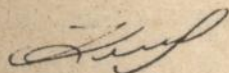


ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

КОНОПЛЯНИК Олександр Юліанович



УДК 666.974:669.18

**ВЛАСТИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЯ
ЖАРОСТІЙКИХ БЕТОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ
ШЛАКОСТІЙКОСТІ**

05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

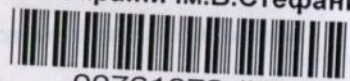
Дніпропетровськ - 1997

691

АВ 36. 2

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана в Інституті будівництва та архітектури.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00761072 (N)

- Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент
Бородін Олександр Олександрович
- Науковий консультант - доктор технічних наук, професор
Пунагін Володимир Миколайович
- Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Щеглова Меланія Дмитрівна
кандидат технічних наук, доцент
Шпирко Микола Васильович
- Провідна організація - УкрДіпромет, м. Дніпропетровськ

Захист дисертації відбудеться "27" лютого 1997 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 03.07.05 в Придніпровській державній академії будівництва та архітектури за адресою: 320600, м.Дніпропетровськ, вул. Чернишевського 24^а.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Автореферат розісланий "25" січня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Карпукіна

Карпукіна А.К.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з головних напрямків при будівництві та ремонті теплових агрегатів чорної металургії є застосування жаростійких бетонів, що забезпечують механізацію виготовлення монолітних футеровок, їх високу стійкість та покращення якості металу.

У сталеплавильному виробництві при розливанні сталі найбільш трудомістким та важливим є ділянка підготовки складів, що включає виготовлення футеровки прибуткових надставок і установку їх на виливниці. Основним призначенням прибуткової надставки є виведення усадочної раковини, що утворюється в процесі кристалізації металу, у верхню частину зливку для наступного віддалення її при прокатці з найменшими втратами металу. При цьому основними заходами скорочення втрат металу є ефективна теплоізоляція металу у прибутковій надставці та збільшення маси злиwkів до 20 тон і більше.

При експлуатації прибуткових надставок для злиwkів великої маси бетонна футеровка інтенсивно зношується і основним фактором, що визначає її знос, є взаємодія з розплавленим шлаком та металом. Ця взаємодія носить складний характер, повністю не вивчена і залежить від багатьох факторів, одним із яких є склад жаростійкого бетону футеровки з високою стійкістю до дії розплавленого шлаку.

Такі склади можуть бути отримані за рахунок підбору зернового та мінералогічного складу вогнетривких компонентів, що сприяють структуроутворенню цементного каменю бетону, результатом якого є зниження пористості та реакційної здатності бетону по відношенню до шлаку.

Ефективна тепла робота прибуткової надставки може бути забезпечена шляхом створення двошарової футеровки, де поряд з виконанням робочого шару із бетону, який має підвищену шлакостійкість, виконується і постійний шар із бетону, що має підвищену теплоізоляційну здатність.

Виходячи з цього, задача розробки та впровадження жаростійких

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

бетонів підвищеної шлакостійкості та теплоізоляційної здатності, конструктивних рішень надставки, установки та удосконалення технології виготовлення монолітної футеровки актуальна.

Мета роботи - розробка, дослідження та впровадження жаростійких бетонів, які задовольняють умовам служби футеровки прибуткових надставок для злиwkів великої маси; розробка механізму взаємодії бетону футеровки з розплавами шлаків; розробка захисних шлакостійких покриттів, що забезпечують підвищення строку служби монолітної футеровки; розробка раціональної конструкції корпусу надставки та футеровки; розробка установки для виготовлення футеровки, а також технологічних прийомів, дозволяючих вирішувати питання її виготовлення з підвищенням стійкості та покращенням якості металу.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з Державною програмою "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології".

Автор захищає:

- оптимальні склади жаростійких бетонів та закономірність змінювання шлакостійкості та інших фізико-механічних властивостей в залежності від речовинного складу та співвідношення компонентів;
- методику та результати дослідження взаємодії розплавленого шлаку з жаростійким бетоном;
- склади жаростійких бетонів підвищеної теплоізоляційної здатності та закономірність зміни їх властивостей;
- склади вогнетривких покриттів для захисту футеровки прибуткових надставок та результати досліджень їх властивостей;
- конструктивні рішення надставок з двошаровою футеровкою;
- установку та технологію механізованого виготовлення монолітної футеровки надставок;
- результати досвідно-промислового дослідження та техніко-економічну оцінку впровадження їх у виробництво.

Наукова новизна роботи. Встановлена можливість одержання жа-

ростійких бетонів підвищеної шлакостійкості за рахунок застосування оптимальних по верновому та мінералогічному складу компонентів, що сприяють структуроутворенню бетону.

Запропонований механізм взаємодії розплавленого шлаку з бетоном футеровки, критерієм якого виступає коефіцієнт шлакопереносу та отримані математичні залежності, які описують цей механізм.

Розроблені оптимальні по шлакостійкості склади жаростійких бетонів на рідкому склі. Експериментально встановлена закономірність зміни шлакостійкості та інших фізико-механічних властивостей бетону в залежності від виду запровадженого у бетон тонкокомлоного додатку та співвідношення компонентів.

