МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М.ПОТЕБНІ

Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проєкт

_____перший (бакалаврський)_____
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження технології виробництва в умовах ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» низькоцементної високоглиноземистої бетонної суміші на основі бокситу для проміжного ковша МБЛЗ з метою підвищення стійкості

Виконав: студент _IV_ курсу, групи_6.1361-м
спеціальності _____136 Металургія_____
(код і назва спеціальності)
освітньої програми _____Металургія_____
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
_____П.В.Дорошенко_____
(ініціали та прізвище)

Керівник __доц., к.т.н, доц. Кириченко О.Г.____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент_доц., к.т.н., доц. Нестеренко Т.М.___
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра____Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___
Рівень вищої освіти____перший (бакалаврський)_____
Спеціальність 136 Металургія
(код та назва)
Освітня програма ____Металургія_____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри_____
«_____»_____20____року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Дорошенко Поліна Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження технології виробництва в умовах ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» низькоцементної високоглиноземистої бетонної суміші на основі бокситу для проміжного ківша МБЛЗ з метою підвищення стійкості

керівник роботи Кириченко Олексій Геннадійович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ № 2031-с від «27» грудня 2024 р.

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи Дослідити технологію виробництва низькоцементної високоглиноземистої бетонної суміші на основі бокситу для проміжного ківша МБЛЗ з метою підвищення стійкості

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат; вступ; 1 Загальна частина; 2 Конструкційна частина; 3 Технологічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Перелік джерел посилання_____
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)__

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Загальна частина	Кириченко О.Г., доцент		
2 Конструкційна частина	Кириченко О.Г., доцент		
3 Технологічна частина	Кириченко О.Г., доцент		
4 Охорона праці та техногенна безпека	Кириченко О.Г., доцент		

7 Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, реферат	12.05-17.05.2025	
2	1 Загальна частина	18.05-23.05.2025	
3	2 Конструкційна частина	24.05-29.05.2025	
4	3 Технологічна частина	30.05-04.06.2025	
5	4 Охорона праці та техногенна безпека	05.06-10.06.2025	
6	Висновки, перелік джерел посилання	11.06-15.06.2025	

Студент _____ П.В. Дорошенко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ _____О.Г.Кириченко_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ О.С.Воденнікова
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 64 с., 22 табл., 11 рис., 17 джерел

ВОГНЕТРИВИ, ВОГНЕТРИВКИ БЕТОННІ СУМІШІ, ЗМІШУВАЧ АВТОМАТИЗОВАНІЙ ЛІНІЇ, ПРОМІЖНИЙ КІВШ, АРМАТУРНИЙ ШАР, МОНОЛІТНЕ ФУТЕРУВАННЯ

Мета роботи – комплексне дослідження технології виробництва низькоцементної високоглиноземистої бетонної суміші на основі бокситу.

В загальній частині представлені теоретичні основи вогнетривких бетонів, їх склад, структуру, властивості та технологію виготовлення. Описано основні компоненти бетонної суміші — заповнювачі, матрицю, сполучні речовини та добавки, а також їхню функціональну роль. Розглянуто різні типи сполучних (гідравлічні, хімічні, золь-гель, керамічні, органічні), вплив домішок на властивості суміші та особливості технологій нанесення (самоплинні, торкретовані бетони). Окремо акцентовано увагу на важливості сушіння, температурного режиму та фазових перетворень під час експлуатації.

В конструкційній частині наведено виробництво високотехнологічних вогнетривких бетонних сумішей на підприємстві ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», що здійснюється на автоматизованій лінії фірми EIRICH. Описано технологічний процес дозування, змішування та пакування сухих сумішей, а також виготовлення наливного арматурного шару футерування проміжного ківша. Розкрито етапи підготовчих робіт, приготування формувальної маси, вимоги до устаткування і проведення поточних ремонтів футерування з дотриманням чіткого температурного графіка сушіння.

В технологічній частині розглядаються технічні вимоги до матеріалів, які використовуються при виготовленні високоалюмінатної вогнетривкої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD. Наведено фізико-хімічні характеристики основних компонентів суміші, таких як боксит, глинозем, цемент та модифікуючи добавки. Окремо проаналізовано функції кальцинованого та

реактивного глиноземів у структурі бетону, їхній вплив на міцність, термостійкість та експлуатаційні властивості. Також проведено порівняльний аналіз сертифікатів якості зразків від німецької компанії NABALOX з технічними вимогами ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» та виконано апробування цих матеріалів у лабораторних умовах.

У частині «Охорона праці та техногенна безпека» проведений аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища підприємства, проаналізовані заходи захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища підприємства, також проаналізовані заходи пожежної безпеки та електробезпеки.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 10
1.1 Поняття про вогнетривкий бетон, структуру та функції алюмосилікатних матеріалів. Мікро-інженерія складу бетонної суміші 10
1.2 Основи дисперсії частинок 18
1.3 Гранулометричний склад і вид упаковки 19
1.4 Зв'язувальні добавки та механізми їх схоплювання 19
1.5 Техніка монтажу 20
1.6 Характеристики твердіння/висихання бетонів та їхня оптимізація у споживача 21
1.7 Розробка мікроструктури для конкретних умов споживача 22
1.8 Висновки 22
2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА 24
2.1 Виробництво сухих бетонних сумішей 24
2.2 Загальні положення про поняття проміжний ківш 27
2.3 Функціональне призначення проміжного ківша 28
2.4 Футерування та знос проміжного ківша 29
2.5 Виготовлення арматурного (наливного) шару футерування 30
2.5.1 Підготовчі роботи 31
2.5.2 Підготовка устаткування 31
2.5.3 Приготування формувальної маси 32
2.6 Проміжний та основний ремонти 32
2.7 Висновки 34
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 35
3.1 Технічні вимоги до матеріалів при виробництві вогнетривкої бетонної суміші на ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» 35
3.2 Функції кальцинованого та реактивного глинозему у складі матриці високо глиноземистого вогнетривкого бетону 37

3.3 Порівняльний аналіз сертифікатів якості зразків кальцинованого глинозему німецької компанії NABALOX до технічних вимог 38
3.4 Визначення хіміко-фізичних властивостей зразків кальцинованого глинозему марки NO 115 і реактивного глинозему марки NO 645 німецької компанії NABALOX та порівняння з технічними вимогами на данні матеріали ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» 40
3.5 Апробування у складі бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD виробництва ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» для монолітного футерування арматурного шару проміжного ківшу наданих зразків глиноземів 41
3.6 Відбір лабораторних проб для визначення хімічного та зернового складу бетонної суміші та масової долі вологи 42
3.7 Додавання води питної якості на заміс у бетонозмішувач MATEST 44
3.8 Висновки 47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 48
4.1 Політика підприємства в області якості, енергоефективності, охорони праці та екології 48
4.2 Загальні вимоги щодо створення безпечних умов праці 50
4.3 Утворення шкідливих речовин та чинників при технологічних процесах виробництва 51
4.4 Заходи з пожежної безпеки 56
4.5 Заходи з електробезпеки 57
4.6 Заходи безпеки в аварійних ситуаціях 58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 63

ВСТУП

Вогнетриви - це композиційні неметалеві матеріали, які піддаються високим впливам температур, різним рівням механічних напруг та деформацій, корозії/ерозії від твердих тіл, рідини та газів за різних температур.

Вони використовуються у великих кількостях в теплових агрегатах, де виробляються інші матеріали (наприклад, метали, скло та цемент).

Рушійною силою постійного поліпшення рецептур вогнетривів є вимоги багатьох промислових секторів, особливо чорної металургії, частку яких припадає приблизно 70% всього ринку цих матеріалів:

1. 3% скляна промисловість та кольорова металургія;
2. 10% цементна та вапнодобувна промисловість;
3. 14% хімічна, нафтопереробна промисловість; машинобудування та сміттєпереробка ;
4. 70% чорна металургія.

В останні роки найбільш важливою тенденцією в технології вогнетривів стало все ширше використання монолітних або неформованих продуктів, таких як бетонні та набивні суміші, мертелі, покриття, литі та торкретуючи/шоткретуючі маси.

Вогнетривкі бетони становлять велику групу матеріалів, які значно зросли за останні 40 років. Створені на основі досить простих сумішей, ці композиції, засновані на складних рецептурах, які можуть бути використані в багатьох сферах та галузях промисловості [1].

Базовим постачальником вогнетривких сировинних матеріалів для виробництва бетонних сумішей таких, як кальцинований та реактивний глиноземи, алюмо-магнезійні шпінелі, модифікаційні добавки на ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» з 2014 року була німецька компанія ALMATIS .

У зв'язку з воєнними діями на території України цей постачальник припинив співпрацю та своєчасне забезпечення вогнетривкими сировинними матеріалами цех неформованих вогнетривів ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Тому виникла потреба у пошуку альтернативного надійного постачальника сировинних матеріалів для виробництва бетонних сумішей в умовах ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Для проведення кваліфікаційної роботи було обрано для досліджень вогнетривку високоглиноземисту бетонну суміш марки ZOZ CAST bot 17 VD виробництва ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» для монолітного футерування арматурного шару проміжного ківша в умовах конвертерного цеху ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Поняття про вогнетривкий бетон, структуру та функції алюмосилікатних матеріалів. Мікро-інженерія складу бетонної суміші

Вогнетривкі бетони є попередньо змішаною системою сухих частинок, що містить високоякісні великі зерна (агрегата /заповнювача), матричні компоненти (наповнювачі), сполучні речовини та добавки.

На рисунку 1.1 представлені фотографії структури щільного бетону з високим вмістом глинозему, що ілюструє розподіл фаз, пір і меж розділу в отриманій макро та мікроструктурі після випалу [2].

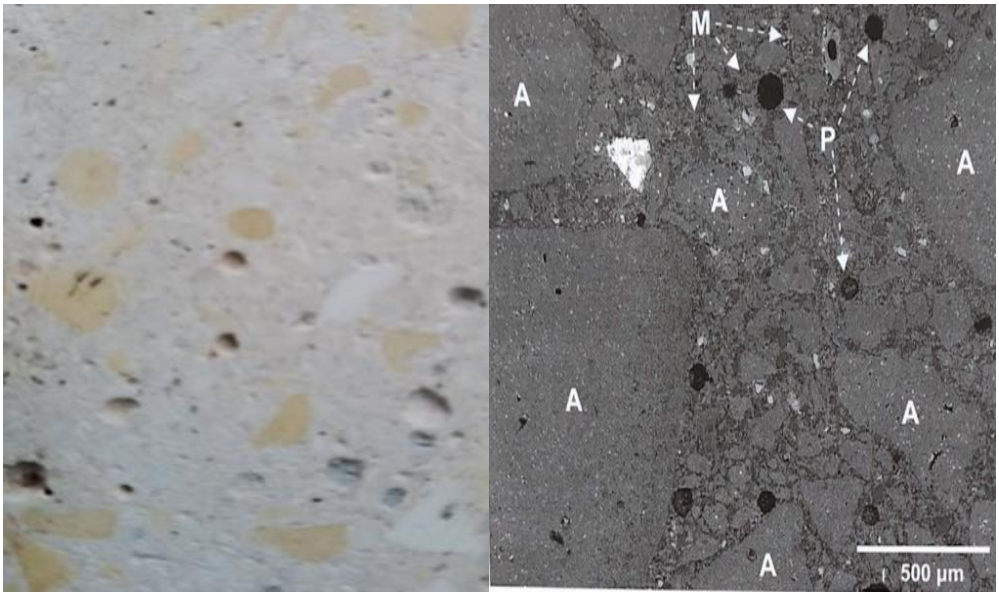


Рисунок 1.1 – Приклад макро та мікроструктури бетону з високим вмістом глинозему, отриманого після випалу при 1500 °C протягом 5 годин, де виділено основні компоненти (A = агрегати, P = пори, M = матриця)

Співвідношення кожного обраного виду сировини ретельно визначені і відрізняються для кожного продукту в залежності від заданих фізичних та хімічних властивостей.

Агрегати складають основний "скелет" і становлять 40-80 мас.% від загального складу і мають розмір частинок від 20 мм до 100 мкм.

Існує широкий вибір грубої сировини та/або синтетичних матеріалів [щільних (таблиця 1.1) або пористих (таблиця 1.2)], їх сумішей, та на їх основі суміші можуть бути розроблені різні бетони.

Таблиця 1.1 - Заповнювачі, які зазвичай використовуються у високоглиноземистих та алюмосилікатних вогнетривких складах бетонів

Заповнювачі	Al_2O_3 (вес.%)	SiO_2 (вес.%)	Максимальна температура застосування, °С
Корунд (табулярні глиноземи або білий плавлений корунд)	99	0	1870
Корунд (коричневий плавлений корунд/електрокорунд)	91-98	1-2	1760
Боксит обпалений	82-90	5-9	1760
Муліт	74-76	19-24	1760
Шамот з бокситу	58-70	26-37	1760
Андалузит	57-61	38-40	1760
Шамот з каоліну чи глини	40-47	49-55	1650
Пірофіліт	13-30	65-80	1425
Кварц	0	99,7	1370

Таблиця 1.2 - Ізоляційні матеріали

Заповнювачі	Щільність, г/см^3	Максимальна температура застосування, °С
Мікрокремнезем (мікросіліка-колоїдний аморфний діоксид кремнію)	0,54-0,61	1800
Легковесний шамот	0,45-0,72	1650
Мікросфера (з золи ТЕЦ)	0,4-0,64	1200–1525
Перліт (аморфне вулканічне скло)	0,14-0,19	1370
Глина, сланець	0,72-1,05	1200
Вермікуліт	0,06-0,13	1090

Дрібнодисперсні порошки та сполучні матеріали змішуються з заповнювачами, щоб отримати необхідне розпливання суміші та узгодити загальне розширення, механічну міцність, корозійну стійкість та інші властивості.

