

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)

Кваліфікаційна робота / проєкт

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Огляд особливостей технології виплавки трубних марок сталей

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1360-м
спеціальності 136 «Металургія»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Металургія

(код і назва освітньої програми)

Спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

М.М. Моїсєєв

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки, доцент, к. т. н.
Воденнікова О.С.

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

Рецензент доцент кафедри металургійних
технологій, екології та техногенної безпеки, с.н.с.,
к.т.н. Проценко В.М.

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

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»

(цифри + назва)

Спеціалізація _____

(цифри + назва)

Освітня програма Металургія

(цифри + назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕБ
Юрій БЕЛОКОНЬ

« 12 » 02 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Моїсєєва Марна Максимівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) Огляд сучасних методів підготовки обладнання до розтинки сталі

керівник роботи доктор наук, доцент Водернікієва Оксана Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "16" грудня 2023 року № 2315-с

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2024 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)

Реферат. Вступ. Сталеві труби: характеристика, призначення, маркування. Огляд технології виплоєки трубних марок сталей. Дослідження мікросруктури і властивостей зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових зреслень)

Титульний лист – 1. Види сталевих труб – 1. Основні групи сталей для виробництва труб – 1. Сталеві труби згідно EN 10205-1, 2 L290NB/1.0454 – 1. Сталь 12Х1МФ: хімічний склад, призначення, структура – 1. Склад сталі 12Х1МФ (НПП "Нікопольський трубний завод") – 1. Технологічна схема виробництва сталі 12Х1МФ – 1. Загальний вигляд ДСП-50 – 1. Загальний вигляд та схема

установки ліч-хімії з плазменним нагрівом – 1. Машинна безперервного дії литья заготовок – 1. Мікроструктура сталі 12Х1МФ до та після експлуатації – 1. Мікромієрдість структурних компонентів сталі 12Х1МФ – 1. Загальні висновки – 1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Сталеві труби: характеристика, призначення, маркування	доцент О.С. <u>Воденнікова</u>		
Огляд технології виплавки трубних марок сталей	доцент О.С. <u>Воденнікова</u>		
Дослідження мікроструктури і властивостей зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ	доцент О.С. <u>Воденнікова</u>		
Охорона праці та техногенна безпека	доцент О.С. <u>Воденнікова</u>		

7. Дата видачі завдання 12.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Реферат. Вступ	15-20.04.2024	
2	Сталеві труби: характеристика, призначення, маркування	21-22.05.2024	
3	Огляд технології виплавки трубних марок сталей	13-16.05.2024	
4	Дослідження мікроструктури і властивостей зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ	27-02.06.2024	
5	Охорона праці та техногенна безпека	03-09.06.2024	
6	Загальні висновки. Перелік джерел посилання	10-16.06.2024	

Студент _____ Михаїл МОІСЄЄВ
(підпис) (прізвище та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Оксана ВОДЕННИКОВА
(підпис) (прізвище та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Юрій БЕЛОКОНЬ
(підпис) (прізвище та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 62 с., 24 рис., 19 табл., 25 джерел посилення.

ТРУБНІ СТАЛІ, СТАЛЕВІ ТРУБИ, СТАЛІ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДІВ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Огляд особливостей технології виплавки трубних марок сталей.

Мета роботи – пошук технологічних можливостей виплавки трубних марок сталей.

У розділі 1 розглянуто основні групи сталей для виробництва труб, приведено їх маркування.

У розділі 2 представлено огляд технології виплавки трубних марок сталей та запропоновано технологічну схему виробництва сталі марки 12Х1МФ.

У розділі 3 досліджено мікроструктуру та властивості зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ.

У розділі 4 розглянуто правила охорони праці при виробництві труб та шкідливі фактори при виробництві труб.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 СТАЛЕВІ ТРУБИ: ХАРАКТЕРИСТИКА, ПРИЗНАЧЕННЯ, МАРКУВАННЯ.....	8
1.1 Основні групи сталей для виробництва труб.....	6
1.2 Маркування сталевих труб.....	13
1.3 Сталь марки 12Х1МФ: хімічний склад, призначення, властивості, структура.....	17
2 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ ТРУБНИХ МАРОК СТАЛЕЙ.....	23
2.1 Технологічна схема виробництва сталі 12Х1МФ.....	23
2.2 Виробництво сталевих труб великого діаметру.....	26
2.3 Розрахунок шихти на виплавку сталі марки 12Х1МФ.....	30
2.3.1 Окислювальний період плавки.....	31
2.3.2 Відновний період плавки.....	34
2.4 Розрахунок геометричних параметрів дугової сталеплавильної печі.....	37
2.5 Розрахунок кількості МБЛЗ.....	42
2.5.1 Вибір швидкості розливки металу та обчислення довжини зони вторинного охолодження.....	42
2.5.2 Розрахунок тривалості циклу роботи МБЛЗ.....	
2.5.3 Розрахунок продуктивності МБЛЗ.....	45
3 ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗРАЗКІВ, ВИКОНАНИХ З ФРАГМЕНТІВ ТРУБ ПАРОПРОВОДІВ ЗІ СТАЛІ 12Х1МФ.....	46
3.1 Вплив умов експлуатації металу, з якого виготовлено котельне обладнання на ушкоджуваність та довговічність.....	46
3.2 Дослідження мікроструктури та властивостей сталі 12Х1МФ.....	47
3.3 Дослідження процесу корозії сталі 12Х1МФ.....	50

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	53
4.1 Правила охорони праці при виробництві труб.....	53
4.2 Шкідливі фактори при виробництві труб.....	54
4.3 Вимоги безпеки, що пред'являються перед початком роботи з трубами котельного обладнання.....	56
4.4 Навчання з питань охорони праці.....	56
4.5 Регламентація процесу праці.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	60

ВСТУП

Сталеві труби дуже часто використовуються в різних ремонтних і будівельних роботах, при проведенні водопроводу. Це пояснюється рядом переваг, якими вони володіють:

- хороша міцність;
- довговічність;
- можуть витримувати високий тиск на стінки;
- ідеально герметичні, не утворюється заповітрявання;
- приваблива вартість;
- витримують перепади температур.

Сталеві труби використовуються повсюдно. Вони практичні і довговічні, а в залежності від способу виготовлення і марки сталі, труба може отримати додаткові якості, які визначають основний її призначення.

Корозія є головним ворогом металевих труб. Зовнішній вигляд залізних, сталевих і бетонних труб погіршується через ґрунт і УФ-промені. Інші типи труб всередині стінок іржавіють, пошкоджуються стиранням або накопичують сміття. Однак через стійкість нержавіючої сталі до корозії це трапляється рідко.

Мета роботи – пошук технологічних можливостей виплавки трубних марок сталей.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та прикладні завдання:

- розглянути основні групи сталей для виробництва труб;
- запропонувати технологічну схему виробництва сталі марки 12Х1МФ;
- розглянути технологію виплавки сталі марки 12Х1МФ;
- дослідити мікроструктуру та властивості зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ.

1 СТАЛЕВІ ТРУБИ: ХАРАКТЕРИСТИКА, ПРИЗНАЧЕННЯ, МАРКУВАННЯ

1.1 Основні групи сталей для виробництва труб

В Україні класифікація сталевих труб здійснюється у відповідність до вимог низки національних та міжнародних стандартів. При виготовленні, зберіганні та перевезенні продукції підприємства керуються спеціально розробленими технічними умовами. Насамперед труби бувають безшовні, зшиті, паяні, прямошовні, спіралешовні (рис. 1.1).

Серед основних груп сталей для виробництва труб слід виділити наступні:

1. Сталі для трубопроводів класів А, В за стандартами API 5L, ASTM A53, ASTM A106.

2. Сталі для трубопроводів класів X42-X80 за стандартами API 5L, у тому числі, у корозійностійкому виконанні.

3. Сталі для виробництва обсадних та насосно-компресорних труб класів від H40 до Q125 (за винятком L80 9Cr та 13Cr) згідно зі стандартом API 5CT, в тому числі C90, T95 і C110 у корозійностійкому виконанні.

4. Сталі для виробництва труб класів S275JON, S275J2H, S355JON, S355J2H, S355K2H, S355NH, S355NHL згідно з EN 10210-1.

5. Сталі для виробництва труб класів P195TR1, P195TR2, P235TR1, P235TR2, P265TR1, P265TR2 EN 10216-1.

6. Сталі для виробництва труб класів P195GH, P235GH, P265GH згідно з EN10216-2.

7. Сталі марок 16Mo3, 13CrMo4-5, 10CrMo9-1 згідно з EN 10216-2.

8. Сталі для виробництва труб класів L210GA, L235GA, L245GA, L290GA згідно з EN 10208-1.

9. Сталь для виробництва труб класу E355 згідно з ДСТУ EN 10305-1:2013, EN 10294-1, EN 10297-1.

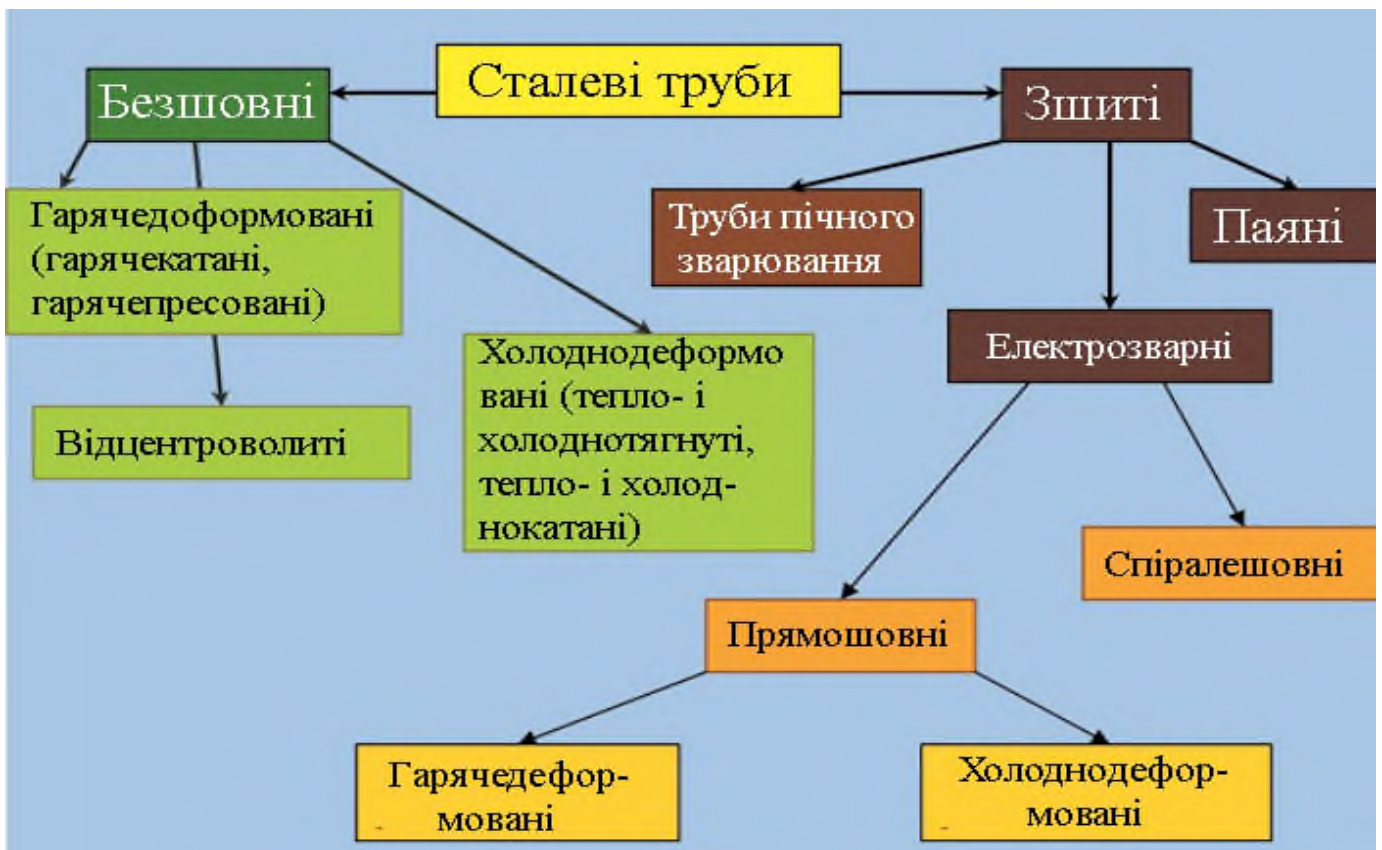


Рисунок 1.1 – Види сталевих труб

10. Сталь для виробництва труб класу 20MnV6 згідно з EN 10294-1, EN 10297-1.

11. Сталі для виробництва труб класів E420J2, E460K2, E590K2 згідно з EN10297-1.

12. Сталі марок 10, 20, 35, 45 та інші згідно з ГОСТ 1050-88.

13. Сталі марок 09Г2С, 15ГФ та інші згідно з ГОСТ 19281-89.

14. Сталі марок 18ХГТ, 32ХА, 20Х, 40Х та інші згідно з ГОСТ 4543-71.

15. Сталі для виробництва обсадних та насосно-компресорних труб всіх груп міцності згідно з ГОСТ 632-80 та ГОСТ 633-80 відповідно.

16. Сталь 32ХА для труб машинобудівної галузі.

Зовнішній вигляд сталевих труб приведено на рис. 1.2–1.5.

Сталеві труби поділяються на наступні класи:

1. Труби 1-го класу можуть використовуватися для газоподібного та рідкого середовища в системах поливу. Крім того, з таких виробів допускається виготовлення огорожувальних конструкцій або опор.



Рисунок 1.2 – Сталеві труби згідно з EN 10208-1,2 L290NB / 1.0484



Рисунок 1.3 – Сталеві труби зі сталі 20 (розмір 114x5 мм)



Рисунок 1.4 – Сталеві труби зі сталі 40X (розмір 146x17 мм)



Рисунок 1.5 – Сталеві труби профільні зварні (розмір 40x25x1,5 мм)

2. Труби 2-го класу можуть використовуватися в трубопроводах, що працюють при низькому і високому тиску, що транспортують нафту і нафтопродукти, газ чи воду.

3. Труби 3-го класу підходять для роботи при високих значеннях температури.

4. Труби 4-го класу - це бурильні товстостінні труби, які можуть чинити опір сильному скручуванню.

5. Труби 5-го класу знаходять застосування при будівництві вагонів,

автомобілів, мостових кранів, бурових вишок і деяких меблевих конструкцій.

6. Труби 6-го класу знаходять застосування в машинобудівній галузі в якості заготовок, з яких виробляють підшипники, циліндри, насоси та ресивери.

