text{шл.}} * 160}{216} = \frac{4,7 * 160}{216} = 3,481 \text{ кг}$$

Вміст заліза в руді: $\frac{3,481 * 56}{160} = 1,218$

Необхідна кількість руди:

$$Y_1 = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{руд}}} = \frac{3,481}{90} * 100 = 3,868 \text{ к}$$

де 90 – вміст Fe₂O₃ у залізняка, %

Необхідна кількість вапна:

$$Z_1 = \frac{U_1(\text{CaO})}{92} = \frac{4,8 * 44}{92} = 2,295$$

де 92 – вміст CaO у вапні, %.

За практичними даними перехід магнію в шлак з футерівних та заправних матеріалів складає 6–12 кг/т. Приймаємо 9 кг/т або 0,9 кг на 100 кг завалення, з

них 0,6 в окислювальній і 0,3 у відновний період плавки. 50% магнезиту викачується з шлаком після розплавлення шихти. Основність шлаку окислювального періоду коливається від 2 до 3,5.

$$B = \frac{(CaO)}{SiO_2} = \frac{2,12994}{1,03066} = 2,067$$

Вихід металу першого періоду:

$$X_1 = 100 + [FeO]_{ок.пер.} - \Sigma O_2 - \Sigma P + Fe_{FeO} - Fe_{уг} - Fe_{руд}$$

де $Fe_{уг}$ – угар, прийнятий 20кг/т.

$$X_1 = 100 + 3,956 - 0,879 - 0,901 + 0,018589 - 2 - 1,218 = 98,97659$$

Втрати металу при викачуванні шлаку за практичними даними складають 0,2-0,3%, що при 0,2% складе:

$$\frac{98,97659 * 0,2}{100} = 0,19795.$$

Нев'язкість:

$$\frac{106,40417 - 106,463}{106,463} = -0,06\%$$

2.1.2 Відновний період плавки

У відновний період плавки проводиться визначення необхідної кількості розкислювачів і легуючих добавок. Уточнений розрахунок кількості та складу шлаку окислювального періоду плавки приведено в табл. 2.5. Матеріальний баланс окислювального періоду плавки приведено в табл. 2.6. Хімічний склад розкислювачів та легуючих Х12МФ приведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад розкислювачів та легуючих Х12МФ

Марка	C	Si	S	P	Mn	Cu	Al	Mo	V	W	Cr	Sn	Sb	As	Ni+Co
ФС75	-	74-80	0,02	0,05	0,4		-				0,4				
ФМн1,0А	1,0	1,5	0,03	0,1	Н.м. 85,0	-	-	-	-	-	-				
ФМо50	0,50	3,0	0,50	0,10		2,0		Н.м.50		-		0,1	0,1		
ФВд50У0,5	0,75	3,0	0,10	0,20	4,0	0,2	1,50		48-60		-			0,05	
Х98,5	0,03	0,4	0,02	0,02		0,02					Н.м. 98,5				
ФВ72	0,5	0,8	0,10	0,06	0,4	0,15	-	1,0		Н.м. 72				0,04	
Н-4	0,15	-	0,04	-	1,0										97,6

Позначимо через X_2 вихід металу відповідного періоду плавки:

$$X_2 = X_1 + P_k + P_{FeSi} + P_{FeMn} + P_{FeMo} + P_{FeV} + P_{Cr} + P_{FeW} + P_{Ni}$$

де X_1 – вихід металу першого періоду;

$$P_k = \frac{X_2[C]_{ГЛ} - X_1[C]_{К.ОК.}}{C_k} = \frac{X_2 * 1,55 - 98,77864 * 0,605}{0,6 * 86,5} = 0,02987X_2 - 1,15147$$

$$P_{FeSi} = \frac{X_2[Si]_{ГЛ} - X_1[Si]_{К.ОК.}}{[Si]_{FeSi}} = \frac{X_2 * 0,25 - 98,77864 * 0}{75} = 0,00333X_2$$

$$P_{FeMn} = \frac{X_2[Mn]_{ГЛ} - X_1[Mn]_{К.ОК.}}{[Mn]_{FeMn}} = \frac{X_2 * 0,3 - 98,77864 * 0,101}{85} = 0,00353X_2 - 0,11737$$

$$P_{FeMo} = \frac{X_2[Mo]_{ГЛ} - X_1[Mo]_{К.ОК.}}{[Mo]_{FeMo}} = \frac{X_2 * 0,5 - 98,77864 * 0}{50} = 0,01X_2$$

$$P_{FeV} = \frac{X_2[V]_{ГЛ} - X_1[V]_{К.ОК.}}{[V]_{FeSi}} = \frac{X_2 * 0,23 - 98,77864 * 0}{50} = 0,0046X_2$$

$$P_{Cr} = \frac{X_2[Cr]_{ГЛ} - X_1[Cr]_{К.ОК.}}{[Cr]_{Cr}} = \frac{X_2 * 11 - 98,77864 * 0}{98,5} = 0,11168X_2$$

$$P_{FeW} = \frac{X_2[W]_{ГЛ} - X_1[W]_{к.ок.}}{[W]_{FeW}} = \frac{X_2 * 0,1 - 98,77864 * 0}{72} = 0,00139X_2$$

$$P_{Ni} = \frac{X_2[Ni]_{ГЛ} - X_1[Ni]_{к.ок.}}{[Ni]_{Ni}} = \frac{X_2 * 0,2 - 98,77864 * 0}{97,6} = 0,00205X_2$$

Тоді:

$$\begin{aligned} X_2 = & 98,77864 + (0,02987X_2 - 1,15147) + 0,00333X_2 + (0,00353X_2 - 0,11737) + \\ & + 0,01X_2 + 0,0046X_2 + 0,11168X_2 + 0,00139X_2 + 0,00205X_2 \\ & 0,83355X_2 = 97,5098 \end{aligned}$$

Після перетворення одержимо: $X_2 = 116,9813$ кг

Визначення вагової кількості феросплавів:

$$P_k = 0,02987 * 116,9813 - 1,15147 = 2,34276 \text{ кг}$$

$$P_{FeSi} = 0,00333 * 116,9813 = 0,38955 \text{ кг}$$

$$P_{FeMn} = 0,00353 * 116,9813 - 0,11737 = 0,29557 \text{ кг}$$

$$P_{FeMo} = 0,01 * 116,9813 = 1,16981 \text{ кг}$$

$$P_{FeV} = 0,0046 * 116,9813 = 0,53811 \text{ кг}$$

$$P_{Cr} = 0,11168 * 116,9813 = 13,06447 \text{ кг}$$

$$P_{FeW} = 0,00139 * 116,9813 = 0,16260 \text{ кг}$$

$$P_{Ni} = 0,00205 * 116,9813 = 0,23981 \text{ кг}$$

Загальна витрата Розкислювачів і легуючих складає: $\Sigma = 18,20268$ кг

Коефіцієнт розподілу сірки у відновний період плавки 25– 40.

Приймаємо:

$$\eta_S = (S)/[S] = 40$$

Тоді $(S) = \eta_S * [S]$, $(S) = 40 * 0,02 = 0,8\%$

Кількість сірки, яку необхідно виділити:

$$\Delta[S]_{уд} = [S]_{Г} + [S]_{фер} + [S]_{II}$$

Вміст сірки в добавках:

$$S_k = \frac{2,34276 * 2}{100} = 0,046855 \text{ кг}$$

$$S_{FeSi} = \frac{0,38955 * 0,02}{100} = 0,000078 \text{ кг}$$

$$S_{FeMn} = \frac{0,29557 * 0,03}{100} = 0,000089 \text{ кг}$$

$$S_{FeMo} = \frac{1,16981 * 0,5}{100} = 0,005849 \text{ кг}$$

$$S_{FeV} = \frac{0,53811 * 0,1}{100} = 0,000538 \text{ кг}$$

$$S_{Cr} = \frac{13,06447 * 0,02}{100} = 0,002613 \text{ кг}$$

$$S_{FeW} = \frac{0,16260 * 0,1}{100} = 0,000163 \text{ кг}$$

$$S_{Ni} = \frac{0,23981 * 0,04}{100} = 0,000096 \text{ кг}$$

Разом: 0,056281кг.

Тоді

$$\Delta[S]_{\text{уд}}=[S]_{\Gamma}+[S]_{\text{фер}}+[S]_{\Pi}=0,027*\frac{98,77864}{100}+0,056281-0,02*\frac{116,9813}{100}=0,059555$$

Необхідна кількість шлаку при змісті (CaO) 55%:

$$U_2=\frac{\Delta[S]_{\text{уд}}*100}{(S)}=\frac{0,059555*100}{0,8}=7,444\text{кг}$$

Необхідна кількість вапна в шлаку:

$$55U_2=92Z_2,$$

де 92 – вміст CaO у вапні

$$Z_2=\frac{55*7,444}{92}=4,450\text{кг}$$

Задаємося складом шлакової суміші: вапно – 60%; плавиковий шпат – 15%; шамотний бій – 25%.

Вага плавикового шпату:

$$P_{\text{ш.п.}}=\frac{Z_2*15}{60}=\frac{4,450*15}{60}=1,113\text{кг}$$

Вага шамотного бою:

$$P_{\text{ш.б.}}=\frac{Z_2*25}{60}=\frac{4,450*25}{60}=1,854\text{кг}$$

Уточнена кількість і склад шлаку відновного періоду плавки приведена в

табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Уточнена кількість і склад шлаку відновного періоду плавки

		Джерело надходження								
		Вапно	Плавиковий шпат	Магнезит	Шамотний бій	Метал 1-го періоду	Шлак 1-го періоду	Феросплави	Усього, кг	Усього, %
Витрати, кг		4,450	1,113	0,3	1,854	98,77864	0,48946	18,20268		
Компоненти										
CaO	%	92	0,4	3,5	0,7		43,516			53,798
	кг	4,0940	0,0045	0,0105	0,0130		0,2130		4,3350	
SiO ₂	%	2,5	3,1	3,45	62		21,057			17,483
	кг	0,1113	0,0345	0,0104	1,1495		0,1031		1,4088	
S	%	0,1	0,2			0,027				1,113
	кг	0,0045	0,0022			0,027		0,056	0,0897	
Al ₂ O ₃	%	1	0,2	0,1	35		2,451			8,785
	кг	0,0445	0,0022	0,0003	0,6489		0,0120		0,7079	
CaF ₂	%		95							13,123
	кг		1,0574						1,0574	
MgO	%	3,3		90,25	0,3		7,316			5,698
	кг	0,1469		0,2708	0,0056		0,0358		0,4591	
Усього, кг		4,4012	1,1008	0,292	1,817	0,027	0,3639	0,056	8,0579	100

Основність шлаку відновного періоду плавки коливається від 2,5–3,5.

Основність шлаку відновного періоду:

$$B = \frac{CaO}{SiO_2} = \frac{4,3350}{1,4088} = 3,08$$

Розрахунок розкислювачів наступий.

