

ID:27145 13.09.2014 - 14:29 (66-1)

Секція: Технології видобутку та переробки корисних копалин

Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки (згідно з Законом України від 12.10.2010 № 2519-17): Рациональне природокористування

Назва пріоритетного тематичного напрямку (згідно з постановою КМУ від 07.09.2011 № 942): Технології виявлення і оцінки корисних копалин, їх рационального екологічно безпечного видобування

Назва напрямку секції (згідно з паспортом секції обирається до 2-х напрямів):

16. Науково - технічні проблеми створення новітніх та удосконалення існуючих технологій і устаткування для виплавки, позапічної обробки та розливання сталі. 16.3. Створення ресурсозберігаючих технологій виплавки, позапічної обробки та розливання сталі на базі наскрізних моделей процесів й розробки нових реагентів

Організація-виконавець: ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Адреса: вул. Артема, 58. Донецьк, 83000 Україна

Назва проекту: Розробка ресурсозберігаючої технології рафінування сталі та дослідження утворення неметалевих включень та формування глазури на поверхні футерівки ковшів

АВТОРИ ПРОЕКТУ:

Керівник проекту (П.І.Б.): Смірнов Олександр Миколайович

Науковий ступінь: д-р техн. наук **учене звання:** проф.

Місце основної роботи: ДВНЗ "Донецький національний технічний університет"

Посада: завідувач кафедри металургії сталі

Робоч.тел., факс: (062)-3010789 дом. тел. 062)-3043832

E-mail: stalevoz@i.ua

Основні виконавці проекту (П.І.Б., науковий ступінь, учене звання, посада):

1.Зборщик Олександр Михайлович, д.т.н., проф., ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

2.Дюдкін Дмитро Олександрович, д.т.н., проф., ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

3.Штепан Євген Вікторович, к.т.н., доцент, ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

4.Салмаш Ірина Миколаївна, доцент, ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

5.Ухін Володимир Євгенович, доцент, ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

6.Антикуз Олег Васильович, к.т.н., доцент, ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

7.Куберський Сергій Володимирович, докторант ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

8.Верзілов Олексій Павлович, аспірант ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

9.Лізун Андрій Юрійович, аспірант ДонНТУ, кафедра «Металургія сталі»;

Проект розглянуто й погоджено рішенням наукової (вченої) ради (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет») від «12» вересня 2014р., протокол № 1

Керівник проекту:

Ректор

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О.А. Мінаєв

підпис

Смірнов О. М.

" " 2014 р.

підпис

2014 р.

МП

ПРОЕКТ

прикладного дослідження, науково-технічної (експериментальної) розробки за рахунок видатків державного бюджету

Назва проекту: Розробка ресурсозберігаючої технології рафінування сталі та дослідження утворення неметалевих включень та формування глазури на поверхні футерівки ковшів

Пропоновані строки виконання проекту (2 роки): з 01.01.2015 р. по 31.12.2016 р.

Передбачається, що проект буде виконуватись протягом два роки у два етапи. Протягом першого етапу буде розроблено фізичні моделі, які дозволяють досліджувати процеси взаємодії шлаку і робочого шару футерівки ковшів і оцінювати можливості утворення захисного шару глазури на поверхні вогнетрива. Це дозволить зробити аналітичний висновок про те, яким чином може бути скоректований хімічний склад шлаку за допомогою введення спеціальних модифікаторів. Протягом другого етапу буде розроблено математичну модель, що дає змогу оцінювати характер взаємодії конвективних потоків та робочого шару футерівки. Оцінка локальних зон, що найбільш вражаються під час продувки аргоном, дозволить розробити рекомендації щодо хімічного складу модифікатора для формування глазури на поверхні вогнетрива.

Тривалість виконання проекту в два роки є оптимальною для виконання такого проекту з заявленим обсягом робіт. Виконання окремих подетапів роботи передбачає їх певну послідовність, що вимагає певного часу. Крім того для виконання аналізу отриманих експериментів передбачає накопичення експериментальних даних, які потім будуть використовуватися в математичних моделях.

Обсяг фінансування: 400 тис. грн., зокрема за роками
на 1 рік: 200 тис. грн.
на 2 рік: 200 тис. грн.

1. АНОТАЦІЯ

У роботі пропонується підвищити ефективність технології рафінування сталі при її продуванні аргоном в сталерозливних і проміжних ковшах за рахунок забезпечення захисту поверхні робочого шару футерівки за допомогою формування на ній шару глазури. Це досягається за допомогою комплексного підходу в частині оптимізації процесу і техніки вдування аргону в рідку ванну (витрата газу, діаметр бульбашок, місце розташування продувних блоків і т.п.) в сукупності з раціональним вибором вогнетривів для робочого шару, що працюють з мінімальним зносом і відповідно мінімально забруднюючих сталь.

Оскільки робочий шар футерівки багаторазово оголюється і при цьому контактує з киснем повітря, то пропонується підбирати хімічний склад шлаку, при якому падіння рівня металу в сталерозливному ковші супроводжується налипанням тонкого шару шлаку на поверхню футерівки у вигляді глазури. Використання комплексного підходу сприятиме зменшенню попадання в сталь продуктів руйнування футерівки у вигляді екзогенних неметалевих включень розміром 20-30 мкм і більше. Завдяки цьому підвищаться стійкість вогнетривів, міцність та якісні показники металопродукції та інш. Результати роботи можуть бути використані у суміжних галузях виробництва і в першу чергу для виробництва сучасних видів вогнетривів.

2. ПРИКЛАДНА ПРОБЛЕМА, НА ВИРІШЕННЯ ЯКОЇ СПРЯМОВАНИЙ ПРОЕКТ

Об'єкт дослідження (розробки) – сукупність взаємозв'язаних гідродинамічних та механічних явищ, що супроводжують переміщення потоків металу і шлаку у сталерозливному та проміжному ковшах під час продування аргоном і розливання, та обумовлюють рафінування

сталі від неметалевих включень і забезпечують підвищення товарних кондицій безперервною заготовки.