Введенням у склад жаростійкого бетону пористого заповнювача отримані бетони підвищеної теплоізоляційної здатності та встановлені залежності їх властивостей від вмісту цього заповнювача. Встановлене явище "пластинчастого коваання", яке дозволяє одночасно поліпшити легкоукладальність та підвищити структурну міцність бетонної суміші.

Розроблені раціональні склади захисних покриттів на зв'язуючих із сернікислого магнію та дігносульфонату технічного, які мають високу шлакостійкість та адгезію до футеровки.

З врахуванням служби футеровки запропонована та досліджена в промислових умовах раціональна конструкція прибуткової надставки з двохшаровою футеровкою, яка забезпечує високу її стійкість та ефективне утеплення металу у прибутковій частині зливку.

Розроблена установка віброударної дії великої потужності, яка дозволяє ефективно ущільнити бетонну суміш та виготовити монолітну футеровку надставок для злиwkів великої маси.

Новизна роботи підтвержена авторськими свідоцтвами N1597246, 1653890, 1731411 та позитивним рішенням по заявці N4932593/02.

Практичне значення роботи складається в тому, що розроблені, випробувані та використані для практичних цілей склади жаростій-

ких бетонів, які можуть застосовуватись для футеровки теплових агрегатів, працюючих під впливом високих температур розплавлених шлаку та металу. Промислове впровадження складів жаростійких бетонів дозволило виготовляти монолітну футеровку механізованим способом, підвищити її стійкість та теплоізоляційну здатність.

Реалізація результатів досліджень здійснена на Мариупольському металургійному комбінаті ім. Ілліча та Криворізькому металургійному комбінаті "Криворіжсталь" шляхом проектування та вводу в експлуатацію промислових технологічних ліній по виготовленню двохшарової футеровки із жаростійкого бетону прибуткових надставок для злиwkів масою 12,5-24 тони. Фактичний річний економічний ефект, отриманий на Криворізькому металургійному комбінаті у 1990 році, склав 75,1 тис. карбованців у цінах 1989 року.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту у 1993-1995 рр., IV Міжнародній конференції "Будівельні матеріали та будівельні конструкції" /Дніпропетровськ, 1996/, II Міжнароднім семінарі "Механіка та фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій" /Львів-Дубляни, 1996/.

Публікації та винаходи. Основний зміст роботи викладений у 9 статтях та 4 авторських свідоцтвах.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, семи глав, основних висновків, списку літературних джерел із 157 назв і чотирьох додатків. Робота містить 228 сторінок, у тому числі 154 стор. машинописного тексту, 40 рисунків та 31 таблицю.

Особистий внесок автора:

- проведені експериментальні дослідження взаємодії розплавленого шлаку з жаростійкими бетонами та визначені їх оптимальні склади;
- на основі експериментально-теоретичних досліджень розроблений механізм взаємодії шлаку з бетоном футеровки та отримані залеж-

ності, що дозволяють оцінити результати взаємодії;

- розроблена математична програма, яка дозволяє визначити концентрацію шлаку по товщині бетону футеровки;
- розроблені склади та експериментально встановлені закономірності зміни фізико-механічних властивостей жаростійких бетонів підвищеної теплоізоляційної здатності;
- результати наукових досліджень реалізовані на металургійних підприємствах шляхом впровадження складів жаростійких бетонів, захисних покриттів, конструктивних рішень та технології виготовлення футеровки прибуткових надставок.

Методи дослідження. Поставлені завдання вирішувались поєднанням стандартних і спеціальних методів дослідження. Згідно стандартних методик досліджувались: вогнетривкість, відкрита пористість, уявна густина, деформація під навантаженням, міцність, термічна стійкість, теплопровідність, структурна міцність та легкоукладальність. Згідно спеціальних методик досліджувались шлакостійкість та адгезія вогнетривких сумішей. Обробка експериментальних даних шлакостійкості виконана за допомогою математичних програм.

Робота виконана в лабораторії жаростійких бетонів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

ЗМІСТ РОБОТИ

Основні теоретичні та практичні питання застосування жаростійких бетонів на різних в'язучих розроблені Будніковим П.П., Горловим Ю.П., Жуковим В.В., Зам'ятиним С.Р., Міловановим А.Ф., Некрасовим К.Д., Прядко В.М., Пургініним О.К., Пітаком М.В., Півінським Ю.О., Салмановим Г.Д., Стреловим К.К., Тарасовой А.П. та ін.

Аналіз сучасного стану розробки та дослідження жаростійких бетонів на різних в'язучих та досвід їх використання дають підставу вважати найбільш сприятливим для виготовлення монолітних фу-

теровок прибуткових надставок жаростійкої бетони на рідкому склі.

Склади бетонів, що застосовуються в наш час, конструктивні рішення надставок та технологія виготовлення футеровки були розроблені для невеликих, масою до 8,5 тон, зливків при конфігурації внутрішньої порожнини у плані близької до квадрату і розливі сталі в основному сифонним способом.