Деякі з найпоширеніших матричних наповнювачів, що використовуються у ливарних системах, та їх основні функції представлені у таблиці 1.3.

Сполучні матеріали, що використовуються в цих складах бетонів під час приготування або обслуговування можуть бути різного типу:

а) Гідравлічні забезпечують схоплювання і затвердіння при кімнатній температурі при змішуванні з водою в правильному співвідношенні. Цементи на основі алюмінату кальцію і гідратованого оксиду алюмінію є основними компонентами цієї групи, оскільки вони спричиняють утворення гідратів на стадіях змішування і затвердіння бетонних виробів, покращуючи механічну міцність литих деталей у сирому вигляді. Проте під час нагрівання зв'язок, що утворюється, має тенденцію до зменшення в певному діапазоні температур (200-400°C) через розкладання гідратованих фаз. Подальше підвищення ефективності зв'язування зазвичай виявляється при утворенні високотемпературних керамічних зв'язків між зернами. Інші матеріали, такі як звичайний портландцемент і оксихлорид магнію (цементи Sorel), також оцінювали як попередників вогнетривких зв'язувальних з незадовільними результатами .

б) Хімічні речовини викликають затвердіння при кімнатній температурі або вище, але нижче температури спікання (тобто це системи, що містять фосфорну кислоту або силікат натрію - рідке скло).

Ці сполучні речовини забезпечують високу міцність під час нагрівання вогнетривів до температур, близьких до 150°C або вище. Сімейство лужно-активованих зв'язувальних (також відомих як геополімери) також може бути розглянуто тут, але вони мають недоліки (низька вогнетривкість) для застосування у вогнетривких матеріалах.

в) Золь-гель типовий для водних колоїдних суспензій. У поєднанні з іншими тугоплавкими компонентами ці наночастинки з'єднуються у розгалужені ланцюги в процесі, відомому як гелеутворення. Ці перетворення викликають схоплювання бетонів і не призводять до утворення гідратованих фаз, що дає деякі переваги на стадії сушіння.

Таблиця 1.3 - Загальні матричні компоненти вогнетривких бетонних складів

Матеріали	Хімічна формула	Функція
Тонкомолоті матеріали: корунди, табулярні глиноземи, боксити, андалузити, магнезити тощо	Різна	Коригування хімічного складу, мінералогії, утворення високотемпературних зв'язків у структурі бетону
Алюміній		
Кальцинований глинозем	Al_2O_3	Коригування хімічного складу, мінералогії, утворення зв'язків
Реактивний глинозем	Al_2O_3	Контроль розпливання суміші, реології, утворення зв'язки
Кремнезем		
Кварц	SiO_2	Контроль усадки/розширення (~800°C)
Мікрокремнезем	SiO_2	Контроль розпливання суміші, реології, утворення зв'язки, утворення муліту
Периклаз	MgO	Модифікація / утворення зв’язки, викликає утворення шпінелі, знижує вплив металу/шлаку
Кіаніт / муліт	$3Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$	Контроль усадки/розширення (1325-1410°C), коригування хімічного складу, мінералогії
Шпінель	$MgAl_2O_4$	Заповнювач, знижує вплив металу/шлаку
Карбід кремнію	SiC	Покращує теплопровідність та стійкість при тепловому ударі, знижує вплив металу/шлаку
Глина (бентоніт)	Гідро алюмосилікат	Наповнювач, контроль розпливання суміші/ реології
Циркон	$ZrSiO_4$	Підвищує метало/шлакостійкість
Графіт / інші вуглецеві матеріали	C	Підвищує метало/шлакостійкість, підвищує теплопровідність
Антиоксиданти	Al, Si, SiC, B_4C и др.	Захищають або знижують окиснення вуглецю, утворюють модифікаційні зв'язки
Полімерні / металеві волокна	Різні	Поліпшують проникливість, прискорюють висихання, підвищують міцність
Нано-добавки	Різні	Оптимізують упаковку та термомеханічні властивості, утворюють модифікаційні зв'язки при різних температурах
Зола виносу	Різні	Низькотемпературний наповнювач

г) Керамічні сполучні - проявляються при випалюванні і можуть бути у вигляді склоподібної та/або кристалічної фаз. Інші добавки, що забезпечують короткочасне утворення рідкої фази, можуть бути використані для поліпшення спікання при температурі вище 600-800°C ;

д) До інших видів належать різні *органічні сполучні* на основі смол, а також мінеральні системи [3].

Гідравлічні в'яжучі на сьогоднішній день є найбільш часто застосовуваними у вогнетривких бетонах. Серед цементно-зв'язаних складів звичайні бетони (CaO> 2,5 мас.%), як і раніше, становлять найбільший відсоток доступних комерційних матеріалів.

Однак використання низькоцементних бетонів (LCC, CaO = 1-2,5 мас.%), ультранизьких цементних бетонів (ULCC, CaO = 0,2 - 1 мас.%) і безцементних бетонів (NC, CaO <0,2 мас.%) має значне зростання за останні роки . Ця тенденція спрямована на мінімізацію присутності оксиду кальцію в складах, що можуть вплинути на термомеханічні властивості бетонів, особливо, коли в матриці присутнє джерело SiO_2. Таким чином, вибір систем зв'язування без CaO, що містять гідратований оксид алюмінію або колоїдний діоксид кремнію, колоїдний оксид алюмінію, фосфати або інші, настійно рекомендується в тих випадках, коли кальцій може призводити до шкідливих ефектів (тобто до утворення фаз із низькою температурою плавлення).

Крім виду та кількості зв’язуючого, також важливим є вплив різних домішок на характеристики бетонів, оскільки їх зазвичай додають до сумішей для:

а) коригування реології,

б) коригування часу схоплювання (уповільнення або прискорення),

в) зменшення кількості води під час змішування/розливання,

г) підвищення механічної міцності,

ґ) контролю поведінки під час зберігання та інших особливостей;

д) контроль сушіння .

У багатьох випадках, через вимоги до застосування у споживача, використовуються кілька добавок, і їхня присутність є важливою для розроблення вдосконалених продуктів.

Дрібні й ультратонкі частинки (що входять до складу матриці) відіграють важливу роль у реологічній поведінці та поведінці під час розливання, тому багато зусиль було докладено під час оцінювання та розробки оптимізованих диспергаторів. Покращена дисперсія частинок, отримана в результаті дії диспергаторів / дефлокулянтів, призвела до значного розвитку технології виробництва бетонних виробів, дозволяючи змішувати сухі порошки зі зменшеною кількістю рідини (зазвичай -водою) та вібрувати, розливати, перекачувати чи видувати пневматично (розпилювання або торкрет/шоткрет-обробка на місці для отримання виробу чи конструкції, що твердіє/затверджується/зсідається, що стає завдяки гідравлічним або хімічним речовинам.

Потреба в більш швидкому використанні великих партій бетонних матеріалів призвела до розробки самоплинних складів або складів типу торкретування/шоткретування. Самовирівнювальні або самопливні склади були розроблені на основі змін форми і розподілу за розмірами агрегатів і матриці, а також з використанням відповідних добавок.

У результаті, залежно від типу продукту і стану дисперсії тонкодисперсних матеріалів, додавання 3,0-6,0 мас. % води дозволяє цим розчинам текти під власною вагою, легко заповнюючи форми складної конфігурації.

Таким чином, завдяки їхній корозійній консистенції (отриманій у результаті правильного вибору агрегатів та вмісту матриці) такі склади можна розливати без сегрегації [4].

Бетони також можуть бути нанесені пневматично- «набризкані» на поверхню теплового агрегату аналогічно процесу сухого торкретування/шоткретування, при цьому вони вимагають використання «активатора» або прискорювача, який додається на кінці насосного шлангу через спеціальний вузол форсунки. Ця добавка спричиняє швидке затвердівання

розчину, даючи змогу нарощувати футерівку без використання форм, що знижує витрати і час їхнього встановлення.

Таким чином, за наявності належних систем анкерування та опор можна виконувати навіть бетонування склепіння (стелі).

Нині доступно безліч вогнетривких бетонних матеріалів у вигляді сипучих матеріалів або матеріалів для торкретування. Існують навіть комерційно доступні продукти, звані «багатофункціональними» або «багатов'язкими», які можна використовувати різними методами, просто змінюючи вміст води в суміші .

Проте споживач повинен знати, що аналогічні бетонні системи можуть мати різні фізичні властивості (пористість, механічну міцність сирця, корозійну стійкість тощо) залежно від багатьох параметрів обробки (кількості рідини, температури та вологості під час укладання та затвердіння тощо) та обраної техніки нанесення (самоплинності, віброукладення, чи продукти, які перекачуються насосними системами).

Ґрунтуючись на компонентах бетонних складів (джерела зв'язувального, дрібнодисперсні наповнювачі та добавки, що можуть призвести до утворення гідратів або гелеподібних фаз під час змішування та затвердіння), особливу увагу слід звернути на стадію їхнього сушіння, оскільки внаслідок зниження пористості можуть бути структурні дефекти футерування після сушіння/першого нагріву. Ще одна цікава особливість бетонів полягає в тому, що багато реакцій на місці (за участю вогнетривкої сировини та газової/рідкої фаз, що містяться в навколишньому середовищі) відбуваються за високих температур під час умов експлуатації, що призводить до утворення нових компонентів та спричиняє серйозні зміни в мікроструктурі .

Оскільки бетони ,зазвичай, укладають, сушать і піддають впливу високих температур тільки під час експлуатації, їхні основні властивості залежать від:

1) взаємодії вихідних матеріалів, що містяться у складах шихт,

2) фактичної температури, тому що діють різні процеси на гарячих і холодних поверхнях вогнетривкої футерівки.

Виділяють три типи реакцій бетонних сумішей на місці футерування:

Тип I - охоплює утворення нових фаз у всій (макро) матриці (тобто шпінель, форстерит і муліт).

Тип II - основні перетворення, що відбуваються в мікроструктурі бетону, але за участю рідкої або пароподібної фази, які відбуваються від взаємодії матеріалів з присутнім середовищем (тобто добавок антиоксидантів, таких як B_4C, Al, Si, сплави Mg-Al).

Тип III - взаємодія між компонентами бетону і робочим середовищем, унаслідок чого на поверхні футерування утворюється захисний шар (наприклад, покриття з клінкеру в зонах випалу цементних печей, шари в'язкого скла в контакті з блоками Al2O3-ZrO2-SiO2 у скляних резервуарах, магнезіально-в’юститовий прикордонний шар між багатим на залізо шлаком і бетоном на основі MgO).

Щоб використовувати всі переваги цих перетворень, не призводячи до шкідливих ефектів (таких як високе об'ємне розширення, невідповідність теплового розширення, утворення тріщин тощо), необхідно враховувати індивідуальні особливості обраних початкових компонентів і отриманих матеріалів у результаті реакцій, оскільки мікроструктурна інженерія є одним із ключових питань для досягнення високої стійкості.

Приймаючи до уваги ці аспекти і відмінні хімічні та фізичні характеристики (питома площа поверхні, розмір частинок тощо) багатьох сировинних матеріалів, що зазвичай містяться у складах, легко зрозуміти, що розробка бетонних виробів не є емпіричним та простим завданням, оскільки вона вимагає широких знань про гранулометричний склад, дисперсію частинок, фазові перетворення за низьких (під час стадії затвердіння) та високих температур (під час випалу та в умовах експлуатації), хімічну сумісність/рівновагу твердих/твердих частинок та застосування, а також хімічну сумісність і рівновагу твердих/твердих частинок. Беручи все це до уваги, ця книжка охоплює основні концепції, пов'язані з основними етапами розроблення складів (дисперсія та пакування частинок), оброблення (змішування,

затвердіння, сушіння) та застосування, включно з деякими конкретними бетонними системами (які містять MgO, шпінель, джерела вуглецю та вдосконалені та/або наноматеріали). Представлені та обговорювані різноманітні приклади засновані на досвіді авторів і здебільшого на великому та постійно зростаючому обсязі публікованої наукової літератури. Крім того, варто згадати, що для того, щоб отримати глобальне уявлення про вплив окремих параметрів (диспергуючих добавок, зв'язуючих речовин тощо), слід читати всі розділи, тому що знання та чітке розуміння лежать у перетині та взаємозв'язках поданої інформації.

1.2 Основи дисперсії частинок

Оскільки вогнетривкі бетони містять велику кількість дрібних компонентів у своїй матриці (що спричиняє невід'ємне прагнення до агломерації через їхній малий розмір і високу питому поверхню), поганий розподіл цих часток може вплинути не лише на характеристики розчину, а й на результуючу ефективність пакування та термомеханічні властивості бетонів.