Згідно до класифікації труб за діаметром їх поділяють на:

- труби малого діаметра мають перетин не більше 114 мм;
- вироби середнього діаметра - понад 114 мм, але не більше 480 мм;
- труби великого діаметра відрізняються перетином понад 480 мм.

1.2 Маркування сталевих труб

Ручне маркування сталевих труб друкується на певній відстані від кінця виробу наступним чином: не менше 2 см і не далі 50 см. При механізованому нанесенні позначень це значення збільшується і становить 0,1 м та 1,5 м відповідно.

Буквенні та числові позначення труби (рис. 1.6) повинні мати певний розмір, який також регламентований певним нормативним документом. Знаки повинні мати наступні параметри: висоту не менше 0,5 см і не більше 3 см, а ширину – від 0,3 см до 1,2 см. Розмір позначень визначається згідно з параметрами сталевих труб.

Сталеві труби малого діаметра (рис. 1.7) не мають маркування, вони транспортуються у спеціальних упаковках, на яких є супровідний ярлик. Аналогічним способом наносяться дані на труби, отримані в процесі холодної деформації, діаметром не більше 450 мм.

Сталеві труби середнього діаметра (рис. 1.8), товщина стінок яких перевищує 3,5 мм, а діаметральний переріз понад 159 мм, мають індивідуальне маркування. Труби холодної деформації діаметром понад 159 мм і менше 450 мм мають позначення на трьох одиницях з всієї упаковки, а також супроводжуються спеціальним ярликом.

Для сталевих труб великого діаметра (рис. 1.9) якщо товщина стінки складає більше 10 мм, то наносити позначення можна на торці виробів. В

залежності від марки сталі, що використовується при виробництві труб, вибирається колір маркування.



Рисунок 1.6 – Приклад маркування сталеві труби



Рисунок 1.7 – Сталеві труби малого діаметра



Рисунок 1.8 – Сталеві труби середнього діаметра



Рисунок 1.9 – Сталеві труби великого діаметра

Найчастіше позначення труб має яскравий колір, щоб побачити його при пошуку. Якщо товщина стінки складає більш як 10 мм, то наносити позначення можна на торці виробів. В залежності від марки сталі, що використовується при виробництві труб, вибирається колір маркування. Найчастіше позначення труб має яскравий колір, щоб побачити його при пошуку.

Слід зазначити, що маркування металевих труб діаметром більше 406,4 мм виконується всередині труби, але за бажанням покупця, можуть використовуватися інші варіанти. Маркують вироби, використовуючи трафарет, з відступом від краю не менше ніж 152,4 мм.

Основні розміри металевих труб приведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні розміри металевих труб

Діаметр труби, мм		Товщина стінки, мм	
згідно з ГОСТ	згідно з міжнародним стандартом	згідно з ГОСТ	згідно з міжнародним стандартом
20-22	21,3	1,5	2,3
25-28	26,9	1,5-2,0	2,6
30-32	33,7	2,0	2,3
42	42,4	2,0	2,6
48	48,3	3,0	2,3
57	60,3	3,0	2,9
76	76,1	3,0	2,9
89	88,9	3,0	3,2
108	114,3	3,5	3,6

Кожна група міцності маркується своїм кольором наступним чином:

- труби L320 мають пляму чорного кольору;
- труби L360 мають пляму зеленою кольору;
- труби L390 мають пляму синього кольору;

- труби L415 мають пляму червоного кольору;
- труби L450 мають пляму білого кольору;
- труби L485 мають пляму фіолетового кольору;
- труби L555 мають пляму жовтого кольору.



Рисунок 1.10 – Газові труби

1.3 Сталь марки 12Х1МФ: хімічний склад, призначення, властивості, структура

Сталь марки 12Х1МФ – це жароміцна низьколегована сталь.

Сталь марки 12Х1МФ обмежено зварювана, зварювання можливе при підігріві до 100–120 °С і подальшій термообробці.

Призначення сталі 12Х1МФ: сталь перлітного класу використовується для виготовлення труб установок високого тиску, поковок котлів, деталей газових турбін.

Сталь 12Х1МФ ефективно використовується при високих

температурах і тисках, зберігаючи свої механічні властивості. Її також відзначають за хорошу зварюваність, що робить її популярною у виробництві складних конструкцій. Використання цієї сталі дозволяє значно підвищити надійність та довговічність обладнання в енергетичній галузі.

Хімічний склад сталі марки 12Х1МФ приведено в табл. 1.2.

Температура застосування сталі 12Х1МФ – до 585 °С; термін експлуатації – більше 10000 годин.

При температурі 600 °С – інтенсивне окалиноутворення.

Аналоги сталі 12Х1МФ, які можуть виступати її заміниками: 12Х1МФ-ПВ, 13Х1МФ, 15Х1М1Ф. Інше позначення сталі 12Х1МФ: сталь EI-575, сталь 12Х1МФ, ст.12Х1МФ, 12Х1МФ, 12ХМФ. Існує і іноземний аналог сталі 12Х1МФ, який позначається як DIN 14MoV63.

Склад сталі марки 12Х1МФ в умовах НПП «Нікопольський трубний завод» приведено в табл. 1.3.

Мікроструктура сталі марки 12Х1МФ приведена на рис. 1.11.

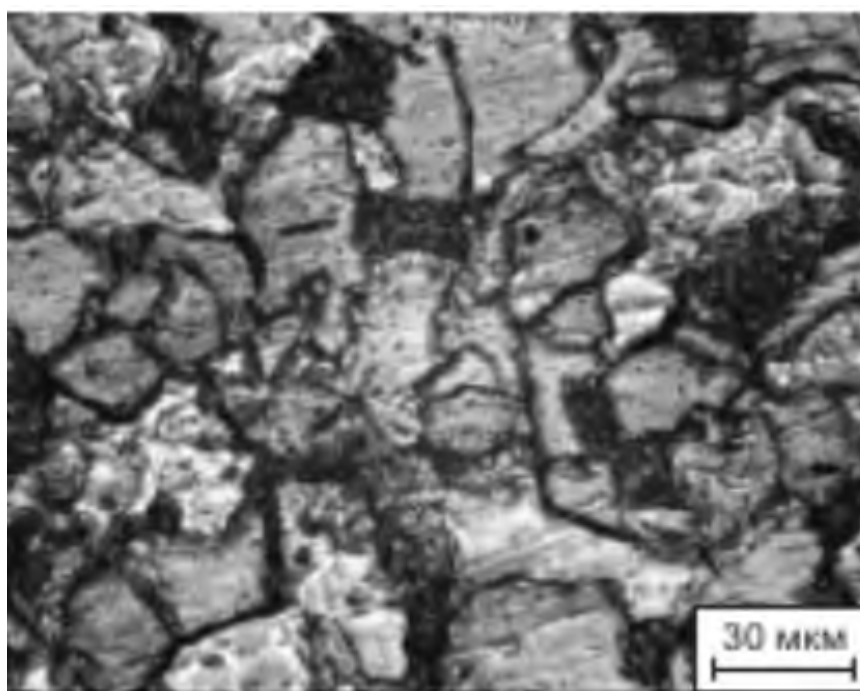


Рисунок 1.11 – Мікроструктура сталі марки 12Х1МФ

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі марки 12Х1МФ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
0.1 - 0.15	0.17 - 0.37	0.4 - 0.7	до 0.3	до 0.025	до 0.03	0.9 - 1.2	0.25 - 0.35	0.15 - 0.3	до 0.2

Таблиця 1.3 – Склад сталі марки 12Х1МФ в умовах НПП «Нікопольський трубний завод»

Марка сталі	Діаметр, мм	Розмір стінки, мм	Вага, т
12Х1МФ	25	3,5	0,934
12Х1МФ	32	5	0,11
12Х1МФ	32	4,5	2,42
12Х1МФ	60	4,5	0,31
12Х1МФ	32	6	0,304
12Х1МФ	38	3	0,128
12Х1МФ	32	5	0,085
12Х1МФ	48	4	0,16
12Х1МФ	50	11	0,548
12Х1МФ	42	6	2,57
12Х1МФ	32	6	0,366
12Х1МФ	42	6	0,955
12Х1МФ	32	4,5	1,04
12Х1МФ	32	6	0,42
12Х1МФ	32	6	0,24
12Х1МФ	32	5	0,42
12Х1МФ	32	5	0,268
12Х1МФ	32	5	0,215
12Х1МФ	32	6	1,085
12Х1МФ	32	6	1,34
12Х1МФ	36	6	2,045
12Х1МФ	42	6	0,17
12Х1МФ	36	8	0,61
12Х1МФ	42	6	0,27
12Х1МФ	36	5	0,105
12Х1МФ	60	7,5	0,275

Нині широко використовується зв'язок між жароміцними властивостями сталі 12Х1МФ та її структурою.

Наприклад на рис. 1.12 представлені отримані Т.Г. Березина результати визначення тривалої міцності металу однієї труби після різних режимів термообробки, тобто від бала мікроструктури [15]. Видно, що значення тривалої міцності металу зі здавальними та бракувальними структурами помітно відрізняється.

З іншого боку, як зазначає П.А. Антикайн, між мікроструктурою та жароміцністю не завжди є однозначна залежність. У межах кожного бала мікроструктури при масових випробуваннях на жароміцність металу труб різних плавов різних заводів-постачальників існує певний розкид.

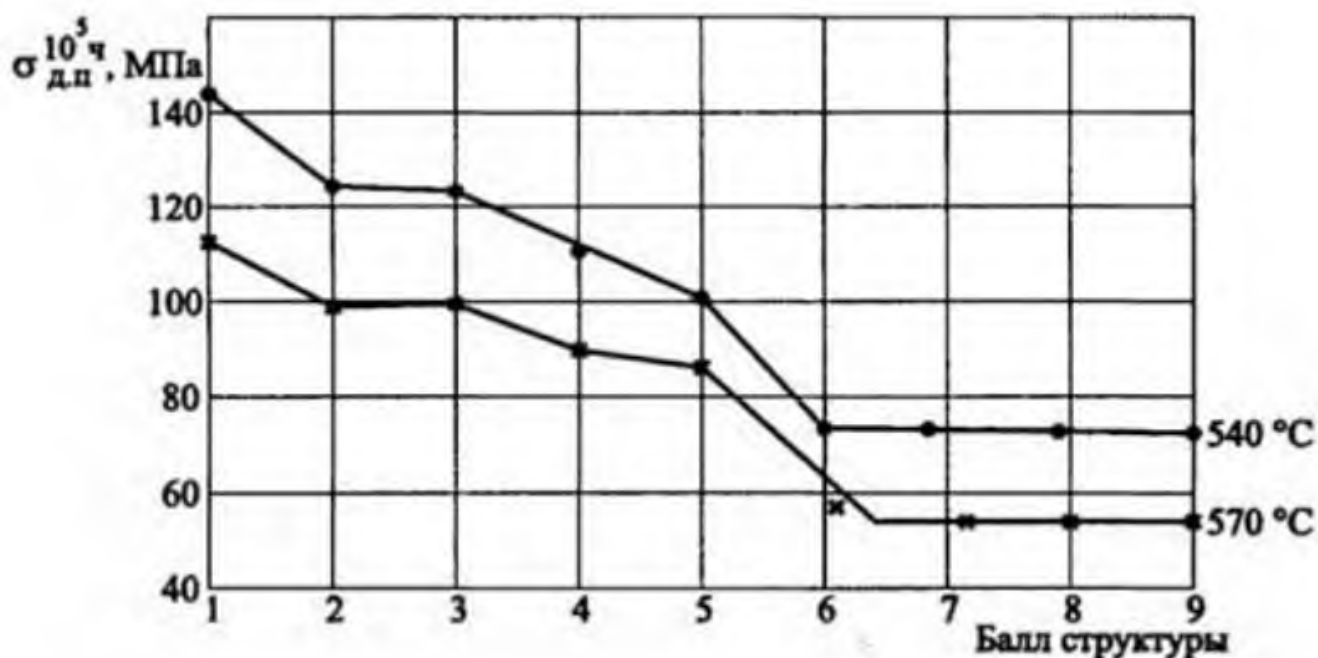
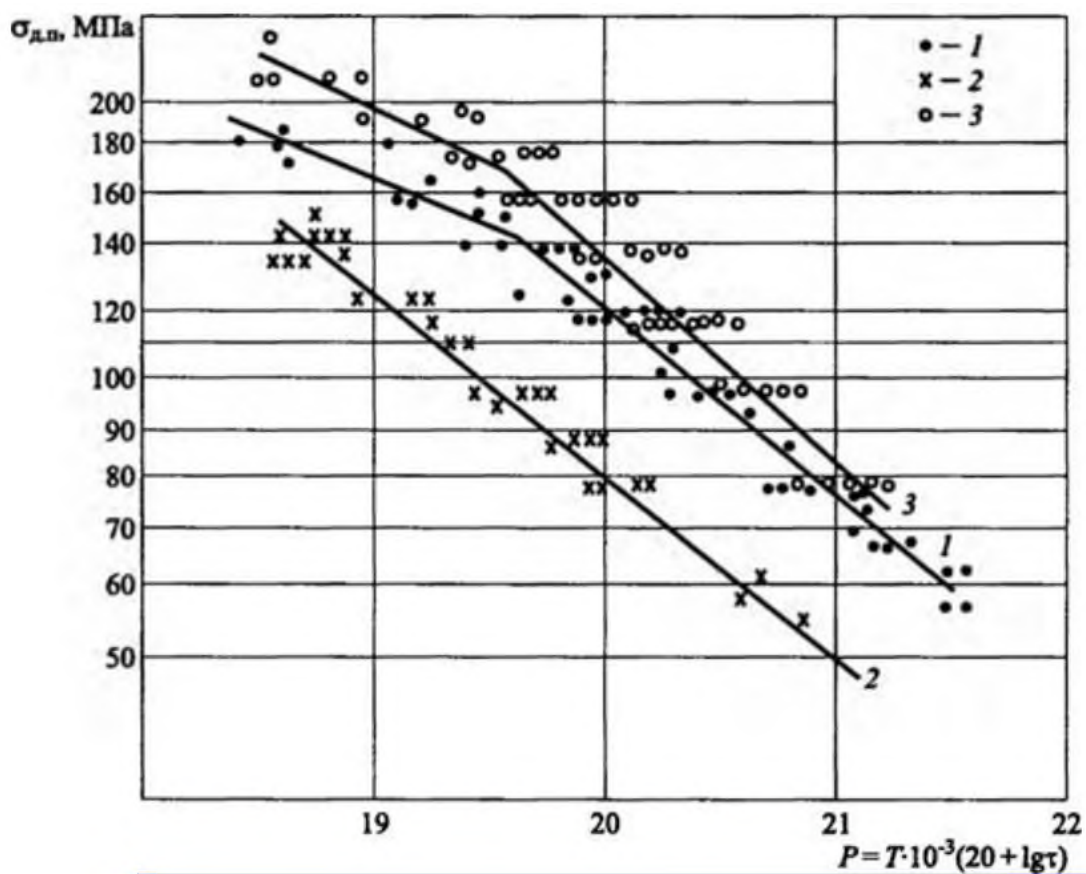


Рисунок 1.12 – Тривала міцність металу труби зі сталі 12Х1МФ залежно від бала структури за шкалою ТУ 14-3-460-75

Ймовірність розподілу меж тривалої міцності для цієї марки сталі при одних і тих же значеннях температури, часу до руйнування та однакої мікроструктурі відбувається за законом Гаусса (нормального розподілу). Максимуми цих розподілів характеризують вплив мікроструктури на

жароміцність. Так, чим менше бал мікроструктури за шкалою для сталі 12Х1МФ, тим загалом вища її жароміцність. Але розкид у межах одного бала дуже великий.

