ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат"

Центральная лаборатория контроля

ОТЧЕТ

**О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

КОКСОВОЙ МЕЛОЧИ В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

**Начальник НТЦ В.В. Галкин**

Начальник ЦЛК, к. т. н Б.А. Сарычев

**Начальник доменного цеха А.В. Чевычелов**

**Старший менеджер группы**

**по аглодоменному производству, к. т. н В.А. Гостенин**

**Начальник лаборатории чугуна С.Н. Пишнограев**

Магнитогорск 2010 г.

# Список исполнителей

#### От ЦЛК

Ведущий инженер Н.С. Штафиенко

Ведущий инженер Г.Н. Логачёв

##### Ведущий инженер В.П. Гридасов

#### От доменного цеха

И. о. зам. начальника цеха С.А. Гришечкин

Реферат

##### Отчет \_\_\_ с., 28 рис., 1 табл., 8 источников

**КОКСОВЫЙ ОРШЕК, ИСТИРАЕМОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ЗАМЕНЫ, ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОСТОИ.**

**Объектом исследования является влияние коксовой мелочи фракции 10 - 25 мм (коксового орешка) на технологические параметры доменного производства.**

**Цель работы** - **снижение удельного расхода кокса.**

В результате выполненного анализа производственных данных о работе печей за 2009-2010 гг. получены оптимальные параметры расхода коксовой мелочи фракции 10 - 25 мм (коксового орешка) и влияние качественного показателя кокса М10 на расход коксового орешка. Определён коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком.

Содержание

Список исполнителей

Введение

1. Использование коксовой мелочи фракции 10-25 мм (коксового орешка) на доменных печах

1.1 Доменная печь №1

1.2 Доменная печь №2

1.3 Доменная печь №4

1.4 Доменная печь №6

1.5 Доменная печь № 7

1.6 Доменная печь № 8

1.7 Доменная печь № 9

1.8 Доменная печь № 10

2. Влияние коксового орешка на работу цеха

3. Определение коэффициента замены скипового кокса коксовым орешком

4. Расчёт ожидаемого экономического эффекта по теме "Оценка эффективности использования коксовой мелочи в доменном производстве"

5. Охрана труда и экология

Заключение

Список использованных источников

# Введение

Возрастающий дефицит коксующихся углей, стремление к уменьшению загрязнения окружающей среды, связанного с производством кокса, необходимость сокращать затраты на выплавку чугуна активизируют поиск путей снижения расхода металлургического кокса в доменной плавке. Одним из таких путей является загрузка в печь, кроме металлургического кокса, каменного угля или мелкофракционного кокса. Частичная замена ими металлургического кокса привлекает тем, что не требует для реализации этого мероприятия существенных дополнительных затрат.

В последние годы возрос интерес к использованию кокса фракции менее 40 мм (в основном 10 - 25 мм), так называемого коксового орешка, в доменной плавке, что объясняется возможностью снижения непроизводительных потерь кокса, оптимизации газодинамического режима доменной плавки и улучшения ее основных технико-экономических показателей.

Согласно аналитическим исследованиям [1], введение в доменную печь коксового орешка в смеси с железорудной частью шихты улучшает ее газопроницаемость. Оптимальные размеры коксового орешка составляют: нижний 10 - 15 мм, верхний 35 - 40 мм. Наиболее благоприятно влияет на газопроницаемость шихты введение первых 20 - 30 % от расхода кокса, обеспечивающих улучшение газопроницаемости шихты на 11,5 - 13,5 %. Аналитические расчеты показывают, что введение коксового орешка фракции 10 - 40 мм в смеси с железорудной шихтой в количестве 6,6 % (от расхода кокса) способствует снижению расхода металлургического кокса на 19,9 кг/т чугуна в основном за счет улучшения газораспределения и схода шихты. Исследование технологии доменной плавки при использовании коксового орешка проведено на печи №1 ОАО "ЕМЗ". Применение на печи №1 коксового орешка фракции 15 - 36 мм в количестве 25,0 кг/т чугуна способствовало снижению фактического расхода кокса на 10,7 кг/т чугуна, в том числе на 4,0 кг/т чугуна благодаря совершенствованию технологического режима доменной плавки.

Имеется успешный опыт замены до 30 % кокса орешком при выплавке ферромарганца [2].

Анализ работы доменных печей предприятий Европы с малым (до 300,0 кг/т чугуна) расходом кокса показал, что снижение его с 350,0 до 270,0 - 290,0 кг/т чугуна приводит к небольшому (на 10 %) увеличению толщины рудных линз при значительном сокращении толщины слоев кокса - с 48 до 34 см. Коксовый орешек загружается в смеси с рудой в периферийную зону во избежание опускания в нижние слои зоны когезии [3].

В мощные доменные печи фирмы "РОSCО" (Ю. Корея) смесь коксового орешка и мелкой железной руды дифференцированно загружают в зону гребня шихты с целью интенсификации процесса восстановления оксидов железа [4].