Зважаючи на важливість цієї особливості, як-от вміст твердих речовин, гранулометричний склад, джерела сировини та домішки, хімічні добавки та інші, мають бути взяті до уваги під час розроблення сумішей із поліпшеними реологічними характеристиками.

Розуміючи основи дисперсії, можна оволодіти реологією бетону для конкретної техніки укладання (наприклад, шоткрет-бетону, за якого спостерігаються раптові зміни суміші, що перекачується, від високої плинності до жорсткого та малорухливого матеріалу, що дає змогу забезпечити його необхідну адгезію до поверхні стінки) або навіть для повного ущільнення бетону, як для виробництва самопливних бетонів з нульовим вмістом цементу [5].

1.3 Гранулометричний склад і вид упаковки

Зростаючий попит на бетонні вироби з особливими характеристиками при укладанні привів до досліджень з розроблення складів з оптимальним гранулометричним складом (PSD) та більш високою щільністю. Загалом, реологічна поведінка монолітних композицій регулюється PSD, складом шихти, станом дисперсії і кількістю води, що використовується для замішування. Наприклад, текучий бетон, який упаковується більш ефективно, повинен зажадати менше води на стадії його приготування, тому що замість заповнення тільки великих пір/порожнин рідину, яка вводиться, також буде використовуватися, щоб надати йому плинності.

Таким чином, не тільки плинність/саморозпливання, але також перемішування/заливка та інші властивості можуть бути поліпшені при правильному виборі PSD. Крім того, досягнення оптимального гранулометричного складу та диспергування сумішей, що мають високу механічну міцність (таких як ливарні системи), має першорядне значення під час розроблення вдосконалених бетонів, тому що подальші етапи експлуатації (тужавлення, сушіння/спікання та ін.) здатні виправити або мінімізувати шкідливі ефекти, що виникають на цих початкових етапах [6].

1.4 Зв'язувальні добавки та механізми їх схоплювання

Модифікуючи добавки відіграють важливу роль у багатьох етапах обробки бетонів, і вибір найбільш підходящого з них є результатом багатокритеріального підходу, оскільки кожна конкретна добавка має різні характеристики.

Серед доступних в'яжучих систем алюмокальцієві цементи (CAC) є найбільш використовуваним гідравлічним агентом, в той час як гідратований оксид алюмінію використовують у спеціальних галузях. Добавки на основі фосфатів, колоїдний діоксид кремнію(мікрокремнезем) або оксид алюмінію та інші також застосовуються для лиття під тиском.

Для подальшого розвитку монолітних бетонів та виробів потрібне одночасне розроблення складів бетонів і систем зв'язування. Це може призвести до отримання міцніших матеріалів з нижчою чутливістю до температури, швидшим і надійнішим затвердінням і витяганням з форми, а також можливістю швидшого висихання з меншими ризиками.

Таким чином, незважаючи на всі спостережувані поліпшення, пошук нових і оптимізованих сполучних, як і раніше, є однією з важливих тем для розроблення сучасних бетонних сумішей.

1.5 Техніка монтажу

Етап укладання є важливим для цегли, але він ще більш актуальний для бетону, оскільки різні параметри (наприклад, вміст води, процес змішування компонентів та інші) відіграють вирішальну роль у властивостях і терміні служби бетонів.

Поліпшення методів монтажу, безумовно, було одним з основних аспектів, які призвели до постійного збільшення споживання монолітних виробів в останні роки через розробку матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками і більш відповідного обладнання.

Були розроблені різні методи укладання, від традиційних (з використанням форм- таких як самопливні та вібруючі склади) до варіантів, що дають змогу заощадити час (наприклад, звичайне торкретування або шоткретування). Щоб вибрати найбільш підходящий метод, слід враховувати багато особливостей, зокрема розмір і тип агрегату, що підлягає ремонту або доопрацюванню, область нанесення, наявність навчених співробітників (людський фактор) і спеціального устаткування (для торкретування, заливки, вібрації), супутні витрати та інше.

1.6 Характеристики твердіння/висихання бетонів та їхня оптимізація у споживача

Серед усіх етапів обробки бетону (змішування, укладання, схоплювання і сушіння) , сушіння зазвичай є найтривалішими.

Оскільки це трудомісткий процес, необхідно враховувати не тільки витрати, пов'язані зі споживанням енергії, а й вплив на зупинку виробництва промисловості (втрачену вигоду).

Бо більше, будь-яке механічне пошкодження під час схоплювання/сушіння призведе до скорочення терміну служби футерування і додаткових витрат на технічне обслуговування та витрату матеріалів, що призведе до постійних і значних фінансових втрат у споживача.

Прагнучи дати деяке уявлення про основні етапи сушіння (випаровування, кипіння і розкладання гідратів) і дати рекомендації з управління ними без порушення структурної цілісності заливки, в дипломній роботі розглядаються деякі аспекти обробки, такі як умови затвердіння, кількість води, що додається для змішування, склад, швидкість нагріву і вплив розміру виробу. Також вказані різні методи забезпечення правильного поліпшеного рішення:

а) оптимізація графіка сушіння (шляхом збільшення виходу води в період сушіння або шляхом введення оптимального часу витримки в критичних діапазонах температур)

б) мікроструктура інженерії бетонів, щоб прискорити виділення води або збільшити механічну міцність, щоб витримувати вищі термомеханічні напруження без утворення тріщин.

Це може бути реалізовано за рахунок:

1) додавання полімерних волокон або алюмінієвого порошку до ливарних складів, створюючи проникні шляхи, що допомогли б витісняти рідку воду або пар до поверхні тіла,

2) замінюючи традиційні гідравлічні зв'язувальні речовини на колоїдні, які спричиняють утворення рідини і збільшують проникність матеріалів,

3) додавання металевих волокон для підвищення механічної міцності й міцності на вигин [7].

Враховуючи ці аспекти, навіть незважаючи на те, що сушіння залишається критичним етапом обробки, існує багато альтернативних методів, які слід враховувати для оптимізації всього процесу. Тим не менш, важливо вибрати ті, які краще відповідають вимогам матеріалу, щоб розробити мікроструктуру, яка витримає важкі умови експлуатації для оптимального терміну служби.

Виробники бетонних матеріалів зазвичай рекомендують консервативний рівень рішення.

1.7 Розробка мікроструктури для конкретних умов споживача

Створення нових типів та вдосконалення загальних характеристик звичайного вогнетривкого бетону, що поєднує існуючі технології з новими інженерними технологіями, є проблемою для найближчих років.

Як підкреслюється у багатьох прикладах літератури, лише шляхом регулювання розміру конкретних частинок бетону (агломератів, заповнювачів тощо), його властивості можна змінити.

Таким чином, введення високореактивних наноскладових (алюміній, кремній, вуглець, металів та оксидів тощо) до бетонних композицій може відкрити широкий спектр нових можливостей, викликаючи важливі реакції в контактній точці та фазових перетворень при менших температурах. Тим не менш, основні недоліки використання цих нанозерен пов'язані з їх вартості, доступності, диспергуванням характеристик (через більші питання, що не мають проблеми з охороною здоров'я, при їх вдиханні) [8].

1.8 Висновки

Вогнетривкі бетони набули широкого спектру поширення в таких сферах металургійної промисловості як: ливарний двір доменного виробництва,

сталеплавильне виробництво в конвертерах та мартенах, дугові сталеплавильні печі, сталерозливні ківші, установки обробки сталі та проміжні ківші тощо.

Актуальність та відмінність монолітного футерування бетоном від цегляних виробів вогнетривів представлена нижче:

- підвищення продуктивності (значне скорочення праці). Характеризується тим, що вогнетривкі бетони дають можливість автоматизувати технологічний процес і зробити його безперервним, що значно важче у виготовленні штучних виробів;
- скорочення споживання енергії (не потрібен процес випалу виробів)
- зниження витрат виробництва. Це зумовлено спрощеною технологією процесу;
- зниження складських запасів. Через те, що технологія виробництва невелика, то необхідність у матеріальних складах знижується;
- екологічні переваги. При виробництві використовуються сипучі матеріали, які можна використовувати в замкнутому циклі (рециклінг продукції). Відсутність високотемпературних процесів (випалу) при виробництві.

Проте, головним стимулом підвищеного використання вогнетривких бетонів пов'язано з такими перевагами:

- Свобода проектування. Можливість виконати монолітне футерування або виготовити фасонні блоки необхідного розміру будь-якої форми;
- Безшовні футерування. Відсутність чи мінімальність швів;
- Значне спрощення ремонтних робіт та економія витрат;
- Поліпшення експлуатаційних характеристик. Вогнетривкі бетони мають високу термостійкість, малу теплопровідність, а фазовий і структурний склад знаходиться в "рівновазі" з умовами експлуатації.

2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

2.1 Виробництво сухих бетонних сумішей

Цех з виробництва високотехнологічних вогнетривких бетонних сумішей та мас запущено у промислову експлуатацію на ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» у травні 2013 року. Нова виробнича ділянка, спроектована та оснащена фірмою EIRICH, є високопродуктивним неперервним автоматизованим комплексом, укомплектованим високоточним ваговим, дозуючим та змішувальним обладнанням, наведена схемою технологічної лінії на рис. 2.1.

Виробничі потужності дозволяють виробляти широкий спектр високотехнологічних вогнетривких бетонних сумішей різних складів для футерування теплових агрегатів підприємств металургійної, цементної, скляної, хімічної, теплоенергетичної промисловості та ін.

Застосування сучасних вогнетривких бетонів – ключовий інструмент зниження питомої витрати та витрат на вогнетриви, розвитку нових конструкційних високоефективних схем футерування теплових агрегатів, удосконалення умов їх експлуатації та ремонту, підвищення культури виробництва підприємств.

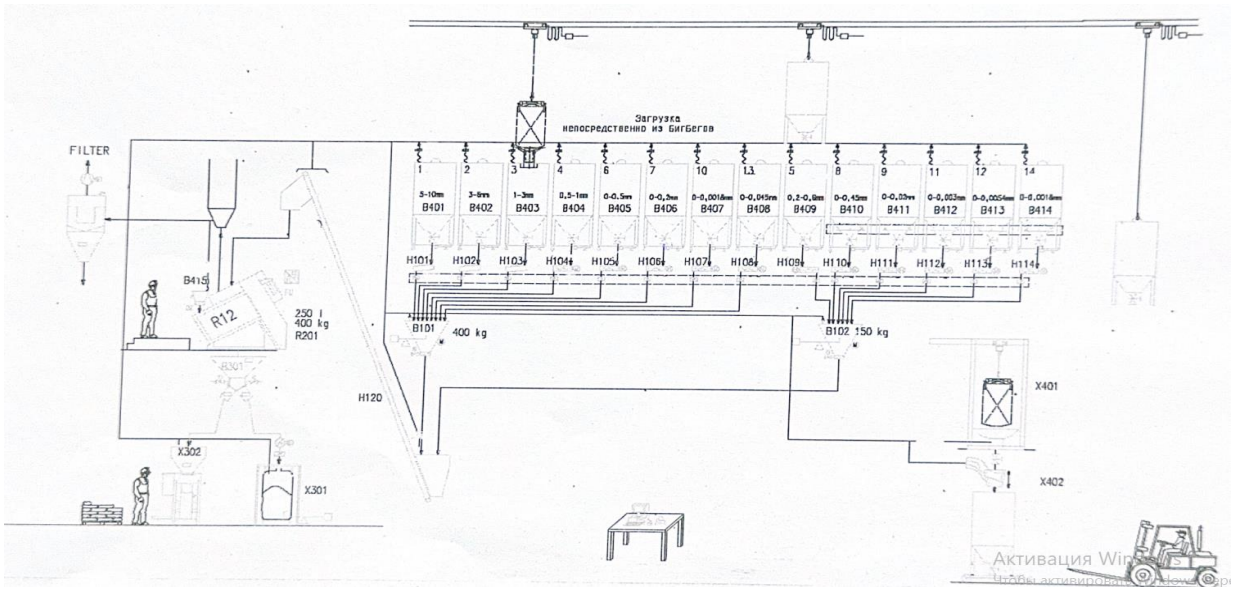
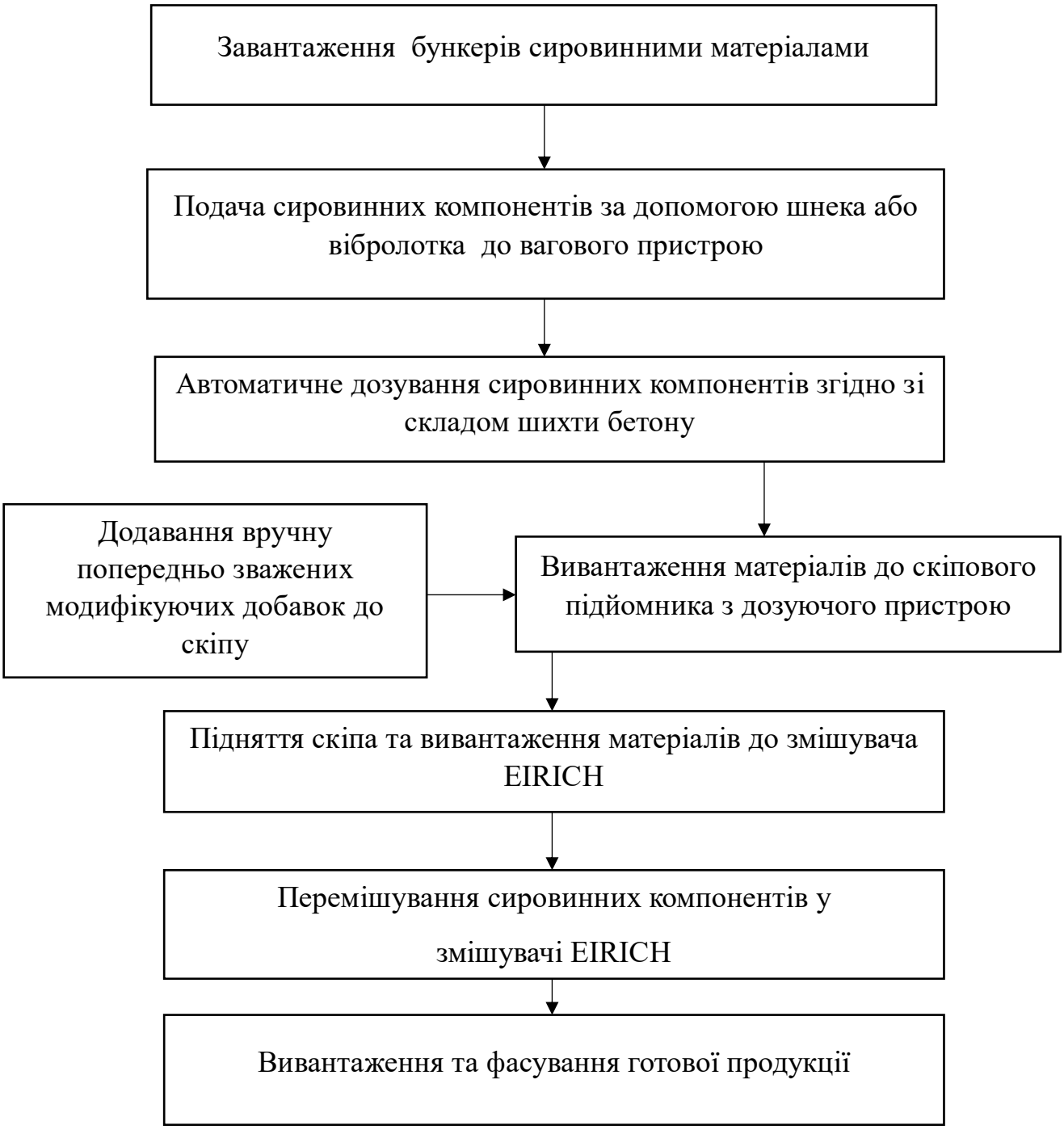