При збільшенні маси зливу збільшуються розміри внутрішньої порожнини надставок і великі зливки, переважно листові, мають вже прямокутну конфігурацію з відношенням сторін більш двох. Виробничий досвід виготовлення та експлуатації футеровки прибуткових надставок для зливків масою більш 12 тон показав, що вони мають принципові відмінності від надставок для зливків меншої маси і використання розроблених раніш складів, конструктивних рішень і технологій виготовлення двоварової футеровки або неможливе, або утруднене з наступних причин:

- час кристалізації великих зливків у 1,5-2 рази перевищує час кристалізації зливків масою до 12 тон і складає 280-300 хвилин, а бетон футеровки з плинном тривалого періоду підлягає дії розплавлених шлаків та металу;

- футеровка по довгих сторонах, внаслідок близькості теплового центру зливу, знаходиться в більш жорстких умовах та зношується більш інтенсивно, ніж по коротких сторонах, що обумовлює малий строк її служби;

- робочий шар футеровки по двох сторонах має значну довжину, що в умовах односторонньої дії температури приводить до його здимання усередину надставки та відокремлення від постійного шару з послідовним попаданням розплавленого металу в зазор між шарами та їх руйнуванням при зніманні надставок зі зливу;

- установка віброударної дії для виготовлення футеровки надставок зливків масою до 12 тон має недостатню для ефективного ущільнення бетонної суміші збурюючу силу.

При експлуатації надставок для зливків великої маси футеровка інтенсивно зношується і основним фактором, який визначає її знос, є взаємодія з розплавленим шлаком. На наш погляд, враховуючи температурний та шлаковий режим роботи футеровки, найбільш інтенсивним фактором, що впливає на просочення та знос футеровки, потрібно вважати тривалу корозійну дію шлаку на бетон футеровки. При цьому інфільтрація шлаку у глибину футеровки залежить від пористості бетону і реакційної здатності матеріалу по відношенню до шлаку.

Враховуючи вище викладене, сформульована робоча гіпотеза:

- за рахунок підбору зернового та мінералогічного складу компонентів можуть бути отримані жаростійкі бетони з високою стійкістю до дії розплавлених шлаків та металу, що задовольняють умовам служби футеровки прибуткових надставок великих зливків масою більш 12 тон. В якості таких компонентів можуть бути використані відходи підприємств України та інші недифіцитні матеріали;

- введенням у склад бетону пористого заповнювача можливе отримання бетонів підвищеної теплоізоляційної здатності, що забезпечує зниження тепловитрат і підвищення якості металу, що розливається.

Вибір матеріалів для розробки складів бетонів виконували на основі аналізу досвідних даних та досліджень в області дії шлак-вогнетрив, а також виконаних нами у виробничих умовах експериментальних досліджень з визначення температурного та шлакового режиму двошарової футеровки із жаростійкого бетону. Крім того, при виборі матеріалів враховували їх властивості, недифіцитність і можливість поставки в межах України.

В якості зв'язуючого використовували натрієве рідке скло з модулем 2,6, а в якості його твердника - ферохромовий шлак. Заповнювачем бетонів служив шамот марки ЗШБ фракції 5-10 і 0,14-5 мм, а також кварцит марки СКМ-97 Овручського родовища з тонкомолотою складаючою в кількості 20...25%. В якості тонкомолотих додат-

ків використовували дистенсіліманітовий концентрат Верхньодніпрівського комбінату, мертель МШ-39 Ватутінського вогнетривкого заводу, каталізатор ІМ-2201 Стерлітомакського нафтохімічного заводу, періклазохроміт, отриманий помолом склепової цегли, яка вже вживалась, шлам електрокорунду Запорізького абразивного комбінату та пиловидний відхід кремнійвмістких феросплавів Стаханівського заводу.

Теплоізоляційну здатність бетону покращували шляхом введення в його склад пористого заповнювача із спученого перлітового піску фракції до 3 мм, який виробляється із перліта Закарпатських родовищ.

В результаті дослідження роботи футеровки надставки для зливку масою 24 тони встановлено, що робочий шар при розливі металу піддається різкому нагріванню. Температура на поверхні футеровки складала 1400°C при температурному перепаді по її товщині $1300\dots 1350^{\circ}\text{C}$. При кристалізації металу в зливку знижуються температури на контакті футеровки з металом та температурний перепад по товщині футеровки. Наведені графіки зміни температур по товщині футеровки.