Вследствие острого дефицита кокса на доменных печах ОАО "ЗСМК" проведены промышленные плавки с использованием в шихте кокса мелких фракций (36-25 мм) [5]. При этом его содержание повышали до 30 % общей массы загружаемого кокса (переход осуществляли в период удовлетворительной работы печей). Для сохранения интенсивности процесса плавки предприняли ряд мер по стабилизации работы горна и поддержания ровного хода печей. Для предотвращения засоренности горна в печь загружали промывочные средства и обеспечивали выполнение заданного графика отработки продуктов плавки. Использование в шихте доменной печи, оборудованной типовым двухконусным загрузочным устройством, кокса мелкой фракции в количестве до 22 % в зависимости от условий плавки, приводило к снижению выплавки чугуна на 1,0 - 6,6 %, или на 0,2 - 0,4 % на каждый процент содержания мелкой фракции, увеличению удельного расхода кокса на 0,8 - 1,0%, или на 0,19 - 0,17% на каждый процент и снижению дренажной способности горна печи. Технико-экономические показатели печи, оборудованной роторным распределителем шихты, свидетельствует о возможности сохранения форсированного хода печи при использовании в шихте до 25% кокса фракции 36 - 25 мм. Применение мелкого кокса в количестве более 30% вызывает снижение интенсивности процесса плавки и ухудшение работы горна. Уменьшение производительности доменной печи достигает 3,3 - 3,6% или на 0,12 - 0,13% на каждый процент содержания в шихте кокса фракции 36 - 25 мм, увеличение удельного расхода кокса на 0,85 - 0,90% или 0,03 - 0,04% на каждый процент содержания в шихте кокса фракции 36 - 25 мм.

Опыт работы доменного цеха ОАО "Северсталь" также подтвердил возможность использования мелкого кокса в шихте [6]. Анализ работы печи в периоды загрузки коксового орешка не выявил нарушений газодинамического режима или ухудшения дренажной способности коксовой насадки в горне. Коэффициент замены кокса коксовым орешком составил 0,895 кг/кг.

При среднемесячном расходе коксового орешка 12 - 24 кг/т чугуна на доменных печах ОАО "Макеевский металлургический комбинат" приведенный коэффициент замены кокса коксовым орешком превысил 1,0 кг/кг при сохранении базовой производительности печей [7].

Опытно-промышленные плавки литейного чугуна с введением до 140 кг коксового орешка на 1 т чугуна проведены на доменной печи №2 полезным объемом 394 м3 ОАО "Константиновский металлургический завод". Коэффициент замены кокса орешком составил 1,0 - 1,2 кг/кг. При этом суточная производительность печи повысилась на 15,9 т (4,95%) [7].

На металлургическом комбинате "Криворожсталь" разработана и освоена на всех доменных печах технология плавки с загрузкой кускового антрацита до 70 кг/т чугуна с эффективностью замены кокса 0,8 - 1,1 кг/кг. В ходе освоения технологии установлена принципиальная возможность увеличения расхода антрацита до 100 кг/т чугуна с соответствующей заменой кокса [8].

По имеющимся у лаборатории данным проведён анализ использования коксового орешка в качестве заменителя металлургического кокса на заводах Германии, Франции, Бельгии, Нидерландов, России, Украины. Расход коксового орешка по заводам и по отдельным печам, а также качественные показатели кокса приведены в таблице 1, определены зависимости между расходом скипового кокса, коксового орешка и качественным показателем истираемости металлургического кокса М10. (рисунок 1, рисунок 2)

Наиболее низкие качественный показатель истираемости (М10=9,0%) имел кокс в период применения коксового орешка на доменной печи №6 НЛМК. Расход коксового орешка на данной печи составил 7,3 кг/т чугуна (1,8% от расхода кокса). По имеющимся данным максимальный расход коксового орешка составил 29 кг/т чугуна при М10=5,2% или 10,6% от расхода кокса (Arcelor Patural 6).