Вноситься закису заліза:

Металом першого періоду – 0,024кг

Шлаком першого періоду: $0,1 * \frac{4,89458 * 15,279}{100} = 0,0748$ кг

Вноситься Fe₂O₃:

Вапном $\frac{4,45 * 0,6}{100} = 0,0267$ кг

Плавиковим шпатом $\frac{1,113 * 0,8}{100} = 0,0089$ кг

Магнезитом $\frac{0,3 * 2}{100} = 0,006$ кг

$$\text{Шамотом } \frac{1,854 \cdot 2}{100} = 0,03708 \text{ кг}$$

$$\text{Перерахунок на (FeO)} = 0,07868 \cdot 1,35 = 0,10622 \text{ кг}$$

$$\Sigma \text{FeO} = 0,024 + 0,0748 + 0,10622 = 0,20502 \text{ кг}$$

Кількість FeO, що залишається в металі і шлаку:

Приймаємо

$$[\text{SiO}_2] \cdot [\text{FeO}]_{II}^2 = 6,02 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Звідси } [\text{FeO}]_{II} = \sqrt{\frac{6,02 \cdot 10^{-5}}{0,25}} = 0,01552$$

FeO шлаку II періоду

$$(\text{FeO})_{\text{шлII}} = \frac{8,0579 \cdot 0,5}{100} = 0,04029 \text{ кг}$$

Відновиться (FeO):

$$(\text{FeO})_{\text{вос}} = (\text{FeO}) - [\text{FeO}]_{II} - (\text{FeO})_{II} = 0,20502 - 0,01552 - 0,04029 = 0,14921$$

Витрата вуглецю для відновлення:

$$C_{\text{вос}} = \frac{0,14921 \cdot 12}{72} = 0,02487 \text{ кг}$$

Одержано газоподібних продуктів реакції:

$$\frac{0,02487 \cdot 28}{12} = 0,05803 \text{ кг}$$

Нев'язкість:

$$\frac{125,18778 - 125,09723}{125,09723} \cdot 100 = 0,07238\%$$

Матеріальний баланс відновлювального періоду плавки приведено в табл.

2.9. Перевірка хімічного складу металу представлена в табл. 2.10.

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс відновлювального періоду плавки

Внесено, кг		Отримано, кг	
Металу першого періоду	98,77864	Металу другого періоду	116,9813
Шлаку першого періоду	0,489458	Шлаку другого періоду	8,0579
Вапна	4,45	Газів	0,05803
Плавикового шпату	1,113		
Шамотного бою	1,854		
Коксу	2,34276		
Магnezиту	0,3		
Феросиліцію	0,38955		
Феромарганцю	0,29557		
Феромолібдену	1,16981		
Ферованадію	0,53811		
Хрому	13,06447		
Феровольфраму	0,16260		
Нікелю	0,23981		
Усього	125,18778	Усього	125,09723

Таблиця 2.10 – Перевірка хімічного складу металу

Джерело надходження	Кг	Зміст елементів, %										
		C	Mn	Si	Mo	V	Cr	W	Ni	S	P	Cu
Металл 1-го періоду	98,77864	0,51086	0,08528	-	-	-	-	-	-	0,02280	0,01267	-
FeSi	0,38955	-	0,00133	0,24975	-	-	0,00133	-	-	0,00007	0,00017	-
FeMn	0,29557	0,00253	0,21477	0,00379	-	-	-	-	-	0,00008	0,00025	-
FeMo	1,16981	0,00500	-	0,03000	0,50000	-	-	-	-	0,00500	0,00100	0,02000
FeV	0,53811	0,00345	0,0184	0,01380	-	0,23	-	-	-	0,00046	0,00092	0,00092
Cr	13,06447	0,00335	-	0,04467	-	-	11,0005	-	-	0,00223	0,00223	0,00223
FeW	0,16260	0,00070	0,00056	0,00111	0,00139	-	-	0,10008	-	0,00014	0,00008	0,00021
Ni	0,23981	0,00031	0,00205	-	-	-	-	-	0,20008	0,00008	-	-
Кокс	2,34276	1,03939	-	-	-	-	-	-	-	0,04005	-	-
Переходить до шлаку	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05956	-	-
Склад металу згідно ДЕСТу	-	1,45-1,65	0,15-0,45	0,10-0,40	0,40-0,60	0,15-0,30	11,0-12,5	н.б. 0,2	н.б. 0,35	Н.б. 0,03	н.б. 0,03	н.б. 0,3
Прийнято для розрахунку	-	1,55	0,3	0,25	0,5	0,23	11,0	0,1	0,2	0,02	0,02	0,15
Отримано	116,98132	1,56559	0,32239	0,34312	0,50139	0,23	11,00183	0,10008	0,20008	0,01136	0,01732	0,02336

Таким чином, для виплавки сталі Х12МФ необхідно внести 90% сталевого лому, 10% чавуну, 3,868 кг залізної руди, 2,295 кг вапняку, 0,3 кг магnezиту. При цьому шлаку виходить 4,89458 кг, а газів 0,533 кг. Загальна витрата розкислювачів і легуючих складає 18,20268 кг. Остаточне розкислювання металу проводиться алюмінієм в кількості 0,7– 1,5 кг/т.

Хімічний склад шлакоутворюючих, окислювачів і футеровки наведено у таблиці 2.14.

Розрахунок ведемо на 100кг металевої шихти.

Приймаємо наступне співвідношення матеріалів у завалку:

X99A – 22% - 22кг, НО – 78% - 78кг

Хімічний склад завалки наведено у таблиці 2.15.

Таблиця 2.14 – Хімічний склад шлакоутворюючих, окислювачів і футеровки

Матеріал	Вміст, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂
Вапно	2,0	0,3	0,6	92,0	0,65	0,05	-	0,8	3,6
Бій шамоту	62,0	35,0	2,0	0,7	0,3	-	-	-	-
Шлак плавиковий	3,1	0,2	0,8	0,4	-	0,2	-	CaF ₂ 95,0	0,3
Периклаз	2,8	1,0	2,3	1,7	92,2	-	-	-	-
Периклазо-хроміт	6,5	4,0	11,5	2,0	66,0	-	-	Cr ₂ O ₃ 10,0	-

Таблиця 2.15 – Хімічний склад металевої завалки

Матеріал	Вміст, %									
	вноситься, кг	C	Si	Cr	Fe	Ni	S	P	Cu	Al
X99A	22	0,0066	0,066	21,7	0,13	-	0,004	0,004	0,002	0,04
НО	78	-	0,234	-	0,039	77,64	0,023	-	0,117	-
Разом, кг	100	0,0066	0,3	21,7	0,169	77,64	0,027	0,004	0,119	0,04
Разом,%	100	0,007	0,3	21,7	0,17	77,64	0,03	0,004	0,12	0,04

З метою захисту металу від окислення у піч додається 1% вапна та 0,5% шлаку плавикового від важелю металу. Під час розпалювання окислиться наступна кількість елементів.

Таблиця 2.16 – Кількість елементів, що окислились під час розплавлення.

Елемент	Ступінь окислення, %	Окислюється, кг	Залишається, кг
Алюміній	100%	$0,04 \cdot 1 = 0,04$	$0,04 - 0,04 = 0$
Карбон	20%	$0,007 \cdot 0,2 = 0,0014$	$0,007 - 0,0014 = 0,0056$
Силіцієм	50%	$0,3 \cdot 0,5 = 0,15$	$0,3 - 0,15 = 0,15$
Залізо	2%	$0,17 \cdot 0,02 = 0,0034$	$0,17 - 0,0034 = 0,1666$
Нікель	0,3%	$77,6 \cdot 0,003 = 0,2329$	$77,64 - 0,2329 = 77,41$
Хром	0,5%	$21,7 \cdot 0,005 = 0,1085$	$21,7 - 0,1085 = 21,59$
Фосфор	60%	$0,004 \cdot 0,6 = 0,0024$	$0,004 - 0,0024 = 0,0016$

Нижче наведений розрахунок кисню, необхідного для окислення домішок у період розплавлення (таблиця 2.17).

Таблиця 2.17 – Кількість кисню необхідного для окислювання домішок

Елемент	Окислюється, кг	Реакція окислювання	Потрібно кисню, кг
Алюміній	0,04	$4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$	$0,04 \cdot \frac{3 \cdot 32}{4 \cdot 27} = 0,03$
Карбон	0,0056	$\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CO}$	$0,0056 \cdot \frac{16}{12} = 0,0075$
Силіцієм	0,15	$\text{Si} + \text{O} = \text{SiO}_2$	$0,15 \cdot \frac{32}{28} = 0,171$
Залізо	0,0034	$2\text{Fe} + \frac{3}{2}\text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3$	$0,1666 \cdot 0,88 \cdot \frac{48}{112} = 0,071$
Хром	0,1085	Cr_2O_3	$0,1085 \cdot \frac{152}{104} = 0,158$

Приймаємо, що Ni випарюється у зоні електродуги в кількості $\approx 1,5\%$.

$$77,41 \cdot 0,015 = 1,161 \text{ кг.}$$

Залишається нікелю у металі $77,41 - 1,161 = 76,249 \text{ кг.}$

Склад металу в першій пробі по розплавленню наведений у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Склад металу в першій пробі по розплавленню

Одиниці виміру	Утримується								Усього
	C	Si	Fe	Ni	Cr	Al	P	S	
кг	0,0056	0,15	0,1666	76,245	21,59	0	0,0016	0,027	98,190
%	0,00570	0,153	0,170	77,655	21,99	0	0,00162	0,0274	100

У розрахунку шлаку періоду розплавлення прийнята наступна витрата футеровки.

З периклозихромитової цегли надійшло 2,0кг/т або 0,2кг на 100кг шихти. Із цієї кількості в період розплавлювання переходить 70%, або $0,200 \cdot 0,7 = 0,140$ кг

В період рафінування 30%, або $0,200 \cdot 0,30 = 0,060$ кг.

Надійде в шлак з подини та стін.

Витрати периклазового порошку і цегли складають 15кг/т або 1,5кг на 100кг шихти. З цієї кількості в період розплавлювання переходить 70% або $1,5 \cdot 0,7 = 1,050$ кг.

В шлак в період плавлення надійде із:

- металу, кг:

$$\text{SiO}_2 = 0,0075 \cdot 60 / 28 \cdot 0,9 = 0,0145,$$

$$\text{FeO} = 0,071 \cdot 72 / 56 = 0,091,$$

$$\text{Cr} = 0,1085 \cdot 152 / 104 = 0,158,$$

- вапна, кг:

$$\text{CaO} = 1,0 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 0,874,$$

$$\text{MgO} = 1,0 \cdot 0,0065 = 0,0065,$$

$$\text{SiO}_2 = 1,0 \cdot 0,02 = 0,02,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,0 \cdot 0,003 = 0,003,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,0 \cdot 0,006 = 0,006,$$

- під і укоси, кг:

$$\text{CaO} = 1,050 \cdot 0,017 = 0,0179,$$

$$\text{MgO} = 1,050 \cdot 0,922 = 0,968,$$

$$\text{SiO}_2 = 1,050 \cdot 0,028 = 0,0294,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,050 \cdot 0,01 = 0,0105,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,050 \cdot 0,023 = 0,024,$$

- склепу, кг:

$$\text{CaO} = 0,100 \cdot 0,02 = 0,002,$$

$$\text{MgO} = 0,100 \cdot 0,66 = 0,066,$$

$$\text{SiO}_2 = 0,100 \cdot 0,065 = 0,0065,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,100 \cdot 0,04 = 0,004,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,100 \cdot 0,115 = 0,015,$$

$$\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,100 \cdot 0,10 = 0,010.$$

Аналогічно робиться розрахунок елементів, що внесені переклазом і переклазохромитом.

Нижче наведена зведена таблиця шлаків періоду плавлення (таблиця 2.19).