Розплавлений синтетичний шлак інтенсивно взаємодіє з футеровкою, особливо у нижній частині надставки, внаслідок більш високих температур шлаку і металу в цій зоні. Після першого наливу зменшення товщини бетону футеровки за рахунок насичення її шлаком та змивом продуктів взаємодії складало 3...5 мм. На поверхні футеровки утворився щільний захисний шар-гарнісаж з продуктів взаємодії шлаку та бетону, що заважає інтенсивному просочуванню шлаку при наступних наливках. Після другого і наступних наливів відбувається зменшення товщини футеровки на 0,5...1,5 мм за налив. Фронт проникнення шлакового розплаву зміщується у глибину бетону футеровки, а його максимальна глибина визначається температурою кристалізації шлаку. При цьому товщина гарнісажу змінюється незначно,

оскільки частина його розчиняється продуктами плавки, а частина нарощується в результаті проникнення шлаку у поверховий шар бетону футеровки. За критерій зносу футеровки, визначений конструктивно-технологічними можливостями надставки, приймали зменшення товщини футеровки на величину 25 мм.

При розробці механізму взаємодії бетону футеровки з розплавами шлаку розглядали дві концепції інфільтрації шлаку в бетон футеровки-під впливом гравітаційних та капілярних сил. Для оцінки впливу кожної концепції інфільтрації шлаку, нами були заплановані і виконані спеціальні експериментальні поетапні дослідження.

На першому етапі використовували тигельний метод. Для цього виготовляли зразки розміром 50x50x50 мм з поглибленням-лункою діаметром 20 мм та висотою 11 мм. У лунку кожного зразку помішали 3,5 г синтетичного шлаку, який використовується при розливі сталі в зливки і містить 38,8% SiO_2 , 4,41% Al_2O_3 , 1,46% Fe_2O_3 , 21% CaO , 3,95% FeO , 15,76% MnO , 6,58% $Almet$, 4,03% CaF_2 , 1,28% Na_2O , 0,103% P та 0,55% S . Випробування проводили у камерній електропечі СНО-345-2/15. Зразки зі шлаком нагрівали до температури 1400°C, витримували при цій температурі 20 хв, потім рівномірно знижували температуру до 1300°C протягом 60хв та охолоджували до нормальної температури разом з піччю. Охолоджені зразки розпилювали по центру заглиблення, шліфували та вимірювали площу шлакопросочення.

Досліджувалась шлакостійкість бетонів на рідкому склі з різними тонкомолотими додатками. При визначенні кількісного складу жаростійких бетонів вміст рідкого скла визначали із розрахунку на отримання суміші з легкоукладальністю 40-60 хв. Склади бетонів, що досліджувались та їх властивості наведені у табл. 1 і 2.

Аналіз просочення зразків свідчить про те, що просочення зразку відбувається як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках, а глибина просочення зразку у цих напрямках не має істотних відмінностей. Крашу стійкість до дії синтетичного шлаку

Таблиця 1
Склади жаростійких бетонів на першому етапі випробувань

Найменування компонентів	Номер складу / вміст, мас%							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Шамот фракції 5-10 мм	34,9	-	34,6	33,6	35,2	34,5	35,1	42,4
Шамот фракції 0,14-5 мм	26,3	-	26,1	25,2	26,4	26,8	26,3	31,8
Кварцит фракції 0-5 мм	-	83,5	-	-	-	-	-	-
Мертель МШ-39	21,6	-	-	-	-	-	-	-
Каталізатор ІМ-2201	-	-	21,5	-	-	-	-	-
Дистенсіліманітовий концентрат	-	-	-	21,0	-	10,8	-	-
Періклазохроміт	-	-	-	-	22,0	10,8	-	-
Шлам електрокорунду	-	-	-	-	-	-	21,9	-
Пиловидний відхід кремнійвмістких феросплавів	-	-	-	-	-	-	-	8,0
Ферохромовий шлак	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	2,1
Рідке скло густиною 1,32 г/см ³	15,3	14,7	16,0	18,5	14,7	16,4	14,9	15,7

Таблиця 2
Шлакостійкість жаростійких бетонів та властивості на її впливаючі

Показники	Номер складу							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Площа взаємодії шлаку з бетоном, мм ²	87,5	234,8	135,0	120,0	P	79,2*	151,0	265,0
Уявна густина, г/см ³	1,92	2,17	2,05	1,99	2,2	2,05	2,14	1,88
Відкрита пористість, %								
бетона	20,5	19,4	20,8	22,4	20,2	21,6	20,7	23,6
ав'язки	29,3	23,9	26,5	32,8	25,8	28,4	26,3	34,6
Вогнетривкість, °С								
бетона	1540	1630	1580	1610	1300	1380	1540	1350
ав'язки	1430	1580	1540	1540	1320	1350	1480	1320

* - Часткова утрата форми із-за низької вогнетривкості бетону.
P - Зразки розплавившись.

показали бетони з тонкомолотими додатками із мертелю МШ-39, дис-тенсіліманітового концентрату та каталізатора ІМ-2201, які були відібрані для подальшого дослідження механізму просочення бетону шлаком.