Таблица 1 Использование коксовой орешка и показатели качества кокса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | Завод, доменная печь | | Расход материалов, кг/т чугуна | | Доля от расхода кокса, % | Показатели качества кокса, % | | | | |
| кокса | мелкого кокса | CRI | CSR | M40 | М25 | M10 |
|
| Германия | TKS Schwelgern 1 | | 263 | 36 | 13,7 |  |  |  |  |  |
| TKS Schwelgern 2 | | 288 | 49 | 17,0 |  |  |  |  |  |
| EKO Stahl, ДП №5А | | 279 | 87 | 31,2 | 31,0 | 56,2 |  |  |  |
| EKO Stahl, ДП №1 | | 405 | 14 | 3,5 |  |  |  |
| TKS Hamborn 9 | | 229 | 95 | 41,5 |  |  |  |  |  |
| Франция | Arcelor Dunkerque 4 | | 223 | 50,3 | 22,6 |  | 66-68 | 70,0-74,9 |  | 4,4-6,1 |
| Arcelor Patural 6 | | 273 | 29 | 10,6 |  |  |
| Arcelor Fos sur Mer 1 | | 277 | 47 | 17,0 |  |  |
| Бельгия | Sidmar Gent A | | 264 | 50 | 18,9 |  |  |  |  |  |
| Sidmar Gent B | | 280 | 53 | 18,9 |  |  |  |  |  |
| Нидерланды | Corus IJ mulden 7 | | 267 | 34 | 12,7 |  |  |  |  |  |
| Россия | ЗСМК | | 442 | 45,5 | 10,3 |  |  | 72 |  | 7,7 |
| НЛМК, ДП №6 | | 410 | 7,3 | 1,8 |  |  |  | 83,7 | 9,0 |
| Северсталь, ДП №5 | | 408 | 17 | 4,2 |  |  | 73,5 |  | 7,4 |
| ОАО "ЕМЗ", ДП №1 | | 466 | 25 | 5,4 |  |  |  |  |  |
| ОАО "Енакиевский МЗ" | | 509,6 | 30,2 | 5,9 |  |  |  | 88,6 | 7,65 |
| Украина | ОАО "Миталл Стил Кривой Рог" | Дп№1 | 464 | 16,9 | 3,6 |  |  |  | 88,2 | 7,3 |
| Дп№2 | 467,2 | 18,4 | 3,9 |  |  |  | 88,2 | 7,0 |
| ОАО "МК Запорожсталь" | | 500,0 | 28,0 | 5,6 |  |  |  | 87,1 | 7,6 |
| ОАО "МЗ им. Петровского" | | 595,0 | 38,0 | 6,4 |  |  |  | 87,0 | 7,4 |
| ОАО "МК Азовсталь" | | 504,6 | 21,1 | 4,2 |  |  |  | 87,8 | 7,57 |
| ОАО "МК им. Ильича" | | 527,5 | 25,8 | 4,9 |  |  |  | 87,8 | 7,61 |
| ОАО "МК им. Дзержинского" | | 482,7 | 24 | 5,0 |  |  |  | 87,9 | 7,21 |
| ОАО "Алчевский МК" | | 457,5 | 17,8 | 3,9 |  |  |  | 87,9 | 6,32 |
| ОАО "Макеевский МЗ" | | 508 | 24 | 4,7 |  |  |  | 87 | 6,97 |
| ЗАО "Донецкий МЗ" | | 403,6 | 19,2 | 4,8 |  |  |  | 87,84 | 4,28 |

В анализ включены доменные печи, по которым имеется информация по показателю истираемости кокса М10. При оценке расхода коксового орешка по печам, где качество кокса определялось показателем CSR (горячая прочность), максимальный расход коксового орешка составил 50,3 кг/т чугуна или 22,6 % от расхода кокса при CSR=67 % (Arcelor Dunkerque 4). Необходимо отметить, что проводили эксперименты по увеличению расхода коксового орешка до 95 кг/т или 31,2 % от расхода кокса при CSR=56,2 % (EKO Stahl, ДП №5А). Данных о постоянной эксплуатации доменной печи при таких расходах коксового орешка нет.



Рисунок 1. Зависимость изменения удельного расхода кокса от удельного расхода коксового орешка



Рисунок 2 Зависимость изменения удельного расхода кокса от истираемости кокса М10

По имеющимся данным можно сделать вывод о нецелесообразности применения коксового орешка при снижении истираемости кокса М10>9,0 %. При повышении качества кокса (CSR= 56.0 - 68 %, М10= 4,4 - 6,1%) расход коксового орешка может составлять до 40 кг/т чугуна без снижения производительности доменной печи.

# 1. Использование коксовой мелочи фракции 10-25 мм (коксового орешка) на доменных печах

В качестве экспериментального периода были использованы технико-экономические показатели работы доменных печей при различной интенсивности плавки в период с января 2009 года по сентябрь 2010 года включительно. Числовые массивы для анализа были составлены из единичных средненедельных периодов работы печей. Выявлены зависимости удельного расхода кокса и производительности от расхода коксового орешка и истираемости кокса М10. В доменные печи загрузка коксового орешка производилась строго в смеси с железорудной частью шихты. Расход орешка в рудной подаче составлял 200 - 600 кг (максимум до 1000 кг кратковременно на доменной печи №9).

# 1.1 Доменная печь №1

Выполнен анализ показателей работы доменной печи №1 при использовании в шихте коксового орешка за период с декабря 2009 г. по сентябрь 2010 г. (25 ноября 2009 г. печь задута после капремонта 1 разряда).

Коксовый орешек стали брать с середины мая 2010 г., постепенно увеличивая расход до 24,5 кг/т чугуна. С середины апреля 2010 г. расход коксового орешка в течение 5 недель находился на уровне 17 кг/т (рисунок.3). Расход кокса при этом снизился с 433 - 432 кг/т (без коксового орешка) до 423 кг/т (в июле 2010 г.). В это же время начинается постепенное снижение качества кокса по истираемости М10 с 8,59%, в начале июня 2010 г. до 9,55% в конце августа 2010 г. В связи с этим удельный расход кокса тоже начинает незначительно повышаться, и после вывода орешка из шихты удельный расход кокса возрос до 446,7 кг/т (рисунок 4).



Рисунок 3. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка



Рисунок 4. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10

Вывод коксового орешка из доменной шихты связан так же с увеличением простоев (до 1,33 %) и снижением производства до 23040 т/нед или 3291 т/сут (рисунок 5).



Рисунок 5. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

Приведённый коэффициент замены кокса коксовым орешком для доменной печи №1 составил 0,58 кг/кг.