Таблиця 2.19 – Кількість і склад шлаку періоду розплавлювання

Джерело	Вноситься, кг	Усього
---------	---------------	--------

надходження	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	
Метал	-	-	0,0145	-	0,091	-	0,158	0,2635
Вапно	0,874	0,0065	0,02	0,003	-	0,006	-	0,9095
Склеп	0,002	0,066	0,0065	0,004	-	0,015	0,010	0,1035
Під і укоси	0,0179	0,968	0,0294	0,0105	-	0,0242	-	1,05
Шамот	0,0090	0,004	0,310	0,175	-	0,010	-	0,508
Разом, кг	0,9029	1,0445	0,3804	0,1925	0,091	0,0552	0,168	2,8345
Разом, %	31,85	36,85	13,42	6,79	3,21	1,95	5,93	100

Наступним етапом є рафінувальний період.

Кількість металу наприкінці легування складе:

$$Y_2 = 98,387 + \Phi_{Ti} + AO + \Phi B,$$

$$AO = \frac{Y_2 \cdot 0,80}{99,8 \cdot 0,8} = 0,01Y_2.$$

$$\Phi B = \frac{Y_2 \cdot 0,01}{20 \cdot 1} = 0,0005Y_2$$

$$ТВГ(\Phi_{Ti}) = \frac{Y_2 \cdot 2,6}{99,8 \cdot 0,7} = 0,037Y_2 = 0,037Y_2.$$

Всього вийде металу:

$$Y_2 = 98,190 + 0,01Y_2 + 0,0005Y_2 + 0,037Y_2.$$

$$Y_2 = 98,190 / 0,9525 = 103,087 \text{ кг.}$$

$$AO = 103,087 \cdot 0,01 = 1,031 \text{ кг.}$$

$$\Phi B = 103,087 \cdot 0,0005 = 0,0515 \text{ кг.}$$

$$\Phi_{\text{Ti}} = 103,087 \cdot 0,037 = 3,814 \text{ кг.}$$

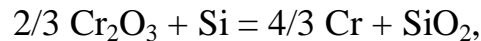
Розкислюємо шлак:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 1,03 \cdot 0,998 \cdot 0,2 \cdot 102 / 54 = 0,388.$$

$$\text{TiO}_2 : 3,9 \cdot 0,998 \cdot 0,1 \cdot 80 / 48 = 0,649.$$

$$\text{Оновиться } 90\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ або } 0,168 \cdot 0,9 = 0,151.$$

Потрібно Si:



$$2/3 \cdot 0,151 \cdot 28 / 152 = 0,0185,$$

$$\text{або } \text{ФС65} \text{ з урахуванням } 60\% \text{ } 0,0185 / 0,65 \cdot 0,6 = 0,047.$$

$$\text{Перейде Si в метал } 0,047 \cdot 0,65 \cdot 0,4 = 0,012.$$

$$\text{Утвориться } \text{SiO}_2 \text{ } 0,047 \cdot 0,65 \cdot 0,6 \cdot 60 \cdot 28 = 0,0393.$$

Склад і кількість шлаку рафінувального періоду наведений у таблиці 2.18. Склад і кількість готового металу наведені у таблиці 2.19. Матеріальний баланс плавки приведений у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Матеріальний баланс плавки

Задано	кг	Отримано	кг
НО	78,00	Готового металу	103,335
Х99А	22,00	Шлаків всіх періодів:	3,1658
ФБ	0,052	льоту та газів	1,165
АО	1,033	Отримано	107,665
ФС65	0,047	Нев'язання	0,242
Електродів	0,700	$\frac{107,405 - 107,665}{107,405} \cdot 100$	
ПХС склепу	0,1935		
Периклазового порошку	0,140	Допускається	0,25%
Вапна	0,9095		
Бою шамоту	0,508		
ТВГ	3,822		
Разом задано	107,405	Разом отримано	107,405

Коефіцієнт перерахування на 1т придатних зливків при виході придатного 78%:

$$K = \frac{1000}{103,335 * 0,78} = 12,406.$$

Витрата металевої частини на 1т додатних зливків:

$$X99A = 22,0 \cdot 12,406 = 272,948 \text{кг};$$

$$HO = 78,0 \cdot 12,406 = 967,668 \text{кг};$$

$$\Phi C65 = 0,047 \cdot 12,406 = 0,583 \text{кг};$$

$$AO = 1,03 \cdot 12,406 = 12,778 \text{кг};$$

$$\Phi B = 0,05 \cdot 12,406 = 0,620 \text{кг};$$

Разом металевої частини шихти – 1254,597кг.

Таблиця 2.18 – Склад і кількість шлаку рафінувального періоду

Джерело надходження	Вноситься, в кг							Усього
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	
Подиною та укосами	0,008	0,013	0,004	0,415	-	0,01	-	0,45
Склепом	0,001	0,062	0,001	0,020	-	0,003	0,003	0,09
Шлаки періоду плавлення	0,9029	0,3804	0,1925	1,0445	-	0,0492	0,168	2,7375
Утвориться при легуванні	-	0,0393	-	-	-	-	-0,151	-0,1117
Разом вноситься	0,9119	0,4947	0,1975	1,4795	-	0,0622	0,02	3,1658

Таблиця 2.19 – Склад і кількість готового металу

Джерело надходження	Поступить, кг	Внесено елементів									
		C	Si	Fe	Ni	B	Cr	Ti	S	P	Al
Метал рафінувального періоду	98,387	0,0056	0,15	0,1666	76,249	2,0	21,59	2,6	0,027	0,004	0
АО	1,03	-	-	0,102	-	-	-	-	-	0,04	1,029
ФБ	0,0515	0,0005	0,0013	-	-	0,0351	-	-	0,00005	0,00007	0,0015
ФС65	0,047	0,0001	0,012	-	-	-	0,002	-	-	0,005	-
ТВГ	3,822	-	-	0,003	-	-	-	3,806	-	-	-
Всього, кг	103,134	0,0062	0,1633	0,1716	76,249	2,0351	21,592	3,806	0,027	0,0067	1,0305
Всього, %	100%	0,006	0,15	0,166	73,93	1,97	20,93	3,69	0,026	0,0064	0,99

2.3 Технологічна схема виробництва інструментальної сталі марки Х12МФ

Відомо, що електросталеплавильний цех складається з:

- шихтового прольоту, в якому встановлені шихтові ями, в яких зберігається шихта, грейферні та магнітогрейферні крани, щокові дробарки;
- пічного прольоту, в якому встановлені сталеплавильні агрегати (типу ДСП-50);
- розливного прольоту, в якому встановлені машини безперервного лиття заготовок, які приймають і готують для розливки метал.

Технологічний процес виробництва інструментальної сталі марки Х12МФ сталі зображено на рис. 2.1.

Металева шихта, що складається з переробного чавуну та металевого брухту, надходять в шихтовий проліт по залізничних коліях в контейнерах, а частина розсипом. Мостовим краном за допомогою магнітної шайби брухт розвантажується в ямні бункера за сортами и габаритності для створення поточного запасу, потім в завалочні кошик-бадді.

Після зважування на вагах підлогових, баддя за допомогою передавального візка передається під проріз робочого майданчика пічного прольоту і завалочним краном подається в електропечі, попередньо звільнених від склепіння. Металобрухт вивантажується, а баддя повертається в шихтовий проліт за допомогою передавальної теліжки.

При цьому баддю вводять (рис. 2.2, б) в відкриту піч зверху і, розкриваючи дно, висипають шихту на подину печі. Завантаження всієї шихти виробляють однією, а іноді двома кошиками. В кошика металеву шихту вкладають в наступній послідовності: на дно кладуть частину дрібниці, щоб захистити подину від ударів важких шматків брухту, потім в центрі укладають великий брухт, а по периферії середній і зверху – залишився невеликий брухт. Для зменшення чаду кокс і електродний бій кладуть під шар великого брухта.

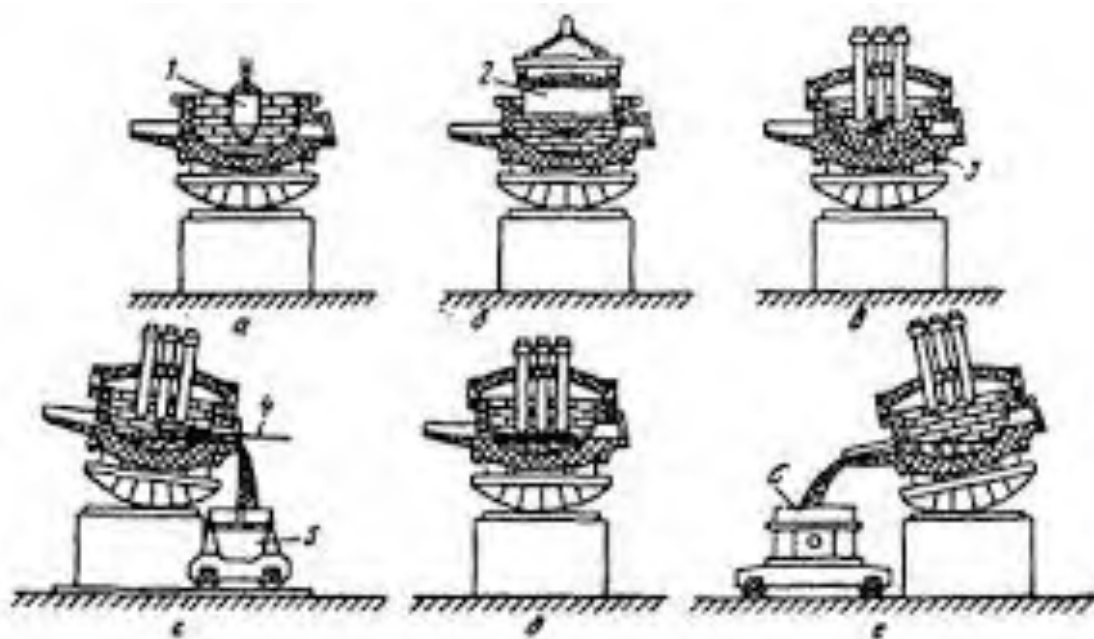


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва сталі марки X12МФ

Після закінчення процесу завалки шихти електроди опускають майже до дотику з шихтою та включають струм. Під дією високої температури дуг шихта під електродами плавиться, при цьому рідкий метал стікає вниз, накопичуючись в центральній частині подини. Електроди поступово опускаються, проплавляючи в шихті «криниці» (рис. 2.2, а та рис. 2.2, б) і досягаючи крайнього нижнього положення.

Сипкі матеріали шихти доставляють автотранспортом в торець бункерного прольоту в саморозвантажних контейнерах і завантажують з них матеріали в бункери за допомогою мостового крану. Шлакоутворюючі матеріали з бункерів видаються за допомогою віброживильників в електровагових візках, які по подовжній рейковій дорозі доставляють матеріали до стрічкових завантажувальних машин. Отримавши порцію матеріалу з

електровагового візка, машина по поперечній рейковій дорозі переміщається до дугової сталеплавильної печі і завантажує матеріал в піч через робоче вікно



а – заправка; б – завантаження шихти; в – плавлення; г – скачування шлаку;

д – піч після розплавлення шихти; е – випуск сталі;

1 – заправна машина; 2 – завантажувальна кошик; 3 – сталевий брухт;

4 – гребок для скачування шлаку; 5 – шлаковий ківш (чаша);

6 – сталерозливних ківш

Рисунок 2.2 – Технологічні операції в дуговій сталеплавильній печі

Після того процесу розплавлення шихти відбувається окислювальний період, завдяки якому віддаляються шкідливі елементи в розплавленому металі. Після випуску з печі напівпродукту (металу), в сталеплавильний ківш додаються феросплави. Феросплави з бункерів, забезпечених пристроєм, що зважує, видаються в мульди, що утримуються безрейковою машиною завалення, яка спочатку встановлює мульди в прокалювальну піч, а після транспортує мульду до електропечі і завантажує феросплави в піч через робоче вікно.