Предмет дослідження (розробки) – процеси формування циркуляційних потоків у рідкій ванні ковшу в умовах продування її аргоном, а також процеси формування глазури на робочій поверхні футерівки сталерозливної і проміжного ковшів, яка зменшує забруднення сталі неметалевими включеннями, яка сприяє зменшенню забруднення сталі неметалевими включеннями та підвищенню стійкості вогнетривів.

Опис проблеми, що вирішується: підвищення якості безперервною заготовки та металопродукції за рахунок зниження ймовірності ураженості заготовки великими та середніми за розмірами неметалевими включеннями, які формуються внаслідок захвату вкраплень із шлаку, локального руйнування футерівки та агломерації продуктів розкислення металу. Вимоги до підвищення чистоти сталі за вмістом неметалевих включень безперервно зростають. Встановлено, що руйнування робочого шару футерівки сталерозливної і проміжного ковша відбувається внаслідок її взаємодії з киснем повітря (хімічна взаємодія). Це виявляється можливим внаслідок циклічного падіння рівня металу при виконання операції технологічних переливів. Найбільш вірогідним механізмом руйнування робочого шару футерівки є хімічна взаємодія кисню з вуглецевою зв'язкою, що входить до складу вогнетрива. При цьому утворюються мікропори, в які при заповненні ковша проникає рідка сталь. При подальшому опусканні сталь витікає з тріщин і відбувається наступний цикл вигорання зв'язки. Подальше механічне руйнування футерівки відбувається завдяки її взаємодії з потоками металу, які отримують максимальний розвиток при наповненні ковша і при рафінуючій продувці.

Актуальність проблеми може бути розв'язана в разі запобігання процесу циклічного окислення робочого шару футерівки, що забезпечить підвищення стійкості вогнетривів і зменшення забрудненості сталі великими оксидними включеннями. Це дозволить підвищити показники міцності металопродукції в середньому на 10-20%. Додатковим позитивним ефектом є підвищення стійкості футерівки в найбільш зношених ділянках в середньому на 8-10%, що еквівалентно економічному ефекту 2,5-3,5 грн на тону сталі.

3. МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУ

Мета роботи. Створення науково обґрунтованої системи принципів аналізу і оптимізації параметрів рафінування сталі у сталерозливному і проміжному ковшах в умовах продування металу аргоном, що забезпечить комплексний підхід щодо аналізу зв'язку інтенсивності гідродинамічних процесів, які виникають у ковші, та ефективності спливання неметалевих включень різних геометричних розмірів. Відповідно це забезпечить нові можливості для вітчизняної металургії при прийнятті рішень щодо підвищення якості сталі і раціонального вибору вогнетривів для робочого шару футерівки ковшів.

Завдання, на вирішення яких спрямовано проект. Розробка оригінального лабораторного обладнання і методик вимірювання, які забезпечать визначення впливу характеру переміщення потоків рідкого металу на спливання неметалевих вкраплень у сталерозливному і проміжному ковшах. Це дозволить досліджувати та ідентифікувати локальні області руйнування робочого шару футерівки. З другого боку завдяки гарячим лабораторним дослідженням буде встановлений зв'язок хімічного складу матеріалу вогнетрива з можливістю налипання ковшового шлаку на поверхню робочого шару футерівки. Це забезпечить можливість корегування хімічного складу шлаку з ціллю формування глазури на поверхні вогнетрива. При цьому досягнення раціонального складу шлаку в ковші (з точки зору налипання глазури) доцільно здійснювати за допомогою додавання в шлак спеціально розробленого модифікатора, який адаптований до конкретних вогнетривів.

Розробка хімічного складу модифікатора виконується в умовах лабораторії з використанням печі Таммана, за допомогою якої визначається величина в'язкості та поверхневого натягу шлаку в залежності від температури розплаву і його хімічного складу. Розробка композиційного складу модифікатора здійснюється на базі регіональних джерел сировини, зокрема вторинних відходів металургійного та вогнетривкового виробництва.

В роботі передбачено промислове випробування та уточнення розроблених методик і рекомендацій щодо вдування інертного газу у рідку ванну ковша та нанесення шару глазури на робочу поверхню футерівки ковшів в умовах діючого виробництва (ПАТ «Алчевський металургійний комбінат», ПАТ «Азовсталь», ПАТ «Єнакіївський металургійний завод», ПАТ «Дніпродспецсталь»). Адаптація та впровадження розроблених методик в учбовому процесі в якості циклу лекцій, лабораторних робіт, розрахункових та навчальних комп'ютерних програм для практичних занять, курсового і дипломного проектування.

4. СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОБЛЕМИ

Основні тенденції розвитку вимог до якості металопродукції свідчать про те, що у світовій практиці все більше уваги приділяється обмеженню забруднення сталі великими неметалевими включеннями, які значною мірою знижують міцність і пластичні властивості сталі. Такі включення досить важко ідентифікуються методами металографічного аналізу. У зв'язку з цим самостійне значення набувають методи рафінування сталі в сталерозливних та проміжних ковшах. Це забезпечить розвиток експортного потенціалу металургійних підприємств України.

Проблема рафінування рідкої сталі на вітчизняних металургійних підприємствах розв'язувалася переважно шляхом продувки аргоном у ковші. Однак такий в цілому досить ефективний підхід має обмеження, які обумовлені додатковим забрудненням сталі неметалевими включеннями що потрапляють в сталь у ході примусового перемішування в процесі рафінуючої обробки внаслідок емульгування шлаку і руйнування поверхневого шару футерівки (у області шлакового поясу). Як правило проблему підвищення стійкості робочого шару вогнетривів на практиці вирішують за рахунок застосування більш якісних периклазовуглецевих виробів. Однак механізм її руйнування футерівки залишається без змін.