Рисунок 2.1 – Схема технологічної лінії фірми EIRICH
для виробництва сухих бетонних сумішей

Алгоритм виробництва бетонних сумішей на ділянці вогнетривких бетонів та мас цеху неформованих вогнетривів ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» наведено нижче:



Процес приготування сухих бетонних сумішей проводиться на технологічної лінії EIRICH. Лінія складається з дозування всіх компонентів суміші, перемішування до отримання однорідної маси і розфасовки.

Приготування сухої бетонної суміші здійснюється у змішувачі інтенсивної дії EIRICH R12.

Технологічна лінія обладнана чотирнадцятьма переставними бункерами, тобто максимальна кількість компонентів у суміші чотирнадцять без урахування добавок, що подаються в змішувач вручну.

Введення та вибір рецептур, введення параметрів роботи весодозуючих та транспортних пристроїв, включення відповідного технологічного циклу здійснюється відповідно до «Інструкції системи управління лінією для виробництва сухих бетонних сумішей EIRICH» та складами шихт залежно від марки суміші.

Підібрані вихідні компоненти транспортуються зі складу сировини до технологічної лінії за допомогою вилкового автонавантажувача. Перевантаження цих вихідних матеріалів з контейнерів типу МКР (бег-біг).

Переставний бункера технологічної лінії проводиться на спеціальному стенді. Можливе, так само, завантаження компонентів у переставні бункери, безпосередньо на технологічній лінії.

Подача сировинних компонентів проводиться у бункери 401- 414.

Бункери перед завантаженням матеріалу повинні бути ретельно очищені, після його використання так само проводиться очищення бункера.

Для бункерів 404 - 414 додатково повинне проводиться очищення шнека, перевірка зачистки бункерів доручається начальника цеху. Після заповнення бункера здійснюється включення технологічного циклу лінії та наступні операції з дозування компонентів у автоматичному режимі відповідно до заданої програми.

Дозування сировинних компонентів відбувається за допомогою вагового пристрою у 101 має перевищувати 400 кг. Вага сировинних компонентів дозується ваговим пристроєм 101 знаходиться у межах 100-330 кг. Дозування сировинних компонентів за допомогою вагового пристрою у 102 має перевищувати 150 кг. Вага сировинних компонентів дозується ваговим

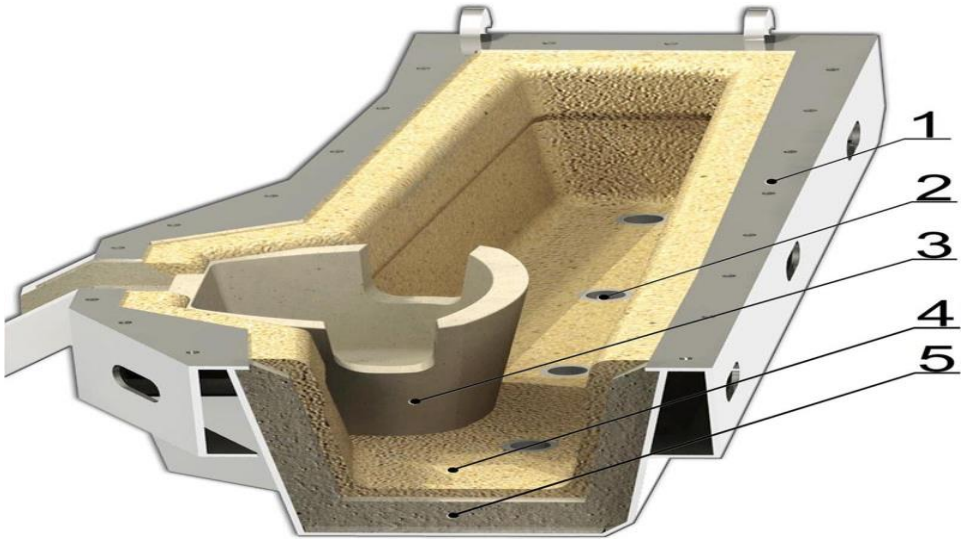
пристроєм 102 знаходиться в межах 70 - 150 кг. Наявність двох вагових пристроїв визначається необхідністю домогтися максимальної точності зважування.

Дозовані компоненти з вагових пристроїв за допомогою скіпового витягу подаються в змішувач EIRICH для перемішування. Час перемішування одного замісу обсягом 250-400 кг 180 с. Дозволяється зміна кількості замісу та циклу приготування за вказівкою начальника цеху [9].

2.2 Загальні положення про поняття проміжний ківш

Проміжний ківш - спеціальна футерована ємність прямокутної або трапецеїдальної форми, що встановлюється між сталерозливним ківшом і кристалізатором МБЛЗ і використовується для стабілізації процесу лиття; проміжний ківш забезпечує розподіл сталі по струмках , її дозування і дозволяє безперервно повний.

Проміжний ківш є одним з найважливіших технологічних елементів при розливанні сталі на МБЛЗ. Проміжний ківш забезпечує тим самим прийом металу із сталерозливного ківша, його усереднення та перелив у кристалізатори. Схема та основні частини проміжного ківшу зображені на рисунку 2.2.



1 – сталевий кожух; 2 – склянка-дозатор; 3 – металоприймач; 4 – торкрет шар; 5 – наливний бетон

Рисунок 2.2 - Проміжний ківш сортовий МБЛЗ:

Проміжний ківш переміщується до МБЛЗ і встановлюється над кристалізаторами за допомогою спеціального транспортного візка.

Проміжний ківш МБЛЗ виконує такі основні функції:

1. приймає сталь, що виливається зі сталерозливного ківшу;
2. накопичує метал в обсягах, необхідних для стабільного процесу лиття (висота наливу h = 700...1000 мм) протягом усього періоду розливання;
3. забезпечує резерв металу для розливання в період заміни сталерозливного ківша (до 3-5 хв розливання без подачі металу зі сталерозливного ківша, рівень сталі при цьому падає до 400-350 мм);
4. забезпечує розподіл та дозування сталі при переливі з проміжного ківша в кристалізатори МБЛЗ;
5. усереднює сталь за температурою та за хімічним складом у ході розливання;
6. забезпечує мінімальні втрати тепла металу у проміжному ківшу;
7. забезпечує рафінування металу за рахунок спливання неметалевих включень [10].

2.3 Функціональне призначення проміжного ківша

Проміжний ківш є одним з найважливіших технологічних елементів при розливанні сталі на МБЛЗ, оскільки знаходиться між сталерозливним ківшом і кристалізатором МБЛЗ. Проміжний ківш забезпечує тим самим прийом металу із сталерозливного ківша, його усереднення та перелив у кристалізатори.

Проміжний ківш переміщається до МБЛЗ і встановлюється над кристалізаторами за допомогою спеціального транспортного візка. При розливанні стали довгими і наддовгими серіями у разі зносу футеровки (або переході на розлив іншої марки сталі) здійснюється заміна проміжного ківша на новий, а подається іншим транспортним візком. Функціонування проміжного ківша в процесі розливання значною мірою визначає стійкість та стабільність процесу лиття на МБЛЗ загалом.

2.4 Футерування та знос проміжного ківша

Футеровка проміжного ківша працює у надзвичайно складних умовах, оскільки її робочий шар безперервно контактує з рідкою сталлю протягом 10-25 годин та більше. Після закінчення розливу футерування охолоджується разом із залишком металу, який потім видаляється з проміжного ківша. Відповідно багаторазово використовується частина футеровки піддається додатковим навантаженням, пов'язаним з циклічною зміною температури та механічними ударами (при видаленні залишку), зображено на рисунку 2.3.

Отже, як ємність, що містить рідку сталь, проміжний ківш необхідно футерувати певними видами вогнетривів, що враховують специфіку їх експлуатації. Вибір конструкції та виду вогнетривів є дуже відповідальним завданням, так як вогнетриви повинні відповідати вимогам, що забезпечують стійку, безперебійну роботу проміжного ківші протягом всього процесу розливання.

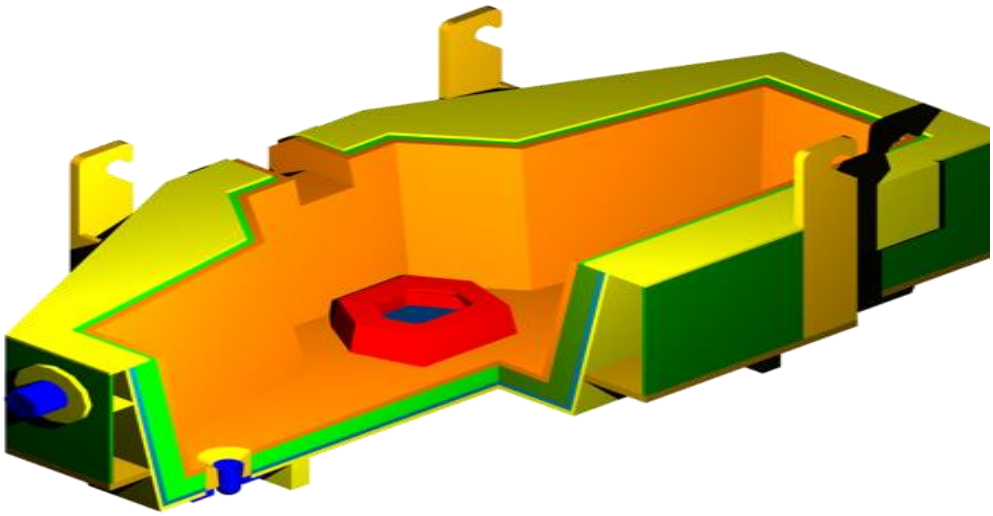


Рисунок 2.3 - Основні елементи футерування промківша

Вогнетриви у проміжному ківшу виконують такі основні функції:

- контакт з металом та захист ємності промківша від руйнування;

- максимальне запобігання втратам тепла рідкою сталлю;
- забезпечення раціонального руху потоків металу в промківші;
- в дозування металу при переливі його в кристалізатор;
- захист сталі від вторинного окислення при переливі зі сталерозливного ківша в промківш і з промковша в кристалізатор.

Одним з найважливіших елементів, що забезпечують функціонування промківша, є футерування його стін і днища, яке розміщується в металевому кожусі. Для полегшення видалення залишків металу після розливання внутрішні стінки ківша виконані з ухилом 5-10 ºС. Футеровка, як правило, виконується тришаровою: робочий (безпосередньо контактуючий з рідкою сталлю), арматурний (використовується багаторазово) і теплоізоляційний (що забезпечує мінімізацію втрат тепла) шари. У середньому витрата вогнетривів промківша становить 2,5-3,5 кг/т сталі, що розливається.