Потім відбувається скачування шлаку, а вже потім ківш встановлюється

на установку позапічної обробки сталі, де відбувається рафінувальний період, тобто відбувається доведення металу до заданого хімічного складу.

Після обробки металу на установці піч-ківш, скачують шлак, потім ківш встановлюють на вакуматор, де відсмоктуються гази та віддаляються неметалеві включення. Після вакуумування, готова сталь за хімічним складом, газовими та неметалевими включеннями, відправляють за допомогою розливного крана на розливання сталі на МБЛЗ.

Готову рідку сталь випускають в сталерозливні ковші місткістю 100 т, встановлені на сталевозах, які пересуваються по поперечних широколінійних шляхах і транспортують ковші в розливний проліт.

Розливка сталі X12МФ відбувається на машині безперервного лиття заготовок криволінійного типу. На виході з машини безперервного лиття заготовок (після тягнута-правильної кліті) заготовля розділяється на мірні довжини за допомогою газорізки. Потім сляб маркується: за допомогою маркувальної машини наноситься на вузьку грань сляба номер плавки та номер сляба. Перед процесом обробки сляб транспортують та охолоджують. Товщина сляба знаходиться в межах від 40 мм до 400 мм, а ширина – до 3,5 м.

Отримані литі сляби використовуються для прокатки листової сталі. Технологія прокатки включає наступні операції:

- підготовку заготовок до прокатки;
- визначення режиму нагріву в залежності від хімічного складу сталі і перетину заготовки;
- визначення режиму деформації (калібрування);
- охолодження сталі після прокатки;
- поопераційний і кінцевий контроль якості прокату.

Холодну прокатку використовують для тонколистових металів, гарячу - для тонко і товстолистових.

Сталевий лист після прокатування піддається оздоблювальним операціям для надання йому товарного вигляду і необхідних властивостей. При гарячій прокатки такими операціями є правка, термічна обробка, дресирування, зняття

поверхневих дефектів та інші. Подальша поперечна або поздовжня різка проводиться на автоматизованих агрегатах.

2.4 Розробка технології виплавки сталі марки X12MФ

Значне збільшення потужності пічних трансформаторів та створення так званих надпотужних ДСП дозволили суттєво скоротити тривалість періоду плавлення. На початку періоду плавлення електроди, рухаючись вниз, проплавляють у шихті "колодязі". Після стабілізації становища електродів відбувається поступове підвищення рівня рідкої ванни. Шихта плавиться знизу і глибина "колодязь" поступово зменшується. За наявності "криниць" шихта плавиться в режимі "закритого" горіння дуг. У цей час можна вводити значну потужність без помітного перегріву кладки, яка екранується від електричних дуг шихтою, що не розплавилася. Час закритого горіння дуг становить 70-80% загальної тривалості періоду плавлення. Ефективне використання потужності пічного трансформатора в кінці періоду плавлення та в окислювальний період плавки забезпечується застосуванням водоохолоджуваних стінових панелей і склепіння, а також наведенням у період розплавлення шихти пінистих шлаків, що добре екранують електричні дуги і дозволяють працювати на більш високій вторинній напрузі. Спінювання шлаку забезпечується вдуванням у ванну порошку кокса. За останні 30 років питома потужність пічних трансформаторів на надпотужні ДСП збільшилася з 200-260 до 800 кВ А/т.

Для інтенсифікації розплавлення шихти використовують газоподібний кисень (підрізання шматків брухту, що зварилися, і підплавлення металозавалки в "холодних" зонах). Подача кисню здійснюється як через водоохолоджувальну фурму зверху, так і через спеціальні донні фурми. Донні фурми виконують роботу окислення, нагрівання та перемішування ванни. У подині розташовується до 4-х фурм. Конструкція донних фурм виконана за принципом "труба у трубі". Центральною трубкою подається кисень. По зовнішній трубці подається суміш азоту із метаном. Усередині трубки

розташовані термопари, за показаннями яких оцінюється зношування фурми. Зношування становить близько 1 мм/плавку. Стійкість фурми – до 200 плавок. Фурми замінюють при зміні (ремонті) подини або заглушають до найближчого ремонту подини. Останнім часом для інтенсифікації перемішування ванни через фурми донні ведуть продування інертним газом .

Інтенсифікація процесу розплавлення шихти здійснюється за допомогою паливно-кисневих пальників (ТКГ). Стінові ТКГ розташовуються відносно холодних зонах ДСП між електродами. Більш ефективним є використання потужних склепінних поворотних ТКГ з керованим напрямком факела. На одну ДСП встановлюють одну-дві поворотні ТКГ та вводять їх у робочий простір через склепіння поблизу стін. При використанні таких ТКГ на великотоннажних ДСП тривалість розплавлення шихти скорочується на 10–15 % з відповідним скороченням витрати електроенергії.

У сучасних надпотужних ДСП з метою економії електроенергії використовують попередній підігрів скрапу теплом газів, що відходять з печі, або спеціальними газовими пальниками [14]. Підігрів брухту в завантажувальних цебрах до 4000 С забезпечує економію електроенергії до 70-75 кВт. ч/т сталі та скорочення тривалості плавлення на 10–12 %.

Виплавка сталі марки Х12МФ проводиться в основних дугових електропечах типу ДСП-50.

Металеву частину шихти складають металевий брухт (80%) та рідкий передільний чавун (20 %).

Максимальна вага шматків шихти не повинна перевищувати 10 % ваги садки печі. Кількість такої шихти-не більше 40% від ваги завалювання.

При розрахунку шихти на виплавку сталі марки Х12МФ плавки шихтується з розрахунку отримання в металі після розплавлення вмісту вуглецю, що забезпечує окислення його на кіпі відповідно до заводських інструкцій (на 0,5 вище за нижню межу вмісту в марці сталі) та хрому – не більше 0,40 %; нікелю – приблизно на нижній межі з урахуванням добавок феросплавів.

Легуючі матеріали вводяться залежно від їх спорідненості до кисню і тугоплавкості. Нікель у вигляді металевого нікелю марки Н-4 не треба завантажувати під електроди, щоб уникнути великих втрат; хром марки Х97,5 завалюється на укуси; кокс – під електроди.

Для підтримки рівномірної ранньої дефосфорації металу в завантаження вводять кускове свіжого випалу вапно.

В окислювальний період плавки відбувається дефосфорація металу, максимальне видалення з металу розчинених газів, нагрів та перегрів металу в межах від 10 °С до 15 °С вище за температуру ліквідусу та випуску плавки, приведення металеві ванни в стандартний стан за ступенем окисленості.

Скачування шлаку повинне закінчуватися одночасно з одержанням аналізу останньої проби металу на вуглець.

Під час окислювального періоду відбираються від 3 проб до 5 проб для контролю хімічного складу металу. Загальна тривалість окислювального періоду до 60 хв.

Після скачування шлаку окислювального періоду оголений метал витримують не більше хвилини, потім наводиться рафінувальний шлак зі плавикового шпату, шамотного бою та вапна.

Тривалість присадки і плавлення шлакової суміші не повинна перевищувати 30 хв.

Після присадки плавикового шпату вводяться феромарганець марки ФМп90(РА), потім кусковий феросиліцій марки ФС65. Хром марки Х97,5 вводиться не раніше ніж через 5 хв. після осадового розкислення. Після розплавлення шлакової суміші і феросплавів ванна ретельно розмішується, відбирається проба металу на вуглець і при температурі, приблизно на 15 °С нижче температури випуску.

Тривалість відновного періоду складає до 90 хв.

Сталь марки Х12МФ піддається позапічній обробці на установці піч-ківш фірми «Danieli».

Температура металу в ковші після випуску для обробки на УПК повинна бути від 20°C до 30°C нижче температури розливання.

Обробка плавки на УПК може виконуватися для вирішення наступних технологічних завдань:

- рафінування металу і підготовка плавки до розливання;
- рафінування металу і підготовка плавки для подальшого вакуумування.

Вакуумування плавки здійснюється на вакууматорі фірми «Mannesman Demag».

При виплавці плавки для вакуумування кількість окисленого вуглецю повинно бути не менше 0,3%, швидкість його окислення під час окислювального періоду плавки не регламентується.

Температура ковша перед прийомом плавки повинна бути не менше 600°C . Висота вільного борту ковша для вакуумування металу повинна бути не менше 1000 мм.

Рафінування металу під час випуску плавки і на УПК здійснюється за рахунок синтетичного шлаку, що утворюється з твердих шлакоутворюючих матеріалів (ТШМ) і присадок алюмінію.

Склад ТШМ наступний:

- вапно – від 75 % до 80 %, плавиковий шпат – від 20% до 25%;
- вапно – від 70% до 75%, корунд або глинозем – від 25% до 30%.

Злив плавки з печі проводиться як з присадкою ТШМ під час випуску, так і без присадки.

При випуску плавки з ТШМ шлакоутворюючі матеріали сідають на струмінь металу під час випуску плавки або на УПК при випуску плавки без присадки ТШМ в кількості від 7 кг/т металу до 8 кг/т металу.

В ківш до випуску або під час випуску плавки при необхідності науглецювання металу сідає порошок коксу в пакетах по 9 кг, а також феросиліцій і алюміній в такій кількості та складі при випуску неокислених напівпродукту феросиліцій сідає в межах від 0,25 % до 0,30 % кремнію за розрахунком і кусковий алюміній при виплавці сталей з вмістом алюмінію в

марці менше 0,015% кількість сідаємо алюмінію під час випуску зменшується до 0,2 кг/т в металі.

Температура випуску плавки розраховується з урахуванням наступних параметрів:

– втрати температури під час випуску від 30 °С до 40 °С в залежності від температури навколишнього повітря;

– втрати температури на розплавлення шлакової суміші (ТШМ) – 6 °С на 100 кг шлакоутворюючих.

Температура металу в ковші після випуску для обробки на УПК повинна бути в межах від 20 °С до 30 °С нижче температури розливання, для вакуумування (після УПК) – температура може бути рівної температурі розливання або до 50 °С вище.

Для більш швидкого формування шлаку з ТШМ і поліпшення умов десульфурації металу рекомендується випуск плавки в ківш виробляти з одночасною продувкою металу аргонем з регулюванням його подачі з візуальних ознаками в режимі активного перемішування розплаву і шлаку, що виключає перелив металу і шлаку через борт ковша.

Ківш з плавкою встановлюється на сталевоз, підключається аргонопроводів, встановлюється витрата аргону від 200 л/хв. до 600 л/хв. і починається продувка плавки.

Якщо плавка випускалася з печі без присадки ТШМ або шлак після випуску повністю завантажений з ковша, то новий шлак наводиться на УПК присадкою шлакоутворюючих. При підвищеному вмісті сірки в металі проводиться додаткова присадка шлакоутворюючих.

Якщо на початку обробки на УПК в ківш сідають феросплави і шлакоформуєчі, то через 8 хв. роботи установки, але не раніше ніж через 5 хв. після присадки останньої порції матеріалів відбирається проба металу на хімічний аналіз, заміряється температура.

При вирішенні задачі рафінування металу та підготовки плавки до розливання максимальну кількість шлакоутворюючих дають в ківш під час

випуску плавки або під час обробки плавки на КПК, не рекомендується мати більше 1000 кг.