Тим часом підвищення якості і характеристик міцності вогнетривів призводить до підвищення питомих витрат на виробництво сталі, які тільки для вогнетривів сталерозливних ковшів сьогодні перевищують 30-35 грн на тонну сталі. У світовій металургійній практиці велика увага приділяється процесам взаємодії шлаків сталерозливного і проміжного ковшів з матеріалом футерівки. При цьому в футеровці ковшів все частіше використовуються високоякісні вогнетриви на основі шпінелей. Виробництво таких вогнетривів здійснюється в Європі та Китаї, тому вітчизняні споживачі не мають достатньої інформації про різноманітні добавки, які в них знаходяться. Тому потрібні комплексні лабораторні дослідження, що описують поведінку цих вогнетривів при контакті з киснем повітря і шлаком. Досить важливим моментом є розробка механізмів руйнування вогнетрива і переходу його частинок у сталь.

Науковими співробітниками ДонНТУ розроблена технологія рафінування сталі при продувці аргоном у сталерозливному та проміжному ковшах, яка пройшла промислові випробування на ПАТ «Алчевський металургійний комбінат» та ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат». Подальший розвиток цієї технології вимагає створення науково обґрунтованих уявлень і рекомендацій в частині оптимізації хімічного складу шлаку відповідно до конкретних матеріалів, що використовуються у футеровці ковшів.

5. МЕТОДИ, ПІДХОДИ, ІДЕЇ, РОБОЧІ ГІПОТЕЗИ ПРОЕКТУ

Методи проекту полягають у використанні лабораторного обладнання, що дозволяє оцінювати характер розвитку конвективних потоків при рафінуючій обробці, а також використання печі Таммана щодо дослідження властивостей шлаків (в'язкість, змочування поверхні вогнетрива шлаком, адгезія шлаку). Крім того у роботі використовуються математичні моделі перемішування сталі у ковші і промковші, що дозволяє виконувати оцінки взаємодії конвективних потоків з робочим шаром футерівки. Засоби проекту полягають у використанні лабораторного устаткування кафедри «Металургія сталі» ДонНТУ, а також можливостей дослідження властивостей модифікаторів за допомогою обладнання, що працює в умовах вогнетривних заводів України.

Ідея проекту полягає в розробці комплексної системи наукових принципів і технологічних підходів щодо оптимізації процесів перемішування сталі та спливання неметалевих включень у

рідкій ванні ковшів у взаємозв'язку з механізмами руйнування робочого шару футерівки та її захисту за допомогою нанесення шару глазури під час падіння рівня сталі у ковші. Це дозволяє забезпечити розробку нових композицій шлаку, збільшити експлуатаційний ресурс роботи футерівки ковшів та підвищити якість сталевих заготовок за рахунок рафінування металу від великих неметалевих включень. Робота базується на наукових концепціях оцінки масопереносу у рідкій ванні металу при наявності твердої та газоподібної фази в нестационарних умовах під впливом динамічних дій та локальних областей витікання металу із ковша.

Основна гіпотеза проекту. Існує достатньо визначений взаємозв'язок між умовами спливання та агломерації неметалевих включень у рідкій сталі під впливом архимедової сили, напрямком та інтенсивністю конвективних потоків, а також процесами переміщення бульбашок інертного газу, що вдувається. Цей взаємозв'язок є дуже важливим з точки зору досягнення раціональних параметрів рафінування та оптимальних показників якості безперервно литої заготовки. Між тим в процесі турбулентного перемішування металу в ковші при продувці аргоном відбувається взаємодія конвективних потоків з робочим шаром у поверхні футерівки. Ці потоки можуть завдавати руйнівний вплив на футеровку та залучати частинки вогнетрива безпосередньо в рідку ванну. Однією з причин руйнування робочого шару футерівки є її багаторазовий контакт з киснем повітря, що призводить до вигорання зв'язки і ослаблення міцності поверхневого шару. Оскільки це вигорання зв'язки відбувається при опусканні рівня металу при зливі представляється доцільним нанесення захисного покриття у вигляді глазури, яка формується безпосередньо з шлаку за допомогою спеціального модифікатора.

6.ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ПЕРЕВАГИ НАД АНАЛОГАМИ

Внаслідок виконання проекту буде створена оригінальна технологія та система прикладних методик, що дозволить запропонувати оптимальні параметри технології рафінування сталі у сталерозливному та проміжному ковшах щодо конкретних умов розливання сталі. При цьому для управління процесом нанесення глазури на робочий шар футерівки буде розроблено оригінальну композицію модифікатора, що базується на регіональних компонентах сировини. Для виробництва модифікатора буде розроблена технічна і технологічна документація, що дозволить виробляти модифікатор в умовах вітчизняних вогнетривних підприємств (наприклад, Красногорівський вогнетривний завод). Відповідно будуть розроблені макети для фізичного моделювання, а також отримані нові види модифікаторів шлаку, які забезпечать нанесення глазури на сучасні вогнетриви.

Створені теоретичні моделі будуть застосовані для розробки нових підходів щодо керування процесами рафінування сталі в умовах продування її інертним газом безпосередньо у сталерозливному і проміжному ковшах під час розливання. Теоретичні розробки будуть реалізовані у виді математичних моделей. Це забезпечить отримання високоякісних безперервнолитих заготовок світового рівня якості. Оскільки проект базується на виконанні вимог міжнародних стандартів якості системи ІСО9000-9001, то отримані дані будуть відповідати кращим світовим аналогам.