На другому етапі шлак у кількості 37 г. завантажували у чавунний тигель. Бетонний зразок діаметром 36 мм і висотою 50 мм фіксувався у тигелі за допомогою утримувача із молібденового дроту таким чином, щоб тільки його нижня поверхня мала контакт із шлаком. Поруч встановлювали зразки-близюки таким чином, щоб не було їх контакту із шлаком. Випробування проводили у криптоловіч печі. Зразки нагрівали до 1400°C у тому режимі, що й на першому етапі з наступною витримкою при цій температурі 5, 20 та 40 хвилин, при цьому шлак знаходився у розплавленому стані 45,60 та 80 хвилин відповідно. Потім, після зниження температури до 1300°C зразки піднімали над шлаком і охолоджували разом із піччою. Вимірювали вагу зразків із шлаком та без нього. У відповідності із зміною ваги зразків за розробленою методикою визначали коефіцієнт шлакопереносу для кожного складу бетону.

Для проведення випробувань на другому етапі вибрали бетон базового складу 3 з тонкомолотим додатком із каталізатора ІМ-2201. Пористість бетону варіювали шляхом змінювання кількості тонкомолотого додатку та співвідношення між великим та дрібним заповнювачами-склади 3...36. Межі зміни перемінних вибрали таким чином, щоб отримати суміші з легкоукладальністю 40-60 хв. При цьому витрата каталізатора ІМ-2201 менш 18,4% приводить до збільшення жорсткості суміші, що не забезпечує якості поверхні бетону внаслідок наявності раковин та порожнеч з можливістю проникнення по них шлаку, а витрата більш 21,5% приводить до збільшення пористості бетону і зв'язки. Склади жаростійких бетонів наведені у табл.3, а їх показники шлакостійкості у табл. 4.

Аналіз результатів цього етапу випробувань показав, що від-

Таблиця 3

Склади жаростійких бетонів на другому етапі випробувань

Найменування компонентів	Номер складу / вміст, мас%						
	3	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	3 ₆
Шамот фракції 5-10 мм	34,6	36,0	36,9	39,0	41,7	36,8	39,5
Шамот фракції 0,14-5мм	26,1	27,0	28,2	21,7	23,4	23,9	25,6
Каталізатор ІМ-2201	21,5	20,4	18,4	21,5	18,4	21,5	18,4
Ферохромовий шлак	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Рідке скло	16,0	14,5	14,7	16,0	14,7	16,0	14,7

Таблиця 4

Показники шлакостійкості жаростійких бетонів

Показники	Номер складу						
	3	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	3 ₆
Кількість шлаку, г, який пройшов у бетон за час знаходження його у розплавленому стані, хв.							
45	2,04	2,35	2,21	2,24	2,40	2,02	2,11
60	2,44	2,79	2,68	2,71	2,91	2,54	2,57
80	2,92	3,37	3,25	3,23	3,5	3,12	3,2
Відкрита пористість, %	20,8	21,5	21,1	21,2	21,6	20,9	21,0
Коефіцієнт шлакопереносу, см ² /хв x 10 ²	0,3	0,39	0,36	0,355	0,41	0,31	0,33
Кількість циклів просочення футеровки	18	13	15	15	12	17	16

булося просочення зразків шлаком при русі його в гору - у бік протилежний напрямку дії сили ваги.

Матеріали теоретичних та експериментальних досліджень дозволили зробити висновок, що стосовно до моделювання процесу просочення шлаком бетонів футеровки може бути застосована класична теорія тепломасопереносу. У цьому випадку концентрація шлаку, що пройшов у футеровку, підкоряється рівнянню

$$W = W_0 \cdot \left[1 - \frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{2i-1} \sin \frac{i\pi x}{H} \cdot e^{-\frac{i^2 \pi^2 c t}{H^2}} \right];$$

де: W_0 - максимальна концентрація шлаку; H - глибина просочення бетону; x - координата; C - коефіцієнт шлакопереносу; t - час знаходження шлаку у розплавленому стані; i - номер наливу металу ($i=1, 2, 3 \dots n$).

Найменший коефіцієнт шлакопереносу має жаростійкий бетон складу 3, що пов'язано з його самою низькою пористістю і відповідно з кількістю шлаку, пройденого у бетон. З ростом відкритої пористості бетону коефіцієнт шлакопереносу збільшується. За допомогою розробленої математичної програми визначений характер просочення футеровки із бетону складу 3 (рис.) у відповідності з яким просочення футеровки на 25 мм та її знос відбувається після 18 циклів дії шлаку.

Встановлені оптимальні по шлакостійкості склади бетонів з тонкомолотими додатками із дистенсіліманітового концентрату та мертелю МШ-39 з коефіцієнтами шлакопереносу рівними 0,0034 та 0,00355 см²/хв відповідно. У відповідності з цими коефіцієнтами просочення футеровки настає відповідно після 16 та 15 циклів дії шлаку.