Робочий шар зазвичай працює лише один цикл розливання. Робочий шар наноситься на арматурний методом мокрого торкретування (набризкування). Гранулометричний склад такої торкрет-маси коливається в межах 01-10 мм. Торкрет порошок поєднується з певною кількістю водою в спеціальній установці і потім набризкується на арматурний шар, що має температуру 60-80 ^{про} С. Товщина шару торкрет-покриття, що наноситься на стінки та днище проміжного ківша, залежить від тривалості серії розливу і становить від 30 мм до 80 мм [11].

2.5 Виготовлення арматурного (наливного) шару футерування

Виготовлення футерування ведеться у присутності представників ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Будь-які зміни узгоджуються з досвіду експлуатації споживача, спрямованого на підвищення стійкості футеровки та скорочення витрати вогнетривких матеріалів та оформлюються письмово.

Виготовлення футерування здійснюється відповідно до технологічних інструкцій споживача та вимогами до виготовлення робочого шару.

2.5.1 Підготовчі роботи

Перед встановленням анкерів проміжний ківш розташовують на рівну горизонтальну поверхню. Внутрішню поверхню кришки очищають від старого футерування, залишків армуючи елементів, масляних плям. Після цього виконують армування поверхні відповідно до прийнятої схеми встановлення анкерів на підприємстві.

Анкера типу «ластівчин хвіст» фірми VHI довжиною 120 мм для стін та днища. Дозволяється використовувати анкери інших виробників. Анкери повинні бути виконані з високолегованої сталі (марки 12Х18Н12Т,10Х18Н10Т, 12Х18Н9Т), використовувати для зварювання електроди марок ЦП-11, ДП-15, ДЛ-9 НІАТ-1. Електроди ЕА-606/11 рекомендується прожарювати при 300-350 ° С протягом 1 години.

Перед нанесенням футерування, з метою компенсації різного термічного

розширення анкерів і футерування, покрити анкера сумішшю графіту та олії. Суміш наносити не раніше 2-4 годин перед початком укладання бетону. Згодом на очищену внутрішню поверхню проміжного ківша прокльовувати теплоізоляційний шар (матеріал Замовника).

2.5.2 Підготовка устаткування

Обладнання, що використовується для приготування вогнетривкого бетону та виготовлення футеровки, повинно бути у справному стані та підготовленим для застосування згідно з діючими інструкціями. Для приготування бігова використовується бетонозмішувач ПНЕУМІКС РХ 800, зображено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зображення бетонозмішувача ПНЕУМІКС РХ 800

Змішувач та допоміжні інструменти повинні бути очищені: спеціальні шаблони в проміжний ківш відповідно за вимогами Посібника з експлуатації.

2.5.3 Приготування формувальної маси

Суху бетонну суміш подають у попередньо очищений змішувач і перемішують, протягом 1 хвилини. Потім додають воду питної якості (умовно очищену) у кількості 5,5-6,5 л на 100 кг, і перемішують ще 2-5 хвилин. Не рекомендується проводити роботи з виготовлення бетонної маси за температури навколишнього середовища менше - 10°С.

2.6 Проміжний та основний ремонти

При виявленні невеликих ділянок місць локального зносу арматурного шару - тріщини більше 3 мм і відколів країв бетону більше 10 мм, або навколо

гнізд дозувальних пристроїв, проводиться частковий ремонт за допомогою ручного способу нанесення бетонного розчину за допомогою будівельних кельм на очищену поверхню. Дозволяється використовувати дерев'яні опалубки.

Ківші з непросушеним футеруванням забороняється віддавати під торкретування. Після ремонту проміжний ківш витримують у природних умовах 4 години і сушать на стенді близько 1 години (залежно від обсягу виконаної роботи).

Якщо глибина руйнувань більше 50 мм, а ширина понад 100 мм, то ремонт виконується методом підливки, з використанням металевого шаблону.

Проміжний ремонт (підливка) здійснюється без видалення добре спеклого шару кістяка, навкруги них.

Перед підливанням бетонної маси проводиться змочування водою частини футеровки, що залишилася, для надійного схоплювання нового шару з залишком. Технологія робіт при заливанні ремонтного шару аналогічна технології виготовлення нового наливного бетонного футерування. Ківші з непросушеним футеруванням забороняється віддавати під торкретування торкрет-масою.

Після повного затвердіння бетону та 24 годинної витримки на повітрі відремонтований проміжний ківш подають на стенд для сушіння арматурного футерування [12].

Таблиця 2.1 - Тепловий графік сушіння нового бетонного футерування

№ циклу	Час циклу, год	Загальний час циклу, год	Інтервал температур, ^{0}C	Примітка
1	1	1	0-150	Підйом температури
2	10	11	150	Витримка
3	10	21	150-350	Підйом температури
4	7	28	350	Витримка
5	10	38	350-550	Підйом температури
6	5	43	550	Витримка
7	12	55	550-800	Підйом температури
Разом		55		

2.7 Висновки

Запуск у промислову експлуатацію в 2013 році нового цеху з виробництва високотехнологічних вогнетривких бетонних сумішей на ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» значно підвищив ефективність та якість виготовлення вогнетривких матеріалів для потреб різних галузей промисловості. Використання сучасного автоматизованого комплексу фірми EIRICH дозволяє реалізувати неперервний цикл виробництва, забезпечуючи точне дозування, інтенсивне перемішування та контроль якості готової продукції.

Технологічна лінія, оснащена 14 переставними бункерами, змішувачем EIRICH R12 та ваговими пристроями з високою точністю зважування, дозволяє гнучкою адаптувати рецептури сумішей до вимог конкретного споживача. Автоматизована система керування забезпечує надійність і стабільність виробничого процесу, що знижує вплив людського фактору.

Важливим етапом є виготовлення наливного арматурного шару футерування, що проводиться з дотриманням суворих технологічних інструкцій і за участю представників підприємства. Правильна підготовка поверхні, анкерування, якісне приготування формувальної маси та дотримання температурного режиму сушіння гарантують довговічність та термостійкість готової футерівки.

Ретельна організація поточного та капітального ремонту футерування дозволяє своєчасно відновлювати пошкоджені ділянки без зниження функціональних характеристик проміжного ковша, що сприяє зменшенню простоїв та підвищенню загальної продуктивності підприємства.

Таким чином, впроваджена на ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» технологічна лінія з виробництва вогнетривких бетонів відповідає сучасним вимогам до якості, продуктивності й надійності, а також забезпечує високу конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Технічні вимоги до матеріалів при виробництві вогнетривкої бетонної суміші на ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Фізико-хімічні властивості матеріалів при виробництві вогнетривкої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD наведено у таблиці 3.1 – 3.6 [12].

Таблиця 3.1 - Фізико-хімічні властивості бокситу обпаленого

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -SiO_2	 % % %	 ≥86,0 ≤1,5 ≤7,5
2	Фізичні властивості: -водопоглинання -уявна щільність -вологість -зерновий склад	 % г/см^3 % мм	 ≤5,5 ≥3,1 ≤0,5 0-20

Таблиця 3.2 - Фізико-хімічні властивості дистен-сіліманіту (фракція 100 мкм(

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥57,0 ≤0,8 ≤0.2
2	Фізичні властивості: -вологість -зерновий склад (залишок на сітці №0,315)	 % %	 ≤0,5 ≤0,5

Таблиця 3.3 - Фізико-хімічні властивості цементу високоглиноземистого SECAR – 70

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3	 %	 ≥71,0
2	Фізичні властивості: -вологість -зерновий склад (залишок на сітці №0,063)	 % %	 ≤0,5 ≤8,0

Таблиця 3.4 - Фізико-хімічні властивості кальцинованого глинозему марки NO 115

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,6 ≤0,1 ≤0,1
2	Фізичні властивості: -вологість -зерновий склад (залишок на сітці №0,045)	 % %	 ≤0,5 ≤6,0

Таблиця 3.5 - Фізико-хімічні властивості реактивного глинозему NO 645

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,6 ≤0,1 ≤0,1
2	Фізичні властивості: -вологість -зерновий склад (залишок на сітці №0,045)	 % %	 ≤0,5 ≤1,0

Таблиця 3.6 - Фізико-хімічні властивості модифікуючої добавки KERMIX MG f watermin 17 (понад 100%), модифікуючої добавки KERMIX MG timehigh 17 (понад 100%)

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥72,0 ≤0,5 ≤0,5
2.	Фізичні властивості: -вологість -зерновий склад (залишок на сітці №0,045)	 % %	 ≤0,5 ≤6,0

Виготовлення сухої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD провадиться відповідно до складу шихти наведеної у табл. 3.7, допустиме відхилення за складом шихти ± 1 кг.

Таблиця 3.7 – Склад сухої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD

Перелік сировини	Вміст в шихті, %	Кількість матеріалу на 1 заміс масою 400 кг, кг
Боксит обпалений, фракція 3-6 мм	15	60
Боксит обпалений, фракція 3-1 мм	25	100
Боксит обпалений, фракція 1-0 мм	15	60
Боксит обпалений, фракція 0-0,063 мм	20	80
Цемент високоглиноземистий SECAR - 70	5	20
Кальцинований глинозем марки NO 115	5	20
Реактивний глинозем NO 645	10	40
Дистен-сіліманіт, фракція 0-100 мкм	5	20
Разом	100	400
Поліпропіленове волокно марки Cellotin PP 6 (зверху 100%)	0,05	0,2
Модифікуюча добавка KERMIX MG f watermin 17 (зверху 100%)	1,3	5,2
Модифікуюча добавка KERMIX MG timehigh 17 (зверху 100%)	0,15	0,6

3.2 Функції кальцинованого та реактивного глинозему у складі матриці високо глиноземистого вогнетривкого бетону

Кальцинований та реактивні глиноземи у складі матриці високоглиноземистого вогнетривкого бетону марки ZOZ CAST bot 17 VD виробництва ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» для монолітного футерування арматурного шару проміжного ківшу виконують такі функції:

1) Покращують термомеханічні властивості: наноглинозем підвищують

стійкість до високих температур та термічним ударам, що важливо для вогнетривких бетонів.

2) Збільшують стійкість до стирання та корозії: глинозем сприяють

збільшенню щільності та міцності бетону, що робить його більш стійким до механічних навантажень та впливу хімічно агресивних середовищ.

3) Запобігають утворенню тріщин: глинозем сприяє ковзанню зерен

наповнювача чи , що дозволяє зупиняти утворення тріщин у процесі експлуатації.

4) Збільшують щільність та міцність: введення тонкомолотих глиноземів призводить до збільшення щільності та міцності матеріалу.

5) Запобігають руйнуванню при високих температурах: тонкомолоті глиноземи допомагають бетону залишатися цілісним після нагрівання та охолодження.

6) Поліпшують реологічні властивості: при монолітному футеруванні зменшують кількість води зачинення та швидкість укладання бетонної суміші до металевого шаблону.

3.3 Порівняльний аналіз сертифікатів якості зразків кальцинованого глинозему німецької компанії NABALOX до технічних вимог

Альтернативним постачальником ТОВ «Savex Minerals» (м. Дніпро, Україна) надано зразки кальцинованого глинозему марки NO 115 та реактивного глинозему марки NO 645 німецької компанії NABALOX.

Сертифікати якості кальцинованого глинозему марки NO 115 та реактивного глинозему марки NO 645 від компанії NABALOX наведено нижче у таб. 3.8 та 3.9 відповідно [13].

Таблиця 3.8 – Сертифікат якості кальцинованого глинозему марки NO 115

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,6 ≤0,003 ≤0,003
2	Фізичні властивості: -вологість -BET(питома поверхня)	 % $м^2/г$	 ≤0,5 0,8

Таблиця 3.9 - Сертифікат якості реактивного глинозему марки NO 645

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,7 ≤0,003 ≤0,003
2	Фізичні властивості: -вологість -BET(питома поверхня)	 % $м^2/г$	 ≤0,5 4,0

Згідно з технічних вимог ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» на данні види матеріалів нижче у табл. 3.10 – 3.11 представлено порівняльний аналіз сертифікатів якості наданих зразків від технічних вимог ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Таблиця 3.10 - Порівняльний аналіз сертифікату якості на кальцинований глинозем марки NO 115 від компанії NABALOX від технічних вимог на кальцинований глинозем ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

№	Найменування показника	Од. вим.	Показник кальцинованого глинозему марки NO 115 від компанії NABALOX	Показник ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»	Примітка
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,7 ≤0,003 ≤0,003	 ≥99,6 ≤0,1 ≤0,1	Хімічні властивості повністю відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»
2	Фізичні властивості: -вологість -BET(питома поверхня) -зерновий склад (залишок на сітці №0,045)	 % $м^2/г$ %	 ≤0,5 4,0 Показник не надано	 ≤0,5 ≤1,0	Фізичні властивості частково відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Надані сертифікати якості на кальцинований та реактивний глиноземи від компанії NABALOX повністю відповідають за хімічним складом, але частково відповідають за фізичними властивостями технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», тому надалі буде проведено більш детальне дослідження наданих зразків у дослідницький лабораторії ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Таблиця 3.11 - Порівняльний аналіз сертифікату якості на реактивний глинозем марки NO 645 від компанії NABALOX від технічних вимог на реактивний глинозем ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

№	Найменування показника	Од.вим.	Показник реактивного глинозему марки NO 645 від компанії NABALOX	Показник ПРАТ «ЗАПОРІ-ЖВОГ-НЕТРИВ»	Примітка
1	Хімічний склад: -Al_2O_3 -Fe_2O_3 -CaO	 % % %	 ≥99,6 ≤0,003 ≤0,003	 ≥99,6 ≤0,1 ≤0,1	Хімічні властивості повністю відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»
2	Фізичні властивості: -вологість -BET(питома поверхня) -зерновий склад (залишок на сітці №0,045)	 % $м^2/г$ %	 ≤0,5 0,8 Показник не надано	 ≤0,5 ≤6,0	Фізичні властивості частково відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

3.4 Визначення хіміко-фізичних властивостей зразків кальцинованого глинозему марки NO 115 і реактивного глинозему марки NO 645 німецької компанії NABALOX та порівняння з технічними вимогами на данні матеріали ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

Хімічний аналіз наданих зразків глиноземів виконано методом рентгеноспектрального аналізу та представлено у таблиці 3.12 [14].