Використання розроблених моделей, уявлень, методик та рекомендацій в системі технологій сучасного сталеплавильного цеху дозволить підвищити ефективність роботи цеху в цілому внаслідок:

- зниження втрат сталі у зв'язку з низьким рівнем якості заготовки (в середньому у 2-3 рази) та підвищення експлуатаційної стійкості футерівки ковшів, що суттєво зменшить питому витрату вогнетривів на тонну сталі (в середньому на 6-10%);
- збільшення продуктивності МБЛЗ за рахунок оптимізації параметрів рафінування металу та підвищення швидкості витяжки заготовки (в середньому на 5-10%);
- розширення марочного сортаменту сталей за рахунок впровадження нових висококонкурентних на світовому ринку продуктів (наприклад, наднизьковуглецевих сталей для автомобільного сектору типу ІF та ULC);
- стабілізації параметрів процесу обробки сталі у ковші при продуванні аргоном;

- розробки рекомендацій щодо нових високоефективних композицій шлаку у ковші у взаємозв'язку з матеріалом футерівки (особливо у зоні шлакового поясу), рекомендації щодо складу матеріалу модифікатора можуть бути використані вітчизняними металургійними підприємствами на діючих виробництвах;

- розробки рекомендацій щодо одержання промислового модифікатора для нанесення глазури на сучасні вогнетриви, які можуть бути використані українськими вогнетривними заводами і забезпечать металургів високоякісним продуктом, який в декілька разів буде дешевшим ніж імпорتنі аналоги.

Отримані результати будуть відповідатимуть світовому рівню показників технологій рафінування сталі. Це дозволить зменшити долю імпортних вогнетривних матеріалів на українських металургійних підприємствах.

7. ФІНАНСОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

7.1. Обсяг витрат на оплату праці.

307520,00 грн.

7.2. Обсяг витрат на матеріали.

5000,00 грн.

7.3. Обсяг витрат на енергоносії.

0,00 грн.

7.4. Інші витрати.

0,00 грн.

7.5. Калькулювання собівартості проекту.

Код статті витрат	Найменування статті витрат	Усього	У тому числі на бюджетний період (тис. грн.)	У тому числі за роками			
				1 рік	2 рік	...	N рік
1	2	3	4	5	6		
1	Оплата праці	225620		112810	112810		
2	Нарахування на оплату праці 36,3%	81900		40950	40950		
3	Предмети, матеріали, обладнання та інвентар	5000		2500	2500		
4	Оплата комунальних послуг та енергоносіїв						
5	Витрати на відрядження безпосередніх виконавців проекту	4000		2000	2000		
6	Інші витрати						
7	Непрямі витрати накладне 37%	83480		41740	41740		
8	Кошторисна вартість роботи (сума статей 1-7)	400000		200000	200000		

Додаток: економічне обґрунтування за кожною статтею витрат.

8. ДОРОБОК АВТОРІВ ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ (за останні 5 років)

8.1. Публікації за тематикою проекту (обов'язково надати посилання на електронні версії монографій, статей у фахових виданнях України та журналах, що входять до наукометричних баз даних)

Наукові видання:

8.1.1. Перелік статей у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science) (не більше 12 статей).

- 1.Смирнов А.Н., Лоухенкилли С. Некоторые аспекты математического моделирования мультифазных систем в промежуточных ковшах МНЛЗ / Электрометаллургия. 2014. №6. – С.20-26. <http://www.nait.ru>
- 2.Смирнов А.Н. Исследование условий всплытия неметаллических включений при продувке аргоном жидкой ванны промежуточного ковша МНЛЗ. Сообщение 3. / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко, К.Е.Писмарев - Известия вузов. Черная металлургия. 2014. №3. – С.17-22. <http://fermet.misis.ru/fermet/site>
- 3.Смирнов А.Н. Исследование условий всплытия неметаллических включений при продувке аргоном жидкой ванны промежуточного ковша МНЛЗ. Сообщение 2. / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко. - Известия вузов. Черная металлургия. 2014. №1. – С.19-25. <http://fermet.misis.ru/fermet/site>
- 4.Смирнов А.Н. Исследование условий всплытия неметаллических включений при продувке аргоном жидкой ванны промежуточного ковша МНЛЗ. Сообщение 1. / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко. - Известия вузов. Черная металлургия. 2013. №11. – С.8-13. <http://fermet.misis.ru/fermet/site>
- 5.Смирнов А.Н.Рафинирование стали в промежуточном ковше слябовой МНЛЗ при продувке аргоном через кольцевую пористую фурму / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко, К.Е.Писмарев - Сталь. 2013. №12. - С.14-21. <http://www.chem.msu.su/rus>.
- 6.Smironov A.Modification of final BOF slag for the effective slag splashing technology / Smirnov A., Serdyukov A.,Tonkushin A.,Sharandin K. // Proceedings of the Fifth Baosteel Biennial Academic Conference (Baosteel BAC 2013). June 4-6, 2013, Shanghai, China. – Shanghai:2013 (B12). http://bac.baosteel.com/baosteel_bac4HTML/download/Baosteel_BAC2013_EN.pdf
- 7.Смирнов А.Н.Моделирование элементов процесса нанесения гарнисажного покрытия на рабочий слой футеровки конвертера / А.Н.Смирнов, К.Н.Шарандин, А.Ю.Лизун. - Известия вузов. Черная металлургия. 2012. №11. – С.43-48. <http://fermet.misis.ru/fermet/site>
- 8.Смирнов А.Н. Оптимизация движения конвективных потоков в промковшах многоручьевых МНЛЗ при разливке сверхдлинными сериями /А.Н.Смирнов, А.Л.Подкорытов, А.А.Кравченко - Металл и литье Украины. 2012. №10. – С.8-10. <http://ptima.kiev.ua>
- 9.Смирнов А.Н. Повышение стойкости футеровки и совершенствование методов обслуживания современных большегрузных конвертеров /А.Н.Смирнов, А.А.Сердюков, А.Ф.Тонкушин, К.Н.Шарандин. – Черная металлургия. 2012. №6. – С.26-30. <http://www.chermetinfo.com>
- 10.Смирнов А.Н. Разработка конструкции кольцевого пористого огнеупорного продувочного блока для рафинирования стали в промежуточном ковше МНЛЗ / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко. – Новые огнеупоры. 2014. №6. – С.3-8. <http://www.imet.ru/OGNEUPORY>
- 11.Смирнов А.Н. Исследование напряженного состояния и прочности футеровки сталеразливочных ковшей / А.Н.Смирнов, И.Н.Салмаш. - Металлы и лите Украины. 2010. №9-10. – С.48-54. <http://ptima.kiev.ua>
- 12.Смирнов А.Н. Исследование процессов перемешивания металла в сталеразливочном ковше при продувке инертным газом / А.Н.Смирнов, С.Г.Жемеров. - Металлургическая и горная промышленность. 2010. №7. – С.208-210. <http://www.metaljournal.com.ua>