Статистичний аналіз даних по жароміцності великої кількості труб із сталі 12Х1МФ з різною структурою було виконано авторами. На рис. 1.13 представлена параметрична діаграма тривалої міцності металу паропровідних труб із цієї сталі з різними структурами.



1 – 2-5-й бали; 2 – 6-й бал шкали; 3 – 1-й бал шкали; P – параметр Ларсена-Міллера

Рисунок 1.13 – Параметричні залежності тривалої міцності сталі 12Х1МФ у різних структурних станах

Якщо не зважати на структурний стан металу, то розкид жароміцних властивостей для досліджених труб становить $\pm 35\%$.

Для зменшення розкиду властивостей жароміцності труби були поділені на три структурні групи.

До першої групи належать труби, метал яких має ферито-сорбітну структуру (2-5 бали згідно шкали ТУ 14-3-460-75). Крива 1 проведена за гарантованими значеннями тривалої міцності, виходячи з допустимих напруг, наведених в ОСТ 108.031.08-85 з коефіцієнтом запасу 1,5. Ці значення тривалої міцності використовуються під час проведення розрахунків на міцність та довговічність паропроводів.

2 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СТАЛІ МАРКИ 12Х1МФ

2.1 Технологічна схема виробництва трубних марок сталей

Технологічна схема виробництва трубних марок сталей починається з підготовки шихтових матеріалів (рис. 2.1). Розглянемо технологічну схему на прикладі сталі марки 12Х1МФ. Металевою складовою для виплавки сталі марки 12Х1МФ методом повного окислення в дуговій сталеплавильній печі типу ДСП-50 (рис. 2.2) є переробний чавун та сталевий брухт.

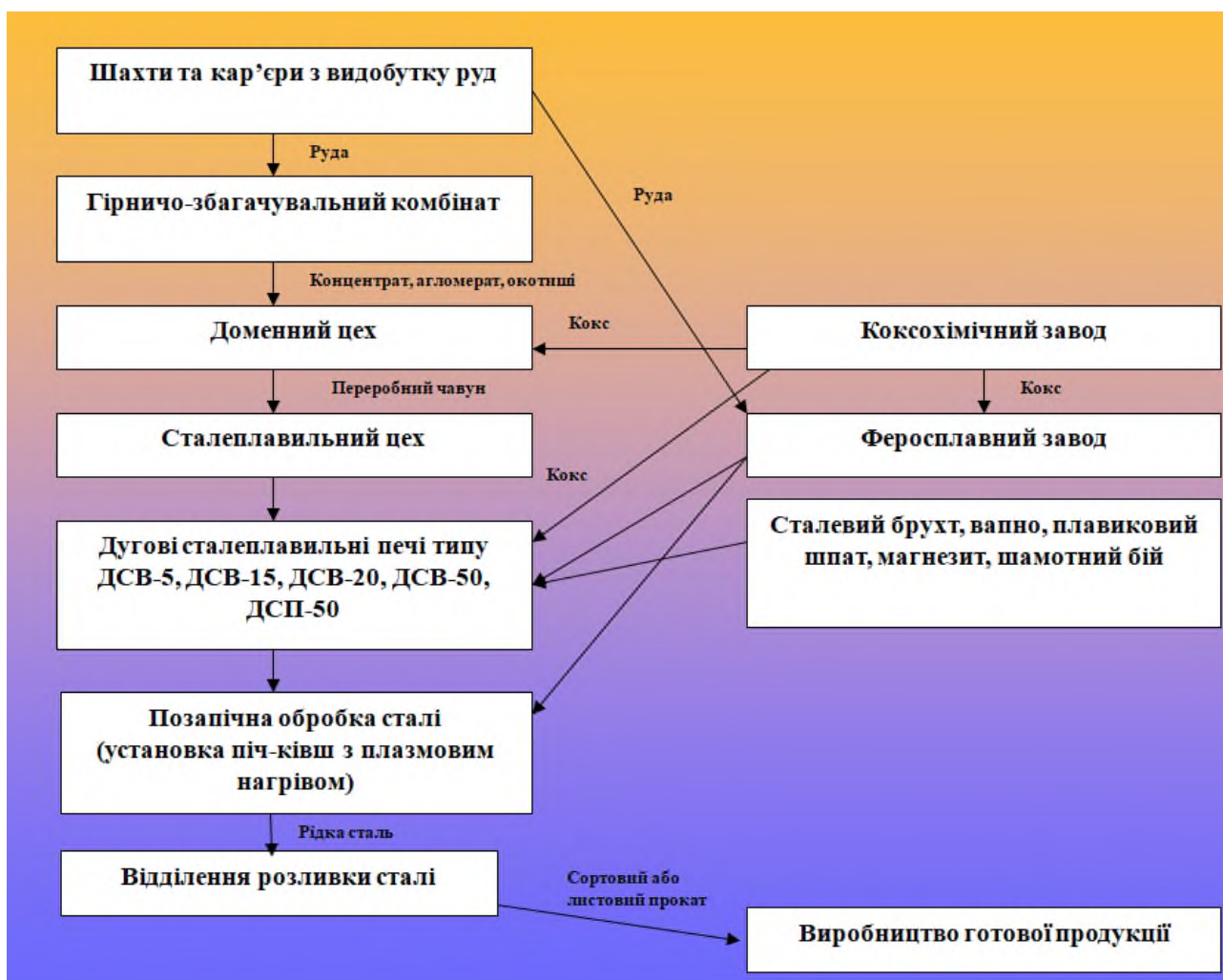
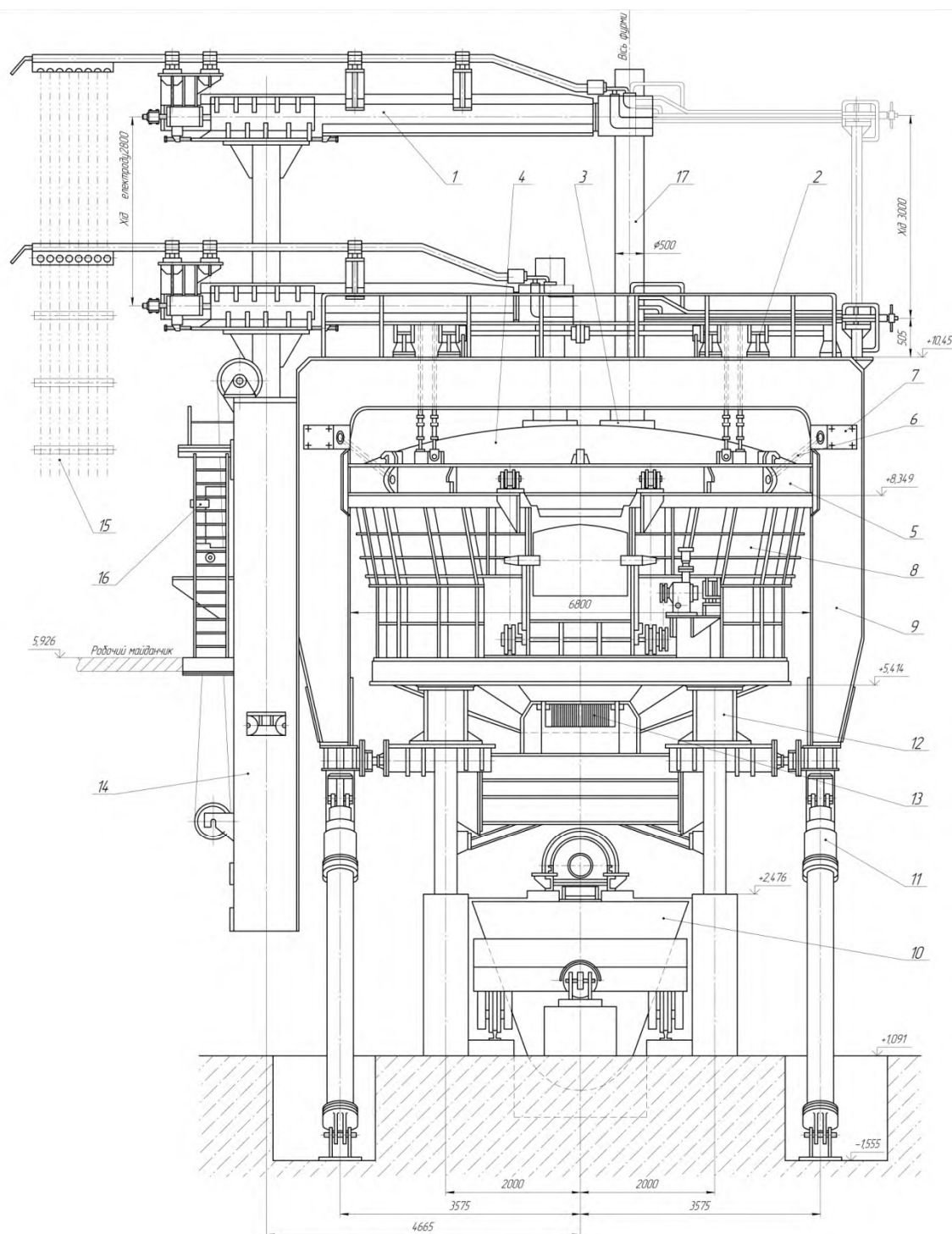


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва трубної сталі марки 12Х1МФ



1 – електродотримач; 2 – механізм переміщення електроду;
 3 – економайзери; 4 – склепіння; 5 – кільце склепіння; 6 – механізм приводу; 7 – привод; 8 – корпус (ванна) печі; 9 – гідравлічний циліндр;
 10 – гідроциліндр; 11 – механізм нахилу печі; 12 – ролики; 13 – робоче вікно печі; 14 – механізм повороту склепіння; 15 – рівень ходу електроду; 16 – шахта печі; 17 – електрод печі

Рисунок 2.2 – Загальний вигляд дугової сталеплавильної печі типу ДСП-50

Відомо, що переробний чавун виплавляють в доменній печі корисним об'ємом від 1033 м³ до 5500 м³. Металевою складовою шихти для виплавки чавуну є залізна руда, у якості палива використовують кокс. З метою кращої відновлюваності залізна руда, як правило, проходить етап підготовки до доменної плавки (дроблення, грохочення, усереднення, збагачення) і подається в доменну піч у вигляді офлюсованого агломерату або обпалених окатишів.

Кокс одержують нагріванням кам'яного вугілля або торфу до високих температур без доступу повітря (до 1100 °С).

Виробництво чавуну в доменній печі є безперервним технологічним процесом, що не допускає перебоїв завантаження шихти, випуску чавуну й відводу побічних продуктів: шлаків і доменного газу.

Шихтові матеріали для виплавки електросталі складаються у шихтовому прольоті електросталеплавильного цеху. Для завантаження лому використовуються корзини типу грейфера.

При виплавці сталі в основних дугових печах для утворення основного шлаку використовують: вапно, вапняк, плавиковий шпат, шамотний бій та пісок.

Найбільш важливою складовою шлакових сумішей є вапно, яке отримують випалюванням вапняку в шахтних печах при температурі від 1100 °С до 1300 °С. Хімічний склад обпаленої вапна: CaO – 88%, SiO₂ – 2%, MgO – не більше 1,5%, Fe₂O₃ + Al₂O₃ – не більше 1,5%, S – не більше 0,15%.

Для мінімізації вмісту азоту в металі використовуються вихідні матеріали з низьким вмістом азоту і вводили кисень для спінювання шлаку.

Для покращення фізико-механічних властивостей металу використовуються легуючі елементи: феросиліцій марки ФС65, феромарганець ФМп78, хром металевий Х97,5 та нікель металевий Н-4.

Для зливу рідкого металу і скачування шлаку електропіч нахилиється на кути до 25° і 10° відповідно.

Готову сталь випускають в сталерозливні ковші місткістю 30 т або 60 т. Ковші встановлені на сталевозах, які пересуваються по поперечних

широколійних шляхах, прокладених під конвертерами і транспортують ковші в розливний проліт.

Для позапічної обробки сталі марки 12Х1МФ використовують установку піч-ківш з плазменним нагрівом (рис. 2.3 та 2.4). В ході позапічної обробки сталі випробували пряму схему: ДСП - УКП - МБЛЗ. Плазмовий нагрів за рахунок відсутності електродів дозволяє отримати чисті сталі за вмістом вуглецю, фосфору, азоту на рівні тисячної частки відсотка. Коефіцієнт корисної дії нагрівання 50–70 %. Використання плазмового нагріву є перспективним направленням, що забезпечує добру якість металу за рахунок зниження вмісту шкідливих домішок та газів.

Розливку сталі марки 12Х1МФ проводили через проміжний ківш з магнезіальною футеровкою з повним захистом струменя металу від вторинного окислення і застосуванням системи електромагнітного перемішування в кристалізаторі. Запропоновано використовувати криволінійно-радіальну машину безперервного лиття заготовок. Наприклад таку, як в умовах «Інтерпайп сталь» (рис. 2.5). Можливим є розливка сталі на чотириструмковій МБЛЗ №2 або п'ятиструмковій МБЛЗ №1. Технічні характеристики МБЛЗ №1: максимальна швидкість розливки 3,4 м/хв., кількість струмків 4 штуки, продуктивність 770 т/рік.