Таблиця 3.12 – Хімічний аналіз зразків глиноземів

Найменування глинозему	Хімічний аналіз,%			Примітка
	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	
Кальцинований глинозем марки NO 115 від компанії NABALOX	99,72	0,05	0,03	Визначені хімічні властивості відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»
Реактивний глинозем марки NO 645 від компанії NABALOX	99,68	0,05	0,04	

Зерновий склад наданих зразків глиноземів виконано згідно з ГОСТ 23037 та представлено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Зерновий склад зразків глиноземів

Найменування глинозему	Зерновий склад-залишок на сітці №0,045,%	Примітка
Кальцинований глинозем марки NO 115 від компанії NABALOX	0,00	Визначений зерновий склад відповідає технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»
Реактивний глинозем марки NO 645 від компанії NABALOX	0,00	

Масова частка вологи наданих зразків глиноземів виконано згідно з ГОСТ 28584 та представлено у табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Масова частка вологи зразків глиноземів

Найменування глинозему	Масова частка вологи,%	Примітка
кальцинований глинозем марки NO 115 від компанії NABALOX	0,1	Визначена масова доля вологи відповідає технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»
реактивний глинозем марки NO 645 від компанії NABALOX	0,1	

3.5 Апробування у складі бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD виробництва ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» для монолітного футерування арматурного шару проміжного ківшу наданих зразків глиноземів

Таблиця 3.15 – Склад сухої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD

Перелік сировини	Вміст в шихті, %	Кількість матеріалу на 1 заміс масою 7 кг, кг
Боксит обпалений, фракція 3-6 мм	15	0,105
Боксит обпалений, фракція 3-1 мм	25	0,175
Боксит обпалений, фракція 1-0 мм	15	0,105
Боксит обпалений, фракція 0-0,063 мм	20	0,140
Цемент високоглиноземистий SECAR - 70	5	0,035
Кальцинований глинозем марки NO 115	5	0,035
Реактивний глинозем NO 645	10	0,07
Дистен-сіліманіт, фракція 0-100 мкм	5	0,035
Разом	100	7
Поліпропіленове волокно марки Cellotin PP 6 (зверху 100%)	0,05	0,0035
Модифікуюча добавка KERMIX MG f watermin 17 (зверху 100%)	1,3	0,0091
Модифікуюча добавка KERMIX MG timehigh 17 (зверху 100%)	0,15	0,00105

Змішування сировинних компонентів шихти бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD проводили у лабораторному змішувачі виробництва MATEST згідно з нижченаведеним складом в табл. 3.15 у кількості 7 кг.

Фото бетонозмішувача MATEST та форм для укладання бетонної суміші наведені на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Бетонозмішувача MATEST та форм для укладання бетонної суміші

3.6 Відбір лабораторних проб для визначення хімічного та зернового складу бетонної суміші та масової долі вологи

Після змішування сухих компонентів шихти проводили відбір лабораторних проб для визначення хімічного та зернового складу бетонної суміші та масової долі вологи.

Дані хімічного складу бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD з використанням кальцинованого та реактивного глиноземів компанії NABALOX наведені у табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Хімічний склад бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD

Хімічний аналіз, %		
Al_2O_3, при нормативі не менше 80,0	Fe_2O_3, при нормативі не більше 1,5	CaO, при нормативі не більше 1,5
86,2	0,8	1,1

Хімічний склад бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD з використанням кальцинованого та реактивного глиноземів компанії NABALOX відповідає нормативам технічних вимог до бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 D ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Зерновий склад бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD визначали методом ситового аналізу згідно з ГОСТ 27707

Дані зернового складу бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD з використанням кальцинованого та реактивного глиноземів компанії NABALOX наведені нижче у табл. 3.17.

Норматив згідно з технічних вимог до бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 D: 0-6,0мм(залишок на сітці №6 не більше 10%).

Таблиця 3.17 - Зернового складу бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD

>6,0	>5,0	>4,0	>3,0	>2,0	>1,0	>0,5	<0,5
1,2	4,8	5,5	8,8	10,8	12,3	9,2	47,4

Зерновий склад бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD з використанням кальцинованого та реактивного глиноземів компанії NABALOX відповідає нормативам технічних вимог до бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 D ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Масову долю вологи бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD визначали на вологомірі виробництва KERN. Фото обладнання представлене нижче на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Обладнання для виміру масової долі вологи бетонної суміші

Вологість бетонної суміші склала 0,06%,що відповідає нормативу 0,5% до технічних вимог до бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 D.

3.7 Додавання води питної якості на заміс у бетонозмішувач MATEST

Далі, поступово додавали воду питної якості у мінімальній кількості 5,5% або 0,385л на заміс у бетонозмішувач MATEST.

Після змішування бетонної суміші разом з водою впродовж 3-5 хвилин, методом «шар у руці» визначали спроможність бетонної суміші розпливатися під дією вібрації.

Для визначення реологічних властивостей бетонної суміші (індексу розтікання, %) згідно з ISO 1927-4:2012 за допомогою металевого конусу висотою 80 мм та діаметром 100мм суміш вібрували впродовж 30 секунд у конусі на лабораторному вібромайданчику з амплітудою коливань 0,75мм, далі знімали конус та вібрували ще 30 секунд без конусу.

Індекс розтікання під дією вібрації визначали як середньоарифметичне значення вимірювання протилежних сторін розпливу бетонної суміші. Фото обладнання представлене нижче на рис. 3.3.

$D = ((D_1+D_2) / 2) – 100 = ((250 мм + 240 мм) / 2) – 100 мм = 145\%,$

де 100 мм - діаметр металевого конусу.



Рисунок 3.3 – Обладнання для визначення індексу розтікання

Після визначення реологічних властивостей проводили вкладання бетонної суміші на вібромайданчику до форм під дією вібрації впродовж 3 хвилин.

Після витримки у формах 24 години при нормальних умовах твердіння (температура 20±2^{0}С), форми розкривали та відправляли зразки на сушіння до лабораторної сушильної шафи СНОЛ - 58/350 виробництва "СПЕКТРО ЛАБ", зображенно на рис. 3.4, впродовж 24 годин з температурою 110^{0}С.



Рисунок 3.4 – Сушіння зразків у лабораторної сушильної шафи

Після сушіння проводили випал зразків у лабораторній високотемпературній печі виробництва NABERTHERM, зображено на рис. 3.5, при температурі 1000^0C та 1500^0C.

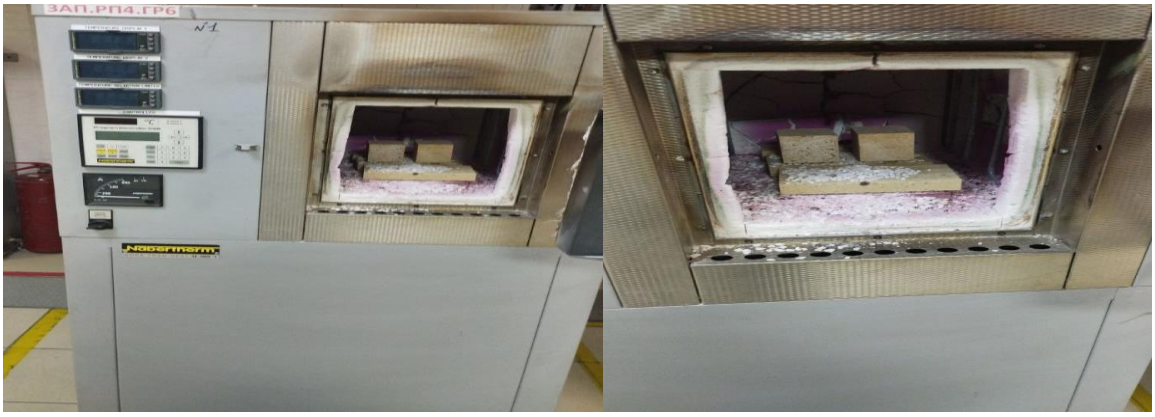


Рисунок 3.5 – Високотемпературна піч

Після сушіння та випалу лабораторні зразки бетонна охолоджували до кімнатної температури та вимірювали межу міцності при стисканні на лабораторному пресі, зображено на рис. 3.6, виробництва MATEST згідно з ГОСТ 4071.

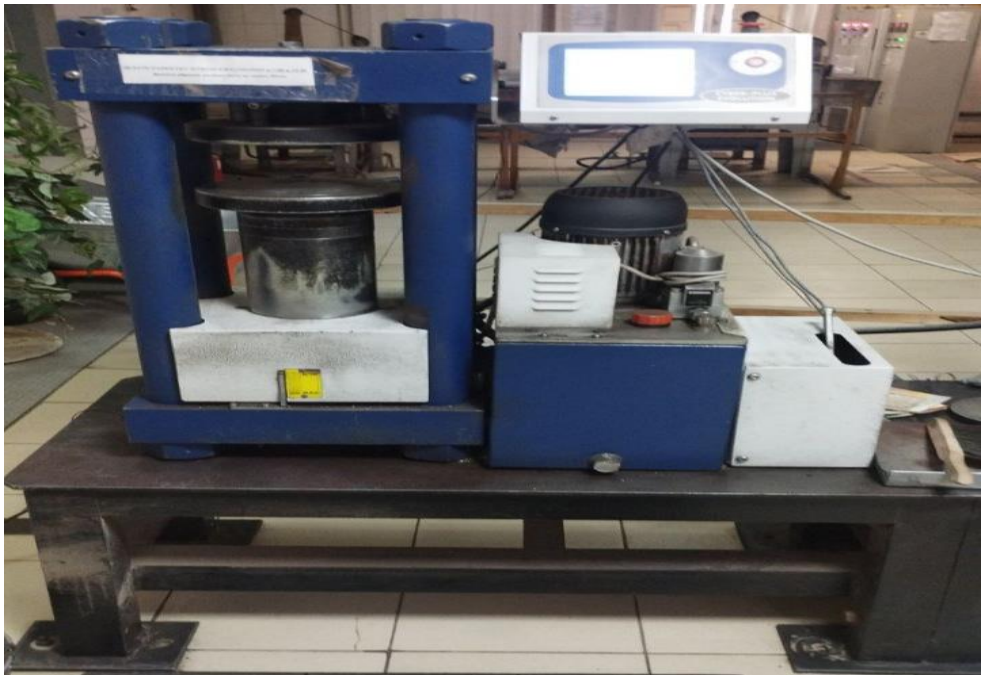


Рисунок 3.6 – Обладнання для вимірювання межі міцності при стисканні на лабораторному пресі

Уявну щільність та відкриту пористість визначали методом гідростатичного зважування згідно ДСТУ ISO 5017.

Результати випробувань бетонної суміші ZOZ CAST bot 17 VD наведені нижче у табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – Результати випробувань

Режим теплообробки,^{0}C	Межа міцності на стиск, МПа	Уявна щільність, г/см^3	Відкрита пористість,%
110	$\frac{55^*}{35}$	$\frac{2,7^*}{2,65}$	6,7
1000	$\frac{68^*}{50}$	$\frac{2,68^*}{2,65}$	11,5
1500	$\frac{120^*}{70}$	$\frac{2,72^*}{2,65}$	14,1

*Примітка: у чисельнику наведені результати випробувань бетонної суміші на лабораторних зразках , в знаменнику наведено норматив з технічних вимог до бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

3.8 Висновки

Проведене випробування кальцинованого та реактивного глиноземів компанії NABALOX у лабораторних умовах ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» відповідає технічним вимогам на дані сировинні матеріали та забезпечує фізико-хімічні властивості бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD у повному обсязі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» - підприємство з повним циклом виробництва вогнетривких виробів і матеріалів, до складу підприємства входять основні та допоміжні цехи та відділи управління.

Технологія основних цехів з виробництва вогнетривких виробів включає в себе наступні переділи: дроблення, помел сировини і матеріалів, просівання, дозування сировини і матеріалів, приготування маси для виробництва вогнетривких виробів, формування та пресування вогнетривких виробів, сушку сировини і сирцю, випал сировини і виробів, відвантаження готових вогнетривких виробів і матеріалів споживачам.