Вміст окислів в шлаку в кінці обробки плавки на КПК має бути: СаО - не менше 50,0 % MgO – не більше 15,0 % FeO – не більше 1,5 %.

Кількість легуючих матеріалів, що даються на УПК не повинно перевищувати 2-х т.

Вміст алюмінію під час обробки плавки на УПК має бути на рівні середньорекомендованого вмісту марки, цей вміст зберігається за допомогою періодичних присадок в метал кускового алюмінію на штангах. Рекомендується розкислення шлаку гранульованим алюмінієм від 1 прийому до 2 прийомів в межах від 0,15 кг/т до 0,2 кг/т.

Після отримання результатів хімічного аналізу за необхідністю йде коригування плавки за хімічним складом. Після коригування за хімічним складом дають модифікатори.

Після виконання всіх операцій з обробки плавки на УПК проводиться вимір температури.

Температура металу повинна відповідати температурі розливання. За відповідності температури металу в ковші температурі розливання відключається подача аргону і плавка передається на вакуумування.

Перед віддачею плавки на вакууматор температура металу в ковші повинна бути в межах від 60 °С до 100 °С вище температури розливання.

При кількості шлаку в ковші, що перевищує межу від 8 кг/т металу до 9 кг/т металу (500 кг), перед передачею плавки на вакууматор проводиться підкачування шлаку з ковша. Ківш з металом подається до вакууматору, до нього підключається аргонопроводи і ківш опускається в камеру.

До початку вакуумування за результатами аналізу проб, відібраних в кінці обробки на УПК, здійснюється коректування плавки за хімічним складом (при необхідності).

Після установки ковша в камеру при витраті аргону до 70 л/хв. закривається кришка і починається вакуумування. Швидкість набору вакууму і

витрата аргону регулюються таким чином, щоб не допустити надмірно інтенсивного спінювання розплаву в ковші з вихлюпування металу і шлаку через борт ковша.

Робочий режим вакуумування плавки:

- залишковий тиск в камері від 1 мбар до 1,5 мбар;
- витрата аргону не менше 150 л/хв.

При цих параметрах плавка повинна вакуумуватися не менше 12 хв., після 10 хв. вакуумування плавки (під час процесу) на шлак сідає дрібно фракційний алюміній в кількості 15 кг.

За період від 1 хв. до 1,5 хв. до кінця вакуумування проводиться зменшення витрат аргону до 20 л/хв. Після закінчення процесу вакуумування проводиться відключення вакуумних насосів і здійснюється заповнення камери повітрям. Після заповнення камери повітрям витрата аргону встановлюється в межах від 10 л/хв. до 30 л/хв. з тим, щоб продування розплаву здійснювалася без оголення металу («м'яка» продувка).

Після завершення процесу вакуумування проводиться «м'яке» продування розплаву аргонем не менше 10 хв., Проводиться вимір температури металу і визначення вмісту водню в сталі за допомогою системи Хайдріс. Яке повинно бути не більше 2 ррт. Після закінчення вакуумування плавки або повного циклу обробки плавки на вакууматор відбирається проба шлаку для аналізу.

Вміст окислів в шлаку повинен бути: СаО – не менше 55,0 % MgO – не більше 15,0 % FО – не більше 0,8 %

Температура металу в ковші перед розливанням після обробки металу на вакууматорі повинна бути на 10°C нижче відповідної температури.

В разі зниження температури металу нижче температури розливки плавка передається на УПК для відповідного підігріву металу з одночасною продувкою розплаву аргонем в режимі «м'якої» обробки, після чого плавка повторно вакуумують протягом від 5 хв. до 7 хв. Після цього ківш з металом передається на розливку сталі.

Таким чином, запропоновано технологічну схему виробництва інструментальної сталі марки X12МФ, розроблено технологію її виплавки в дуговій сталеплавильній печі типу ДСП-50 методом повного окислення з подальшою позапічної обробкою.

3 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Конструкція дугової сталеплавильної печі

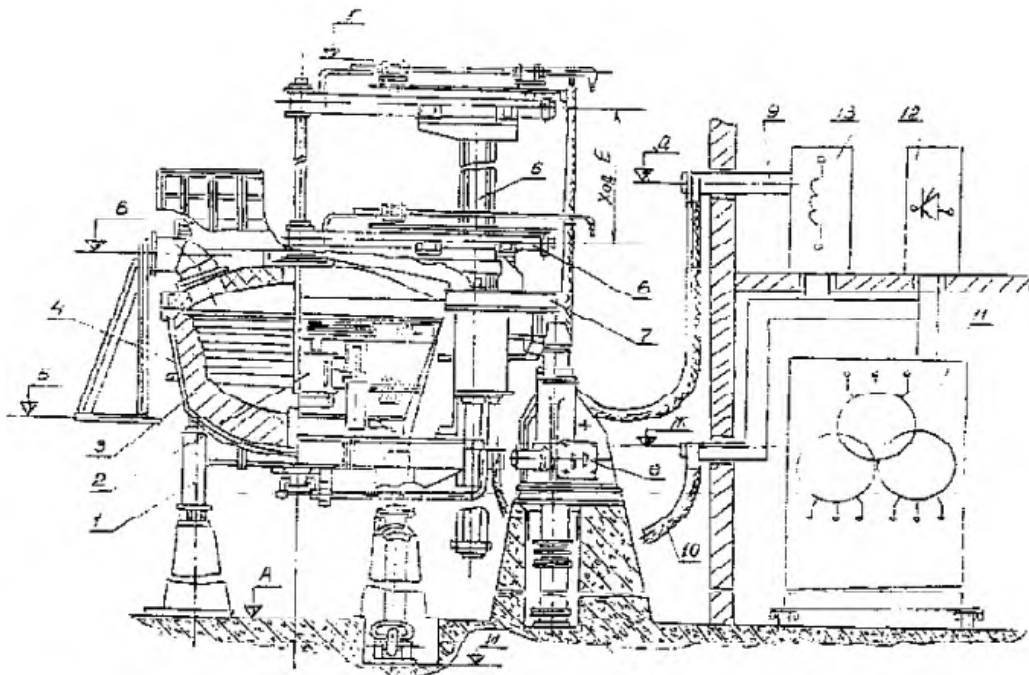
3.1.1 Дугові печі постійного струму

Дугові печі постійного струму (ДППС) для плавки різних сплавів дуже близькі за конструкцією між собою. За збереження основної елементної бази ДППС різняться між собою футерувальними матеріалами, вибір яких визначається лише вимогами технологів, особливостями систем автоматичного керування, потужністю джерел електроживлення. Це дозволяє значно скоротити типаж плавильних печей.

Результати роботи ДППС на промислових підприємствах показали їх техніко-економічну ефективність та доцільність використання у широкому діапазон ємностей плавильних ванн (від 0,5 до 100 тонн).

ДППС (рис. 3.1) складаються з частин і механізмів, що застосовуються в ДСП однаковою з нею ємністю: сталевого футерованого кожуха, склепіння, що може бути водоохолоджуваним, стін печі, які можуть бути виконані також з водоохолоджуваних панелей, механізму нахилу печі для зливу металу та видалення шлаку, механізму переміщення графітованого електрода, механізму підйому та відвороту склепіння або викочування ванни для завалки печі шихтою, робочого вікна з дверцятами. Відмінною особливістю ДППС від дугових печей змінного струму є наявність лише одного верхнього графітованого електрода (катода), розташованого вздовж вертикальної осі печі, та подових електродів (анодів) у подині печі.

Печі футеруються вогнетривкими матеріалами, що застосовуються на ДСП. Стійкість подини при звичайних "гарячих" ремонтах становить 3-5 років або від 5 до 7 тисяч плавок. Подина може бути наварена після "зривів", піддана проміжному ремонту та замінена без заміни подових електродів. Подові електроди допускають багаторазове використання під час заміни подини печі.



1 – механізм нахилу; 2 – вікно робоче; 3 – футерування ванни та склепіння; 4 – кожух ванни; 5 – стійка;
 6 – електродотримач; 7 – траверса; 8 – механізм підйому/повороту склепіння; 9 – коротка мережа; 10 – кабельна
 гірлянда; 11 – трансформатор; 12 – секція преобр. частоти; 13 – реактор

Рисунок 3.1 – Дугова електропіч постійного струму

При плавці в ДППС можуть бути використані всі відомі технологічні прийоми: кіп ванни, обробка шлаком, продування металу киснем або інертним газом, легування та процеси, посилені та прискорені застосуванням електромагнітного перемішування.

Тривалі витримки розплаву в ДППС сталей, включаючи високолеговані, спеціальних сплавів, чавуну, алюмінієвих сплавів показали, що хімічний склад і інші властивості металів у процесі міксування мало змінюються. Навуглецювання металу від графітованого електрода також немає. Так, при плавці сталі 08X18H10 та витримці металу протягом 6 годин, вміст вуглецю збільшився на 0,005 %, що лежить у діапазоні похибки виміру.

Таким чином, міксери на базі ДППС мають хороші технологічні можливості і мають перспективу.

3.1.2 Дугові сталеплавильні печі типу ДСП-50

Дугова сталеплавильна піч (ДСП) (рис. 3.2) являє собою піч, в якій використовується тепловий ефект електричної дуги для плавки металів та інших матеріалів. Вона складається з робочого простору (власне печі) з електродами і струпопідводів та механізмів.

Сучасні дугові сталеплавильні печі змінного струму експлуатуються відповідно до встановленого типового ряду місткостей: 0,5 т; 1,5 т; 3 т; 6 т; 12 т; 25 т; 50 т; 100 т; 150 т та 200 т.

Основними елементами дугової сталеплавильної печі є:

- кожух і зведення;
- водоохолоджувальні панелі;
- механізм нахилу печі для зливу металу та скачування шлаку;
- ущільнювачі електродних отворів (економайзери);
- механізм підйому та одвороту зведення для завантаження шихти;
- механізм переміщення електродів.