2.2 Виробництво сталевих труб великого діаметру

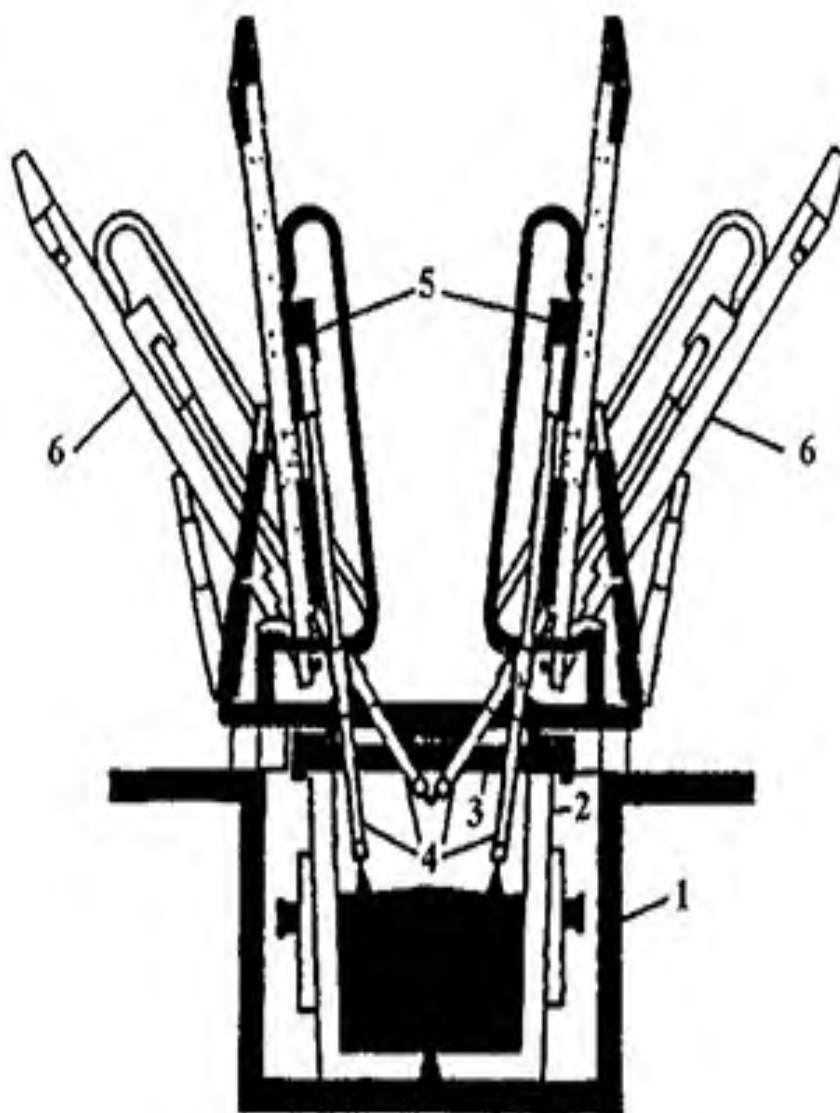
Наприклад, в умовах НВП «УКРТРУБОІЗОЛ» виробляються труби сталеві електрозварні прямошовні Ø426-1422 мм з товщиною стінки від 6 до 24 мм, завдовжки до 12 метрів із сталі класу міцності до К60.

Лінія з виробництва сталевих зварних труб дозволяє виробляти трубу продукцію відповідно до національних, міждержавних і міжнародних вимог стандартів ISO 3183:2019, ДСТУ ISO 3183:2017 (ISO 3183:2012, IDT), API Spec 5L, DIN EN 10219-1,2, DIN EN 10217-1,3,5,6, ДСТУ 9219:2023, ДСТУ

9218:2023, ТУ У 24.2–05757883–095:2022, ДСТУ 8943:2019, ГОСТ 20295-85, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 10705-80.

Принциповою відмінністю виробничої лінії є сучасне обладнання для повного технологічного циклу виробництва ТВД для магістральних газо- і нафтопроводів.

Ключова перевага унікального обладнання – механізм для експандування труб.



1 – камера; 2 – ківш; 3 – кришка; 4 – плазмотрони; 5 – з'єднальні вузли;
6 – опорні рами

Рисунок 2.3 – Схема установки піч-ківш з плазменним нагрівом



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд установки піч-ківш з плазменим нагрівом



Рисунок 2.5 – Машина безперервного лиття заготовок криволінійно-радіального типу

2.3 Розрахунок шихти на виплавку сталі марки 12Х1МФ

Розрахунок шихти на виплавку сталі марки 12Х1МФ у відкритій дуговій електропечі з основною футерівкою згідно методики [13] проводиться з метою визначення кількості шлаку та його компонентів для окислювального і відновного періодів плавки, необхідної кількості легируючих добавок і розкислювачів та отримання металу заданого хімічного складу.

Розрахунок проводиться на 100 кг завалки.

Хімічний склад сталі марки 12Х1МФ, сталевого брухту, чавуну та феросплавів приведені у табл. 2.1 – 2.3.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 12Х1МФ

Хімічний склад	Хімічний елемент, %								
	C	Mn	Si	Mo	V	Cr	W	Ni	S
За ГОСТом нижня межа	0,100	0,400	0,170	0,250	0,150	0,900	0,000	0,000	0,000
За ГОСТом верхня межа	0,150	0,700	0,370	0,350	0,300	1,200	0,000	0,300	0,025
Принято для розрахунку	0,125	0,550	0,270	0,300	0,000	1,050	0,000	0,150	0,013

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталевого брухту і чавуну

Шихтовий матеріал	Вміст елементів, %					Склад шихти, %
	C	Mn	Si	S	P	
Сталевий лом	0,25	0,3	0,25	0,03	0,035	92
Чавун	3,8	0,45	0,85	0,05	0,35	8

Таблиця 2.3 – Хімічний склад феросплавів

Марка феросплаву	Вміст елементів, %									
	C	Si	Mn	Cr	Co	Ni	Al	Cu	P	P
ФС65	0,1	65	0,4	0,4			2,5		0,05	0,05
ФМн78	7	6	78						0,05	0,05
ФХ100А	1	2		65					0,03	0,03
Н-4	0,15				0,7	97,6		1		0,04

2.3.1 Окислювальний період плавки

Кількість випалюваного вуглецю за окислювальний період: 0,5.

Кількість випалюваного вуглецю нижче за нижню межу: 0,05.

Таблиця 2.4 - Склад шлаку окислювального періоду

Склад шлаку окислювального періоду, %			
	CaO	FeO	SiO ₂
Межа	40-45	15-25	10-12
Прийнято	45	15	10

Визначення вмісту елементів в заваленні:

C – 0,53%, Mn – 0,312%, Si – 0,298%, S – 0,032%, P- 0,060%.

Визначення необхідного вуглецю в шихті: [C]_{зав}=0,5.

Зміна хімічного складу металу за окислювальний період приведена у табл. 2.5, а розрахунок кількості кисню, який необхідний для окислення домішок в табл. 2.6.

Таблиця 2.5 – Зміна хімічного складу металу за окислювальний період

Окислювальний період	Вміст елементів, %				
	C	Mn	Si	S	P
Завалення	0,534	0,312	0,298	0,032	0,060
% видалення	0,900	0,750	1,000	0,200	0,800
Видалено	0,481	0,234	0,298	0,006	0,048
Метал кінця окислювального періоду	0,053	0,078	0,000	0,025	0,012

Прийнятий коефіцієнт розподілу фосфору 10000.

Кількість P₂O₅, яка переходить в шлак при окисленні фосфору: 0,110.

Допустимий вміст п'ятиокису в шлаку: 1,450 %.

Необхідний для дефосфорації металу шлак: 7,61 кг.

Приймаємо окислення вуглецю до CO₂=25%, CO=75%.

Кількість закису заліза необхідна для окислення домішок 5,723 кг.

Кількість закису заліза необхідна для образів шлаку заданого складу 1,141 кг.

Вміст кисню до кінця окислювального періоду 0,051 кг.

Вміст закису заліза в металі 0,228 кг.

Вміст заліза в закисі заліза 0,177 кг.

Необхідна кількість FeO в шлаку 7,092 кг.

Необхідна кількість Fe₂O₃ в руді 5,253 кг.

Вміст заліза в руді 1,839 кг.

Необхідна кількість руди 5,837 кг.

Вміст CaO у вапні 92%.

Таблиця 2.6 – Розрахунок кількості кисню, який необхідний для окислення домішок

Елемент	Окисл., %	За реакцією	Необхідна кількість кисню, кг	Кількість продуктів реакції, кг
C-CO	0,36045	$C+0,5O_2=CO$	0,481	0,841
C-CO ₂	0,12015	$C+O_2=CO_2$	0,320	0,441
Сума C	0,481		0,801	1,282
Si	0,298	$Si+O_2=SiO_2$	0,341	0,639
Mn	0,234	$Mn+0,5O_2=MnO$	0,068	0,302
P	0,048	$2P+2,5O_2=P_2O_5$	0,062	0,110
Сума	1,061		1,272	1,051

Необхідна кількість вапна 3,72 кг.

Приймаємо магній перехідний 0,9: у окислювальний період 0,6, а у відновний період 0,3.

Основність шлаку окислювального періоду $V=CaO/SiO_2=3,23$.

Вихід металу першого періоду 99,729 кг.

Чад складає 20 кг/т = 2.

Втрати металу при скачуванні шлаку 0,199 %.

Уточнений розрахунок кількості і складу шлаку окислювального періоду плавки приведений у табл. 2.7, а матеріальний баланс окислювального періоду плавки приведений у табл. 2.8.

Таблиця 2.7 – Уточнений розрахунок кількості і складу шлаку окислювального періоду плавки

Джерело надходження	Витрата, кг	Компоненти														Всього кг
		CaO		FeO		SiO ₂		Al ₂ O ₃		MnO		MgO		P ₂ O ₅		
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	
Метал							0,63857				0,30207				0,11030	1,05095
Залізна руда	5,837	0,300	0,01751		1,14136	5,750	0,33563	2,500	0,14592			0,300	0,01751	0,150		1,65793
Вапно	3,722	92,000	3,42407	0,860	0,03201	2,300	0,08560	1,000	0,03722			3,300	0,12282	0,100		3,70172
Магнезит	0,300	3,800	0,01140	2,700	0,00810	3,450	0,01035	0,100	0,00030			90,250	0,27075			0,30090
Всього		51,449	3,45298	17,604	1,18146	15,945	1,07015	2,733	0,18344	4,501	0,30207	6,125	0,41108	1,643	0,11030	6,71149

Таблиця 2.10 – Уточнений розрахунок кількості і складу шлаку відновного періоду плавки

Джерело надходження	Витрата, кг	Компоненти												Всього кг
		CaO		SiO ₂		S		Al ₂ O ₃		CaF ₂		MgO		
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	
Вапно	2,562	92,000	2,35713	2,500	0,06405	0,100	0,00256	1,000	0,02562			3,300	0,08455	2,53391
Плавиковий шпат	0,641	0,400	0,00256	3,100	0,01986	0,200	0,00128	0,200	0,00128	95,000	0,28500			0,30998
Магнезит	0,300	3,500	0,01050	3,450	0,01035			0,100	0,00030			90,250	0,27075	0,29190
Шамотний бій	1,068	0,700	0,00747	62,000	0,66187			35,000	0,37364			0,300	0,00320	1,04619
Метал 1-го періоду	99,530					0,025	0,02528							0,02528
Шлак 1-го періоду	0,671	51,449	0,34530	15,945	0,10701			2,733	0,01834			6,125	0,04111	0,51177
Феросплави	2,769					0,037	0,00102							0,00102
Всього		57,689	2,72296	18,287	0,86315	0,639	0,03014	8,881	0,41919	6,038	0,28500	8,466	0,39961	4,72005

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс окислювального періоду плавки

Внесено, кг		Отримано, кг	
Сталевий брухт	92,00000	Метал	99,52989
Чавун	8,00000	Шлак	6,71149
Залізна руда	5,83697	Чад	2,00000
Вапно	3,72182	Гази	1,28160
Магнезит	0,30000	Втрати при скачуванні	0,19946
Разом	109,85879	Разом	109,72244

Нев'язка матеріального балансу окислювального періоду

$$(109,85879 - 109,72244)/109,72244 = 0,12\%.$$

2.3.2 Відновний період плавки

У відновний період плавки виробляється визначення необхідної кількості розкислювачів і легуючих добавок.

Позначимо через X_2 вихід металу відновного періоду плавки:

$$X_2 = X_1 + P_{\text{O}_{\text{Mn}78}} + P_{\text{O}_{\text{O}100\text{A}}} + D_{\text{O}_{\text{N}65}} + D_{\text{I}-4} + P_k. \quad (2.1)$$

Зразковий хімічний склад шлаків відновного періоду приведено у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Зразковий хімічний склад шлаків відновного періоду, %

CaO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO
55	5-10	2-5	15-20	до 0,7

Коефіцієнт засвоєння вуглецю з коксу 0,6.

Вміст вуглецю в коксі 86,5.

Приймаємо коефіцієнт розподілу сірки 25. Тоді $(S) = 25 \cdot 0,013 = 0,31\%$.

Витрата феромарганцю 0,619618 кг, в нім сірки 0,000124 кг.

Витрата феросиліцію 0,316672 кг, в нім сірки 0,000063 кг.

Витрата ферохрому 1,649903 кг, в нім сірки 0,00033 кг.

Витрата нікелю металевого 0,157224 кг, в нім сірки 0,000063 кг.

Вага коксу 0,025825 кг, в нім сірки 0,000439 кг.

Всього феросплавів 2,769242 кг, сірки 0,001019 кг.

Вихід металу відновного періоду плавки 102,29914 кг.

Кількість сірки, яку необхідно видалити 0,013393 кг.

Необхідна кількість шлаку 4,285686 кг.

Необхідна кількість вапну в шлаку 2,562095 кг.

Приймаємо наступний склад шлакової суміші: вапно – 60%, плавиковий шпат 15%, шамотний бій 25%, вміст сірки в коксі 1,7%.

Вага плавикового шпату 0,641 кг. Вага шамотного бою 1,68 кг.

Уточнена кількість і склад шлаку відновного періоду плавки приведені в табл. 2.10.

Основність $B = \text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3,15$.

Вноситься закису заліза металом 1-го періоду 0,228 кг та шлаком 1-го періоду 0,118 кг.

Вноситься Fe_2O_3 : вапном 0,0154 кг, плавиковим шпатом 0,0038 кг, магнезитом 0,006 кг та шамотом 0,0214 кг.

У перерахунку на $\text{FeO} = 0,0629$ кг. Сумарно $\text{FeO} = 0,4085$ кг.

Приймаємо $[\text{Si}] \cdot [\text{FeO}] \cdot [\text{FeO}] = 0,0000602$ кг. $\text{FeO} = 0,015$ кг.

Вноситься закису заліза шлаком 2-го періоду 0,236 кг.