# 1.2 Доменная печь №2

Проведён анализ данных о работе доменной печи №2 с использованием в шихте коксового орешка за период с марта 2009 г. по август 2010 г. В анализируемый период доменную печь останавливали на ремонт первого разряда (14.11.2009 г. - 3.03.2010 г.). При вводе коксового орешка до 15 кг/т чугуна (апрель - июль 2009 г.) расхода кокса снижается с 439,0 кг/т до 434,5 кг/т чугуна. Дальнейшее увеличение расхода орешка до 28 кг/т чугуна не позволило снизить расход кокса, при стабильном его качестве (истираемость кокса по М10 находилась в пределах 8,13 - 8,57%), а напротив привело к его повышению до 438,6 кг/т из-за повышенных простоев (до 2,8%) по причине горения фурм и неудовлетворительного технического состояния печи.

После ремонта коксовый орешек завели в доменную шихту только в середине мая 2010 г., в июле 2010 г. расход его достиг 20 кг/т чугуна и расход кокса снизился с 434 кг/т до 425 кг/т (рисунок 6).



Рисунок 6. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка



Рисунок 7. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10



Рисунок 8. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

В этот же период начинается снижение качества кокса (рисунок 7). Истираемость кокса по М10 возрастает с 8,5% (июль 2010 г.) до 10,6% (август 2010 г.), из-за чего ухудшилось состояние горна, что в свою очередь негативно сказалось на производстве - 22351 т/нед или 3193 т/сут (рисунок 8). Поэтому в начале августа 2010 г. было принято решение о полном выводе коксового орешка из доменной шихты.

В связи с установкой на ремонте лоткового засыпного аппарата, были определены два коэффициента замены скипового кокса коксовым орешком. Для периода работы печи на конусном загрузочном устройстве, приведённый коэффициент замены составил 0,47 кг/кг, после ремонта и установки БЗУ он повысился и составил 0,70 кг/кг. Это связано с улучшением распределения материала на колошнике. Максимальный расход коксового орешка, при котором производство чугуна начинает снижаться, для периода работы с конусным аппаратом печи составил 14,7 кг/т, для периода работы печи с БЗУ - 19,3 кг/т.

# 1.3 Доменная печь №4

Для характеристики изменения производственных показателей, расхода коксовой мелочи и истираемости кокса М10 для доменной печи №4 сформированы данные в период с марта 2009 г. по август 2010 г. По этим данным построены линейные диаграммы, представленные на рисунках 9, 10,11.



Рисунок 9. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка

В исследуем промежутке времени печь почти 1,5 месяца (январь-февраль 2010 г.) работала в аварийном режиме из-за похолодания. В это время наблюдается большое количество простоев (28,72 %), высокий расход кокса (до 610 кг/т) и снижение производства (6482,1 т/нед или 926 т/сут). Поэтому данный период времени для анализа не берется.

За период конец марта - начало сентября 2009 г. расход коксового орешка достиг 12,5 кг/т чугуна, в этот же период расход кокса снизился с 439,6 кг/т до 434,0 кг/т чугуна. Качество кокса оставалось стабильным и истираемость М10 находилась на уровне 8,3 - 8,8 %. В дальнейшем с сентября по декабрь 2009 г. расход коксового орешка увеличили до 22 кг/т. В это время произошло снижение качества кокса - истираемость М10 возросла до 9,5%. Вследствие этого, повышение расхода коксового орешка с 12,5 кг/т до 22,0 кг/т позволило снизить расход кокса только с 434,0 кг/т до 431,5 кг/т чугуна при значительном снижении производства (до 4,0%).



Рисунок 10. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10



Рисунок 11. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

После стабилизации работы печи и повышения качества кокса (истираемость М10 снизилась до 8,3 - 8,5%) с мая 2010 г. в шихту вновь заводят коксовый орешек, постепенно повышая его расход до 22,0 кг/т чугуна. В этот же период происходит снижение удельного расхода кокса с 437,0 кг/т до 430,0 кг/т чугуна. Однако с вводом коксового орешка происходит снижение качества кокса (истираемость М10 возрастает с 8,6% в июне 2010 г. до 10,6% в августе 2010 г.). Снижение качества кокса приводит к снижению производительности печи на 4,0-4,5%. Поэтому в середине августа вынуждены были вывести коксовый орешек из шихты доменной печи, что в совокупности с дальнейшим снижением качества кокса (истираемость М10=10,7%) привело к повышению удельного расхода кокса до 475,0 кг/т, в сентябре 2010 г. Приведённый коэффициент замены кокса коксовым орешком для доменной печи №4 составил 0,67 кг/кг.

# 1.4 Доменная печь №6

По сформированным данным о работе доменной печи №6 с использованием в шихте коксового орешка проанализировали характер изменения различных показателей ее работы. По полученным данным построены линейные диаграммы (рисунок 12 - 14).

В мае - июле 2009 г. печь работала неудовлетворительно из-за искажения профиля печи и частых простоев на замену воздушных фурм (из 72 смененных фурм 57 - дефектных). Использование коксовой мелочи в этот период до 10,5 кг/т чугуна не дали положительных результатов. В связи с этим во второй половине июля 2009 г. коксовый орешек из шихты был выведен.

В сентябре-декабре 2009 г. опыт с использованием коксовой мелочи повторили. Расход орешка достигал 20 кг/т чугуна. Этот период характеризуется снижением качества кокса (рисунок 13). Истираемость М10 до начала октября 2009 г. находится в пределах 8,3 - 8,6 %, затем резко повышается с 8,6 % до 9,5%. Кроме этого работа печи с искаженным профилем и с частыми осадками не позволили снизить расход кокса при использовании коксового орешка. Расход кокса в декабре возрос до 438,0 кг/т чугуна, а производство снизилось по сравнению с октябрем - ноябрем 2009 г. на 4,0-4,5% (рисунок 14).