Робота допоміжних цехів спрямована на забезпечення безперебійної роботи основних цехів, а саме: здійснення капітальних і поточних ремонтів обладнання, енергетичне забезпечення, транспортне забезпечення.

4.1 Політика підприємства в області якості, енергоефективності, охорони праці та екології

Головна мета підприємства в галузі охорони праці – досягнення нульових показників виробничого травматизму і створення безпечних умов праці. На «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» впроваджена і постійно вдосконалюється система управління охороною праці та промисловою безпекою.

ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» формує культуру безпеки, яка ґрунтується на особистій відповідальності, визнання і заохочення заслуг кращих в удосконаленні системи управління охороною праці на підприємстві.

За останні 5 років «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» інвестував в екологічні проекти підтримки стану промислового устаткування понад 30 млн гривень. Велика частина заходів спрямована на заміну застарілого газоочисного устаткування і зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Підприємство першим в Україні запустив лінію з виробництва вогнетривких бетонів і мас. Нова виробнича лінія виробляє вогнетривку суху бетонну суміш для металургійної, феросплавної, алюмінієвої і цементної промисловості. Очищення повітря, що відходить – як в робочій зоні, так і в навколишньому середовищі забезпечують автономні рукавні фільтри. На сьогодні це найбільш ефективний метод очистки, який застосовують в металургії.

Ще одним екологічним проектом «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» став запуск оборотного циклу очищення промислових і зливових вод. Завдяки чому завод не проводить скидання забруднених промислових стічних вод у водні басейни Запоріжжя. Близько 70% талих і дощових вод використовується підприємством у власному виробництві.

Є на підприємстві також успішні проекти по вторинній переробці сировини. Завод активно використовує у виробництві вживані вогнетриви, в тому числі закуповує вогнетривкий брухт і на інших підприємствах. З 2018 року «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» повністю перейшов на застосування вогнетривкого брухту в виробництві шамотної продукції.

Виробничий цикл підприємства побудований таким чином, що дозволяє переробляти значну частину вогнетривкої брухту в сировинну добавку в вогнетривку продукцію.

В рамках капітальних проектів, була проведена заміна застарілих, так званих, «мокрих» і «сухих» систем аспірації на рукавні фільтри ФР-5, що дозволило знизити обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу на 1,3 тони. На реалізацію цього екологічного проекту був направлений близько 1 млн. гривень. Крім того, за рахунок переорієнтації виробничих потужностей, підприємству вдалося зменшити кількість викидів в атмосферу на 12%.

В даний час підприємство реалізує великий проект на ділянці виробництва шамотних виробів алюмосилікатного цеху по заміні «мокрих» циклонів на рукавні фільтри. Інвестиції підприємства в установку нових газоочисних систем складуть 12 млн гривень. Введення в експлуатацію нового обладнання

забезпечить очистку повітря від пилу – до 20 мг/м³. Весь вловлений пил буде повторно повертатися в виробництво [15].

4.2 Загальні вимоги щодо створення безпечних умов праці

Вимог інструкцій з праці, питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях, за якими працівнику проводяться інструктажі, що записані в «Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці» і в «Журналі реєстрації інструктажів з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях».

Працівник зобов'язаний дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства.

Також знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів та організаційно-розпорядчих документів підприємства з охорони праці, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, працівники зобов'язані користуватися засобами колективного та індивідуального захисту.

При цьому використовувати та виконувати встановлені технічні, організаційні засоби та заходи захисту від можливого впливу виробничих ризиків, дотримуватися зобов'язань з охорони праці, передбачені колективним договором і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства.

Працівник повинен проходити в установленому порядку первинний і періодичний медичні огляди, співпрацювати з керівництвом у справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю або оточуючих його людей і природному середовищу, повідомляти вчасно про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

4.3 Утворення шкідливих речовин та чинників при технологічних процесах виробництва

Основними небезпечними хімічними речовинами, які використовуються при веденні технологічних процесів на підприємстві, є:

- виробнича пил, що містить: кремнію діоксид, магнію оксид, хрому оксид, алюмінію оксид;
- водню хлорид;
- кислота ортофосфорна;
- фенол;
- зварювальні аерозолі.

Для випалу сировини і виробів в печах використовується природний газ.

Для газополум'яної обробки металів використовується ацетилен і пропан.

При неповному згорянні палива і інших матеріалів виділяється монооксид вуглецю (чадний газ) і діоксид вуглецю (вуглекислий газ).

Крім того, на окремих ділянках виробництва працівники можуть піддаватися впливу виробничого шуму, виробничої вібрації і інфрачервоного випромінювання.

Виробнича пил є одним з широко поширених несприятливих факторів, що негативно впливає на здоров'я працюючих. Цілий ряд технологічних процесів супроводжується утворенням дрібнороздроблених частинок твердих речовин (пил), які потрапляють в повітря робочої зони виробничих приміщень.

Несприятливий вплив пилу на організм може бути причиною виникнення професійних захворювань, зокрема пневмоконіозів, алергічних захворювань, хронічних захворювань органів дихання, захворювань очей та шкіри.

Кремнію діоксид (хімічна формула – SiO_2) - міститься в складі вогнетривких матеріалів (шамот каоліновий, глина) і інше.

Одним з основних властивостей двоокису кремнію є його здатність викликати професійні захворювання легень, в першу чергу пневмоконіози.

Найбільш поширеним і важким пневмоконіозом вважають силікоз.

Магнію оксид (хімічна формула - MgO) міститься в магнезиті, який застосовується для виготовлення вогнетривких виробів.

Високі концентрації магнезитового пилу в повітрі викликають зміни в слизовій верхніх дихальних шляхів. Магнію оксид виявляє слабке подразнення слизових очей і носа.

Хрому оксид (хімічна формула – Cr_2O_3) - є одним зі складових хромової руди, використовуваної для виробництва вогнетривких виробів.

Наявність високих концентрацій в повітрі викликає кашель, задишку, може розвинутись бронхіт. Захворювання шкіри - хромові дерматити розвиваються на кистях рук або передпліччях, на обличчі, особливо на повіках.

Алюмінію оксид (хімічна формула - Al_2O_3) - застосовується при виробництві вогнетривів.

При вдиханні пилу оксиду алюмінію ураженню підлягають переважно легені. Захворювання називається алюміноз легень. Пил оксиду алюмінію дратує слизові оболонки очей, носа, рота. При впливі на шкіру у людини виникає свербіж.

Можуть розвинутися у працівника екземи та дерматити.

Хлористий водень (хімічна формула HCI), присутній на робочому місці терміста на соляних ваннах в ремонтно-механічному цеху - безбарвний газ, з різким запахом, важчий за повітря. Реагує бурхливо з окиснювачами з утворенням токсичного газу (хлору). Агресивний по відношенню до багатьох металів, у присутності води утворюючи горючий/вибухонебезпечний газ (водень).

На організм людини виливає дратівливі і задушливі дії. Викликає відчуття печіння дихальних шляхів, кашель, утруднене дихання, задишку, біль у горлі.

Викликає опіки шкіри (дихальних шляхів і слизових оболонок очей), біль, при контакті з рідиною викликає обмороження.

Ортофосфорна кислота (хімічна формула – H_3PO_3), присутня на робочих місцях в ЦНВ - пари кислоти викликають атрофічні процеси в слизовій носа.

Характерні носові кровотечі, сухість в носі і глотці, подрібнення зубів. При попаданні на шкіру викликає суттєві опіки, викликає запальні захворювання шкіри.

Фенол присутній у бакеліті. Технічний фенол - червоно-бура, іноді чорна в'язка рідина з характерним запахом.

При отруєнні парами фенолу виникають подразнення дихальних шляхів, розлад травлення, нудота, блювота вранці, пітливість, слиновиділення, свербіж шкіри, дратівливість, безсоння.

Природний газ (суміш метану CH_4 (до 98%), етану C_2H_5, пропану C_3H_8, бутану C_4H_{10} і інших вуглеводнів) - легший за повітря, при витоку накопичується у верхній зоні приміщення, колодязя, посудинах і іншої ємності.

Газ отруйними властивостями не володіє, але при наявності в повітрі великих його концентрацій може наступити кисневе голодування і задуха.

При концентрації газу в обсязі повітря від 5% до 15% він вибухонебезпечний.

Ацетилен, хімічна формула C_2H_2 - безбарвний газ, легший за повітря зі слабким запахом, організм людини здійснює отруйну дію. При концентрації ацетилену в обсязі повітря від 2,5% до 80% газоповітряна суміш вибухає.

Пропан, хімічна формула C_3H_8 - безбарвний газ, важчий за повітря, одорированний речовиною етилмеркаптан, який має різкий неприємний запах. На організм людини здійснює задушливий вплив. При концентрації пропану в обсязі повітря від 2% до 9% газоповітряна суміш вибухає.

Через те, що пропан важчий за повітря і може накопичуватися в приямках, тунелях, колодязях, підвалах, використовувати його в перерахованих місцях забороняється.

При неповному згорянні палива і інших матеріалів в котлах, двигунах тощо виділяється окис вуглецю (чадний газ, CO). Цей газ безбарвний і не має запаху, що збільшує його небезпеку. На організм людини надає отруйну дію.

Окис вуглецю токсичний і вибухонебезпечний при концентрації його в одиниці об'єму повітря від 12,5% до 80%.

Основними компонентами зварювальних аерозолів є оксиди заліза, марганцю і кремнію. Токсичні включення, що входять до складу зварювального аерозолю, і шкідливі гази при їх попаданні в організм людини через дихальні шляхи можуть чинити на нього негативний вплив і викликати ряд профзахворювань. До найбільш шкідливих пилових виділень відносяться оксиди марганцю, що викликають захворювання нервової системи, легень, печінки і крові; з'єднання кремнію, що викликають в результаті вдихання їх силікоз; сполуки хрому, здатні накопичуватися в організмі, викликаючи головний біль, захворювання органів травлення, недокрів'я; окис титану, що викликає захворювання легень. До найбільш шкідливих газів, що виділяються при зварюванні і різанні, відносяться оксиди азоту (особливо двоокис азоту), що викликають захворювання легень і органів кровообігу; окис вуглецю; озон, запах якого в великих концентраціях нагадує запах хлору, утворюється при зварюванні в інертних газах, швидко викликає подразнення очей, сухість у роті і болю в грудях.

Основне джерело шуму на виробництві - механічне обладнання (дробарки, млини, грохоти, бігуни, вентилятори та ін.).

Вплив шуму на організм людини викликає негативні зміни, перш за все в органах слуху, нервовій і серцево-судинній системах. Тривала дія інтенсивного шуму може привести до подразнення клітин звукового аналізатора і його стомлення, а потім до стійкого зниження слуху. Крім дії шуму на органи слуху встановлено його шкідливий вплив на багато органів і систем організму, в першу чергу на центральну нервову систему. Ураження нервової системи під дією шуму супроводжується дратівливістю, ослабленням пам'яті, апатією, пригніченим настроєм, зміною шкірної чутливості і іншими порушеннями, зокрема сповільнюється швидкість психічних реакцій, виникають розлади сну.

Вплив шуму може привести до захворювань шлунково-кишкового тракту, зрушень в обмінних процесах, порушення функціонального стану серцево-судинної системи.

Таким чином, вплив шуму може привести до поєднання професійної приглухуватості (неврит слухового нерву) з функціональними розладами центральної нервової, вегетативної, серцево-судинної та інших систем, які можуть розглядатися як професійне захворювання - шумова хвороба.

Джерела вібрації на підприємстві: транспортери сипучих вантажів, бігуни, грохоти, млини, електролафети, мостові крани, електромотори.

Систематичний вплив загальних вібрацій призводить до вібраційної хвороби, яка характеризується порушеннями фізіологічних функцій організму, пов'язаними з ураженням центральної нервової системи. Ці порушення викликають: головні болі, запаморочення, порушення сну, зниження працездатності, погіршення самопочуття, порушення серцевої діяльності.

Джерелом інфрачервоного випромінювання є термічні печі, електропечі, променистa енергія зварювальної дуги.

Рівень фізіологічних змін в організмі під впливом інфрачервоного випромінювання залежить від його інтенсивності, спектрального складу, площі та ділянки опромінення, тривалості дії, ступеня фізичного напруження, а також факторів виробничого мікроклімату - температури, вологості і швидкості руху навколишнього повітря.

Підвищення температури шкіри до 40-45 °С є межею переносимості інфрачервоного випромінювання.

Інфрачервоне випромінювання діє, як правило, в поєднанні з високою температурою навколишнього повітря.

У працівників на ділянках з високою температурою і вологістю навколишнього середовища тепловіддача ускладнена, організм людини може перегрійтеся. Таке явище називають гіпертермією. При гіпертермії істотно підвищується температура тіла, спостерігаються інтенсивне потовиділення, головний біль, відчуття слабкості, спрага, порушення сприйняття кольору предметів. При швидкому наростанні симптомів в особливо важких випадках температура тіла досягає 41-42° С, шкіра стає блідою, синюшною, зіниці розширюються, дихання стає частим, поверхневим (50-60 разів на хвилину),

прискорюється частота пульсу (120-160 ударів в хвилину), іноді виникають судоми, знижується артеріальний тиск, можлива втрата свідомості. Якщо постраждалому вчасно не подати медичну допомогу, він може померти.