Відновиться 0,37 кг. Витрата вуглецю для відновлення 0,0617 кг.

Отримано газоподібних продуктів реакції 0,1439 кг.

Матеріальний баланс відновного періоду плавки приведено у табл. 2.11.

Нев'язка матеріального балансу 0,35%

Перевірки хімічного складу металу приведена у табл. 2.12.

Таким чином, розраховано матеріальний баланс окислювального та відновного періоду плавки сталі марки 12Х1МФ в ДСП-50 з основною футерівкою методом повного окислення .

Таблиця 2.11 – Матеріальний баланс відновного періоду плавки сталі марки 12Х1МФ

Внесено, кг		Отримано, кг	
Метал першого періоду	99,52989	Метал другого періоду	102,29914
Шлак першого періоду	0,67115	Шлак другого періоду	4,72005
Вапно	2,56209	Гази	0,14456
Плави́ковий шпат	0,64052		
Шамотний бій	1,06754		
Кокс	0,02582		
Магнезит	0,30000		
ФС65	0,31667		
ФМп78	0,61962		
ФХ100А	1,64990		
Н-4	0,15722		
Разом	107,54044	Разом	107,16375

Таблиця 2.12 – Перевірки хімічного складу металу сталі марки 12Х1МФ

Джерело надходження	кг										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Al	Co	Cu	P	S
Метал 1-го періоду	99,52989	0,05195	0,07589				0,00774			0,01171	0,02460
ФС65	0,31667	0,00031	0,00124	0,20121	0,00124					0,00015	0,00006
ФМп78	0,61962	0,04240	0,47244	0,03634	0,00000					0,00030	0,00012
ФХ100А	0,05195	0,07589		0,05195							
Н-4	0,00031	0,00124	0,20121	0,00031		0,15000		0,00108	0,00154		
Кокс	0,04240	0,47244	0,03634	0,04240							0,00043
Переходить в шлак											0,01339
Склад металу за ГОСТом: нижня межа верхня межа		0,1-0,15	0,4-0,7	0,17-0,37	0,9-1,2	до 0,3				до 0,03	до 0,025
Прийнято для розрахунку		0,12500	0,55000	0,27000	1,05000	0,1500				0,01500	0,01250
Отримано	102,29914	0,12412	0,54957	0,26981	1,04957	0,15000	0,00774	0,00108	0,00154	0,01266	0,01220

2.4 Розрахунок геометричних параметрів дугової сталеплавильної печі

Дугові сталеплавильні печі існують різної ємності (від 0,5 до 200 т) і з трансформаторами потужністю до 125 МВт. В табл. 2.13 та 2.14 наведено технічні дані типових дугових електросталеплавильних печей.

Таблиця 2.13 – Технічні дані дугових електропечей для фасонного литва

Параметр печі	Тип печі				
	ДСП-0,5	ДСП-1,5	ДСП-3,0	ДСП-6	ДСП10
Номінальна ємність, т	0,5	1,5	3,0	6,0	10,0
Діаметр кожуху, мм	1700	2400	2950	3020	3200
Потужність трансформатору, кВ·А	630	1250	2000	2050	2250
Діаметр графітованого електроду, мм	150	150	200	300	350
Діаметр розпаду електродів, мм	500	520	700	900	900
Діаметр ванни на рівні відкосів, мм	1000	1500	1800	2270	2350
Глибина ванни від порогу, мм	215	360	400	330	560
Маса металоконструкцій, т	5,2	11,3	28,8	45,0	23,6
Питома витрата електроенергії на розплавлення, кВт·ч/т	700	550	525	500	505

Таблиця 2.14 – Технічні дані дугових електропечей для виплавки сталі

Параметр печі	Тип печі				
	ДСП-12	ДСП-25	ДСП-50	ДСП-100НЗА	ДСП-200
Номінальна ємність, т	12	25	50	100	200
Діаметр кожуху, мм	4260	4700	5800	6900	8500
Потужність трансформатору, кВ·А	9000	15000	25000	50000	125000
Діаметр графітованого електроду, мм	350	400	500	610	610
Діаметр розпаду електродів, мм	1000	1250	1600	1600	1600+100
Діаметр ванни на рівні відкосів, мм	2740	3540	4560	5600	7330
Глибина ванни від порогу, мм	555	775	890	1100	1480
Маса металоконструкцій, т	90	168	276	460	850
Питома витрата електроенергії на розплавлення, кВт·ч/т	470	460	440	405	400

Зазвичай при проєктуванні дугової електросталеплавильної печі розрахунок включає наступні етапи:

- 1) розрахунок матеріального балансу;
- 2) розрахунок основних розмірів печі;
- 3) розрахунок енергетичного балансу;
- 4) розрахунок необхідної потужності трансформатору.

Плавка в ДСП за класичною технологією складається із наступних основних періодів: періоду розплавлення, окислювального, відновлювального періодів, періоду міжплавочних простоїв, що включає випуск, заправку, очистку і завалку. У перший період піч споживає найбільшу кількість електроенергії, тому розрахунки проводять тільки для періоду розплавлення.

Метою розрахунку матеріального балансу є визначення кількості і складу металу, шлаку, газів та вихідних матеріалів.

Енергетичний баланс складається з метою розрахунку сумарної кількості електричної енергії, яку необхідно виділити в ДСП у період розплавлення для подальшого визначення необхідної потужності пічного трансформатору.

Найбільш поширена форма ванни дугової сталеплавильної печі – сфероконічна з кутом між твірною та віссю конуса 45° (рис. 2.6).

Об'єм рідкого металу в ДСП ємністю $G = 25$ т дорівнює:

$$V = vG = 0,145 \cdot 25 = 3,625 \text{ м}^3,$$

де $v = 0,145 \text{ м}^3/\text{т}$ – питомий об'єм рідкої сталі.

Діаметр дзеркала металу розраховуємо по формулі:

$$D_1 = 2000 * C * \sqrt[3]{V} = 2000 * 1,067 * \sqrt[3]{3,625} = 3278,2 \text{ мм} = 3,3 \text{ м}.$$

де коефіцієнт C обираємо із нижченаведеної таблиці (із збільшенням ємності печі співвідношення D/H зростає). Тому для ДСП-100 приймаємо значення $C = 1,085$.

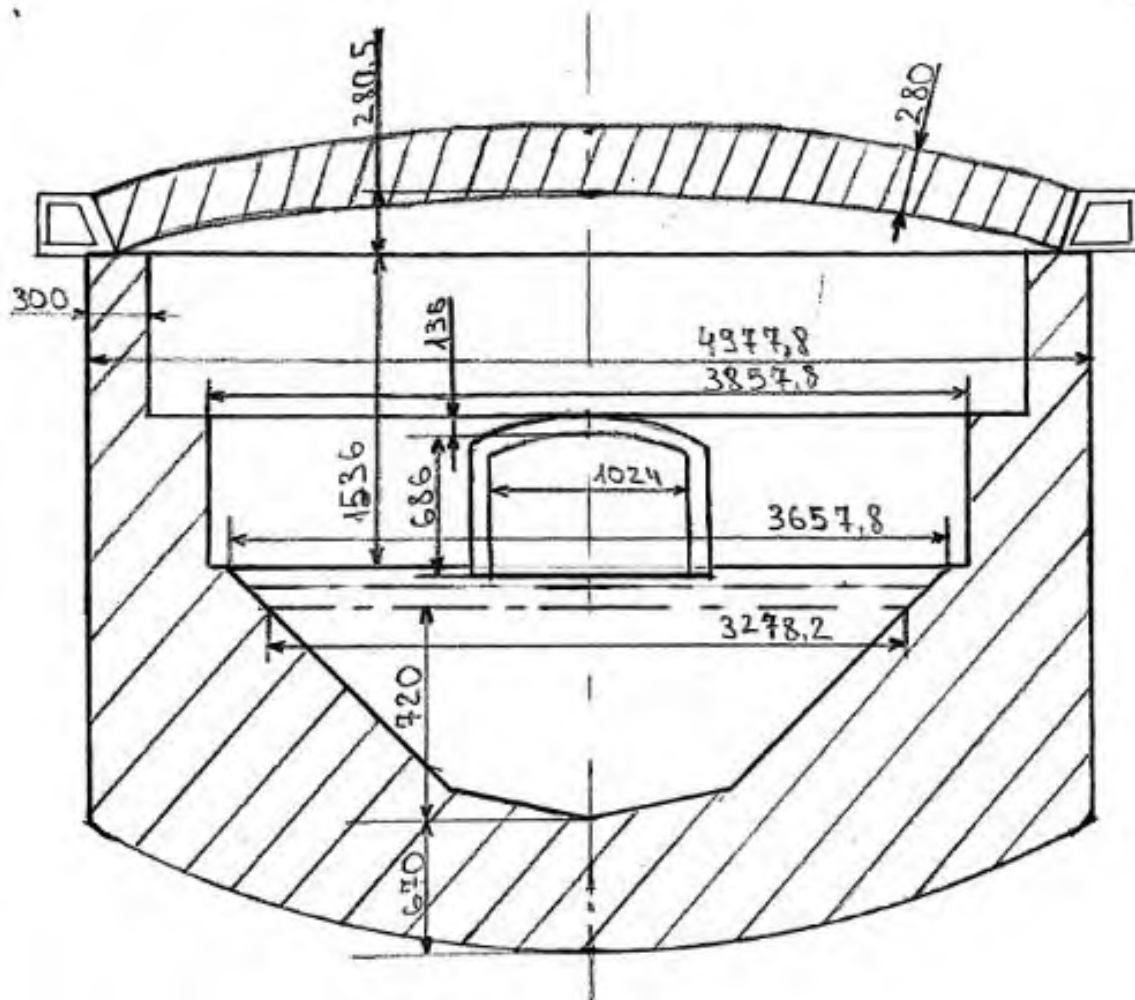


Рисунок 2.6 – Ванна дугової сталеплавильної печі

D/H	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
C	1,043	1,064	1,085	1,106	1,127	1,149	1,165

Глибина ванни рідкого металу $H_B = \frac{3,3}{4,57} = 0,72 \text{ м}$.

Об'єм шлаку звичайно складає 20% від об'єму металу в невеликих печах і 10-17% в крупних. Приймаючи розрахунковий об'єм шлаку $0,1 * V_{мет}$, знайдемо:

$$V_{Ш} = 0,2 * 3,625 = 0,725 \text{ м}^3.$$

звідки визначимо висоту шару шлаку:

$$H_{Ш} = \frac{4 * 0,725}{3,14 * 3,3^2} = 0,0848 \text{ м} = 84,8 \text{ мм}.$$

і діаметр дзеркала шлаку:

$$D_{III} = 3278,2 + 2 * 84,8 = 3447,8 \text{ мм.}$$

Рівень порога робочого вікна повинен розташовуватись вище рівня дзеркала шлаку на 40 мм, а рівень відкосів – на 65 мм вище рівня порогу робочого вікна. Тоді діаметр ванни на рівні відкосів дорівнюватиме:

$$D_B = 3278,2 + 2 * (84,8 + 40 + 65) = 3657,8 \text{ мм.}$$

Діаметр циліндричної частини ванни:

$$D_{CT} = D_B + 200 = 3657,8 + 200 = 3857,8 \text{ мм.}$$

Висота плавильного простіру H_{III} і товщина футеровки подини залежить від ємності печі:

G_T	0,5 – 6,0	12 - 50	> 100 т
НПЛ/ DB	0,5 – 0,45	0,45 – 0,4	0,38 – 0,34
$\delta_{п, \text{ мм}}$	450 – 550	600 – 700	800 – 1000

Відповідно до наведених рекомендацій знаходимо:

$$H_{III} = 0,42 * 3657,8 = 1536 \text{ мм}$$

Товщина футеровки подини визначається за формулою:

$$E = (0,39 \div 0,40) * \sqrt[6]{G}, \text{ м.}$$

З цього розміру на теплоізоляційний шар футеровки подини (при його наявності) звичайно приходиться 100-150 мм (для печей $G=0,5-1,5$ т), 150-170 мм (3-10 т), 170-220 мм (15-40 т) і 220-250 мм (вище 40 т). Залишок приходиться на товщину набивного магнезитового шару і вогнетривкої магнезитової цегли. Товщина набивного шару складає 150 мм у невеликих печей і до 250-300 мм для крупних.

Тобто $E = 0,3925 * \sqrt[6]{25} = 0,67 \text{ м} = 670 \text{ мм.}$

Діаметр кожуху печі D_K перевищує діаметр плавильного простіру на подвоєну товщину футеровки стін:

$$D_K = 3857,8 + 2 * (380 + 180) = 4977,8 \text{ мм.}$$

Відповідно для товщини вогнетривкого і теплоізоляційного шару стін рекомендовано наступні значення:

При ємності печі 0,5-1,5 т $P_{\text{вогн}} = 230 \text{ мм};$ $P_{\text{тепл}} = 100 \text{ мм.}$

3-10 т	$P_{\text{вогн}} = 300 \text{ мм};$	$P_{\text{тепл}} = 100-150 \text{ мм}.$
15-40 т	$P_{\text{вогн}} = 350-400 \text{ мм};$	$P_{\text{тепл}} = 150-200 \text{ мм}.$
> 40 т	$P_{\text{вогн}} = 400-450 \text{ мм};$	$P_{\text{тепл}} = 200 \text{ мм}.$

Товщину магнезитової футеровки у верхній частині стін приймаємо $\delta_{\text{ст}} = 300 \text{ мм}.$

Кожух печі виготовляють із листової сталі товщиною:

$$\Delta_K \approx \frac{D_K}{200} = \frac{4977,8}{200} = 25 \text{ мм}.$$

Склепіння виконують з хромомагнезитової цегли товщиною $\delta_{\text{скл}}=230-250$ мм для печей ємністю до 10 т; 250-300 мм для печей 15-30 т і 300-350 мм для крупних печей.

Стрілу прольоту склепіння печі приймаємо такою, що дорівнює $(0,08-0,10)D_1$ (внутрішнього діаметру), тобто

$$h_{\text{СКЛ}} = 0,085 * 3300 = 280,5 \text{ мм}.$$

Висота робочого простору від рівня порога робочого вікна, до найбільш високої частини склепіння:

$$L = h_{\text{СКЛ}} + H_{\text{ПЛ}} = 280,5 + 1536 = 1816,5 \text{ мм}.$$

Розміри робочого вікна обираємо з урахуванням зручності завантаження в піч шлакоутворюючих і легуючих матеріалів мульдами, а також можливістю заправки через нього подини і стін по всьому периметру печі.

