

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

На правах рукопису

Лопатко А. І.

УДОСКОНАЛЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ЗА РАХУНОК ЯКОСТІ КОКСУ

8.050401 Металургія чорних металів

Автореферат
кваліфікаційної роботи магістра

Запоріжжя
2016

Робота є рукописом.

Робота виконана на кафедрі металургії чорних металів Запорізької державної інженерної академії.

Науковий керівник:

Кандидат технічних наук, доцент Безпалов Р.І.

Рецензент:

к.т.н., начальник технічного управління ПАТ
“Запоріжсталь” Набока В.І.

Захист кваліфікаційної магістерської роботи відбудеться
“11” січня 2016 р. в 9⁰⁰ в аудиторії 225 на засіданні Державної
екзаменаційної комісії в Запорізькій державній інженерній академії за адресою:
69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226.

Зав. кафедрою МЧМ _____ професор, д.т.н Воденніков С.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Однією з найважливіших проблем чорної металургії України, у наш час, є забезпечення доменних печей паливом. Так, наприклад, у радянські часи частка вартості енергії в загальній собівартості української металургійної продукції становила всього 5%. За роки української незалежності вона виросла вдвічі, а вже на початку 2006 року енергоносії стали поглинати вже п'яту частину загальних витрат на виробництво металу.

Десятикратний ріст цін на газ змушує українських металургів замінити його пиловугільним паливом. Також сприяє пошуку нових технологічних рішень скорочення запасів коксівного вугілля, що викликає підвищення цін на металургійний кокс.

З 40,2 млрд. м³ природного газу, імпортованого Україною торік, майже 5,2 млрд. м³ довелося на чорну металургію.

У чорній металургії намагаються зменшити використання природного газу: за вісім місяців минулого року, за даним «Металургпрому», підприємства галузі знизили середньодобове споживання з 14,9 до 11,1 млн. м³. Але фізична економія сама по собі не в змозі замінити рішення, які дозволять гарантовано доменному виробництву країни відмовитись від споживання ризикового енергоресурсу. Для цього необхідно освоювати альтернативні технології.

Мета роботи. дослідження впливу якості коксу на технологію доменної плавки із вдуванням пиловугільного палива (ПВП). Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно було вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати основні причини заміни коксу.
2. Порівняти замітники коксу і вибрати найоптимальніший.
3. Проаналізувати сировинну базу вугілля України для виготовлення ПВП і визначення вимог, яким повинні відповідати вугілля для приготування ПВП.
4. Дослідити характеристики ПВП.
5. Проаналізувати механізм процесу згоряння вугільного пилу в горні доменної печі.
6. Проаналізувати вимоги до якості коксу для доменної плавки із використанням пиловугільного палива.
7. Дослідити технологію доменної плавки із використанням ПВП за різної якості коксу.
8. Зробити висновки, щодо впливу якості коксу на технологію доменної плавки із вдуванням ПВП в горні доменної печі.

Об'єкт дослідження: коксозамісна технологія доменної плавки.

Предмет дослідження: процес доменної плавки, вплив якості коксу на основні техніко-економічні показники доменного процесу із вдуванням пиловугільного палива.

Методи досліджень: аналітичні дослідження, розрахунковий аналіз.

Наукова новизна:

1. Встановлено вплив витрати пиловугільного палива при поступовому скороченні витрати природного газу на основні техніко-економічні показники доменної плавки.

2. Встановлена залежність гарячої міцності і реакційної здатності коксу на технологію доменної плавки із вдуванням ПВП, а також на його витрату в доменній печі.

Практичне значення:

1. На прикладі доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь» підтверджена ефективність доменної плавки із використанням пиловугільного палива.

2. Доведена ефективність доменної плавки із використанням коксу поліпшеної якості.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень, включених в кваліфікаційну магістерську роботу, доповіли на: XX науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА. Металургія та енергозбереження як основа сучасної промисловості. Частина I. (Запоріжжя, 2015 р.); і наукових семінарах кафедри металургії чорних металів Запорізької державної інженерної академії.

Публікації

Основні результати роботи викладені в збірці магістерських робіт і тезах конференцій.

Структура і об'єм роботи

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з найменувань і додатків, викладена на сторінках машинописного тексту, включаючи рисунків, таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, показано наукову новизну роботи і практичну цінність отриманих результатів.