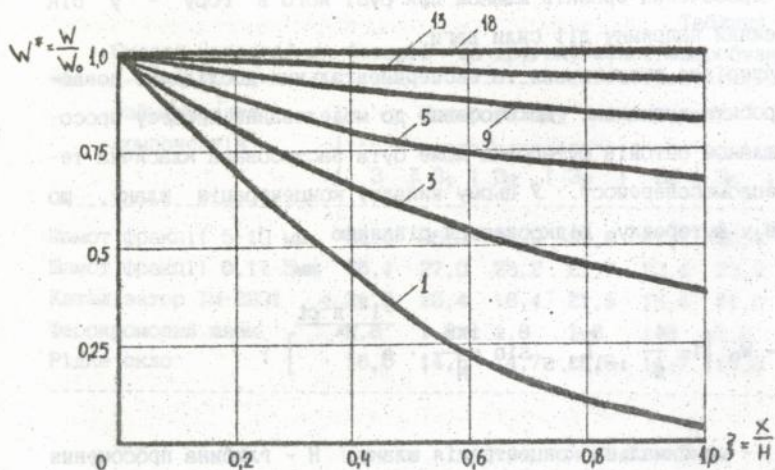


Рис. Характер просочення футеровки із жаростійкого бетону складу 3: 1,3,5,9,13 та 18 - цикли дії шлаку.

Враховуючи те, що одним із видів взаємодії є зменшення товщини поверхневого шару внаслідок його розм'якшення, були проведені дослідження вогнетривкості сумішей бетонів із шлаком при вмісті шлаку 10-80%. Найбільші показники вогнетривкості має суміш шлаку з бетоном з тонкомолотим додатком із дистенсіліманітового концентрату, а найменші - шлаку з бетоном з тонкомолотим додатком із мертелю МШ-39.

Петрографічним та рентгенофазовим аналізами встановлено, що високі показники шлакостійкості бетонів досягаються також за рахунок інтенсивної мулітизації зв'язуючої маси. Дослідження порового простору бетону з тонкомолотим додатком із катализатора ІМ-2201 показало, що в робочій зоні у результаті розподілу пор підвищується кількість великих, до 10 мкм, пор, по яких відбувається подальше проникнення шлаку у футеровку.

Встановлені та вивчені основні фізико-механічні властивості оптимальних складів бетонів: вогнетривкість, відкрита пористість, уявна густина, міцність при стисненні, температура деформації під

навантаженням, термічна стійкість, усадка, теплопровідність, легкоукладальність та структурна міцність. Оптимальні характеристики дозволяють використовувати ці бетони для виготовлення робочого шару двохшарової футеровки.

Введенням у склад бетону пористого спученого перлітового піску отримані бетони підвищеної теплоізоляційної здатності для виготовлення постійного шару футеровки. Встановлено, що введення у склад вогнетривких сумішей перлітового піску в кількості 0,1...1,8% забезпечує одночасне покращення їх легкоукладальності та структурної міцності, яке забезпечується за рахунок позитивного ефекту "пластинчастого ковзання". Коефіцієнт теплопровідності бетонів з додатком перлітового піску у кількості 1,8% при температурі 600°C у 1,31...1,34 рази нижче в порівнянні з теплопровідністю вихідних складів без додатку та складає 0,69...0,73 Вт/м·К. Встановлені та вивчені залежності основних фізико-механічних властивостей від оптимального вмісту перлітового піску.

Для підвищення стійкості футеровки розробили та дослідили склади захисних покриттів із вогнетривких сумішей. Кращими захисними властивостями володіють покриття із вогнетривких сумішей на основі композицій: магнезит - вогнетривка глина та магнезит-пилочиний відхід виробництва кремнійвмістких феросплавів з зв'язуючими із сернокислого магнію та лігносульфонату технічного. При цьому кращу шлакостійкість мають покриття складу: магнезит 51,3%, вогнетривка глина 17,2% та лігносульфонат технічний 31,5%. Високі показники шлакостійкості цих композицій досягаються за рахунок утворення шпінеліду складного складу, який утворює суцільну кайму навколо шлакостійких, але не термостійких, зерен переклазу.

Розроблена конструкція прибуткової надставки з двохшаровою футеровкою. Для запобігання адимання робочого шару футеровки при зніманні надставок із зливу поверхню нижньої полиці виконали угнотую. Виходячи з вимог експлуатації максимальна глибина угнотую

поверхні повинна складати 0,3...0,5 товщини робочого шару футеровки у нижній частині.

Розроблена установка віброударної дії великої потужності для виготовлення футеровки надставок для злиwkів масою до 24 тон, яка дозволяє ефективно ущільнити жорстку бетонну суміш. В основу роботи установки покладений принцип самосинхронізації динамічних систем. Досліджені режими, які відповідають синхронному обертанню вібраторів.

Удосконалені технологічні параметри виготовлення монолітної футеровки з встановленням оптимального режиму сушки шарів: підвищення температури до 150°C і витримка 2 години, підвищення температури до 350°C і витримка 4 години. Підібрані склади мастил, що зменшують зчеплення сердечників установки з відформованою бетонною сумішшю та забезпечують виготовлення футеровки надставок без порушення її якості та форми.