Ширина робочого вікна дорівнюватиме:

$$M = 0,28 * 3657,8 = 1024 \text{ мм}.$$

де $p=0,33$ для печей до 10 т; 0,3-0,26 для печей 15-40 т і 0,25-0,22 для більш крупних печей.

Висота робочого вікна: $N = (0,65 \div 0,70) * M = 686 \text{ мм}.$

Стріла його арки: $\Delta N = (0,13 \div 0,14) * M = 136 \text{ мм}.$

Діаметр електродного отвіру в склепінні d_0 повинен бути більше за діаметр електроду $d_{\text{ел}}$:

$$d_0 = 0,4 + 2 * 0,015 = 0,43 \text{ м}.$$

Приймаємо зазор d 0,01 м при діаметрі електроду 0,1-0,3 м; 0,015 – для електродів діаметром 0,3-0,5 м і 0,02 м для електродів діаметром вище 0,5 м. Ці значення відносяться до графітованих електродів; для вугільних – вони повинні бути подвоєні.

Вельми важливим розміром є також діаметр розпаду електродів – діаметр окружності, на якій розташовано вісі електродів. Цей розмір визначається із вимог, щоб електродотримачі не стикались при русі і забезпечувалась потрібна міцність центральної частини склепіння. Діаметр розпаду електродів визначається за рівнянням:

$$D_{P.E.} = 0,33 * 3,3 = 1,089 \text{ мм.}$$

де величина q є функцією діаметра електроду. Для графітованих електродів діаметром 0,1-0,3 м q 0,35, для електродів діаметром 0,3-0,5 м q 0,33 і для електродів більше 0,5 м q 0,30. Для вугільних електродів значення q приймаємо на 15% більше.

2.5 Розрахунок кількості МБЛЗ

2.5.1 Вибір швидкості розливки металу та обчислення довжини зони вторинного охолодження

Приймаємо для розливки трубної сталі МБЛЗ криволінійно-радіального типу.

Швидкість розливки металу залежить від багатьох факторів, але насамперед від товщини заготовки. Приймаємо переріз заготовки трубної сталі 200x275 мм.

В табл. 2.15 наведено залежність швидкості розливання від товщини заготовки. Для заготівки товщиною 200 мм приймаємо середню швидкість витягування $V_{сер} = 0,8 \text{ м/хв.}$

При проектуванні МБЛЗ передбачається можливість збільшення швидкості витягування. В розрахунку резерв швидкості прийнято 50%.

Таблиця 2.15 – Залежність швидкості витягання заготовки від її товщини

Товщина заготовки, мм	Середня швидкість витягання, м/хв	Максимальна швидкість витягання, м/хв
До 150	1,0 – 2,0	2,0 – 3,5
150 – 250	0,6 – 1,0	1,6 – 2,4
250 – 350	0,4 – 0,6	0,8 – 1,6

Резервна швидкість розливки:

$$V_{\text{рез}} = V_{\text{сер}} + 0,5 * V_{\text{сер}} = 0,8 + 0,5 * 0,8 = 1,2 \text{ м/хв.}$$

Час повного затвердіння заготовки розраховуємо по формулі:

$$\tau_{\text{к}} = \frac{b^2}{4 * k^2} = \frac{200^2}{4 * 28^2} = 12,8 \text{ хв,}$$

де b – товщина заготовки, мм;

k – коефіцієнт твердіння, мм/хв^{1/2}. Приймаємо ($k = 28$ мм/хв^{1/2}).

Довжина зони вторинного охолодження:

$$Z_{\text{вт.охол.}} = V_{\text{рез}} * \tau_{\text{к}} = 1,2 * 12,8 = 15,36 \text{ м.}$$

Довжина тягнутої кліти $Z_{\text{т.к.}}$ приймається в межах 2 – 3 м.

2.5.2 Розрахунок тривалості циклу роботи МБЛЗ

Приймаємо максимальну швидкість витягування $V_{\text{макс.}} = 2$ м/хв.

Час введення затравки τ_1 складе:

$$\tau_1 = \frac{Z_{\text{вт.охол.}} + Z_{\text{т.к.}}}{V_{\text{макс.}}} = \frac{15,36 + 3}{2} = 9,18 \text{ хв.}$$

Приймаємо час підготовки кристалізатору до роботи $\tau_2 = 10$ хв. і установки сталерозливного ковша на стенд $\tau_3 = 3$ хв.

Тоді загальний час підготовки МБЛЗ до розливання сталі складе:

$$\tau_{\text{п}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 9,18 + 10 + 3 = 22,18 \text{ хв.}$$

Масова швидкість розливки на один рівчак q , т/хв.:

$$q = a * b * V_{\text{сер}} * \rho,$$

де a, b – розміри сторін прямокутного перетину заготовки, м;

ρ – густина рідкого металу (7,0 т/м³).

Для заготовки перетином 200x275 мм:

$$q = 0,200 * 0,275 * 0,8 * 7,0 = 0,308 \text{ т/хв.}$$

Ємність проміжного ковша ($m_{п.к.}$) становить 10-25 % від маси рідкого металу у сталерозливному ковші. Приймаємо 10 %:

$$m_{п.к.} = 0,25 * 280 = 70 \text{ т.}$$

Час наповнення проміжного ковша:

$$\tau_{н.п.к.} = \frac{m_{п.к.}}{n_{кр.} * q} = \frac{70}{4 * 0,308} = 56,81 \text{ хв,}$$

де $n_{кр.}$ – кількість ручийків.

Час розливання плавки при розливанні заготовок перетином 200x275 мм:

$$\tau_{р.пл.} = \frac{m_{ст.к.}}{n_{кр.} * q} = \frac{280}{4 * 0,308} = 227,27 \text{ хв.}$$

Час закінчення видачі заготовки з МБЛЗ:

$$\tau_{зак.в.з.} = \frac{Z_{вт.охол.} + Z_{т.к.}}{V_{сер}} = \frac{15,36 + 3}{0,8} = 22,95 \text{ хв.}$$

У цеху 90% всіх плавок будуть розливатися методом «плавка на плавку», а 10 % одиночними плавками (для заданого перетину заготовки).

Тоді тривалість циклу розливання серії з чотирьох плавок складе:

$$\tau'_{ц} = \tau_{п} + \tau_{н.п.к.} + \tau_{р.пл.} * 4 + \tau_{зак.в.з.}$$

$$\tau'_{ц} = 22,18 + 56,81 + 227,27 * 4 + 22,95 = 1011,02 \text{ хв.}$$

Середня тривалість одного розливання в серії:

$$\tau' = \frac{\tau'_{ц}}{4} = \frac{1011,02}{4} = 252,755 \text{ хв.}$$

Тривалість розливання одиночної плавки:

$$\tau = \tau_{п} + \tau_{н.п.к.} + \tau_{р.пл.} + \tau_{зак.в.з.}$$

$$\tau = 22,18 + 56,81 + 227,27 + 22,95 = 329,21 \text{ хв.}$$

Час середньої тривалості розливання однієї плавки по цеху:

$$\tau_{сер.р.пл.} = 252,755 * 0,9 + 329,21 * 0,1 = 260,4 \text{ хв.}$$

2.5.3 Розрахунок продуктивності МБЛЗ

Кількість робочих днів у році:

$$A = 365 - 30 = 335 \text{ днів,}$$

де 30 днів відводиться на ремонт (з них 24 дні – профілактичний ремонт, 6 днів – капітальний).

Річна продуктивність МБЛЗ при повному завантаженні визначається:

$$E = \frac{335 * 24 * 60 * 280 * 0,98}{260,4} = 508335,48 \text{ т.}$$

де 0,98 – вихід придатних зливків з рідкого металу;

280 – маса рідкого металу в ковші;

260,4 – середня тривалість розливання однієї плавки;

24 – кількість годин у добі;

60 – кількість хвилин у годині.

Для забезпечення розливання річного виробництва сталі в обсязі 2,0 млн.т буде потрібно МБЛЗ:

$$\frac{2000000}{508335,48} = 3,934.$$

Приймаємо чотири МБЛЗ (оскільки при отриманні дрібного числа його слід округляти тільки в більшу сторону).

Річна потужність трьох МБЛЗ складе:

$$508335,48 * 4 = 2033341,92 \text{ т/рік.}$$

Коефіцієнт використання потужності МБЛЗ:

$$\frac{2000000}{2033341,92} * 100\% = 98,36\%.$$

3 ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗРАЗКІВ, ВИКОНАНИХ З ФРАГМЕНТІВ ТРУБ ПАРОПРОВОДІВ ЗІ СТАЛІ 12Х1МФ

Експлуатація котельного обладнання теплових електростанцій (ТЕС) відбувається під впливом механічних та температурних напруг, статичних та динамічних навантажень, корозійно-активних середовищ, компенсаційних навантажень тощо. Результатом такого впливу є зміни структурно-фазового складу, пошкодження поверхонь нагріву та внутрішніх частин, зумовлені перебігом корозійно-ерозійних процесів.

Деградація структури, виникнення напруги, корозійних виразок та іншого в металі елементів такого обладнання призводить до виникнення ризиків аварійних ситуацій, непланових зупинок, відмови обладнання та інше. Тому комплексний підхід, що включає вивчення багатofакторного впливу на зміну структури та виникнення ушкоджень поверхонь нагріву металу котельного обладнання для проведення аналізу причин ушкоджень з метою визначення ресурсу працездатності, із застосуванням сучасних методик має особливу актуальність.

3.1 Вплив умов експлуатації металу, з якого виготовлено котельне обладнання на ушкоджувальність та довговічність

Метал, з якого виготовлено паропроводи, пароперегрівачі, колектори та інші елементи котла теплоелектростанції, з часом зазнає фазових і структурних перетворень і, як наслідок, зміни механічних властивостей. Внаслідок тривалого впливу високих температур і тисків безперервно протікають процеси, що призводять як до зміцнення, так і до зміцнення сталі. Вивчення процесів, що протікають у металі внаслідок впливу високих температур (понад 500 °С) протягом тривалого часу, має велике значення для забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності котельного обладнання. Усі структурні

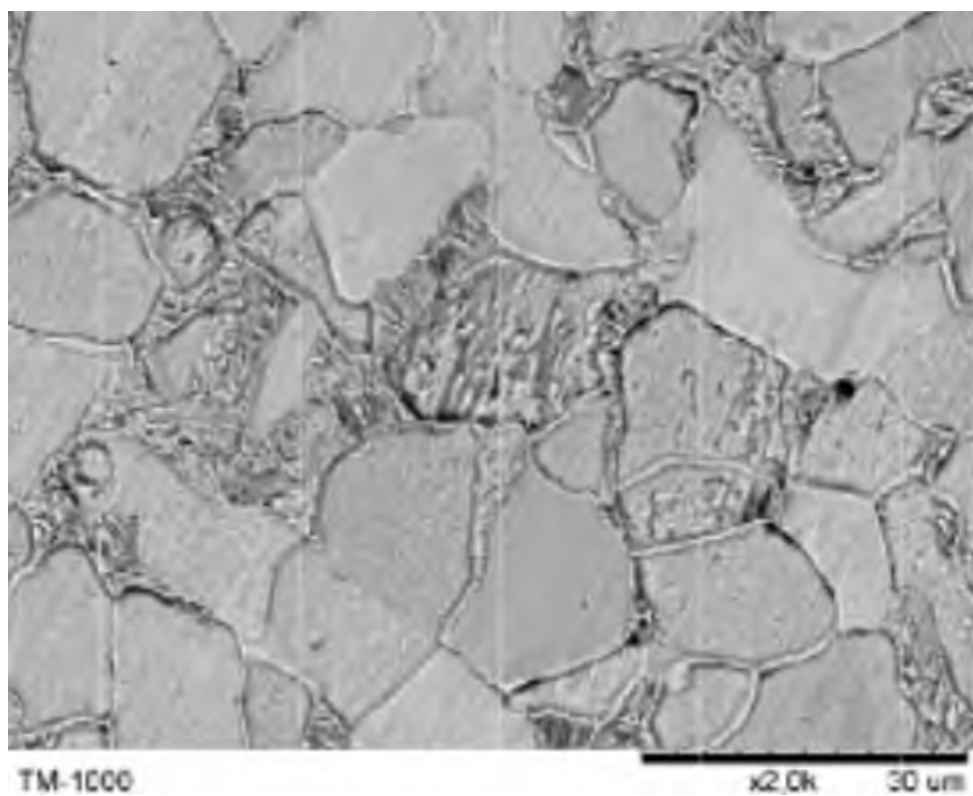
зміни, що відбуваються в перлітних сталях, до яких відносяться сталі марок 16М, 12МХ, 15ХМ та 12Х1МФ, у процесі їх експлуатації, можна звести до наступних основних моментів: зміни у фериті та перліті та зміни по межах зерен.

3.2 Дослідження мікроструктури та властивостей сталі 12Х1МФ

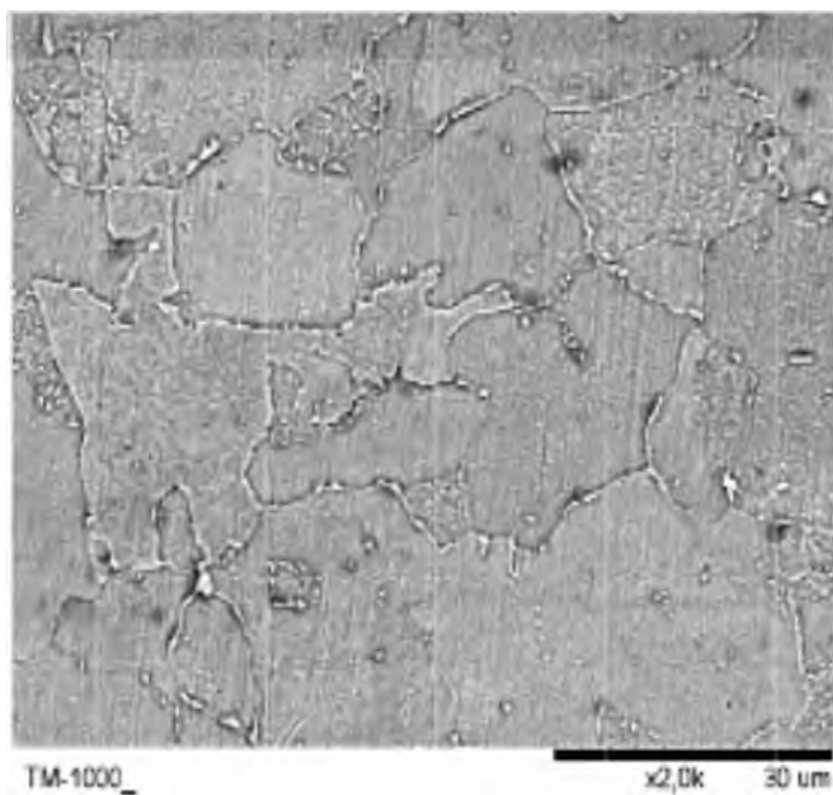
Вихідна структура сталі марки 12Х1МФ складається з фериту пластинчастого перліту (рис. 3.1а). На початковому етапі процесу експлуатації спостерігається виділення дисперсних фаз у твердому розчині та сфероїдизація цементиту в перліті (рис. 3.1б). Зміни у структурі металу, що безперервно протікають протягом тривалого часу, впливають на комплекс механічних властивостей: виділення карбідної фази в твердому розчині призводить до підвищення твердості та міцності за рахунок ефекту дисперсійного твердіння. У табл. 3.1 наведено результати зміни мікротвердості структурних складових сталі до та після експлуатації. Підвищення твердості металу притаманно початковій стадії процесу. Подальша експлуатація призводить до протікання сфероїдизації та, як наслідок, зниження твердості.