Перший розділ присвячено вивченню світового досвіду вдування ПВП.

Так, вдуванню піддається будь-який вид кам'яного вугілля. Але при цьому ефективність використання ПВП буде різної залежно від цілого ряду властивостей: хімічного складу використовуваного вугілля, горючості, теплотворної здатності, дробимості.

У цілому запаси вугілля в Україні, у тому числі придатного для готування ПВП, оцінюються в 3,6 – 4,8 млрд. тонн (в т.ч. по Донбасу запаси вугілля марки Т оцінюються в 0,46 млрд.т), що вказує на реальну можливість розширення видобутку необхідних марок вугілля. Можна вважати, що на початковому етапі широкого застосування ПВП в доменному виробництві України реальними матеріалами для готування ПВП будуть концентрати марок А, АО, АС, АТ, Т, ТС, Г. Зазначені марки вугілля (концентрати) можуть використовуватися для приготування ПВП як у якості єдиного шихтового компонента, так і в вигляді сумішей з 2-х або 3-х вугілля, що також має технологічні переваги й широко використовується у світовій практиці. Таким чином, очевидно, що пиловугільні

комплекси підприємств України повинні бути універсальними, тобто здатними працювати на різних марках вугілля (концентратів), виходячи із сформованої на даний момент кон'юнктури та економічної доцільності.

На підставі даних УХІН металургійним підприємствам пропонуються вугільні концентрати наступних збагачувальних фабрик України: Чумаковська, Белореченська, Павлоградська, Кондрат'євська, Вуглегорська, Моспинська (необхідна зольність концентрату не більше 12 %).

У таблиці 1 наводиться хімічний склад вугілля для пиловугільного палива.

Таблиця 1–

Хімічний склад вугілля, яке використовується для ПВП

Марка вугілля	V, %	A, %	S, %	W, %	Вміст, %				HGI
					C	H ₂	N ₂	O ₂	
СС	20,8	12,0	0,4	10,0	87,2	4,7	2,4	5,4	78,0
Г	37,0	10,0	0,4	11,0	80,9	5,4	2,3	11,1	56,0
ГЖО	30,2	10,0	0,4	10,0	86,1	5,1	2,3	6,1	69,0
Т	13,0	12,0	2,8	10,0	91,6	3,8	2,4	2,4	80,0
А	5,2	10,0	1,4	7,0	95,3	1,5	0,6	0,8	40,0

У другому розділі досліджувались вимоги до якості коксу. Відповідно до вимог технології доменної плавки, використання ПВП з витратою 120 - 160 кг/т чавуну, якість доменного коксу повинна суттєво поліпшуватися. Тому в період дослідно-промислових плавок в доменному цеху ВАТ «Запоріжсталь» було розпочато роботи по зміні технології виробництва коксу «поліпшеної якості» на запорізькому коксохімічному заводі (ЗКХЗ).

Це було продиктовано вимогами поліпшення газопроникності шару шихти при істотному зменшенні частки коксу в зв'язку з його економією. Фірмами, які використовують ПВП в доменній технології рекомендується підвищувати розмір мінімального розміру кусків коксу з 25 до 40мм, а також зменшувати частку фракції +80 мм до мінімуму, оскільки вона піддається більшому руйнуванню, ніж куски меншого розміру. Важливо, щоб кокс мав високу ударну міцність і опір стиранню при високих температурах, тому що присутність дрібних частинок збільшує газодинамічний опір шихти, підвищує в'язкість шлаків і втрату вуглецю з ним і з газами, що відходять. Переважно низький і постійний вміст вологи в коксі (не більше 5%), тому що водяний пар каталізує окислення СО і знижує ступінь непрямого відновлення. При високій інтенсивності вдування ПВП кокс повинен мати мінімальну реакційну здатність (реакція Будуара).

Застосування ПВП і зниження частки коксу в шихті зумовлюють необхідність підвищення вимог до якості коксу.

У листопаді 2010р. напередодні початку дослідно-промислового періоду вдування ПВП на ДП-2 випробували дослідну партію Ясиновського коксу

«Преміум», що містить менше домішок, більше вуглецю і підвищені характеристики.

Отримали до 4% економії коксу і до 13% зростання продуктивності. Це змусило прийняти кардинальні заходи по поліпшенню якості запорізького коксу.