Досвідно-промислові дослідження та впровадження результатів роботи на Маріупольському ім. Ілліча та Криворізькому металургійних комбінатах підтвердили основні висновки, отримані у лабораторних умовах. Стійкість футеровки із жаростійкого бетону підвищеної шлакостійкості с тонкомолотим додатком із каталізатора ІМ-2201 складала в умовах Маріупольського та Криворізького комбінатів у середньому 20 та 27,5 наливів, що у 1,3...2,5 рази вище стійкості футеровки із шамотної цегли. Стійкість футеровки з різними захисними покриттями підвищеної шлакостійкості в умовах Маріупольського комбінату складала 22...26 наливів. Покращення теплоізоляційної здатності прибуткової надставки дозволяє знизити на 0,8...1,0 відходи металу з головною обрізку.

На підставі виконаних досліджень були розроблені технічні завдання на проектування та будівництво технологічних ліній по футеровці прибуткових надставок жаростійким бетоном. Ці лінії бу-

лі введені в експлуатацію на Маріупольському та Криворізькому металургійних комбінатах.

Фактичний річний економічний ефект, отриманий на Криворізькому металургійному комбінаті у 1990 році склав 75,1 тис. карбованців у цінах 1989 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблені склади жаростійких бетонів на рідкоскляному в'язучому з шамотним заповнювачем, які володіють підвищеною шлакостійкістю до дії розплавів шлаку.

2. Встановлено, що рух розплавленого шлаку у бетонній футеровці підкоряється рівнянню тепломасопереносу. Запропонован механізм взаємодії шлаку з бетоном футеровки, критерієм якого виступає коефіцієнт шлакопереносу. Отримані математичні залежності, що описують цей механізм.

3. За стійкістю до дії синтетичного шлаку найбільш прийнятними є жаростійкі бетони з тонкомолотими додатками із каталізатора ІМ-2201, дистенсіліманітового концентрату і мертелю МШ-39.

4. Розроблені жаростійкі бетони підвищеної теплоізоляційної здатності з додатками спученого перлітового піску, які забезпечують зниження витрат тепла і підвищення якості металу, що розливається.

5. Розроблені склади захисних покриттів підвищеної шлакостійкості на основі композицій магнезит-вогнетривка глина та магнезит-пиловидний відхід кремнійвмістких феросплавів із зв'язуючими з сернокислого магнію і лігносульфонату технічного.

6. Розроблені та досліджені у промислових умовах конструкція прибуткової надставки, установка, а також технологічні прийоми виготовлення футеровки, які дозволяють вирішувати питання механізованого виготовлення монолітної футеровки, підвищення її стійкості та покращення якості металу.

7. Ефективність наукових розробок та їх промислова реалізація може бути досягнута лише тоді, коли повно та взаємоув'язано вирішені питання по складам жаростійких бетонів та захисних покриттів, конструкції надставки та технології виготовлення футеровки.

8. Досвідно-промисловими випробуваннями та впровадженням складів жаростійких бетонів, конструктивних рішень та технологічних прийомів виготовлення монолітної футеровки прибуткових надставок встановлена можливість підвищення стійкості футеровки у 1,3...2,5 рази та зниження відходів металу з головною обрізку на 0,8...1,0%.

9. Фактичний річний економічний ефект, отриманий у 1990 році від впровадження результатів роботи на Криворізькому металургійному комбінаті, склав 75,1 тис. карбованців.

Основні положення дисертації опубліковано в 13 роботах:

1. Завадский М.Я., Конопляник А.Ю., Белкин А.И., Головкин В.Н., Кондратова Г.Г. Применение жаростойкого бетона в футеровке прибыльных надставок для слитков массой 24 т. //Огнеупоры. 1990. N 7. С.52-56. (Доля автора-40%. Внедрение в производство жаростойких бетонов, конструктивных решений надставки и технологии изготовления футеровки).

2. Гизатулин Г.З., Белкин А.И., Агафонова Е.Н., Завадский М.Я., Конопляник А.Ю. Повышение качества 24-т слитков спокойной стали, отлитых с утеплением головной части. //Сталь. 1990. N 9. С. 75-76. (Доля автора-30%. Изучение качества металла, отлитого с прибыльными надставками, футерованными жаростойким бетоном).

3. Грызлов Е.Г., Белкин А.И., Агафонова Е.Н., Завадский М.Я., Конопляник А.Ю. Снижение головной обреза 24-т слитков спокойной стали, отлитых с утеплением головной части жаростойким бетоном. //Металлургическая и горнорудная промышленность. 1992. N 1. С.18-19. /Доля автора-30%. Анализ качества разливаемого металла/.

4. Завадский М.Я., Конопляник А.Ю., Белкин А.И. Подбор огнеупорных смесей для обмазки футеровки прибыльных надставок изложниц. //Огнеупоры. 1992. № 9-10. С.33-37. (Доля автора-60%. Предложены новые составы защитных покрытий).

5. Конопляник А.Ю., Бородин А.А., Белкин А.И., Колониари Г.В. Подбор составов и исследование свойств смазок, используемых при изготовлении футеровки прибыльных надставок. //Металлургическая и горнорудная промышленность. 1994. № 3. С. 61-63. (Доля автора-60%. Подобраны смазки и исследованы их свойства).