Збільшення розмірів карбідної фази прискорює процеси повзучості та призводить до зниження терміну експлуатації. Відмінною особливістю досліджених паропроводів з терміном експлуатації понад 100 тис. год. є наявність структури, що складається з фериту та вторинної фази, розташованої у вигляді безперервного ланцюжка по межах зерен фериту (рис. 3.2).

Результати енергодисперсійного аналізу окремих фаз (рис. 3.3) показують великий вміст вуглецю та легуючих карбідоутворюючих елементів (хром, ванадій, молібден) у вторинній фазі (спектри 1, 2, 3) та їх практична відсутність у спектрі 4, відповідному твердого розчину. Отримані результати дозволяють дійти невтішного висновку, що у межах зерен відбувається виділення карбідної фази. Виділення карбідної фази обумовлено перебігом прискореної дифузії легуючих елементів до меж зерен під впливом високих температур.



а



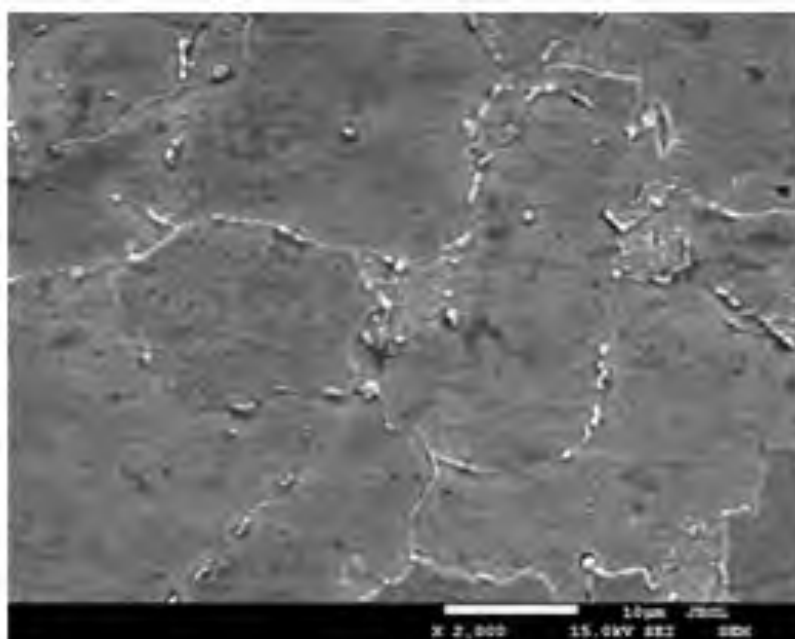
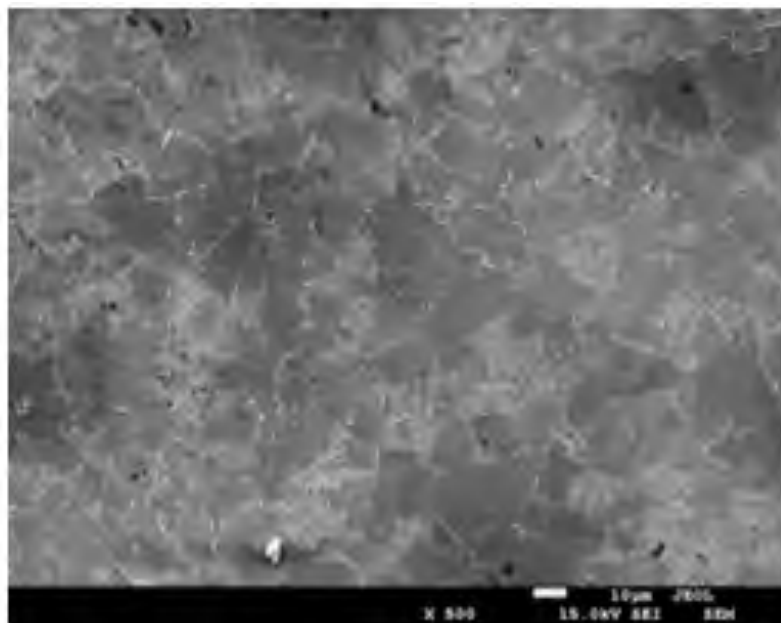
б

а – вихідна структура; б – структура після експлуатації

Рисунок 3.1 – Мікроструктура сталі 12Х1МФ до та після експлуатації, x2000

Таблиця 3.1 – Мікротвердість структурних компонентів сталі 12Х1МФ

Мікротвердість до експлуатації, МПа		Мікротвердість після експлуатації, МПа	
ферит	перліт	ферит	перліт
650	1750	1144	2450



а – при х 500; б – при х 2000

Рисунок 3.2 – Мікроструктура сталі 12Х1МФ, спостерігається виділення вторинної фази за межами зерен

Утворення карбідної фази призводить до збіднення твердого розчину (фериту) легуючими елементами, що викликає зниження міцності і, як наслідок, зниження межі повзучості.

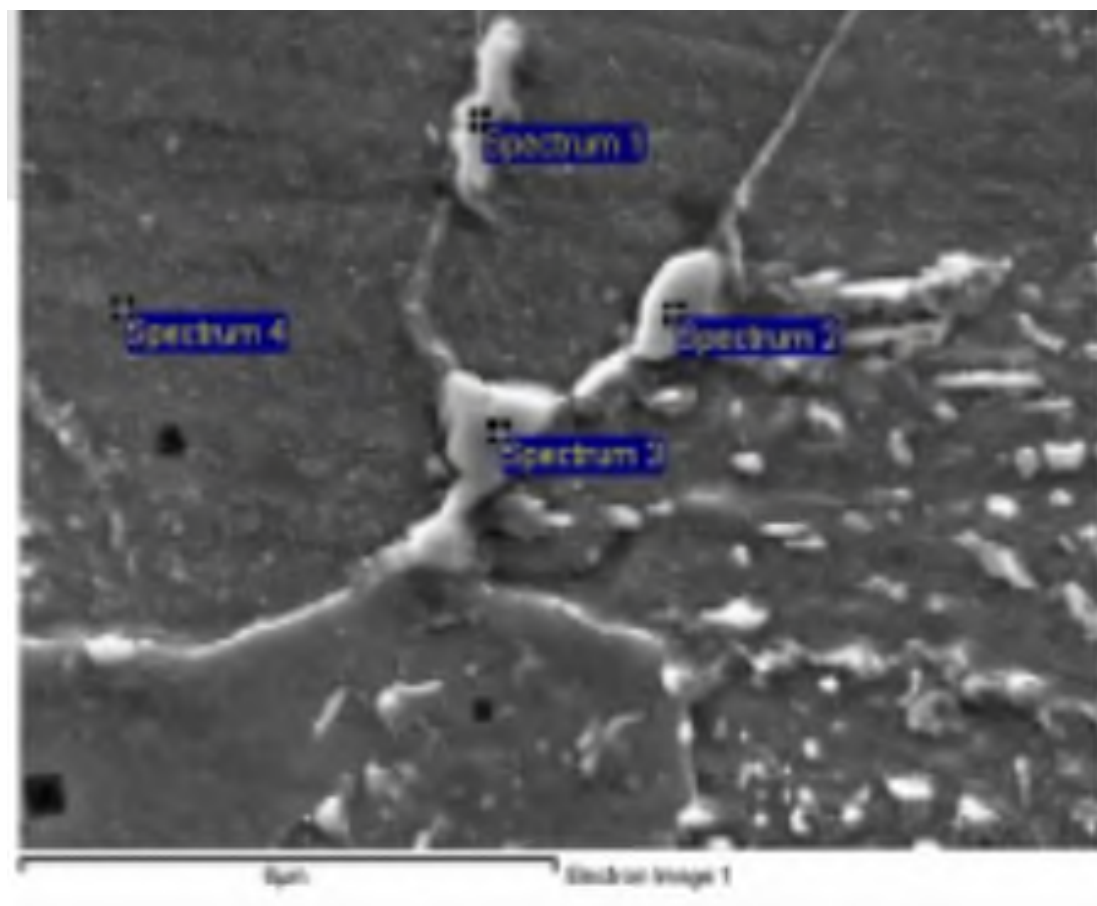


Рисунок 3.3 – Енергодисперсійний аналіз сталі 12X1МФ

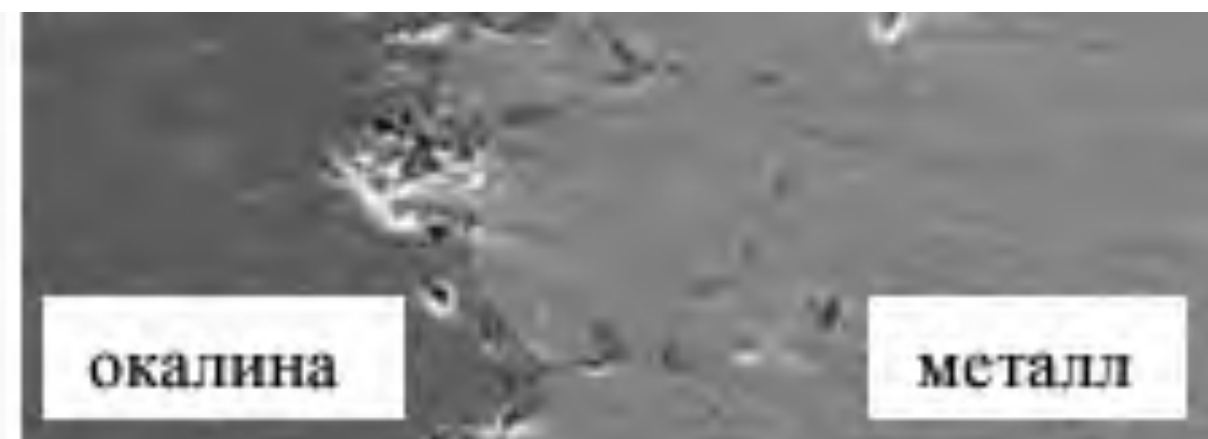
3.3 Дослідження процесу корозії сталі 12X1МФ

Проведений структурно-фазовий аналіз зовнішнього корозійного шару (окалини), утвореного в результаті впливу топкових газів при згорянні вугільного пилу, показав, що шар є гетерогенною системою, що складається з декількох зон (рис. 4а). Утворення корозійного шару спричиняє збіднення твердого розчину легуючими елементами та зниження його корозійної стійкості. Зниженню корозійної стійкості також сприяє карбідна фаза, що формується по межах зерен. карбіди і ферит мають різницю потенціалів, яка за наявності електроліту призводить до утворення гальванічних пар і, як наслідок,

протікання електрохімічної корозії. Проведені на нетравлених зразках металографічні дослідження (рис. 3.4) показують наявність неметалевих включень на межі зерен. Енергодисперсійний аналіз точкових спектрів (рис. 3.5) виявляє великий вміст кисню у спектрах 1 та 2 та його відсутність у 3-му спектрі.



а



б

а – при $\times 250$; б – при $\times 1000$

Рисунок 3.4 – Газова корозія

Таким чином, проведені дослідження деградації структури сталі 12Х1МФ у процесі тривалої високотемпературної експлуатації показують протікання фазових та структурних перетворень на різних термінах експлуатації, що призводять до сфероїдизації карбідної фази та збіднення твердого розчину легуючими елементами, що викликає значне зниження характеристик міцності.

Внаслідок впливу атмосфери топкових газів на зовнішню поверхню труби відбуваються корозійні процеси, що тягнуть за собою міжкристалітну корозію.

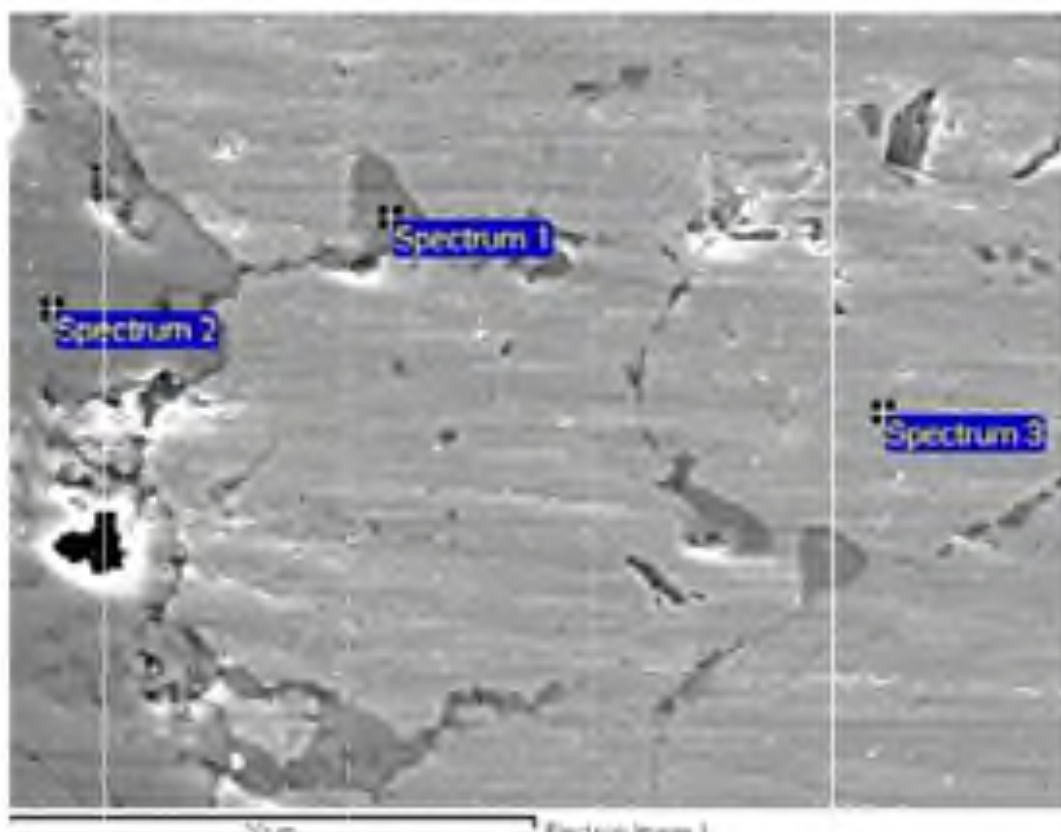


Рисунок 3.5 – Енергодисперсійний аналіз

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Правила охорони праці при виробництві труб

На підприємствах з виробництва сталевих труб роботодавець розробляє та затверджує Положення про службу охорони праці відповідно до Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці.