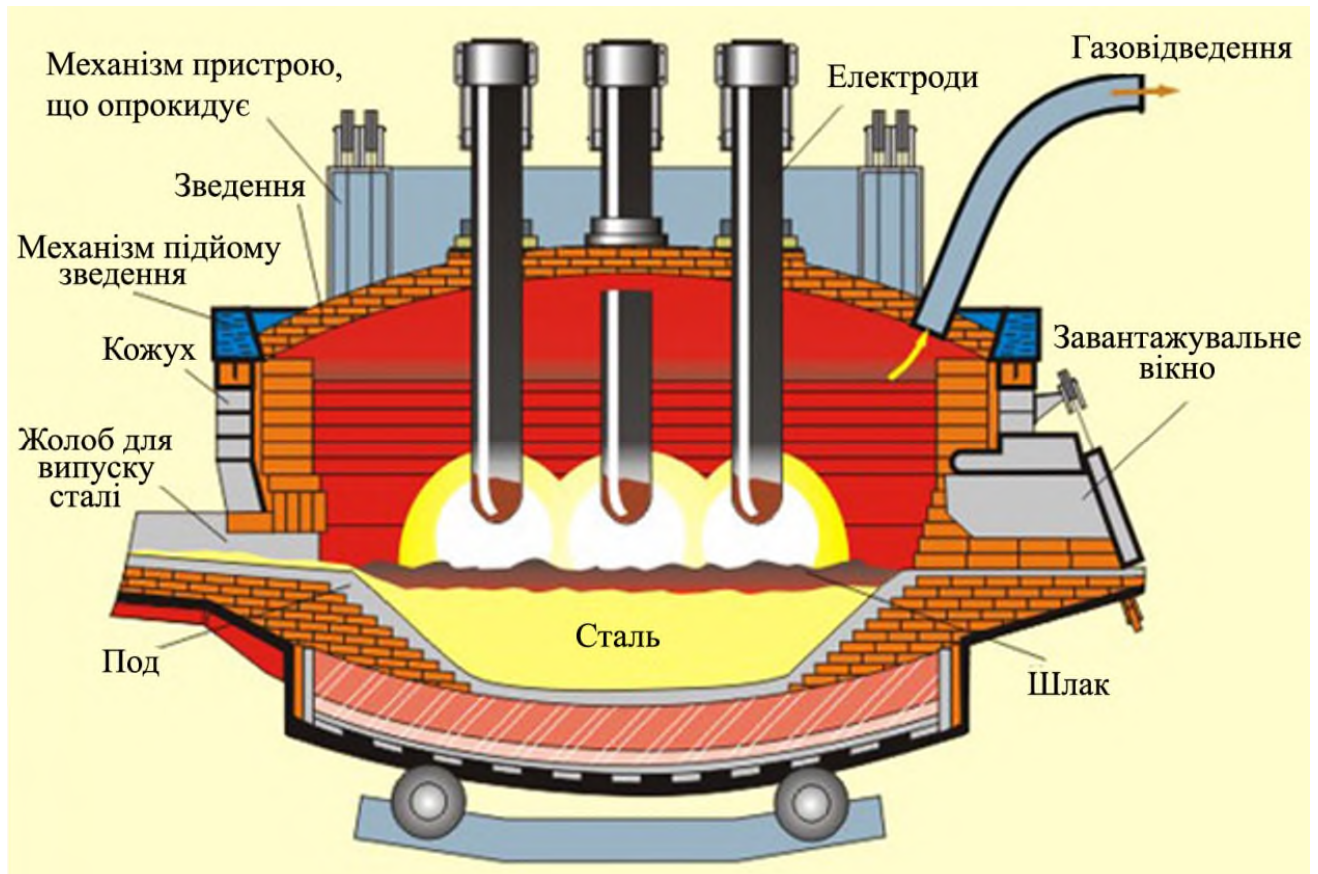


Рисунок 3.2 – Сучасна дугова сталеплавильна піч

3.2 Конструкція машини безперервного лиття заготовок

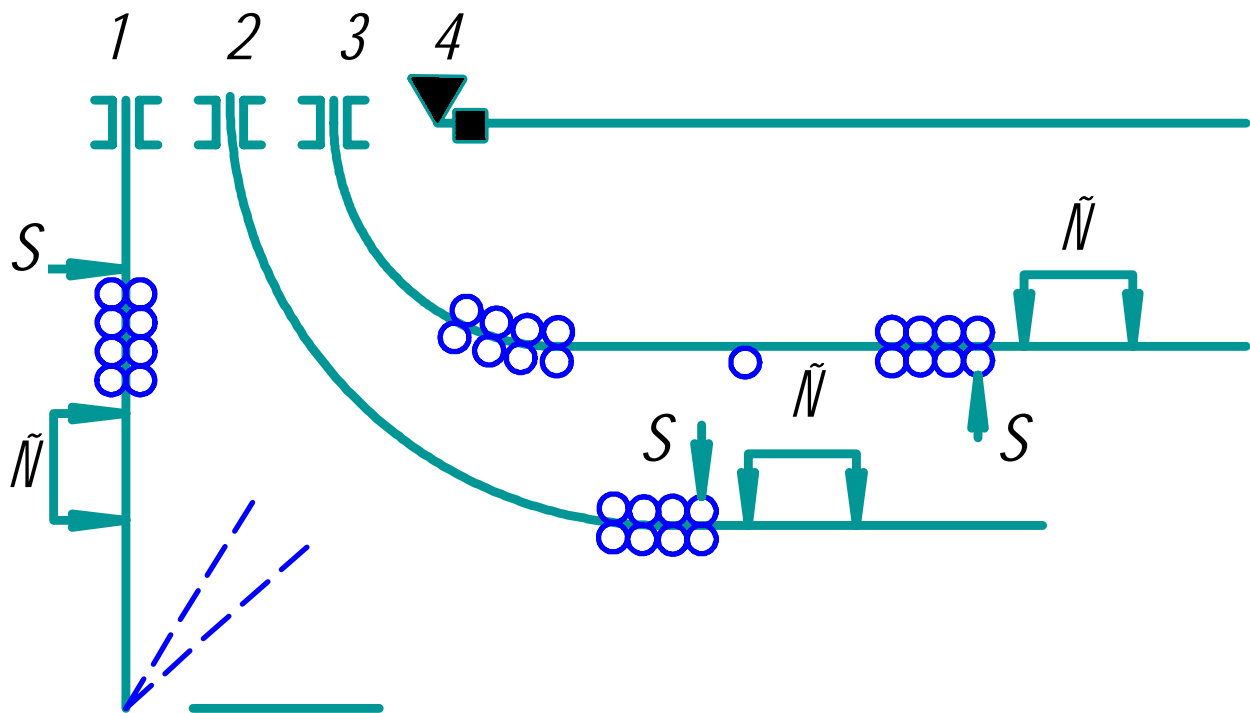
На сьогодні на металургійних підприємствах найбільше застосування отримали машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) наступних типів (рис. 3.3): вертикальні, радіальні, криволінійні (рис. 3.4) та горизонтальні.

За кількістю струмків МБЛЗ поділяють від 1 струмка до 7 струмків.

Залежно від геометрії зливка МБЛЗ діляться на слябові, блюмові та заготівельні. Схема ділянки розгину криволінійної МБЛЗ приведена на рис. 3.4.

Для криволінійних машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) з точки зору якості готової продукції та ефективності виробництва критичними є криволінійні ділянки технологічної лінії, де злиток з серцевиною, що незакристалізується, піддається деформації вигину. За більш ніж 40 років дослідження процесу деформації безперервнолитого зливка у двофазному стані

наукою та практикою накопичено численні відомості про природу явищ, що супроводжують процеси згинання зливка у технологічній лінії МБЛЗ.

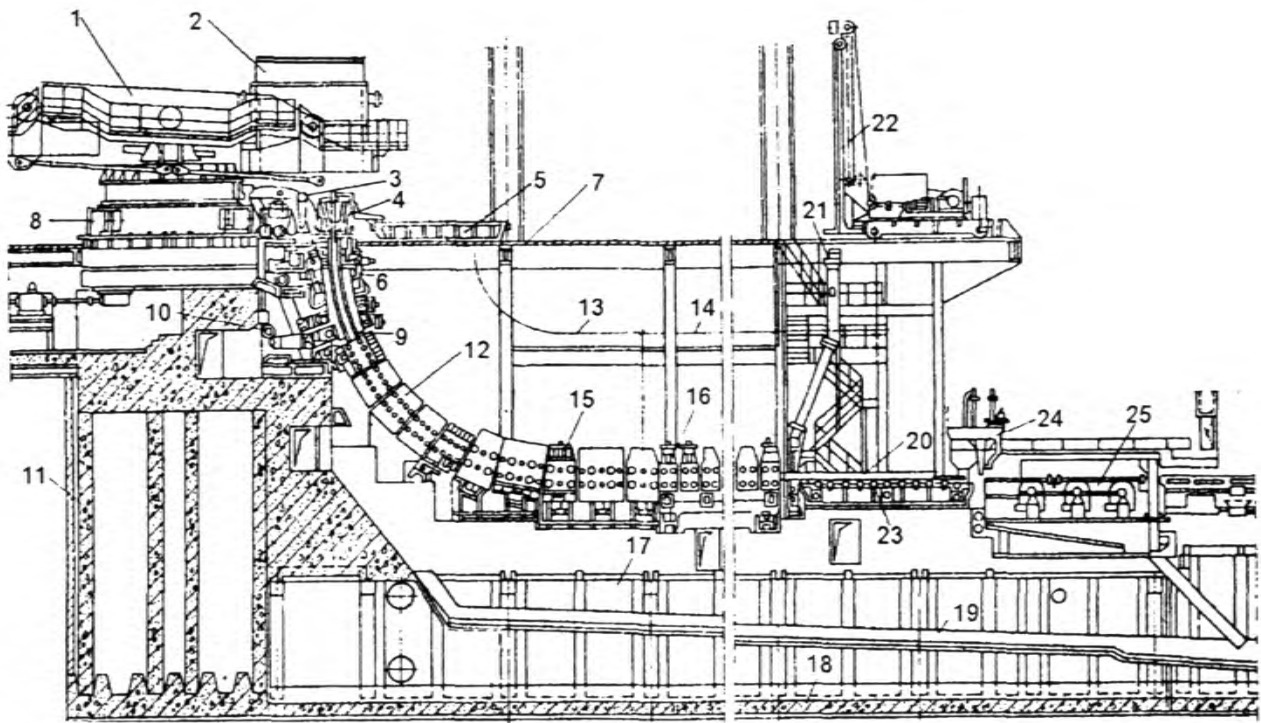


1 – вертикальні; 2 – радіальні; 3 – криволінійні; 4 – горизонтальні; С – зона відрізання заготовки; S – кінець твердіння

Рисунок 3.3 – Принципові типи машин безперервної розливки сталі

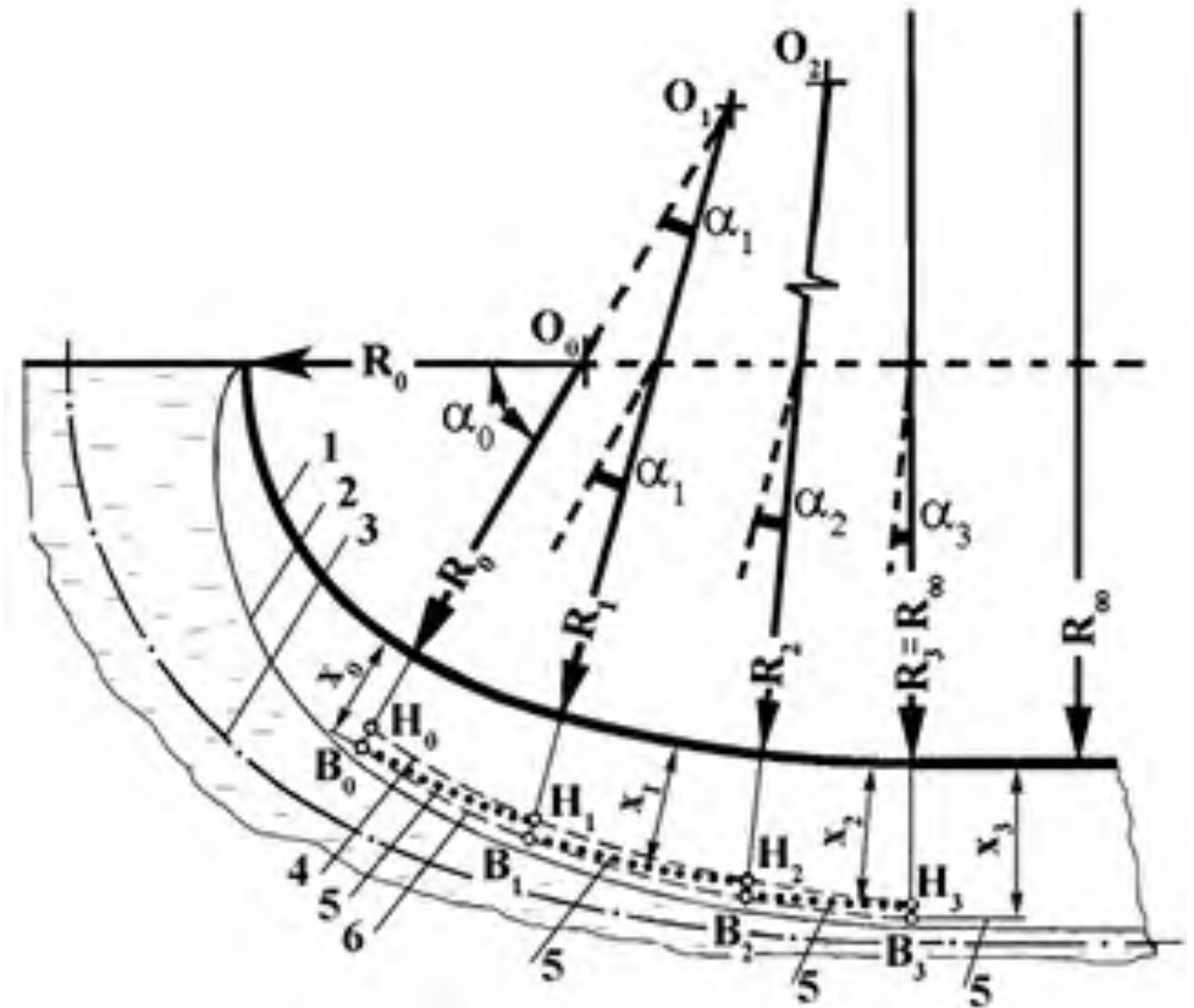
3.3 Конструкція установок позапічної обробки сталі