В январе 2010 г. коксовый орешек вывели из-за высоких простоев (4,47%) и участившегося горения воздушных фурм. В марте 2010 г. горение фурм прекратилось.



Рисунок 12. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка

коксовый орешек доменная печь



Рисунок 13. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10



Рисунок 14. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

Приведенный коэффициент замены кокса коксовым орешком составил 0,51 кг/кг. Низкое значение коэффициента замены обусловлено искажением профиля доменной печи.

# 1.5 Доменная печь № 7

Выполнен анализ показателей работы доменной печи №7 при использовании в шихте коксового орешка. Построены линейные диаграммы параметров работы печи (рис.15 - 17), где отображается значительные колебания расхода коксового орешка (от 0 до 28 кг/т чугуна). Это, в основном, связано с профилактическими ремонтами печи в марте и мае 2009 г. и неудовлетворительной работой печи в январе - феврале и апреле - мае 2010 г. (рис.17). Необходимо отметить неудовлетворительное техническое состояние печи (отсутствие и повреждение значительной доли холодильников шахты).

С марта 2009 г. происходит повышение качества кокса по истираемости М10 с 9,2% до 8,5% в начале сентября 2009 г. Поэтому было принято решение о вводе в шихту коксового орешка, расход которого достиг 14 кг/т чугуна. Расход кокса в этот период сократился с 437,0 - 438,0 кг/т до 434,0 - 435,0 кг/т чугуна. С середины сентября 2009 г. расход орешка увеличили до 26-28 кг/т чугуна.



Рисунок 15. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного рас - хода коксового орешка

Но качество кокса в это период нестабильно: М10 изменяется с 8,3% до 9,3% (к началу декабря 2009 г.). Удельный расход кокса в начале этого периода (при увеличении расхода коксового орешка) остался на том же уровне (434,0 - 435,0 кг/т), а затем при снижении качества кокса возрос до 437,0 кг/т (декабрь 2009 г.). Кроме этого в декабре произошло снижение производства (рисунок 17) на 6-7%, поэтому было принято решение о выводе орешка из шихты. В январе - апреле 2010 г. печь работала неудовлетворительно из-за ее технического состояния, ухудшения состояния горна привело к повышению простоев (1,38-1,48%) из-за горения воздушных фурм, а также возросли простои на заварку шахты доменной печи. В мае 2010 г. после капитального ремонта III разряда на раздувке произошло расстройство хода печи из-за похолодания.

После стабилизации работы печи, во второй половине мая 2010 г., вновь стали использовать коксовый орешек. Расход орешка составил 27-29 кг/т чугуна. К середине июня 2010 г. расход кокса на печи сократился с 439,0 кг/т до 430,0 кг/т. Но из-за нестабильности качества кокса (рост истираемости М10 до 9,7%) к началу августа 2010 г. расход кокса возрос до 436,0 кг/т чугуна при расходе орешка 28-24 кг/т.

В связи с дальнейшим снижением качества кокса (М10 до 10,7%) коксовый орешек вывели из шихты доменной печи.



Рисунок 16. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10



Рисунок 17. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

Приведённый коэффициент замены кокса коксовым орешком для доменной печи №7 составил 0,64 кг/кг.

# 1.6 Доменная печь № 8

Сформированы данные о работе доменной печи №8 с использованием в шихте коксовой мелочи с июля 2009 г. по август 2010 г.

Для определения влияния расхода коксовой мелочи и истираемости кокса М10 на работу доменной печи обработаны данные по горению воздушных фурм, уровню простоев, изменению производительности печи. Произведена калибровка и усреднение полученных данных. Построены линейные диаграммы (рис.18-20).

Доменная печь была задута 11.06.09 г. после капитального ремонта II разряда. После раздувки печи и вывода на заданные технологические параметры при истираемости кокса по М10 = 8,8-8,5% расход кокса составлял 435,0 - 436,0 кг/т чугуна (начало июля 2009 г.). Во второй половине июля 2009 г. ввели в шихту коксовый орешек, постепенно увеличивая его расход до 24 кг/т чугуна (рис.18). До середины августа 2009 г. расход орешка составлял 6 - 8 кг/т чугуна, расход кокса оставался на уровне 435,0 кг/т при удовлетворительном качестве кокса (М10 в пределах 8,5%) (рисунок 19). В период конец августа - первая половина сентября 2009 г. расход орешка повысили до 12-13 кг/т, удельный расход кокса также возрос и составил 437,0 - 438,0 кг/т. Повышение удельного расхода кокса произошло из-за снижения качества кокса (М10= 9,6%). С октября по декабрь 2009 г. расход орешка увеличили до 20-24 кг/т. Расход кокса снизился до 432 - 434 кг/т при повышении качества кокса по истираемости М10 до 8,3% (конец октября - начало ноября 2009 г.). В дальнейшем происходит постепенное снижается качества кокса (М10 повышается до 9,3% в декабре 2009 г.). Производство снижается на 5,0% из-за повышения простоев до 1,67% (рисунок 20). В январе 2010 г. горение фурм продолжается, и простои возросли до 2,66%, производство снизилось до 17787 т/нед (2541 т/сут), удельный расход кокса повысился до 460,0 кг/т. С января по май 2010 г. коксовый орешек был выведен из шихты доменной печи. В конце мая и до начала августа 2010 года коксовый орешек завели вновь, в этот период происходит снижение истираемости кокса М10 с 8,4% до 9,7 % (рисунок19), из-за чего ухудшилась дренажная способность горна, что привело к снижению производства на 10,0% (рисунок 20). Поэтому было принято решение о полном выводе коксового орешка. Приведённый коэффициент замены кокса коксовым орешком составил 0,64 кг/кг.