8.1.2. Перелік статей у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України (не більше 12 статей).

- 1.Смирнов А.Н., Шарандин К.Н., Лизун А.Ю. Разработка методов идентификации опережающего износа футеровки конвертера / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Металургія». 2013. №1-№2. – Донецьк: ДНВЗ ДНТУ, 2013. – С.21-31. <http://donntu.edu.ua>

2.Смирнов А.Н. Исследование условий формирования подповерхностного слоя непрерывнолитой заготовки на начальном этапе кристаллизации / А.Н.Смирнов, С.В.Куберский, А.В.Головчанский, С.В.Семирягин. - Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. Вып.41. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – С.79-85. . <http://www.dmmi.edu.ua>

3. Смирнов А.Н. Анализ поведения ШОС в кристаллизаторе слябовой МНЛЗ и ее влияние на образование прорывов / А.Н.Смирнов, Е.Н.Максаев, С.В. Куберский. - Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. Вып. 38. – Алчевск: ДонГТУ, 2012. – С.112-122. <http://www.dmmi.edu.ua>

4.Смирнов А.Н. Многофункциональный промежуточный ковш для различных агрегатов металлургических микро-заводов / А.Н.Смирнов, С.В.Куберский, С.В.Эссельбах. - Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. Вып. 38. – Алчевск: ДонГТУ, 2012. – С.97-105. <http://www.dmmi.edu.ua>

5.Смирнов А.Н. Оптимизация движения конвективных потоков в проковшах многоручьевых МНЛЗ при разливке сверхдлинными сериями / А.Н.Смирнов, А.Л.Подкорытов, А.А.Кравченко. - Металл и литье Украины. 2012. №10. – С.8-10. <http://ptima.kiev.ua>

6.Смирнов А.Н., Дюдкин Д.А. Огнеупорный аспект при производстве и разливке стали / Металл и литье Украины. 2012. №10. – С.3-6. <http://ptima.kiev.ua>

7.Смирнов А.Н. Перспективы развития огнеупорных материалов и изделий, используемых для выплавки, доводки и разливки стали / Металл и литье Украины. 2012. №10. – С.4-7. <http://ptima.kiev.ua>

8.Смирнов А.Н. Влияние технологических параметров разливки на качество поверхности непрерывнолитых слябов / А.Н.Смирнов, С.В.Куберский, Г.Я.Довгалюк, Е.Н.Максаев. - Металлургическая и горнорудная промышленность. 2012. №7. – С.145-148. <http://www.metaljournal.com.ua>

9.Сафонов В.М. Особенности механизма вторичного окисления алюминия в агрегате ковш-печь / Сафонов В.М., Смирнов А.Н., Проскуренко Д.В. - Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. Вып.36. – Алчевск: ДонГТУ, 2012. – С.169-176. <http://www.dmmi.edu.ua>

10.Смирнов А.Н. Удаление неметаллических включений из стали в проковше при ее продувке аргоном через пористые блоки / А.Н.Смирнов, В.Г.Ефимова, А.В.Кравченко, К.Е.Писмарев. - Наукові праці ДонНТУ. Серія: Металургія. Вип.13 (194). - Донецьк: 2011. – С.80-92. <http://donntu.edu.ua>

11.Смирнов А.Н. Исследование стойкости огнеупорного слоя при продувке металла в сталеразливочном ковше инертным газом / А.Н.Смирнов, С.Г.Жемеров,Е.В.Штепан. – Наукові праці ДонНТУ. Вип. 13 (194). Серія: Металургія. Донецьк: 2011. – С.98-107. <http://donntu.edu.ua>

12.Смирнов А.Н. Исследование напряженного состояния и прочности футеровки сталеразливочных ковшей / А.Н.Смирнов, И.Н.Салмаш. - Металлы и лите Украины. 2010. №9-10. – С.48-54. <http://ptima.kiev.ua>

8.1.3. Перелік монографій (розділи в монографіях), опублікованих у провідних закордонних наукових видавництвах.

1.Дюдкин Д.А. Производство стали (Том 4. Непрерывная разливка металла) / Д.А.Дюдкин, В.В.Кисиленко В.В., А.Н.Смирнов А.Н. - М.: Теплотехник, 2009. – 528 с.

8.1.4. Перелік монографій, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи.

1.Смирнов А.Н. Электродуговая и электромагнитная обработка расплавов / А.Н.Смирнов, С.В.Куберский, С.Б.Эссельбах и др. -Алчевск: ДонГТУ, 2013. – 320 с.