З грудня 2010 р. на ЗКХЗ приступили до робіт з підвищення якості коксу за рахунок підвищення якості вугільної шихти і режимів коксування.

У таблиці 2 наведені склад і властивості коксу базового періоду 2010 р. і двох досвідчених періодів 2011 р. і 1 квартал 2012 р., коли доменні печі працювали на коксі поліпшеної якості.

Таблиця 2 –

Технічний склад і фізико-хімічні властивості доменного коксу Запорізького коксохімічного заводу (%)

Період, рік, квартал.	Сірка	Зола	Волога	Летючі	M25	M10	+80 мм	-25 мм	CSR	CRI
2010 р.-баз.	1,37	12,8	4,5	0,9	86,5	9,4	2,8	2,0	24,2	53,3
2011 р.-досл.	0,91	11,4	4,7	0,8	87,8	7,4	7,3	3,5	47,9	39,5
2012, 1 кв.-дослідний	0,81	11,4	4,4	0,4	89,2	6,9	6,2	3,6	48,4	38,3

З таблиці випливає, що в порівнянні з базовим періодом (2010 р.) якість коксу в досвідчені періоди, коли працювали на коксі поліпшеної якості технічний аналіз та фізико-хімічні властивості коксу суттєво покращилися. Вміст сірки, золи і летючих знизилася, а вміст вуглецю зросла з 84,93% відповідно до 86,89 і 87,39%, міцність M25 зросла на 1,3 і 2,7%, опір подрібненню M10 знизилася на 2,0 і 2,5%, частка фракцій +80 мм і -25 мм збільшилася.

Особливу увагу звертає на себе вагоме збільшення гарячої міцності - CSR (частки збережених кусків більш 25мм) відповідно на 23,7% і 24,2%, тобто більше, ніж в 2 рази, а реакційна здатність коксу - CRI (реакція Будуара) знизилася на 14,8 і 15,0%. Проте показники міцності і реакційної здатності залишаються істотно нижче допустимих величин: CSR > 62%, CRI < 28%.

Для визначення ефективності використання коксу поліпшеної якості взято 2 періоди роботи доменного цеху:

- базовий – 2010 р., коли печі працювали на звичайному коксі;
- дослідний – 2011 р., коли печі працювали на коксі поліпшеної якості.

Доменна плавка на коксі «Преміум» сприяла поліпшенню ступеня використання в печі оксиду вуглецю на 2,45%, підвищенню теоретичної температури горіння (23 °С), коефіцієнта корисної дії тепла (+1,2%), збереження в оптимальних межах основних визначальних показників плавки.

Наслідком зазначених змін технології стало зниження приходу тепла на 1 т чавуну (112,5 ккал/т), втрат тепла на охолодження печі на 43,9 ккал/кг, витрати умовного палива на 24,65 кг/т чавуну (4%).

Виконані оцінки оптимальності основних технологічних параметрів плавки при роботі доменної печі з вдуванням ПГ + ПВП + O₂, але при звичайному якості коксу, і ПВП + O₂ при використанні коксу марки «Преміум». Виведення зі складу дуття 54 м³ ПГ, перехід на використання коксу марки «Преміум», підвищення в шихті частки окатишів і вмісту кисню в дутті (+2,7%) сприяли значному збільшенню витрати ПВП (+79 кг/т чавуну) [18]. При цьому істотно знизився вихід горнових газів (192 м³/т, 10%), підвищилась теоретична температура горіння (+48 °С), покращився ступінь використання СО (+0,02% абс.) і ін.

Підсумком зазначених змін стало підвищення продуктивності печі на 288 т/добу (15,7%), зниження витрати коксу та коксового горішка на 44 кг/т чавуну (9,5%).

Плавка на доменному коксі марки «Преміум», що сприяло виведенню з складу дуття ПГ і значного збільшення витрати ПВП, визначила збільшення економії коксу в 1,7 рази в порівнянні з традиційним режимом: з вдуванням в горн ПВП + ПГ + O₂.

Виведення зі складу дуття ПГ і перехід на кокс «Преміум» визначили підвищення інтенсивності плавки +50 кг/(м³·добу) при істотному підвищенні відновлювальної енергії СО.