Рисунок 18. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка



Рисунок 19. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10



Рисунок 20. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев

# 1.7 Доменная печь № 9

Сформированы данные о работе доменной печи №9 с использованием в шихте коксовой орешка с марта 2009 г. по август 2010 г. Для анализа изменения хода печи выполнен сбор данных по горению фурм, уровню простоев, изменения производительности. Произведена калибровка и усреднение полученных данных. Выполнен анализ показателей работы доменной печи №9 при использовании в шихте коксового орешка. Построены линейные диаграммы изменения показателей, представленные на рис.21-23.Расход коксового орешка с середины марта по сентябрь 2009 г. был на одном уровне (7-9 кг/т чугуна). В этот период наблюдается ровный ход печи (кроме мая 2009 г. - высокие простои 5,36% по замене воздушный фурм - сменили 29 из них 7 воздушных фурм сгорело), удельный расход кокса колеблется в пределах 431,0-435,0 кг/т чугуна, производство находилось на уровне 4500 т/сут чугуна. Качество кокса повышалось - истираемость М10 с 9,1% снизился до 8,5% (начало сентября 2009 г.). Поэтому было принято решение об увеличении расхода орешка.



Рисунок 21. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка

Со второй половины сентября 2009 г. расход коксового орешка вырос до 27 кг/т чугуна, это позволило несколько снизить удельный расход кокса (в среднем на 6,0 кг/т чугуна). Однако уже в конце октября - начале ноября 2009 г. расход коксовой мелочи снижается до 15 кг/т чугуна, в декабре 2009 г. до 10 кг/т чугуна из-за снижения истираемости кокса М10=9,3% (рисунок 22), а с января 2010 г. его вообще перестают брать.

Это связано с резким увеличением простоев, горением фурм, снижением истираемости кокса М10 (с 8,5% до 9,3%) и, как следствие, снижение производительности печи до 25446 т/нед или 3635 т/сут. Такие изменения в свою очередь привели к повышению удельного расход кокса с 433,0 кг/т до 455,0 кг/т чугуна. В дальнейшем с повышением качества кокса (в апреле 2010 г. истираемость М10 снизилась до 8,1%) и выходом на стабильную работу расход кокса снизился до 431,0 кг/т чугуна.

В апреле 2010 г. качество кокса повысилось, истираемости кокса М10 составила 8,1% и в мае 2010 г. коксовый орешек завели в шихту вновь до 8 кг/т чугуна.



Рисунок 22. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10

Однако дальнейшее снижение истираемости кокса М10 (в конце мая 2010 г. М10=9,1%, в июле 2010 г.9,4%), не позволило увеличить расход коксового орешка. В конце июля - начале августа 2010 г. повышение истираемости М10 до 9,6% дали основания для вывода коксового орешка из доменной шихты. Коэффициент замены скипового кокса для доменной печи №9 составил 0,75 кг/кг. Максимальный расход коксовой мелочи составил 10 кг/т, что не отразилось на уровне производства.

# 1.8 Доменная печь № 10

Сформированы данные о работе доменной печи №10, с использованием в шихте коксовой мелочи с марта 2009 г. по август 2010 г., для определения изменения показателей производства чугуна, расхода коксовой мелочи и истираемости кокса М10. Для анализа изменения хода печи, выполнен сбор данных по горению фурм, уровню простоев, изменения производительности. Произведена калибровка и усреднение полученных данных.



Рисунок 23. Динамика изменения произведенного чугуна и технологических простоев

Выполнен анализ показателей работы доменной печи №10 при использовании в шихте коксового орешка. Построены линейные диаграммы изменения показателей работы доменной печи, представленные на рисунках № 24-26.

В марте-апреле 2009 года коксовый орешек на доменной печи №10 не использовали из-за низкого качества металлургического кокса (истираемость М10=10,3%). Ход печи был неустойчивым, плохое качество кокса привело к потере дренажной способности горна и, как следствие, горению фурм и увеличению количества простоев (до 3,7%).

В конце апреля 2009 г. качество кокса несколько повысилось (до 9,6%), что позволило завести коксовый орешек в шихту с расходом 8 кг/т. Однако удержать стабильный расход на этом уровне не удавалось (расход коксового орешка изменялся от 4 до 9 кг/т чугуна) по причине нестабильного качества кокса (М10 колебалось от 9,2 до 10,0 %) плохой работы горна и горения фурм (в апреле сгорело 3 фурмы).