2.Смирнов А.Н. Непрерывная разливка сортовой заготовки / А.Н.Смирнов, С.В.Куберский, А.Л.Подкорытов и др. – Донецк: Цифровая типография, 2012. – 417 с. <http://uas.su>

3.Смирнов А.Н. Крупный слиток / А.Н.Смирнов, С.Л.Макуров, В.М.Сафонов, А.Ю. Цупрун - Донецк: изд-во «Вебер», 2009. – 278 с. <http://uas.su>

Навчально-методичні видання:

8.1.5. Перелік підручників, навчальних посібників.

1.Смірнов О.М. Безперервне розливання сталі: Підручник з грифом МОН. / О.М.Смірнов, С.В.Куберський, Є.В.Штепан. – Алчевськ : ДонДТУ, 2011. – 518 с. <http://uas.su>

2.Смірнов О.М. Позапічне рафінування чавуну і сталі (навчальний посібник з грифом МОН) / О.М.Смірнов, О.М.Зборщик. - Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 179 с. <http://uas.su>

3.Смірнов О.М.Виробництво зливків сталі та промислових сплавів (учбовий посібник з грифом МОН)/ О.М.Смірнов, С.Л.Макуров, В.М.Сафонов.- Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2013. – 436 с. <http://uas.su>

4.Смірнов О.М. Підготовка шихти для сталеплавильного виробництва (навчальний посібник з грифом МОН)/ О.М.Смірнов, А.І.Туяхов, В.Л.Жук, С.В.Куберський. - Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2014. – 268 с. <http://uas.su>

8.1.6. Перелік інших видань (словників, довідників тощо).

8.2. Підготовка наукових кадрів

8.2.1. Перелік захищених авторами проекту докторських дисертацій за тематикою проекту.

8.2.2. Перелік захищених під керівництвом авторів проекту (науковий консультант) докторських дисертацій за тематикою проекту.

1.Сафонов В.М. «Розвиток теорії та технології ковшової обробки в сталеливарному модулі», науковий консультант – Смірнов О.М., 2010.

8.2.3. Перелік захищених авторами проекту кандидатських дисертацій за тематикою проекту.

1.Ухін В.Є. «Обґрунтування і вдосконалення технологічних параметрів процесу безперервного розливання сталі на високопродуктивних сортових МБЛЗ» (науковий керівник Смірнов О.М., 2011 р.).

2.Салмаш І.М. «Розвиток теорії тепло- і масообміну при продувці металу в сталерозливному ковші та вдосконалення конструкційних параметрів футерівки для агрегату «ківш - піч» (науковий керівник Смірнов О.М., 2012 р.);

8.2.4. Перелік захищених під керівництвом авторів проекту (науковий керівник) кандидатських дисертацій за тематикою проекту.

1.Пісьмарьов К.Є. «Розвиток теорії продування металу аргонем і вдосконалення технології позапічної обробки та розливання наднизьковуглецевих сталей» (науковий керівник Смірнов О.М., 2011 р.).

2.Спиридонов Д.В. «Розвиток теорії та удосконалення технології напівбезперервного розливання міді вогневого рафінування» (науковий керівник Смірнов О.М., 2014).

8.3. Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту.

8.3.1. Перелік отриманих патентів (свідоцтв про право автора на твір) України.

1.Патент на винахід №99248. Опубл. 25.07.2012. Бюл.14.Спосіб підготовки шлаку для нанесення гарнісажного покриття на футерівку конвертера / О.М.Смірнов, Сердюков А.О., Тонкушин А.Ф., Шарандін К.М.

2.Патент на винахід №99698. Опубл. 10.09.2012. Бюл.14. Шлакоутворюючий брикет для металургійного виробництва / О.М.Смірнов, Сердюков А.О., Тонкушин А.Ф., К.М.Шарандін.

3.Патент на винахід №103293. Опубл. 25.09.2013. Бюл.18. Спосіб рафінування металевого розплаву у проміжному ковші / О.М.Смірнов, Сердюков А.О., Тонкушин А.Ф., Кравченко А.В., Верзілов О.П., Пісьмарьов К.Є.

4.Патент на корисну модель Україна № 81840. Опубл. 10.07.13. Бюл. № 13. Сталерозливний ківш / О.М.Смірнов, Є.М.Максаєв, С.В.Куберський та інші.

5. Патент на корисну модель Україна № 76509. Оpubл. 10.01.13. Бюл. №1. Пристрій для продування рідкої сталі інертним газом в проміжному ковші машини безперервного лиття заготовок / О.М.Смірнов, Д.Ю.Кузнецов, С.В.Куберський та інш.

6. Патент на корисну модель Україна № 71324. Оpubл. 10.07.12. Бюл. №13. Проміжний ківш машини безперервного (напівбеперервного) лиття заготовок / О.М. Смірнов, С.Б. Ессельбах, Куберський С.В. та інш.

7. Патент на винахід №105157. Оpubл. 10.04.2014. Бюл.7. Пристрій для рафінування металевого розплаву в проміжному ковші / Сердюков А.О., Кравченко А.В., Тонкушин А.Ф. та інш.

8.3.2. Перелік отриманих патентів (свідoctв про право автора на твір) інших держав.

8.4. Обсяг коштів, отриманих від впровадження результатів, отриманих при виконанні попередніх проектів, та ефективність** використання коштів на попередні дослідження, підтверджена документально бухгалтерією вищого навчального закладу.

Обсяг коштів, що підтверджений документально бухгалтерією ВНЗ: 48,0 тис. грн. (х/т 11-145).

8.5. Участь авторів в проектах міжнародного науково-технічного співробітництва за тематикою досліджень за останні 5 років (обов'язково вказати назву програми і проекту, виконавців та терміни виконання).

8.5.1. Перелік наукових проектів (грантів), що завершені.

8.5.2. Перелік наукових проектів (грантів), що продовжуються.

8.6. Членство в редколегії наукових журналів:

8.6.1. Членство в редколегії журналів, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science).