У дослідному періоді істотно покращилися умови десульфурації чавуну, що пояснюється як зниженням приходу сірки з шихтою і зниженням виходу шлаку, так і сприятливими змінами технологічних умов.

Для виплавки кондиційного за змістом сірки (0,04%) чавуну рівні основності шлаку і вмісту кремнію в чавуні в дослідному періоді можуть бути знижені на 0,05 (CaO/SiO₂) і 0,1% відповідно, що само по собі зумовлює можливість поліпшення техніко-економічних показників плавки.

Дана зміна визначено підвищенням ефективності процесу десульфурації, що також свідчить про відповідному поліпшенні технологічних умов плавки.

При оптимальної основності шлаку (CaO/SiO₂ = 1,23) в дослідному періоді коефіцієнт використання десульфуруючої здатності доменного шлаку був вище на 8%, ніж в базовому періоді.

На основі спостережень за технологічних режимом плавки виконано порівняльний баланс факторів по коксу, який зведений в таблицю 3.

Таблиця 3 -

Баланс факторів по коксу та виробництва доменних печей при використанні коксу поліпшеної якості

№	Показник	Од.	Фактори		Зміна	
			Базовий	Дослід-ний	Фак-тору	Коксу, кг/т.ч
1	Виробництво	т/доб.	7715	8220	505	
2	Витрата коксу	кг/т.ч	492	446		-46
3	Вміст. Fe в ЖРЧ	%	54,54	54,72	+0,18	
4	Вихід шлаку	кг/т.ч	467	466	-1,0	-0,22
5	Витрата вапняку	кг/т.ч	18	17	-1,0	-0,30
6	Витрата дуття	м3/т.ч	2649	2853	+168	
7	Витрата ПГ	м3/т.ч	101	38	-63	+44,1
8	Витрата кисню	м3/т.ч	54	46	-8	
9	Вміст O2 в дутті	%	23,3	23,3	0	
10	Викон. граф. Випуск.	%	96,9	98,6	+1,7	-0,43
11	Перепад тиску газу	кПа	125	120	-5,0	
12	Температура дуття	0С	1141	1136	-5	+0,72
13	Поточні простої	%	1,86	1,37	-0,49	-1,29
14	Тихі ходи	%	0,93	0,46	-0,47	-1,12
15	Вміст Si в чавуні	%	0,81	0,76	-0,05	-3,06
16	Інтенсивн. по дуттю	%	0	+6,34	+6,34	+9,71
17	Витрата Fe руди	кг/т.ч	63,6	36,0	-17,6	
18	Витрата ЖРЧ	кг/т.ч.	1825	1784	-41,0	
19	Доля руди в ЖРЧ	%	2,94	2,02	-0,92	-2,55
20	Витрата окатишів	кг/т.ч	23,75	5,0	-18,75	
21	Доля дріб'язку аглом.	%	14,4	14,5	-0,1	
22	Доля дріб'язку в ЖРЧ	%	13,8	13,8	0	
23	Інтенсивність ходу	кг/м3.с	837	827	-10	
24	Відсів коксу (сух)	кг/т.ч.	41	33	-8	
25	Витрата ПВП (сух)	кг/т.ч.	3,40	86,1	+82,7	-74,4
26	Якість коксу всього	кг/т.ч.			-15,86	
27	У тому числі: Зола	%	12,7	11,3	-1,4	
28	Сірка	%	1,37	0,91	-0,46	
29	Летючі	%	0,90	0,80	-0,10	
30	M25	%	86,5	87,8	+1,3	
31	M10	%	9,4	7,4	-2,0	
32	+80 мм	%	2,8	7,3	+4,5	
33	-25 мм	%	2,0	3,5	+1,5	
34	CRI	%	53,3	38,5	-14,8	
35	CSR	%	24,2	47,9	+23,7	
	Разом по факторам	кг/т.ч.				-29,14
	Інші фактори якості коксу	кг/т.ч. %				-16,86 -3,42

З таблиці 3 випливає, що в дослідному періоді витрата коксу знизилася на 46,0 кг/т чавуну, середньодобове виробництво чавуну зросло на 505 т/доб.

Позитивний вплив в зміні витрати коксу і продуктивності зробило збільшення багатства шихти, що виразилося в зниженні виходу шлаку, витрати флюсу і частки сирої руди, підвищенні виконання графіка випусків продуктів плавки, зменшення простоїв печей і тихих ходів, завдяки більш рівному ходу доменних печей. Про це свідчать менші значення загального перепаду тиску газів по висоті доменних печей.