В период с июля по октябрь 2009 г. отмечалось стабильное качество кокса по истираемости М10 в пределах 9,3 - 9,7 %, что позволило постепенно увеличить расход коксового орешка до 15-17 кг/т. Именно в это время можно отметить относительно устойчивую работу и наиболее высокие технико-экономические показатели работы доменной печи №10 за весь исследуемый период. Суточное производство находилось на уровне 4700 тонн, с удельным расходом кокса 433,0-430,0 кг/т. В начале ноября 2009 г. производство было снижено из-за остановки печи на ремонт БЗУ. В ноябре 2009 г. качество кокса стало снижаться, и к концу ноября 2009 г. истираемость М10 достигает 10,5 %. Длительное использование коксового орешка и снижение качества кокса привели к увеличению количества простоев до 1,44%, и снижению производства 31839 т/нед (4548 т/сут).



Рисунок 24. Динамика изменения удельного расхода кокса и удельного расхода коксового орешка

С декабря 2009 г. расход коксового орешка постепенно снижали до начала первой половины января 2010 г. (с 15,75кг/т до 7,3кг/т), после чего вывели полностью. Расход кокса при этом резко увеличился с 433,0 кг/т до 450,0 кг/т, что связано как с выводом коксового орешка, так и со снижением качества кокса (с 9,6% до 10,3%).

В первой половине 2010 года качество кокса стало повышаться. К середине апреля истипаемость М10 снизилась до 8,4 %, расход кокса сократился с447,0-440,0 кг/т до 432,0-435,0 кг/т.



Рисунок 25. Динамика изменения удельного расхода кокса и истираемости кокса М10

В конце мая 2010 г. было принято решение о вводе коксового орешка в шихту, при этом расход его составил 12 кг/т, но затем он был снижен до 6-8 кг/т чугуна. Это объясняется снижением качества кокса по истираемости М10, которая к началу августа 2010 г. достигло 10,1 %. В связи с этим коксовый орешек из шихты вывели. Расход кокса при этом увеличился до 450 кг/т. Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №10 составил 0,8 кг/кг

# 2. Влияние коксового орешка на работу цеха

Выполнен анализ показателей работы доменного цеха при использовании в шихте коксового орешка. Числовые массивы для анализа были составлены из единичных средненедельных периодов работы печи. Построены зависимости изменения расхода кокса от расхода коксового орешка (рисунок 27), зависимость изменение удельного расхода кокса от качественного показателя истераемости кокса М10 (рисунок28).



Рисунок 26. Динамика изменения количества произведенного чугуна и уровня технологических простоев



Рис.27. Зависимость изменения удельного расхода кокса от удельного расхода коксового орешка



Рисунок 28. Зависимость изменения удельного расхода кокса от истираемости кокса М10

Из анализа видно, что увеличение расхода коксового орешка ведет к снижению расхода кокса. Минимальный расход кокса наблюдается при расходе коксового орешка в пределах 10-20 кг/т чугуна, однако при дальнейшем повышении расхода коксового орешка, расход скипового кокса возрастает. Это связано с ухудшением дренажной способности горна доменных печей, что в свою очередь требует повышенного расхода промывочного материала, и как следствие увеличение расхода кокса.

# 3. Определение коэффициента замены скипового кокса коксовым орешком

Для определения коэффициента замены кокса был выбран период с марта 2009 г. по август 2010 г. так, как именно в этот период работы цеха вёлся анализ и сбор данных.

Для определения усредненного коэффициента замены, средненедельный расход коксового орешка по цеху делили на разность, между средненедельным расходом скипового кокса в период использования коксового орешка и средне - недельным расходом скипового кокса без использования коксового орешка.

Ср. расход коксового орешка/ (ср. кокс без орешка - ср кокс с орешком) = Коэффициент замены

2344,51/ (79028,2 - 75528,9) = 0,67

Средний эквивалент замены составил 0,67 кг/кг.

# 4. Расчёт ожидаемого экономического эффекта по теме "Оценка эффективности использования коксовой мелочи в доменном производстве"

Частичная замена скипового кокса коксовым орешком позволит снизить удельный расход кокса. Оптимальный расход коксового орешка по результатам исследования составляет 15 кг/т чугуна. Эквивалент замены скипового кокса коксовым орешком, по исследованиям на 2010 г. коэффициент составил 0,67 кг/кг. Экономический эффект по ценам за 2009 год составил

Исходные данные:

1 Производство чугуна за 2009г 8162773т

2 Цена 1т скипового кокса (2009г) 4264,7руб

3 Цена 1 т коксового орешка (2009г) 2362,47руб

4 Расход кокосового орешка 7,6 кг/т

Снижение удельного расхода кокса

7,6\*0,67 = 5,09 кг/т чугуна

Экономический эффект составляет

(5,09\*4264,7-7,6\*2362,47) /1000\*8162773= 30,700 млн. руб.

Экономический эффект по ценам за 2010 год составил. Исходные данные: 1. Производство чугуна за 2010 г. 9233980т. 2. Цена 1т скипового кокса (2010 г.) 6900,42 руб. 3. Цена 1 т коксового орешка (2010 г.) 6101,17 руб. 4. расход кокосового орешка 3,1кг/т. Снижение удельного расхода кокса

3,1\*0,67 = 2,08 кг/т чугуна

Экономический эффект составил

(2,08\*6900,42-3,1\*6101,17) /1000\*9233980= - 42,305млн. руб.