1. «Сталь», м. Москва. Смірнов О.М.

2. «Электрометаллургия»,

3. «Новые огнеупоры», м. Москва. Смірнов О.М.

4. «Металлургическая и горнорудная промышленность», м. Дніпропетровськ. Смірнов О.М.

8.6.2. Членство в редколегії журналів, що включені до переліку наукових фахових

видань України.

1. «Металл и литье Украины», м. Київ. Смірнов О.М.

2. «Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета», м. Алчевськ. Смірнов О.М.

3. «Процессы литья», м. Київ. Смірнов О.М.

4. «Металлургические процессы и оборудование», м. Донецьк. Смірнов О.М.

5. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Металургія, м. Донецьк. Смірнов О.М., Дюдкін Д.О., Штепан С.В.

Таблиця 1.

Доробок авторів проекту за останні 5 років

№ з/п	Показники	Кількість
1.	Публікації авторів за тематикою проекту*:	
	1.1. Наукові видання:	
	1.1.1. Статті у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science).	17
	1.1.2. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України.	16
	1.1.3. Монографії (розділи в монографіях), опубліковані у провідних закордонних наукових видавництвах.	1
1.1.4. Монографії, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи.	3	
	1.2. Навчально-методичні видання:	

	1.2.1. Підручники, навчальні посібники. 1.2.2. Інші видання (словники, довідники тощо).	9
2.	Підготовка наукових кадрів: 2.1. Захищено авторами проекту докторських дисертацій за тематикою проекту. 2.2. Захищено під керівництвом авторів проекту (науковий консультант) докторських дисертацій за тематикою проекту. 2.3. Захищено авторами проекту кандидатських дисертацій за тематикою проекту. 2.4. Захищено під керівництвом авторів проекту (науковий керівник) кандидатських дисертацій за тематикою проекту.	1 2 2
3.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту: 3.1. Отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) України. 3.2. Отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) інших держав. 3.3. Продано ліцензій	7
4.	Членство в редколегії наукових журналів: 4.1. Членство в редколегії журналів, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science). 4.2. Членство в редколегії журналів, що включені до переліку наукових фахових видань України.	4 7

9. ОЧІКУВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ (до 30 рядків)

Таблиця 2.

№ з/п	Показники	Кількість
1.	Заплановані публікації авторів за тематикою проекту: 1.1 Статті у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science). 1.2 Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України. 1.3 Монографії (розділи в монографіях), опубліковані у провідних закордонних наукових видавництвах. 1.4 Монографії, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи.	14 12 2
2.	Використання результатів роботи в навчальному процесі: 2.1. Публікація підручників, навчальних посібників. 2.2. Публікація інших видань (словники, довідники тощо). 2.3. Розроблення і впровадження нового лекційного курсу або циклу лабораторних робіт. 2.4. Часткове використання в лекційних курсах або лабораторних практикумах.	1 1 3
3.	Заплановане використання результатів проекту при підготовці наукових кадрів: 3.1. Захист докторських дисертацій (прийняття до захисту спеціалізованою вченою радою) за тематикою проекту. 3.2. Захист кандидатських дисертацій (прийняття до захисту спеціалізованою вченою радою) за тематикою проекту. 3.3. Захист магістерських робіт за тематикою проекту	1 2 3

4.	Отримання охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту: 4.1. Буде отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) України. 4.2. Буде отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) інших держав.	2
5.	Участь у виконанні проекту: 5.1. Студентів. 5.2. Аспірантів, молодих вчених.	4 3

Очікуване впровадження результатів досліджень в описовій формі:

9.1. В навчальному процесі:

- вдосконалення розділу «Вогнетривні вироби для футерівки сталерозливних ковшів» для курсу «Позапічна обробка сталі»;
- підготовка циклу лабораторних робіт, які забезпечують вивчення властивостей і механізмів руйнування вогнетривів до курсів «Конвертерне виробництво сталі», «Позапічна обробка сталі», «Безперервне розливання сталі»;
- виконання магістерських кваліфікаційних робіт (1 робота щорічно) та дипломного проектування спеціалістів (1 робота щорічно);
- підготовка одного навчального посібника.

9.2. Підготовка кадрів вищої кваліфікації:

Куберський Сергій Володимирович, докторська дисертація на тему: «Розвиток теоретичних основ та розробка і удосконалення комплексу ресурсощадних технологій для металургійних мікро-заводів»;

Кравченко Артем Вадимович, кандидатська дисертація на тему «Обґрунтування и вдосконалення процесу перемішування та рафінування в проміжному ковші і забезпечення стабільності і ефективності безперервного розливання сталі»;

Шарандін Кирило Миколайович, кандидатська дисертація на тему «Розвиток методів підвищення стійкості футеровки конвертера і розробка магнезійних брикетованих флюсів на основі вітчизняної сировини».

9.3. У промисловості, с/г, медицині, соціально-політичній практиці або інших галузях:

потенційні замовники та їх зацікавлення у використанні результатів, підтверджене офіційним листом з зазначенням можливих обсягів та термінів впровадження.

- офіційний лист від компанії «General Investment Resource» (м.Донецьк), що об'єднує діяльність 4 вогнетривних заводів у Донецькому регіоні і має зацікавлення на виробництво 2-4 тис. т нових флюсів (термін впровадження 2 роки);
- офіційний лист від компанії ВАТ «Пуянг-Україна» (м.Донецьк), яка має зацікавлення у розробці нових технологій підвищення стійкості футерівки ковшів(термін впровадження 1-2 роки, можливі обсяги – використання розробок на 2-3 металургійних заводах).

10. ЕТАПИ РОБОТИ:

Таблиця 3.