Усі діючі підприємства повинні мати затверджені роботодавцем інструкції з охорони праці.

Працівники підприємства, які у встановленому порядку не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, до роботи не допускаються.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити всіх працівників трубного підприємства спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, а також запобіжними пристосуваннями відповідно до вимог Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду.

Для створення допустимих санітарно-гігієнічних умов праці в трубних цехах металургійних підприємств необхідно передбачати:

- ефективну аерацію будинків та споруд;
- установку вентиляційних та аспіраційних пристроїв, повітряне й повітряно-водяне душення робочих зон і робочих місць;
- кондиціонування повітря;
- широке використання засобів колективного та індивідуального захисту;
- нормальне освітлення приміщень;
- захист від джерел тепловипромінювання, електричних,

електромагнітних і магнітних полів, ультразвуку, шуму;

- систематичне та ретельне прибирання приміщень.

4.2 Шкідливі фактори при виробництві труб

У трубному виробництві на працівників можуть впливати такі шкідливі фактори:

- тверді і газоподібні токсичні речовини. Кількість і склад токсичних речовин залежить від використовуваних під час виробництва труб матеріалів. У зону дихання працівників можуть надходити токсичні речовини, що містять у складі твердої фази різні метали (залізо, хром, нікель, мідь, титан, алюміній тощо), їх окисні та інші сполуки, а також газоподібні токсичні речовини. Вплив на організм працівників цеху твердих та газоподібних токсичних речовин може стати причиною хронічних і професійних захворювань;

- випромінювання в оптичному діапазоні (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне). При відсутності захисту можлива поразка органів зору;

- теплове (інфрачервоне) випромінювання виробів трубного виробництва, інтенсивність якого залежить від температури попереднього підігріву виробів, їх габаритів тощо. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання може привести до порушень терморегуляції, навіть до теплового удару. Контакт із нагрітими виробами може викликати опіки;

- шум, джерелами якого є вентилятори, пневмопроводи, джерела живлення та інші. Вплив шуму на організм працівника трудного цеху залежить від спектральної характеристики і рівня звукового тиску;

- іскри, бризки і викиди розплавлених матеріалів можуть стати причиною опіків працівників;

- електромагнітні поля. Характер їх впливу на організм працівника

визначається інтенсивністю і тривалістю такого впливу;

- ультразвук, джерелами якого є різні ультразвукові установки. Дія ультразвуку залежить від його спектральної характеристики, інтенсивності і тривалості впливу;

- напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло працівника;

- іонізація повітря робочої зони з утворенням позитивно та негативно заряджених іонів;

- локальна вібрація, джерелом якої є пневматичні інструменти та інші;

- статичне навантаження. У результаті перенапруги можуть виникати захворювання нервово-м'язового апарату плечового пояса.

З точки зору охорони праці та техногенної безпеки умови праці в електросталеплавильному цеху металургійного підприємства повинні відповідати наступним нормативним документам:

- ДСТУ prEN 12937-2002. Безпечність машин. Технічні правила та вимоги до підйимально-транспортних засобів (prEN 12937:1997, IDT);

- ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою;

- НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні;

- ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги;

- ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення;

- ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги;

- ДСТУ Б EN 15242:2015. Вентиляція будівель. Розрахункові методи визначення витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації (EN 15242:2007, IDT);

- ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ; прийнятий з 01.12.1999 р. №42. Київ, 12 с.;

– та інші.

4.3 Вимоги безпеки, що пред'являються перед початком роботи з трубами котельного обладнання

Вимоги безпеки, що пред'являються перед початком роботи з трубами котельного обладнання:

- необхідно одягти передбачений нормами спеціальний одяг;
- треба перевірити наявність первинних засобів пожежогасіння;
- треба ознайомитися із записами у змінному журналі і перевірити справність котлів, що обслуговуються, устаткування, а також справність аварійного освітлення, телефонного зв'язку (звукової сигналізації) для виклику в екстрених випадках представників адміністрації і зв'язку котельні з місцями споживання пари.

4.4 Навчання з питань охорони праці

Навчання та інструктаж працівників металургійної галузі з питань охорони праці є складовою частиною системи управління охороною праці в галузі.

Навчання та інструктаж працівників з охорони праці на підприємстві проводиться відповідно до «Типового положення про порядок проведення, навчання та перевірки знань з питань охорони праці» НПАОП 0.00-4.12-05 (Наказ Держпромгірнагляду №15 від 26.10.2005). Усі працівники при прийомі на роботу та під час роботи проходять на підприємстві навчання, а також інструктаж з охорони праці, надання першої допомоги потерпілим внаслідок нещасних випадків, опіків та отруень хімічними речовинами, та ознайомлюються з правилами поведінки при виникненні аварій. Працівники, що виконують роботи з підвищеною небезпекою чи працюють там, де є необхідність у професійному відборі, проходять попереднє спеціальне навчання

і перевірку знань з питань охорони праці в терміни, встановлені відповідними галузевими нормативними актами про охорону праці, але не рідше одного разу на рік. Результати перевірки знань працівників з охорони праці оформлюються протоколом. Організація навчання і перевірки знань з охорони праці на галузевих підприємствах покладається на працівників відділу кадрів або іншої служби роботи з персоналом. Враховуючи сучасні соціально-економічні умови і реальні потреби, актуальними в СУОП металургійних підприємств є забезпеченість служби охорони праці підприємств кваліфікованими фахівцями з відповідною професійною орієнтацією. Реалізація цієї функції покладена на вищі навчальні заклади Міністерства освіти і науки України, Держгірпромнагляд та Національний науково-дослідний інститут охорони праці.

4.5 Регламентация процесу праці

Загальні вимоги до режиму праці та відпочинку встановлені працезахоронним законодавством, а на підприємстві – правилами внутрішнього трудового розкладу. Існує ряд робіт, де ті чи інші обмеження зумовлені шкідливими і небезпечними факторами трудового процесу, які з погляду безпеки є визначальними в питаннях організації праці. Так, нормативними актами регламентується загальна тривалість безупинного впливу шкідливих факторів чи роботи протягом зміни, наприклад, при вібраційному навантаженні, час безупинного перебування в кесонах, тривалість виконання звичайних аварійно-рятувальних робіт, робіт в умовах високої чи низької температури тощо, при високих концентраціях хімічних речовин в повітрі робочої зони, при роботі з радіоактивними речовинами та інші. Існують регламентації щодо праці неповнолітніх, обов'язкового зупинення робіт при несприятливих умовах (низька температура, велика швидкість руху повітря, снігопад, шторм, гроза). Виконання регламентованих робіт здійснюється із функціонуванням нарядної системи, за допомогою якої визначаються і

доводяться до виконавців види й обсяги робіт, терміни виконання, способи і засоби. Для їх виконання, узгоджуються дії всіх служб, дільниць, бригад, груп та окремих осіб за умови обов'язкового проведення заходів щодо забезпечення безпечних і безаварійних умов праці. Ці заходи відображаються в письмовому завданні (наряді, наряді-допуску).

4.6 Атестація робочих місць щодо умов праці, паспортизація об'єктів

Основна мета атестації робочих місць полягає в регулюванні відносин між керівником і працівником у частині реалізації прав на здоров'я і безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги і компенсації за роботу в несприятливих умовах. Атестація здійснюється на робочих місцях підприємства, де існують шкідливі й небезпечні виробничі фактори. На металургійних підприємствах атестація робочих місць обов'язкова.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз сортаменту сталей, що виплавляються нині, показав, на актуальність виплавки трубних марок сталей, зокрема, сталі для трубопроводів класів А, В; сталі для трубопроводів класів Х42-Х80; сталі для виробництва обсадних та насосно-компресорних труб класів від Н40 до Q125; сталі для виробництва труб класів S275JOH, S275J2H, S355JOH, S355J2H, S355K2H, S355NH, S355NHL; сталі для виробництва труб класів P195TR1, P195TR2, P235TR1, P235TR2, P265TR1, P265TR2 EN 10216-1; сталі для виробництва труб класів P195GH, P235GH, P265GH EN10216-2; сталі марок 16Mo3, 13CrMo4-5, 10CrMo9-1; сталі для виробництва труб класів L210GA, L235GA, L245GA, L290GA; сталі марок 10, 20, 35, 45; сталі марок 09Г2С, 15ГФ; сталі марок 18ХГТ, 32ХА, 20Х, 40Х та інших.

2. Проаналізовано вітчизняні та міжнародні стандарти, технічні умовами, згідно яких регламентується виробництво, постачання, маркування, експлуатація, замовлення, зберігання, випробування та інше різних груп трубних марок сталей.

3. Розглянуто призначення, фізико-механічні властивості, особливості мікроструктури сталі марки 12Х1МФ. Показано, що сталь 12Х1МФ має ферито-перлітну структуру з характерним розміром зерна 30-50 мкм.

4. Запропоновано технологічну схему виробництва жароміцної низьколегованої сталі марки 12Х1МФ. Розглянуто технологію виплавки сталі марки 12Х1МФ в дуговій сталеплавильній печі типу ДСП-50 з подальшою позапічної обробкою на установці піч-ківш з плазмовим нагрівом.

5. Наведено результати дослідження мікроструктури і властивостей зразків, виконаних з фрагментів труб паропроводів зі сталі 12Х1МФ. Дослідження дозволяють визначити вплив тривалого впливу температури і тиску на деградацію мікроструктури на зразках.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Призначення сталевих труб: типи і їх використання. URL: https://mukachevo.net/news/pryznachennia-stalevykh-trub-tyпу-i-yikh-vukorystannia_789515.html (дата звернення: 09.06.2024).
2. Переваги та застосування сталевих труб. URL: <https://ua.tytsteeltubes.com/news/the-benefits-and-application-of-steel-pipes-64140031.html> (дата звернення: 09.06.2024).
3. Класифікація сталевих труб – основні типи і види. URL: <https://kt-stal.com.ua/ru/klassifikaciya-stalnykh-trub-osnovn> (дата звернення: 09.06.2024).
4. Сталі для виробництва трубної продукції. URL: <https://interpipe.biz/clients/steelproduction/product/14> (дата звернення: 09.06.2024).
5. Стелеві труби EN 10208-1,2 L290NB/1.0484. URL: <https://asynt.net/product/stalnye-truby-en-10208-12-l290nb-1-0484/> (дата звернення: 09.06.2024).
6. Труба безшовна 194x16 ст.20. URL: <https://truba-stalnaya.com.ua/product/194h12-st-20-truba/> (дата звернення: 09.06.2024).
7. Труба сталева 146x17 ст. 40X. URL: <https://ambar.org.ua/truba-staleva-146h17-st-40h?srsltid=AfmBOorQB-ЮiC5Ax8yK10EVo1hA8rrhPWpJpBPDnOllYTfLaQif4dfeveU> (дата звернення: 09.06.2024).
8. Труба сталева профільна 40x25x1,5 мм зварна. URL: <https://metall-ekspro.com.ua/ua/p1075019651-truba-stalnaya-profilnaya.html> (дата звернення: 09.06.2024).
9. Правила маркування сталевих труб, як читати позначення. URL: <https://pipemastak.com.ua/types-pipes/pravila-markuvannya-stalevih-trub-yak-chitati-roznachennya.html> (дата звернення: 09.06.2024).
10. Сталь марки 12X1MФ. URL: https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/12h1mf/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwhIS0BhBqEiwADAUhC0Y982HjY

-XQbKodZ_Cw7KCac77BL8pgU18f-xNbHk_F_bB5mTAO9BoCd84QAvD_BwE
(дата звернення: 09.06.2024).

11. Сталь марки 12X1МФ. URL: https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/h12mf/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwhIS0BhBqEiwADAUhc9mCQBbcMK6T3p_kdn3xsfYOYFmNH-QHkrCY6Dk4mvaY073UEuV34RoCKjYQAvD_BwE
(дата звернення: 09.06.2024).

12. Труби великого діаметру. URL: <https://uti.ua/virobnitstvo-trub/> (дата звернення: 09.06.2024).

13. Воденніков С. А., Галицький Ю. П., Воденнікова О. С. Теорія та технологія електросталеплавильного виробництва: навч. посіб. для ВНЗ. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 245 с. ISBN 978-966-8462-38-2.

14. Проектування і обладнання електросталеплавильних і феросплавних цехів: підручник для ВНЗ/ В. А. Гладких та ін. Дніпропетровськ: Системні технології, 2004. 691 с. ISBN 966-7316-90-4.

15. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 192 с. ISBN 978-966-8462-69-6

16. Про затвердження Правил охорони праці у трубному виробництві. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1037-09> (дата звернення: 09.06.2024).

17. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні ; прийнятий з 30.12.2014 р. ; чинний від 07.04.2023. № 1417.

18. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги ; затверджено та наказом Мінрегіоном України від 31.10.2016 р №237 та введений в дію з 01.06.2017 р. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 35с.

19. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення ; прийнятий з 03.10.2018 р. ; чинний від 01.05.2019. № 264.

20. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги ; прийнятий з 08.12.1994 р. ; чинний від 01.01.1996. № 310.

21. ДСТУ Б EN 15242:2015. Вентиляція будівель. Розрахункові методи визначення витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації (EN 15242:2007, IDT) ; прийнятий з 30.12.2015 р. ; чинний від 01.10.2016. № 358.

22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ; прийнятий з 01.12.1999 р. №42. Київ, 12 с.

23. Наказ № 569 від 19.03.2021 Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки та здоров'я на роботі в металургійній промисловості. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0606-21#Text> (дата звернення: 01.03.2024)

24. Полетаєв В. П., Крюковська О. А. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів») : навч. посіб. ; під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. 363 с.

25. Грибан В. Г., Казначеев Д. Г., Бойко О. І. Безпека життєдіяльності та охорона праці у схемах : навч. посіб. Дніпро : ДДУВС, 2019. 228 с.