Использование коксового орешка было экономически выгодно для цен на 2009г. Однако в связи с резким увеличением цен на коксовую мелочь во втором квартале 2010 г., кокосовый орешек стало выгодней продавать, нежели использовать в доменном производстве.

# 5. Охрана труда и экология

При проведении данной работы условия труда рабочих на участке горна и загрузки не изменяются. Поэтому дополнительных мероприятий по охране труда не требуется. Инструкции по охране труда остаются прежними.

# Заключение

**Доменная печь №1**: Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком по первой доменной печи составил 0,58 кг/кг. Максимальный расход коксового орешка, при котором производство начинает снижаться, составляет 17 кг/т.

**Доменная печь №2**: В связи с переходом д. п. №2 на загрузочный аппарат лоткового типа, были просчитаны два коэффициента замены скипового кокса коксовым орешком. Для периода, когда печь работала на конусном загрузочном устройстве, эквивалент замены составил 0,47 кг/кг, после ремонта и установки БЗУ коэффициент увеличился и составил 0,7 кг/кг. Это связано с улучшением распределения материала на колошнике. Максимальный расход коксового орешка, при котором производство чугуна начинает снижаться, для периода работы с конусным аппаратом печи, составил 14,7 кг/т, для периода работы печи с БЗУ - 19,3 кг/т.

**Доменная печь №4**: Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №4 составил 0,67 кг/кг, максимальный расход коксового орешка при котором производство начинает снижаться составил 20 кг/т.

**Доменная печь №6**: Целесообразно использовать коксовый орешек в небольших количествах (10-15кг/т чугуна) только при удовлетворительном качестве кокса (М10 8,2-8,8%) и нормальном техническом состоянии печи. Коэффициент замены скипового кокса коксовым орехом для доменной печи №6 оказался очень низким и составил 0,35 кг/кг по причине работы печи с искаженным профилем и с частыми осадками. Использование коксового орешка при неудовлетворительном состоянии профиля не дает положительных результатов.

**Доменная печь №7**: Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №7 составил 0,51 кг/кг при удовлетворительном качестве кокса. Максимальный расход кокосового орешка, при котором производство чугуна начинает снижаться, составляет 15 кг/т.

**Доменная печь №8**: Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №8 составил 0,64 кг/кг. Максимальный расход коксового орешка, при котором наблюдается снижение производства, составил 17 кг/т.

**Доменная печь №9**: Ровный и интенсивный ход доменной печи при использовании коксового орешка в пределах 10-15 кг/т чугуна возможен при удовлетворительном качестве кокса по истираемости М10 (8-9 %). Однако, увеличение расхода коксового орешка до 28 кг/т чугуна, при таком же качестве кокса, приводит к ухудшению работы горна и, как следствие, снижению производительности на 4-5%.

Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №9 составил 0,75 кг/кг. Максимальный расход коксового орешка составил 10 кг/т, при этом расходе снижение производства не наблюдалось.

**Доменная печь №10**: Коэффициент замены скипового кокса коксовым орешком для доменной печи №10 составил 0,8 кг/кг. Максимальный расход коксовым орешком для доменной печи №10 составил 16 кг/т, при этом значении снижения производства не наблюдалось. В большем количестве коксовый орешек на печи не использовали.

Ровная работа доменного цеха при использовании коксового орешка возможна при его расходе до 20 кг/т чугуна и при удовлетворительном качестве кокса. Для эффективного использования коксового орешка в качестве топливной добавки, истираемость кокса М10 не должна превышать 9,0 %.

Средний эквивалент замены кокса составил 0,67 кг/кг.

# Список использованных источников

1. Ярошевский С.Л., Кузнецов А.М. и др. Эффективность технологии доменной плавки при использовании в шихте коксового орешка. Сталь, 2006, №3, с.2-6.

2. Смоляк В.А., Яшин Ю.Ф., Щербицкий Б.В. Выплавка ферромарганца в доменной печи с применением кокса мелкой фракции. Металлургическая и горнорудная промышленность, 1971, №3, с.8-10.

3. Бабич А.И., Кочура В.В., Формосо А., Гарсия Л. Производство первичного металла в странах Западной Европы. Металл и литье Украины, 1997, №5, с.32-37.

4. Ноздрачев В.А., Формосо А., Бабич А.И. и др. Развитие технологии вдувания пылеугольного топлива в доменную печь. Металлург, 1998, №8, с.41-44.

5. Никитин Л.Д., Марьясов М.Ф., Горбачев В.П. и др. Работа доменных печей с использованием кокса мелких фракций. Металлург, 1999, №1, с.38,39.

6. Доброскок В.А., Липухин Ю.В., Курунов И.Ф. и Логинов В.Н. Разработка режима загрузки и опыт применения мелкофракционного кокса в мощной доменной печи. Сталь, 1998, №8, с.7-13.

7. Ярошевский С.Л., Ноздрачев В.А., Чеботарев А.П., Руденко В.А. и др. Эффективность использования кокса фракции менее 40 мм в доменной плавке. Металлург, 2000, №12, с.32-35.

8. Сокуренко А.В., Шеремет В.А., Кекух А.В., Товаровский И.Г. и др. Замена части кокса антрацитом в доменной плавке. Сталь, 2006, №5, с.6-11.