Установка піч-ківш (УПК) (рис. 3.6) – це агрегат комплексної обробки сталі. Всі процеси обробки сталі в установці піч-ківш засновані на підігріві металу електричними дугами у поєднанні з перемішуванням металу інертним газом.



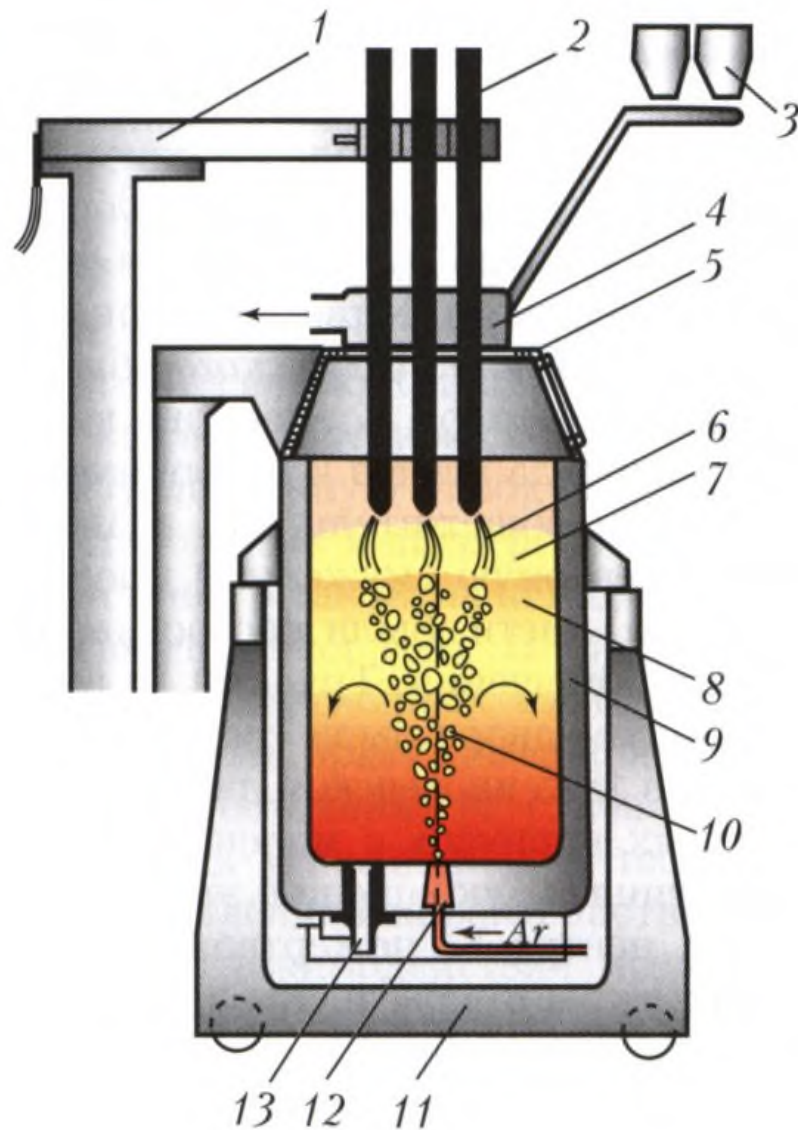
- 1 – двопозиційний підйомно- поворотний стелд; 2 – сталерозливний ківш;
 3 – візок для передачі проміжних ковшів; 4 – проміжні ковші; 5 – аварійна
 ємність; 6 – кристалізатор; 7 – робочий майданчик; 8 – привод поворотного
 стелда; 9 – блок вторинного охолодження; 10 – механізм затискача валків;
 11 – фундамент під стелд; 12 – радіальна ділянка; 13 – криволінійна ділянка;
 14 – горизонтальна ділянка; 15 – роликів секція криволінійної ділянки;
 16 – роликів секція із приводом; 17 – верхня плита фундаменту; 18 – нижня
 плита фундаменту; 19 – лоток гідрозмиву; 20 – затравка; 21 – пристрій для
 відділення затравки від сляба; 22 – пристрій для подачі затравок;
 23 – реверсивний роликів конвеєр; 24 – машина газового різання;
 25 – роликів конвеєр

Рисунок 3.4 – Схема машини безперервного лиття заготовок криволінійного типу



1 – поверхня зливка; 2 – межа утворення твердої скоринки; 3 – нейтральна лінія; 4 – низькотемпературна ізотерма ТИХ (система точок H_i); 5 – лінії $x_i = \text{const}$ (між точками V_i та H_{i+1}); 6 – високотемпературна ізотерма ТИХ (система точок V_i); x_i (x_0, x_1, x_2, x_3) – відстані від поверхні до точок V_i (H_{i+1})

Рисунок 3.5 – Схема ділянки розгину криволінійної МБЛЗ



1 – струмопідведення; 2 – графітовані електроди; 3 – бункера для феросплавів;
 4 – система видалення технологічних газів; 5 – зведення (кришка), що охолоджується водою; 6 – електрична дуга; 7 – рафінувальний шлак;
 8 – рідкий метал; 9 – футерований ківш; 10 – продування газом (аргоном);
 11 – сталевоз; 12 – устрій для продування; 13 – випускний отвір з шибєрним затвором

Рисунок 3.6 – Схема установки для позапечної обробки сталі пічків

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Захист працівників під час COVID-19

Поточний спалах пандемії коронавірусу (COVID-19) створив безпрецедентну ситуацію в усьому світі. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та органи охорони здоров'я країн світу вживають заходів, спрямованих на уповільнення темпів поширення COVID-19 та скорочення захворюваності. Уряди вживають цілу низку оперативних заходів, у тому числі закриття державних кордонів, запровадження обов'язкового карантину, обмеження свободи пересування, заборону проведення масових заходів, а також ізоляція міст чи цілих країн. Все це призвело до масштабних змін у звичному порядку життя та економічної діяльності.

Кожне підприємство може відіграти важливу роль у стримуванні поширення пандемії шляхом вжиття заходів наступного характеру:

- зміна організації праці з метою зниження особистих контактів між працівниками на виробництві, збільшення фізичної дистанції між ними або переведення на віддалену роботу;
- регулярна дезінфекція виробничих приміщень;
- забезпечення належної гігієни та ефективного провітрювання приміщень;
- забезпечення належних засобів захисту (наприклад, мила, антисептиків для обробки рук, інформаційно-агітаційних матеріалів), нагадування працівникам про вимоги виробничої гігієни (наприклад, про необхідність часто мити руки та не торкатися ними очей, носа та рота);
- впровадження гігієни дихальних шляхів (наприклад, роздача захисних масок працівникам, зокрема, схильним до ризику зараження з метою його мінімізації);
- обмеження або заборона виробничих поїздок без особливої потреби; 2 ст. 16 Конвенції 1981 року про безпеку та гігієну праці у виробничій сфері (№

155) та ст. 3 Конвенції 2006 року про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці (№ 187).

- максимальне скорочення контактів з людьми за межами підприємства;
- забезпечення працівникам можливості повідомити про ситуацію відсутності захисту, що загрожує неминучим і серйозним ризиком для їх здоров'я;
- розробка заходів та процедур протидії інфекції;
- віддача розпоряджень працівникам дотримуватися карантину, зокрема після повернення з регіонів високого ризику або контакту з особами, у яких була виявлена інфекція;
- віддача розпоряджень працівникам залишатися вдома або працювати віддалено за наявності «грипозних симптомів» (високої температури, кашлю тощо) незалежно від того, звідки вони повернулися та з ким контактували;
- дотримання зобов'язань, встановлених національним законодавством та практикою щодо звітності перед органами охорони здоров'я та інспекціями праці.

Працівники зобов'язані виявляти розумну турботу про своє здоров'я та безпеку, про здоров'я та безпеку інших людей, а також сприяти здійсненню роботодавцями заходів профілактики та протидії інфекції³. Це включає дотримання безпечної практики виконання виробничих операцій, правильне застосування засобів безпеки та захисту, а також виконання правил гігієни, таких як часте миття рук, з метою захисту від інфекції. Крім того, працівники зобов'язані повідомити роботодавця про те, що страждають на захворювання або фізичну (психологічну) патологію, що впливає на виконання виробничих функцій і може створювати ризики безпеки, здоров'ю та благополуччю інших людей на виробництві⁴. Працівники також зобов'язані забезпечувати свій захист та захист інших людей, що є особливо актуальним у нинішніх умовах.

Плакати “Рекомендації щодо безпечного зняття засобів індивідуального захисту” та “Ми вакциновані” приведені на рис. 4.1 та 4.2.



Рисунок 4.1 – Плакат “Рекомендації щодо безпечного зняття засобів індивідуального захисту”



Рисунок 4.1 – Плакат “Ми вакциновані ”

4.2 Характеристика шкідливих та небезпечних факторів, що виникають при обслуговуванні печі ДСП-50

Характеристика факторів виробничої середовища діючих на сталеварів та підручних сталеварів печей ДСП-50 при виробництві усього асортименту сталей, у тому числі і Х12МФ наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Шкідливі фактори виробничої середи

Шкідливі фактори виробничої середи	
Професія	Найменування
Сталевар ДСП-50	Оксиди марганцю, пил сіліковмістний SiO ₂ – 9,6%
Підручний сталевара ДСП-50	Оксиди марганцю, пил сіліковмістний SiO ₂ – 6,43%

До небезпечних факторів при переплаві ДСП-50 на дільниці та методів їх захисту відносяться наступні:

- Електрострум. Вакуумна піч повинна бути обладнана захисними дерев'яними решітчастими настилами або резиновими діелектричними ковбиками у виносних пультів;
- Рухомі механізми;
- Висота. Огорожа повинна бути встановлена на усіх площадках печі, які знаходяться вище нульової відмітки та на усіх маршах дробини;
- Кабельні тунелі та прямки печі. Настили повинні бути встановлені на усіх кабельних тунелях, розводці трубопроводів та систем водоохолодження, на площадках для обслуговування прямиків печі, над столом розвантаження (відкидна решітка) та над робочим столом (переносна решітка).