Внаслідок перегрівання організму і втрати ним великої кількості рідини з потом можливе порушення водно-електролітного обміну, що проявляється судомною хворобою. Основним симптомом цієї патології є біль в м'язах кінцівок, що призводить до тонічних судом. Порушення водно-електролітного обміну під впливом високої температури навколишнього середовища може викликати також захворювання нирок, травного тракту, печінки.

У працівників, які тривалий час працюють під впливом інфрачервоного випромінювання і центральної нервової системи (симптоми - головний біль, порушення сну; дратівливість, загальна слабкість). Виявлено також зміни в вегетативній нервовій системі, зокрема тремтіння повік і пальців витягнутих рук.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Всі працівники, які постійно або тимчасово працюють на підприємстві, зобов'язані знати і виконувати вимоги «Правил пожежної безпеки в Україні», інструкцій з пожежної безпеки, що діють на підприємстві, в цехах, на дільницях. Працівники повинні бути обережними у поводженні з відкритим полум'ям, повідомляти своєму керівнику або диспетчеру підприємства про виникнення загоряння або пожежі та вживати заходів щодо її ліквідації, рятування людей і майна.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум) з отриманням спеціального посвідчення.

Використані обтиральні матеріали необхідно, щоб працівник прибирав в металеві ящики з кришками, що щільно закриваються, і після закінчення зміни видалив їх з виробничих приміщень у спеціально відведені місця.

Куріння на території підприємства допускається тільки в спеціально відведених місцях, позначених написом і відповідним знаком.

На території і об’єктах підприємства забороняється: закривати і захаращувати дороги, проїзди, під’їзди і підходи до будівель, водопроводів і пожежних гідрантів; вимикати окремі ділянки водопровідної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск води в мережах; користуватися водою з пожежних водойм, гідрантів, а також первинними засобами пожежогасіння не за прямим призначенням; використовувати приміщення горищ, підвалів та технічних поверхів для зберігання матеріалів; розводити багаття, спалювати сміття, папір, стружку, траву та інші горючі матеріали в невстановлених місцях.

4.5 Заходи з електробезпеки

Ці заходи з охорони праці встановлюються при експлуатації електричного чайника, електроплити, мікрохвильової печі, холодильника, кондиціонера повітря, масляного обігрівача, водонагрівача і інших побутових електроприладів.

Допускається застосування побутових електроприладів тільки заводського виконання, що мають паспорт і сертифікат відповідності та пройшли у встановленому порядку перевірку опору ізоляції.

Всі нагрівальні побутові електроприлади, що експлуатуються, повинні мати підставку з негорючого і теплоізоляційного матеріалу.

Точка підключення повинні бути обладнані справними електричними розетками (євростандарт), що забезпечують сполучення з контуром заземлення, або мати незалежне підключення до контуру заземлення.

Штекер побутових електроприладів повинен бути приєднаний 3-ю клемою до справного проводу заземлення, що йде на контур. Електропобутові прилади необхідно заземлити відповідно до вимог підприємств-виробників.

Всі роботи по усуненню несправностей і ремонту побутових електроприладів повинні виконуватися після відключення їх від мережі фахівцями, що мають право на ремонт побутових електроприладів.

Відповідальність за експлуатацію побутових електроприладів покладається на особу, відповідальну за протипожежну безпеку приміщення, де застосовуються дані електроприлади.

Забороняється вносити зміни в механізм побутового електроприладу і використовувати деталі, які не входять до комплекту поставки.

Перед включенням побутових електроприладів в мережу необхідно переконатися в справності шнура, вилки, розетки, перевірити збіг параметрів електромережі (напругу, В; частоту, Гц; силу струму, А) зі значеннями, зазначеними на маркуванні побутових електроприладів. Не допускайте пошкодження кабелю і порушення його контактів у вилці. Необхідно перевірити прилад на відсутність видимих пошкоджень, відповідність напруги ~ 220 В, яке повинно бути вказано на табличці, що прикріплюється до електророзетки, і побутовому електроприладі. Електророзетка повинна бути надійно закріплена.

Електрошнури не повинні мати скруток і пошкоджень.

4.6 Заходи безпеки в аварійних ситуаціях

У загальному випадку при виникненні аварійних ситуацій і аварій (в т.ч. витоку газів) необхідно: вийти з небезпечної зони (газової хвилі); повідомити про те, що трапилося керівнику або іншій посадовій особі; приступити до локалізації та ліквідації аварії згідно з планом ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС). За неучасті у заходах з ПЛАС -евакуюватися в безпечну зону.

При виникненні пожежі або задимлення необхідно: негайно повідомити про це диспетчеру підприємства, при цьому необхідно назвати об’єкт, номер цеху, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище; повідомити про виникнення пожежі керівнику або будь-якій іншій посадовій особі; вжити

заходів до евакуації людей, збереження матеріальних цінностей і гасіння (локалізації) пожежі наявними засобами пожежогасіння. При збільшенні масштабу аварії - діяти згідно ПЛАС. При неучасті у заходах з ПЛАС - евакуюватися в безпечну зону; при загорянні одягу на людині, необхідно його облити водою або накрити полотном, при необхідності надати першу допомогу при опіках.

На робочих місцях, біля телефонних апаратів, повинні бути вивішені номери телефонів виклику екстрених служб, що наведено нижче [16].

4.7 Висновки

Зниження викиду шкідливих речовин в атмосферу досягається застосуванням ефективніших типів технологічного обладнання, апаратів пило- і газоочистки, кращої герметизацією технологічних процесів, підвищенням технологічної дисципліни і культури виробництва, впровадженням нових прогресивних технологічних процесів. Вибір методів очищення і апаратури для цього залежать від складу, властивостей, дисперсності і концентрації забруднюючих речовин і необхідного ступеня очищення.

Умови праці на підприємствах з виробництва вогнетривів, незважаючи на технічні заходи, запроваджені в підгалузі в 70-80-х роках минулого століття, не відповідають вимогам чинних гігієнічних нормативів.

Провідним шкідливим виробничим фактором на вогнетривких підприємствах є пиловий, рівні якого від півтора до десяти разів перевищують гранично-допустимі концентрації в повітрі робочої зони і обумовлюють структуру професійної захворюваності.

Один з напрямків розвитку вогнетривкого виробництва в даний час - повернення до практики, коли виробники продукції із застосуванням вогнетривкого брухту спільно з її споживачами були б ініціаторами проведення аналізу властивостей конкретних видів вогнетривів, а також досліджень, що

стосуються впливу відходів на фізико-хімічні властивості і хімічний склад вогнетривів для конкретних умов експлуатації [17].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було розглянуто та досліджено:

1. поняття про вогнетривкий бетон, структуру та функції алюмосилікатних матеріалів. Мікро-інженерія складу бетонної суміші;
2. технологію виробництва бетонних сумішей в умовах ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», загальні поняття про конверторний цех та інструкцію до монолітного футерування арматурного шару проміжного ківша в умовах конвертного цеху;
3. функціональну роль кальцинованого та реактивного глинозему компанії NABALOX у складі матриці високоглиноземистого вогнетривкого бетону марки ZOZ CAST bot 17 VD, виробництва ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», Проведено порівняльний аналіз технічних характеристик альтернативної сировини та здійснено лабораторне апробування зразків у складі бетонної суміші.
4. провели ознайомлення з загальними вимогами, щодо створення безпечних умов праці, та з шкідливими речовинами та чинниками, що утворюються при технологічних процесах виробництва. Теоретично відобразили основні заходи з пожежної безпеки, електробезпеки та безпеки в аварійних ситуаціях.

Результати досліджень показали, що кальцинований і реактивний глиноземи компанії NABALOX суттєво покращують термомеханічні властивості бетонної суміші, забезпечуючи високу термостійкість, опір термічним ударам та запобігаючи утворенню мікротріщин.

Завдяки високій чистоті та дисперсності, глиноземи сприяють підвищенню щільності та міцності матеріалу, покращують його стійкість до стирання та дії агресивних середовищ.

Реактивний глинозем, зокрема, позитивно впливає на реологічні властивості бетонної суміші, зменшуючи водовміст і прискорюючи процес укладання.

Хімічні показники кальцинованого глинозему марки NO 115 та реактивного глинозему NO 645 компанії NABALOX (Німеччина) повністю відповідають технічним вимогам ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Фізичні характеристики (питома поверхня, зерновий склад) в початкових сертифікатах відповідали технічним вимогам частково, однак результати лабораторних досліджень підтвердили їх відповідність встановленим нормам.

Проведені хіміко-фізичні аналізи зразків підтвердили високу якість матеріалів NABALOX — масова частка вологи, зерновий склад та вміст основних оксидів відповідають нормативам.

При змішуванні у складі бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD, сировина забезпечила відповідність готового матеріалу усім технічним вимогам — за хімічним складом, зерновим складом, вологістю, реологічними властивостями, а також показниками щільності, відкритої пористості та міцності після термообробки.

Значення індексу розтікання (145%) свідчить про високу технологічність суміші та ефективність глиноземовмісних компонентів у покращенні формувальних властивостей бетону.

Дослідження довело можливість використання альтернативної сировини компанії NABALOX у виробництві високоглиноземистих вогнетривких бетонів для монолітного футерування проміжних ківшів.

Результати апробації підтверджують доцільність впровадження даних матеріалів у виробничий процес ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Вогнетривкі бетони : офіційний сайт ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». URL: https://zaporozhogneupor.com/reshenija/ogneupornie-betoni/ (дата звернення: 18.05.2025).

2. V.C. Arasu, S. Adak, A.K. Chattopadhyay, C.D. Kamath, Influence of nano-additives on thermo-mechanical properties of alumina castables. In *Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories* (UNITECR 2009). Salvador, Brazil. 2009. 1-4 s.

3. S.H. Badiee, S. Otroj. The effect of nano-titania addition on the properties of high-alumina low-cement self-flowing refractory castables. *Ceramics - Silikaty*, 55. 2011. 319-325 s.

4. M. Bag, R. Sarkar, A.S. Bal, R.P. Sana, S. Adak, A.K. Chattopachyay, Studies on the effect of nano-carbon in MgO-C: A new generation refractories. In *Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories* (UNITECR 2013). Victoria, Canada. 2013. 212-217 s.

5. B.J. Geol, C.D. Moon, N.Y. Han, The effect of applying nano carbon in carbon containing refractories. In *Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories* (UNITECR 2011). Kyoto, Japan. 2011. 1-4 s.

6. S. Otroj, A. Daghighi, Microstructure and phase evolution of alumina-spinel self-flowing refractory castables containing nano-alumina parti-cles. *Ceramics International*. 37. 2011. 1003-1009 s.

7. S. Tamura, T. Matsui, T. Ochiai, K. Goto, Technological philosophy and perspective of nanotech refractories. *Nippon Steel Technical Report*. 98. 2008. 18-28 s.

8. M.A.L. Braulio, G.G. Morbioli. J. Medeiros, J.B. Gallo, V.C. Pan-dolfelli. Nano-bonded wide temperature range designed refractory castables. *J. Am. Ceram. Soc.* (3). 2012. 110-1104 s.

9. ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Технологічна інструкція з виробництва вогнетривких бетонних сумішей у ПОБіМ. [Інструкція]. 2014. №ТІ 00191885.25300.0Б156:2014. (Конфіденційно).

10. Проміжний ківш. Українська Асоціація Сталеплавців. URL: https://uas.su/glossary/eng/T/tundish.php (дата звернення: 26.05.2025).

11. Сенніков С.Г. Матеріали та обладнання для футерування проміжних ківшів МБЛЗ. *Вогнетриви та технічна кераміка.* 2000. № 7. 43-49 с.

12. ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Програма робот з виготовлення дослідної партії вогнетривкої бетонної суміші марки ZOZ CAST bot 17 VD для монолітного футерування арматурного шару ПК в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на альтернативному сировинному матеріалі - кальцинований глинозем марок NO 115 та NO 115ТС поставки 0ОО «SAVEX MINERALS». 2024, Запоріжжя. (Конфіденційно).

13. Реактивні, бімодальні оксиди алюмінію (вогнетриви) : технічний паспорт. URL: https://www.nabaltec.de/en/products/aluminum-oxide (дата звернення: 01.06.2025).

14. Реактивні оксиди алюмінію з оптимізованою в'язкістю (вогнетриви) : технічний паспорт. URL: https://www.nabaltec.de/en/products/aluminum-oxide (дата звернення: 01.06.2025).

15. Здоров’я, безпека, екологія : офіційний сайт ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». URL: https://zaporozhogneupor.com/zdorove-bezopasnost-jekologija/ (дата звернення: 12.06.2025).

16. ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Загальна інструкція з охорони праці ІОП 13-01. [Інструкція]. 2022. (Конфіденційно).

17. Кудрявцева О. М. Удосконалення технології виробництва вогнетривких бетонів для монолітної футеровки теплових агрегатів : кваліфікаційна робота. Запоріжжя : ЗНУ, 2022. 112 с.