6. Завадский М.Я., Конопляник А.Ю., Бородин А.А., Белкин А.И., Смирнов В.И. Виброустановки большой мощности с самосинхронизирующимися вибраторами для изготовления монолитной футеровки металлургических агрегатов и конструкций. //Металлургическая и горнорудная промышленность. 1995. № 4. С.46-49. (Доля автора-40%. Разработана установка и параметров вибрации).

7. Бородин А.А., Конопляник А.Ю. Подбор составов жаростойких бетонов повышенной шлакоустойчивости для футеровки тепловых агрегатов и конструкций. В сб. аннотаций и научно-исследовательских трудов ПГАСиА за 1995 год. - Днепропетровск: 1996. С.16-17. (Доля автора-50%. Подбор составов и исследование их свойств).

8. Бородин А.А., Пунагин В.Н., Конопляник А.Ю. Прогноз процесса пропитки жаростойких бетонов шлаковым расплавом. Сб. научных тр. "Строительные материалы и строительные конструкции", IV Международная конференция ICMB, 96.-Днепропетровск: ПГАСиА, 1996. С.55-56. (Доля автора-40%. Предложен механизм взаимодействия шлака с бетоном футеровки).

9. Бородин О.О., Конопляник О.Ю. Експериментальні дослідження жаростійких бетонів. //Матеріали II Міжнародного симпозіуму "Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій", - Львів-Дубляни: 1996, С.151-153. (Частка автора-50%. Проведення експериментальних досліджень бетонів).

10. А.С. N 1597246 СССР. Прибыльная надставка. /М.Я.Завадский, В.М.Прядко, А.Ю.Конопляник, Г.З.Гизатулин, Г.И.Налча, А.И.Белкин, В.А.Кулик, Г.Г.Кондратова. //Открытия.Изобретения. 1990. N 37. С.28. (Доля автора 30%. Разработка конструктивных решений прибыльной надставки).

11. А.С. N 1653890 СССР. Огнеупорная смесь для изготовления футеровки прибыльных надставок. /М.Я.Завадский, В.П.Алмазов, А.Ю.Конопляник, Г.З.Гизатулин, А.И.Белкин, В.Н.Головкин.//Открытия. Изобретения. 1991. N 21. С.51. (Доля автора-30%. Разработка составов огнеупорных смесей с добавками перлитового песка).

12. А.С. N 1731411 СССР. Состав огнеупорной смеси для обмазки футеровок прибыльных надставок. /М.Я.Завадский, А.Ю.Конопляник, В.С.Магала, Г.З.Гизатулин, А.И.Белкин, В.Н.Головкин //Открытия. Изобретения. 1992. N 17. С.62. (Доля автора-50%. Предложены составы и обосновано содержание компонентов).

13. Положительное решение по заявке N 4932593/02 СССР от 24.01.92 г. Огнеупорная смесь для обмазки футеровки прибыльных надставок. /М.Я.Завадский, А.Ю.Конопляник, В.С.Магала, Е.Г.Грызлов, Г.З.Гизатулин, А.И.Белкин, В.А.Кулик//. (Доля автора-50%. Предложены составы и обосновано содержание компонентов).

Abstract

Konoplyanik A.Y. Properties and technology of heat resistance concretes with raised resistance to action of slag.

The thesis for competition on the Degree of Ph. D. of Technical Science on the Speciality 05.23.05 - Building Materials and Products, Pridneprovsky State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk, 1997.

In this work on base of experimental and theoretical investigations the heat resistant concretes of high resistance to action of slag and mechanism of mutual action of melting slag

with lining of tops are elaborated. The equation, that allows one to estimate the results of this process, where the slag - transfer ratio is a criteria of the mutual action, is obtained. The injection of porous aggregate in a concrete mixture allows one to increase isolating facility of lining.

The application of elaborated of heat resistant concretes, constructive design and technological operations of lining production of tops allows one to increase durability of lining and to decrease the wastes of metal with head - scrap.

Аннотация

Конопляник А.Ю. Свойства и технология жаростойких бетонов повышенной шлакоустойчивости.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 -Строительные материалы и изделия, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепрпетровск, 1997.

В диссертации на основании опытно-теоретических исследований разработаны жаростойкие бетоны повышенной шлакоустойчивости и механизм взаимодействия расплавленного шлака с футеровкой прибыльных надставок. Получено уравнение, позволяющее оценить результат этого взаимодействия, критерием которого выступает коэффициент шлакопереноса. Введение в состав бетона пористого заполнителя позволило повысить теплоизолирующую способность футеровки.

Использование разработанных жаростойких бетонов, конструктивных решений и технологических приемов изготовления футеровки прибыльных надставок для слитков большой массы позволило повысить стойкость футеровки и снизить отходы металла с головной обрешью.

Ключові слова: жаростійкий бетон, шлакостійкість, захисне покриття, конструкція, технологія, прибуткова надставка.

Подписано к печати 21.01.97 г. Формат 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов. Усл.печ.л. 0.97. Заказ: N 25.

Тираж 100 экз.

447369

AB 36.992
AB 36.992