Етапи роботи	Назва та зміст етапу	Очікувані результати етапу (зазначити конкретні наукові результати). Звітна документація (значити кількість запланованих публікацій, захистів магістерських, кандидатських та докторських дисертацій, отримання охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності).
1 етап (2015 р.)	Розробка фізичних моделей, які дозволяють досліджувати процеси взаємодії шлаку і робочого шару футерівки ковшів	Кількісна інформація про явище локального руйнування робочого шару вогнетривів при взаємодії їх з киснем повітря і рідким шлаком. Екстраполяція основних показників, що

	і оцінювати можливості утворення захисного шару глазури на поверхні вогнетрива. Дослідження фізичних властивостей ковшових шлаків, що обумовлюють утворення глазури. Аналітичний висновок про те, яким чином може бути скоректований хімічний склад шлаку за допомогою введення спеціальних модифікаторів.	сприяють проникненню сталі і шлаку в поверхневий шар вогнетривів. Оцінка ефекту забруднення стали неметалевими включеннями, що утворюються внаслідок руйнування футеровки. Кількість запланованих публікацій - 8, захистів магістерських робіт - 1, кандидатських дисертацій - 1, отримання охоронних документів на патенти - 1. Звітна документація – анотація.
2 етап (2016 р.)	Розробка математичної моделі, що дає змогу оцінювати характер взаємодії конвективних потоків та робочого шару футеровки. Оцінка локальних зон, що найбільш вражаються під час продувки аргоном. Розробка хімічного складу модифікатора для формування глазури на поверхні вогнетрива. Випробування модифікатора у промислових умовах.	Кількісна інформація щодо впливу інтенсивності конвективних потоків на руйнування футеровки у взаємозв'язку параметрами вогнетривів та параметрів вдмухування аргону. Встановлення оптимального складу модифікатора щодо основних типів вогнетривів, що використовуються українськими виробниками сталі. Оцінка характеру розподілу неметалевих включень в заготовках, які було оброблено в ковшах із шаром глазури на вогнетриві. Кількість запланованих публікацій - 8, захистів магістерських робіт - 2, кандидатських дисертацій - 1, докторських дисертацій - 1, отримання охоронних документів на патенти - 1. Звітна документація – звіт.

11. КЕРІВНИК ТА ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ (з оплатою в межах запиту):

- доктори наук 3, кандидати наук 5;
- молоді вчені до 35 років 7, з них кандидатів 4, докторів 0;
- наукові працівники без ступеня немає;
- інженерно-технічні кадри: 1; допоміжний персонал 2;
- аспіранти 3, студенти - 4

Разом: 18 (з них 4 студента).

Таблиця 4.

Виконавці проекту* (з оплатою в межах запиту):

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
1	Смірнов Олексій Миколайович	д.т.н.	проф.	зав. кафедрою «Металургія сталі»	59
2	Зборщик Олександр Михайлович	д.т.н.	проф.	проф. кафедри «Металургія сталі»	60
3	Дюдкін Дмитро Олександрович	д.т.н.	проф.	проф. кафедри «Металургія сталі»	79
4	Штепан Євген Вікторович	к.т.н.	доц.	доц. кафедри «Металургія сталі»	35
5	Салмаш Ірина Миколаївна	к.т.н.	-	доц. кафедри «Металургія сталі»	33
6	Ухін Володимир Євгенович	к.т.н.	-	доц. кафедри «Металургія сталі»	30

7	Антикуз Олег Васильович	к.т.н.	-	доц. кафедри «Металургія сталі»	30
8	Куберський Сергій Володимирович	к.т.н.	професор	Докторант каф. «Металургія сталі»	51
9	Кравченко Артем Вадимович			інженер	25
10	Верзілов Алексій Павлович	-	-	аспірант	24
11	Лізун Андрій Юрійович			аспірант	23
12	Головата Марія Григорівна			завідуюча лабораторією	61

*вносяться дані про докторів та кандидатів наук, а також молодих вчених та наукових працівників без ступеня

12.МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНА БАЗА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ І ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.

- 12.1. Лабораторія позапічної обробки та безперервного розливання металу кафедри «Металургія сталі» ДонНТУ; обладнання лабораторії дозволяє виконати необхідний для даної роботи обсяг експериментів.
- 12.2. Перелік наявного обладнання, строк його сертифікації та метрологічної повірки (за потреби).
- 12.3. Фізична модель для вивчення процесів перемішування металу та взаємодії конвективних потоків із футерівкою у сталерозливному і проміжному ковші (оригінальна розробка).
- 12.4. Фізична модель для вивчення процесів переміщення неметалевих крапель у рідкій ванні сталерозливного і проміжного ковшу (оригінальна розробка).
- 12.5. Піч Таммана із обладнанням для вимірювання величини поверхневого натягу шлаку та його в'язкості (оригінальна розробка).
- 12.6. Роторна піч, що імітує руйнування вогнетривів під впливом шлаку та дискретної взаємодії футерівки з повітрям.
- 12.7. Модель, що імітує продування сталі інертним газом у рідкій ванні ковшу та залучення включень від мікроруйнування футеровки в рідкий метал(оригінальна розробка).

Всі моделі оригінальні, спеціально призначені для проведення досліджень, що задекларовані в НДР. Сертифікації та метрологічної повірки не потребують. Крім того, університет має угоди з ПАТ «Донецький металургійний завод «Донецьк-Сталь» на виконання досліджень з використанням лабораторної та виробничої бази підприємства для аналізу хімічного складу металу та шлаку допомогою спектрометрів «Спектролаб» АН-7529, ARL-4460 та Simultix 12. Для виконання оцінок якості вогнетривов виробів та їх руйнування буде використане лабораторне обладнання і методики досліджень ПАО «Красногорівський вогнетривний завод».

ДонНТУ має сучасний електронний доступ до світової мережі Інтернет.

Начальник управління наукової діяльності

О. В. Якименко