

## Содержание

### Введение

. История образования АО «Арселор Миттал Темиртау»

2. Технологическая характеристика доменного цеха

2.1 Сырые материалы доменной плавки

.2 Технология доменной плавки

2.2.1 Прием шихтовых материалов

.2.2 Загрузка материалов в бункера

2.2.3 Загрузка шихтовых материалов в доменные печи

2.2.4 Составление и корректировка шихты

.2.5 Нормальный режим работы доменной печи

.2.6 Режим загрузки материалов

2.2.7 Дутьевой режим

2.2.8 Тепловой и шлаковый режимы

2.2.9 Выпуск чугуна и шлака

2.3 Основные реакции доменного процесса

. Описание доменных печей

.1 Конструкция доменных печей

3.2 Футеровка доменных печей

. Вдувание пылевидного топлива, как средства интенсификации доменного

процесса

Заключение

Список используемой литературы

## Введение

Первым из известных способов получения железа из руд явился так называемый сыродутный способ, при котором в горн или печь загружают железную руду и уголь, при горении которого происходит частичное восстановление железа из руды. Повышение производительности сыродутных печей - горнов достигалось увеличением размеров агрегатов и применением мехов, приводившихся в движение не мускульной силой человека, а водяного колеса или конного привода. При этом удлинялся путь газов в печи, понижалась температура отходящих газов, соответственно повышалась температура и степень восстановления руды, поступающей в наиболее горячую зону горна. Увеличение количества воздуха, подаваемого в печь в единицу времени, позволяло увеличить количество загружаемого угля.

Следствием всего этого было повышение температуры в нижней части горна и не только улучшение условий восстановления железа, но и создание условий для его науглероживания. Шлаки при этом получались малоокисленные, а металл - с высоким содержанием углерода (чугун), соответственно с более низкой температурой плавления; такой металл вытекал из печи вместе со шлаком. Практика показала, что безостановочная работа печи с получением чугуна производительнее прямого восстановления сыродутным процессом. Так родилась технология, известная теперь как доменное производство чугуна.

В настоящее время доменный цех является одним из основных цехов металлургического завода. Роль этого цеха на заводе определяется не только производством чугуна, но и выработкой доменного газа, используемого как топливо. Лишь часть этого газа используется в самом доменном цехе; остальной газ потребляется другими цехами завода - металлургическими и

энергетическими, а также коксовыми печами близлежащими коксохимических заводов. Поэтому от работы доменных печей зависит работа не только сталеплавильных цехов, но и нагревательных и коксовых печей, а также вся энергетика завода.

Доменный цех связан со вспомогательными цехами завода как потребитель их продукции. Его непрерывно обслуживают газовый, парокотельный, воздуходувный, электрический, огнеупорный цехи, а также цехи водоснабжения и железнодорожного транспорта. Перебои в обслуживании вызывают аварийное состояние в доменном производстве, а перебои в подаче из доменного цеха чугуна и газа потребителям срывают работу последних. Вот почему от работы доменного цеха зависит работа всего завода.

## 1. История образования АО «Арселор Миттал Темиртау»

Решение о строительстве крупного завода черной металлургии в центральном Казахстане явилось частью выполнения основной задачи развития мощной индустриальной базы на Востоке СССР.

Первый правительственный документ о Карагандинском заводе был подписан в Москве 25 апреля 1942 года. В нем говорилось, что необходимо разработать предложения о строительстве вблизи Караганды завода с полным металлургическим циклом.

Предпосылкой этому послужило выгодное экономическое и географическое положение - наличие крупных, близко расположенных друг к другу железных и марганцевых руд Атасуйского и Джездинского месторождений, известняков Топара, коксующихся углей Карагандинского угольного бассейна и водохранилища, а также перспективных районов сбыта металлопродукции. Все это определило г.Темиртау как металлургический центр Казахстана.