Максимальне зменшення витрати коксу – 74,4 кг/т чавуну отримано за рахунок вдування природного газу.

Негативний вплив на витрату коксу зробив зниження витрат природного газу на 63,0 м³ / т чавуну, зниження інтенсивності по дуттю і частки в ньому кисню, незначному зменшенні температури дуття, і, як сказано вище, збільшення теоретичної температури горіння і в зв'язку з цим - розвитку ступеня прямого відновлення.

В результаті за рахунок зміни зазначених технологічних параметрів витрата коксу знизилась на 29,14 кг/т чавуну. Якщо відняти ці зміни з реально отриманих, то економія коксу за рахунок підвищення його якості складе $46,0 - 29,14 = 16,86$ кг / т чавуну (3,42 %).

Дійсно, як наголошувалося в пунктах 27 - 35 таблиці 3, всі показники складу і властивостей коксу істотно покращилися, і дозволило отримати такі високі результати: економію коксу в 3,42 %.

Таким чином, використання в доменній шихті коксу ЗКХЗ поліпшеної якості дозволило:

- збільшити витрату дуття на 168м³/хв.;
- отримати вищу економію коксу за рахунок заміни ПГ на ПВП;
- виключити розлади ходу доменних печей за рахунок поліпшення газодинаміки: горіння фурм скоротилося більш ніж у 3 рази;
- зменшити виплавку чавуну другого сорту з 4,0 до 1,8%;
- підвищити виконання графіка випусків чавуну і знизити простої і тихі ходи печей;
- заощадити 3,55% коксу і виплавити 105,78% чавуну.

У третьому розділі розглядаються питання охорони праці і техногенної безпеки. Розробляються заходи з електричної та пожежної безпеки у доменному виробництві.

Під час доменної плавки виділяється велика кількість тепла. Випуск чавуну та шлаку із печі супроводжується виділенням значної кількості шкідливих газів і сполук.

Основну шкідливість представляє оксид вуглецю - безкольоровий газ, який не має запаху та не виявляє подразнюючих дій на організм людини. Потрапляючи крізь легені, він порушує нормальні процеси газового обміну та окислення у організмі. Шкідливим фактором доменного процесу є також наявність високих концентрацій пилу у повітрі робочої зони під час випуску чавуну. Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є пристрої

респірації. Крім того, до шкідливих виробничих факторів доменного процесу відносять підвищені рівні шуму та вібрацій під час проведення деяких операцій доменного процесу.

За пожежонебезпечністю виробництво чавуну відносять до категорії Г, тому що негорючі матеріали знаходяться у розплавленому стані, процес обробки супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я.

Вибухопожежонебезпечність доменної печі забезпечується оптимальними режимами роботи: температура у осьовій частині горну не нижче 1350 - 1450 °С; тиск поданого на горіння дуття 147,1 – 225,2 кПа, а його температура 1000- 1200°С; тиск на колошнику 147,1 – 245,2 кПа.

Доменні печі розташовані на великій відстані одна від одної через свою громіздкість, що й забезпечує пожежобезпечність цеху.

У випадку виникнення екстремальних ситуацій, наприклад, прорив горну чавуном, прогар повітряних фурм, а також холодильників системи водяного охолодження передбачена система попереджувальної сигналізації. Для виключення виникнення вибухонебезпечної суміші газу під час роботи засипного апарату передбачено ряд блокувань.

При виробництві чавуну використовують і отримують токсичні горючі гази, велика кількість агрегатів працює під тиском порядку 0,07 МПа, температура виплавленого чавуну перевищує 1400 °С, а доменного газу в фурменій осередку близько 2000 °С і вище, використовуються потужні стаціонарно встановлені вантажопідйомні механізми і тягодуттьові засоби.

Виходячи з цього, актуальною є задача зниження ризику аварійності даного виробництва з метою збереження основних виробничих фондів, зниження рівня травматизму обслуговуючого персоналу і недопущення забруднення навколишнього середовища. Для вирішення поставленого завдання необхідно проведення оцінки ризику виникнення аварій та інцидентів з подальшим вибором заходів щодо зниження їх рівня.