Також безпеку при роботі на дільниці ВДП, уявляє собою машина для чистки кристалізаторів та відрізний станок (призначений для відділення отриманого огарку від ніпеля). Усі методи захисту та наявність небезпечних факторів наведено вище. Усі роботи на даному обладнанні слід проводити в захисній масці або захисних окулярах.

4.3 Заходи по охороні праці при обслуговуванні печі ДСП-50

Перед началом роботи потрібно огледіти стан механізмів печі. Перевірити чистоту площадок, наявність сторонніх предметів. Особливу увагу слід уділяти на водоохолоджувальні вузли (кристалізатор, піддон, вакуумну

камеру, насоси), коротку сіть, головку електродотримача. Забороняється експлуатація печі при наявності мастила на робочих площадках, поручнях та води під піччю, несправних механо- та електрообладнання.

Під час роботи витратні електроди, які підготовлені до переплаву знімаються з передаточної телеги електромостовим краном за допомогою трос-ланцюгів та вкладаються на спеціальний стелаж. Для закріплення електрода в електродотримачі печі ДСП-50 на машині позапічної приварки (МПП) до електродів приварюють спеціальну витратну інвентарну головку (ніпель). Транспортування та встановлення електроду в завантажувальне вікно платформи МПП здійснюється електромостовим краном за допомогою спеціального вантажно-захватного пристрою (вантажною рамкою). Ніпель транспортується та встановлюється в супорт МПП електромостовим краном за допомогою однієї трос-удавки вантажопідйомністю 1,0 т.

Забороняється:

- транспортувати та встановлювати на МПП електроди та ніпель за допомогою проволочених кілець;
- укладати глину між електродом та нікелем, що зварюються;
- використовувати для розведення процесу екзотермічні суміші;
- зачистку зварювального шву від шлаку і шнурового азбесту необхідно проводити металевим помам в стенді після його охолодження;
- перед транспортуванням електроду з ніпелем, необхідно оглянути зварювальний шов візуально та перевірити його якість ударом кувалдою по ніпелю.

При підготовці печі до плавки необхідно подати воду в усі водоохолоджувальні вузли та перевірити її наявність по зливним трубкам. Перед запуском форвакуумних насосів перевірити наявність мастила в насосах та перевірити справність клиноременої передачі, захисних кожухів. Зачистку піддону та контактного ножа кристалізатора наждачним полотном чи абразивом проводити тільки в захисних окулярах та засобах індивідуального захисту органів дихання.

Перед включенням печі сталевар перевіряє:

- чистоту скла та гляділок;
- стан вантажного ланцюга та надійність її кріплення до контрвантажу;
- стан головки штоку та кріплення кронштейну зірочки до штоку;
- надійність з'єднання гумових шлангів з трубами та штуцерами системи охолодження;
- циркуляцію води;
- захисну роботу блокування печі.

Під час плавки:

1. Включення печі проводиться сталеваром безпосередньо після того, як змінні чергові слюсар та електрик оглянуть піч та своїми підписами в плавильній карті затвердять готовність печі до роботи.
2. Під час плавки повинно горіти світлове табло.
3. Керівництво ходом плави та контроль потрібно вести тільки з пульту за допомогою оптичних приладів та по іншим приладам.

Під час роботи печі категорично забороняється:

- відволікати від спостереження за ходом плавки;
- знаходитися на печі сторонніх без дозволу майстра;
- вести плавку без перевіреного діелектричного ковбика під ногами;
- вести плавку при наявності хоча б одного несправного перескопичного пристрою, які використовуються для спостереження за ходом плавки;
- замикати блокування та відключати сигналізацію передбачену на печі;
- продовжувати плавку при перебросі стійких дуг на кристалізатор чи на електродотримач;
- продовжувати плавку при температурі охолоджувальної води піддона кристалізатора чи штока вище 70 °С;

- знаходитися в при ямці печі під кристалізатором з опущеним робочим столом;
- продовжувати плавку при потраплянні води в піч чи вакуумну систему, а також при разгерметизації об'єму;
- проводити будь-які роботи на печі, на вакуумних насосах;
- під час плавки усі приямки повинні бути закриті.

При розборі вакуумної дугової печі:

- перед закінченням плавки сталевар зобов'язаний знаходитись на пульті управління печі та особисто відключити піч та перед розборкою переконатися у тому, що піч відключена по світлому табло та вольтметру;
- разгерметизувати камеру печі, піджати кристалізатор, опустити шток з огарком з пульта управління, викотити кристалізатор зі зливком із під печі на платформу зміни кристалізаторів;
- зняти мостовим краном огарок, застропити кристалізатор краном, від'єднати піддон, перекрити пробкові крани, розібрати муфту;
- мостовим краном зняти кристалізатор, зняти зливком з піддону вантажепідємним пристроєм.

При клеймуванні зливка необхідно виконувати наступні міри безпеки:

- клеймо виконувати тільки в засобах індивідуального захисту очей (окуляри, щиток);
- клеймування проводити стоячи спиною до пішохідної дорожки;
- клеймування виконувати тільки справним інструментом.

Чистка приямків печі та її прибирання виконується тільки при обезструмлених механізмах печі, при наявності спостерігаючого, при роботі на печі використовувати ліхтар з напругою 36В з металеву сіткою.

Після закінчення роботи необхідно:

- зробити прибирання робочого місця та інструмента, що використовувався;
- передати зміннику об усіх несправностях, які мали місце протягом

зміни та про їх усунення;

- зробити запис в журналі приймання-передачі зміни, в агрегатному журналі про усі виконані роботи та ремонт виявлених неполадок.

4.4 Заходи по захисту навколишнього середовища

В виробничих приміщеннях експлуатація обладнання, забруднюючих повітря шкідливими та небезпечними сполуками, без аспіраційних установок не допускається. При роботі технологічного обладнання аспіраційна система повинна робити постійно. Включення до роботи аспіраційної системи необхідно здійснювати за 10 хвилин до вмикання технологічного обладнання, а відключення – через 10 хвилин після відключення технологічного обладнання.

У випадку відключення місцевої вентиляції зупинка виробничого обладнання неможлива або якщо при зупинці обладнання продовжується виділення шкідливих сполук в робочу зону кількості, які перевищує ПДК, на ділянці передбачені резервні вентилятори для місцевого підсосу з автоматичним переключенням.

Швидкість відсмоктування повітря у вхідному перерізі аспіраційної воронки складає – 1м/сек..

4.5 Заходи по протипожежній безпеці в пічному прольоті СПЦ5

У випадку зупинки подачі води на охолодження печі та інших аварійних ситуаціях сталевар зобов'язаний:

- відключити піч;
- відсікти вакуумну систему від камери печі;
- видалити із небезпечної зони усіх людей та огородити небезпечну зону;
- викликати майстра, старшого майстра зміни та приступити до ліквідації аварійної ситуації.

Порядок дій сталевара ДСП-50 (підручного сталевара ДСП-50) під час ліквідації пожежі:

- повідомити старшого майстра зміни, майстра дільниці, черговому електрику та слюсарю, начальника зміни енергоцеху;
- викликати пожежну команду за телефоном 01(101), подати сигнал збору добровільної пожежної дружини;
- повідомити людям, які знаходяться в приміщенні про виникнення пожежі;
- до прибуття пожежної команди приступити до тушіння пожежі первинними засобами пожежегасіння: вогнегасниками, піском, інструментом для ліквідації аварій пінними генераторами «Іванова»;
- викликати до місту аварії (пожежі) начальника цеху, зам начальника цеху, зам начальника цеху по обладнанню, електрика цеху;
- виділити для зустрічі пожежних людину, яка добре знає розположення під'їзних шляхів до водопостачання;
- припинити усі роботи, непов'язані з усуненням наслідків пожежі;
- організувати відключення електроенергії, зупинку транспортуючих пристроїв, агрегатів;
- по прибуттю підрозділів пожежної охорони, повідомити старшому підрозділу пожежної охорони усі необхідні відомості про осередок вогню,
- мірах прийнятих для його ліквідації, а також про наявність в приміщенні людей, які зайняті на ліквідації пожежі;
- вимкнути газові споживачі, видалити із небезпечної зони вогнебезпечні матеріали, балони, горючі речовини;
- забезпечити захист людей, які приймають участь в гасінні пожежі від ймовірних руйнувань конструкцій, ураження електричним струмом, отруєнь, опіків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Показано актуальність виплавки інструментальних марок сталей, зокрема марки Х12МФ для виробництва ножів, волоків, волочильних дощок, згинальних і формувальних штампів.

2. Показано на доцільність виплавляти сталь Х12МФ наступними методами: виплавою з повним окисленням, методом електрошлакового переплаву, методом вакуумно-дугового переплаву, методом одношлакового процесу. Визначено, що сталь марки Х12МФ з точки зору технологічності процесу, отримання більш якісного металу доцільно виплавляти в дугових сталеплавильних печах методом повного окислення домішок.

3. Розглянуто основне та допоміжне обладнання дугової сталеплавильної печі, машини безперервного лиття заготовок та установок для позапічної обробки сталі, приведено розрахунок геометричних параметрів ДСП-50, кількості ДСП-50 та МБЛЗ для сталеплавильного цеху.

4. Запропоновано технологічну схему виробництва інструментальної сталі марки Х12МФ, розроблено технологію її виплавки в дуговій сталеплавильній печі типу ДСП-50 методом повного окислення з подальшою позапічної обробкою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чорна металургія світу. URL: <https://mozok.click/2377-chorna-metalurgya-svtu.html> (дата звернення: 04.04.2022).
2. Модернізація металургійної галузі України: цілі, напрямки та інвестиційна підтримка. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_27/1/13.pdf (дата звернення: 04.04.2022).
3. Бізнес в офіційних цифрах. Рейтинг. URL: <https://rating.zone/ekonomichnyjohliad-metalurhijnoi-haluzi-ukrainy/> (дата звернення: 04.04.2022).
4. Пріоритети та важелі модернізації металургійної галузі України. Аналітична записка. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/prioriteti-ta-vazheli-modernizacii-metalurgiynoi-galuzi-ukraini-analitichna> (дата звернення: 04.04.2022).
5. Воденніков С. А., Галицький Ю. П., Воденнікова О. С. Теорія та технологія електросталеплавильного виробництва : навч. посібн. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 246 с.
6. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручн. / Д. Ф. Чернега та ін.; за ред. Д.Ф. Чернеги, Ю.Я. Готвянського. Київ : Вища шк., 2006. 503 с.
7. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкція агрегатів чорної металургії : навч.-метод. посібн. для студентів ЗДІА спеціальностей 7.05040101, 8.05040101 «Металургія чорних металів». Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 192 с.
8. Воденніков С. А., Падалка В. П., Воденнікова О. С. Технологія розливання і кристалізації сталі : навч.-метод. посібн. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 188 с.
9. Воденнікова О. С. Металургія чорних металів : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія»

освітньо-професійної програми «Металургія». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 144 с.

10. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могиталенко В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посіб.; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2016. 224 с. ISBN 978-966-2622-23-2.

11. Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Технологія конструкційних матеріалів. Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво: навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 97 с.