Началом строительства завода считается осень 1950 года. В декабре 1957 года состоялась торжественная закладка 1-й доменной печи объемом 1513 м. В строительстве Казахстанской Магнитки принимала участие вся страна. Заказы стройки выполняли 607 предприятий.

июля 1960 года доменная печь № 1 выдала первый Казахстанский чугун. Эта дата считается не только днем рождения доменного цеха, но и днем рождения Карагандинского металлургического завода.

В 1970 году на базе Карагандинского металлургического завода был образован Карагандинский металлургический комбинат.

Первый чугун от домны до разливочных машин, через сплошную массу людей, транспортировали машинист тепловоза В. Комов и помощник

машиниста В. Метель. На разливочных машинах чугуна сливала бригада Н.В.Полынова в составе желобщиков И.Кутлушкина, А.Васютина, чугульщиков В. Портянкина, Н.Назарбаева (будущий президент Казахстана), Х.Сарекенова (будущий председатель Горисполкома г.Темиртау, а затем крупный хозяйственный руководитель Казахстана), М.Луева. Руководил сливом чугуна начальник разливочных машин Я.С.Цельник. На площадке между доменной печью и разливочными состоялся митинг на котором присутствовало около 40 тыс, человек. Открыл митинг первый секретарь Карагандинского обкома партии Казахстана М. С. Соломенцев.

июня 1961 года был открыт выпуск первого чугуна на доменной печи № 2.

В июне 1963 года запущена аглофабрика № 1. В шихту доменной печи № 2 введено 30% агломерата с содержанием железа 50%. В конце августа 1963 года доменная печь № 2 полностью перешла на проплавку агломерата. Это позволило увеличить производительность печи № 2 на 20%. Снизить расход кокса на 25% на 1 тонну чугуна. Также в это время начато опытное вдувание мазута в горн доменной печи № 1, а в августе 1964 года начато опытно промышленное вдувание угольной пыли в горн доменной печи № 2.

января 1968 года было начато строительство доменной печи № 3 объемом 2700 м<sup>3</sup>.

марта 1971 года доменная печь № 3 выпустила первый чугун.

июня 1973 года начато сооружение фундамента доменной печи № 4 объемом 3200 м<sup>3</sup>.

мая 1975 года произведен первый выпуск чугуна на доменной печи № 4.

С пуском доменной печи № 4 завершается формирование доменного цеха Карагандинского металлургического комбината. Наступает период

реконструкции основных агрегатов.

Полной реконструкции подверглись доменные печи № 1 и № 2. В период с 1974-1985 г.г. в доменном цехе реконструированы все воздухонагреватели. В апреле 2003 г. была проведена реконструкция доменной печи № 3, а в декабре 2005 г. доменной печи № 4.

В настоящее время АО «Арселор МитталТемиртау» представляет собой предприятие с полным металлургическим циклом, производящее чугуны, сталь, прокат (листовой и сортовой), продукты коксохимпроизводства.

В составе комбината:

коксохимическое производство;

агломерационное производство;

доменный цех;

сталеплавильное производство;

листопрокатное производство;

сортопрокатное производство;

управление главного механика;

отдел главного энергетика;

транспортное управление;

инженерные службы.

## 2. Технологическая характеристика доменного цеха

Доменный процесс в настоящее время является одним из старейших металлургических процессов. Соответственно, накоплен большой объём экспериментальных данных и теоретических разработок, дающих значительный потенциал для его развития и совершенствования. Это обуславливает актуальность доменного производства и в настоящее время, несмотря на непрерывные поиски новых технологий производства чугуна и стали.

Практически на всех металлургических предприятиях, имеющих доменное производство, доменные цеха являются составной частью технологической цепочки и не могут работать изолированно. Так, например, сырьём для доменных печей являются кокс и агломерат, поэтому наибольшее влияние на работу доменного цеха оказывают агломерационное и коксохимическое производства. Для оптимального функционирования цеха необходима также согласованная работа всех подразделений и участков цеха, обеспечивающих подготовку и подачу в печь сырых материалов, проведение доменной плавки и уборку продуктов плавки - чугуна и шлака.