Головною причиною високих енергетичних витрат є не відсутність технічних заходів, а труднощі в управлінні, відсутності достовірної інформації, визначенні пріоритетів та ефективно працюючого механізму управління в складній фінансово-економічній обстановці. Доменні печі є найбільшими енерготехнологічних агрегатами не тільки чорної металургії, де сконцентровані при тиску до 5 атм. величезні енерготехнологічні потоки високотемпературних і високотоксичних матеріалів у твердому, рідкому, газоподібному стані, а й сучасної індустрії і вимагають особливої уваги до промислової безпеки при виробництві чавуну.

Перспективним напрямом у виробництві чавуну є перехід від вдування природного газу в домну до спільної подачі пиловугільного палива (ПВП) із застосуванням спеціально сконструйованих паливоспалювальних пристроїв, що дозволяють подавати і варіювати витрати природного газу та ПВП в різних співвідношеннях. Розрахунки та досвід впровадження ПВП на доменних печах великого обсягу показує, що це необхідна завдання досягнення високих показників при застосуванні ПВП та підвищення надійності роботи доменної печі в змінних і нестабільних шихтових і дуттьових умовах. Найважливішим

напрямом у підвищенні промислової безпеки є оснащення комплексу доменних печей (включаючи синхронну роботу печі, повітрянагрівачів, повітродувних машин і газоочистки) сучасними системами контролю і управління.

Необхідно, щоб прилади і системи контролю за виробничими процесами відповідно до встановлених вимог, а також системи спостереження, оповіщення, зв'язку та підтримки прийняття рішень у випадку аварії справно функціонували. Важливо, щоб були розроблені та затверджені плани ліквідації аварій з урахуванням наслідків можливих у регіоні землетрусів і запобігання терористичній діяльності. Для відпрацювання дій персоналу в разі аварії чи інциденту за затвердженими графіками проводяться навчальні тренувальні заняття. Можна проводити роботи по підвищенню тривалості кампанії роботи повітрянагрівачів до 30 років при високих температурах дуття і з використанням теплоти обходить води з системи охолодження доменної печі для підігріву повітря горіння, що надходить в повітрянагрівачі до температур близько 60-80 ° С. Цим досягається економія доменного газу, що йде на обігрів насадки повітрянагрівача.

Виконання в комплексі вищевказаних заходів дає істотні результати по зниженню аварійності і травматизму на небезпечних виробничих об'єктах підприємства, і в доменному виробництві зокрема.

Висновки

Освоєння технології на доменній печі №2 доменного цеху ВАТ «Запоріжсталь» із вдуванням до 130 кг вугілля на тонну чавуну супроводжувалося зниженням витрати коксу з 538 до 424 кг/т чавуну при одночасному зниженні витрати природного газу із 100 до 0 м³/т чавуну. Сумарна економія коксу склала 114 кг/т чавуну, що більш ніж удвічі перевищує ефективність технологічного режиму із вдуванням у горн ПГ+О₂. Коефіцієнт заміни коксу при цьому зріс із 0,8 кг/м³ ПГ до 1,03 кг/кг ПВП.

Поліпшення якості коксу ЗКХЗ за показниками CSR та CRI вдвічі дозволило:

- збільшити витрату дуття на 168м³/хв.;
- отримати вищу економію коксу за рахунок заміни ПГ на ПВП;
- виключити розлади ходу доменних печей за рахунок поліпшення газодинаміки: горіння фурм скоротилося більш ніж у 3 рази;
- зменшити виплавку чавуну другого сорту з 4,0 до 1,8%;
- підвищити виконання графіка випусків чавуну і знизити простої і тихі ходи печей;
- заощадити 3,55% коксу і виплавити 105,78% чавуну.

Список опублікованих магістрантом робіт

1. Лопатко А. І. / Матеріали XX науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА. Металургія та енергозбереження як основа сучасної промисловості. Частина I. 22-25 квітня 2015 р.- Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2015.- С.

2. Лопатко А.І., Воденнікова Л.В., Безпалов Р.І. Визначення впливу якості коксу на показники ефективності використання пиловугільного палива у доменній плавці / А. І. Лопатко, Л. В. Воденнікова, Р. І. Безпалов // Збірник наукових праць магістрантів кафедри МЧМ. Випуск 11.– Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2016. – С. 107 - 112