Современные доменные цеха имеют практически одинаковую структуру, обусловленную технологией производства: цех представляет собой комплекс сооружений, агрегатов и механизмов. Основным технологическим агрегатом цеха является доменная печь. Обычно в цехе имеются 3 - 4 доменные печи, каждая из которых оснащена индивидуальными вспомогательными агрегатами (система газоочистки, система подачи и подготовки дутья и др.), а также дополнительные средства, предназначенные для обеспечения основного производства и переработки побочных продуктов и отходов.

Рассмотрим структуру доменного производства на примере доменного цеха АО «Арселор МитталТемиртау».

Проектная мощность цеха - 5190 тыс. т передельного чугуна в год при содержании железа в шихте 50,3%. В составе цеха четыре доменные печи: №1-ёмкостью 1719 м<sup>3</sup> и №2 - ёмкостью по 2035 м<sup>3</sup>, №3 - ёмкостью 3200 м<sup>3</sup>, №4 - ёмкостью 3200 м<sup>3</sup>. Кроме того, имеются четыре разливочные машины, две грануляционные установки, шлакоперерабатывающий комплекс.

На печах №1 и №2 выплавляют высокофосфористый чугун, а на печах №3 и №4 - малофосфористый чугун для конвертерного передела. Каждая печь обслуживается четырьмя воздухонагревателями, осуществляющими нагрев дутья до 1100-1150 °С.

Железорудная часть шихты на 80-90% состоит из офлюсованного агломерата фракции +5 мм, поступающего с аглофабрики. Помимо агломерата в состав металлошихты входят также окатыши ССГПО и шахтная руда Атасуйского ГОКа. В качестве топлива используется кокс фракции +35 мм, поступающий с коксохимического производства. Сырьё поступает на бункерную эстакаду, а из бункеров к скипам при помощи ленточных транспортеров.

Главными технико-экономическими показателями работы доменной печи являются производительность и удельный расход кокса.

Для снижения расхода кокса применяют вдувание в печь мазута. Мазут вдувают в печь в составе водомазутной смеси, которую готовят непосредственно в цехе. Расход водомазутной смеси - до 90 кг/т чугуна.

Для интенсификации плавки печи работают с повышенным давлением под колошником: 1,5-2,1 атм.

Для обеспечения непрерывной подачи сырья и выпуска продуктов необходимо, чтобы конструкции печи были просты, надёжны и позволяли

работать без простоев в течение длительного времени. В доменном цехе АО «Арселор МитталТемиртау» периоды между капремонтами печей III-го рода составляет 12 и более месяцев, что является значительным достижением.

Нормальная работа доменных печей невозможна без своевременного выпуска чугуна и шлака, передержка которых приводит не только к нарушению нормального хода печи, но и к авариям при выпуске. Выпуск продуктов плавки производится периодически 9-18 раз в сутки по строго установленному графику. Основное количество выплавляемого чугуна приходится на долю передельного - до 85%, который транспортируют в сталеплавильные цехи чугуновозными ковшами. Литейный и товарный передельный чугун передаётся на разливку. Для разливки товарного чугуна цех располагает четырьмя разливочными машинами производительностью 1600 т в сутки каждая.

Весь огненножидкий шлак поступает для грануляции на грануляционные установки общей мощностью 25 млн. т гранулированного шлака в год.

Доменный газ подвергается газоочистке и используется на производстве как энергетическое топливо.

## 2.1 Сырые материалы доменной плавки

На комбинат поступают: для спекания в агломерационном цехе - концентрат ССГПО, лисаковский гравитационно-магнитный концентрат (ЛГМК), магнетито-гематитовые железные руды месторождений Казахстана (Атасу, Кентобе, Атансор), марганцевые и железомарганцевые руды Жайремского ГОКа, отходы металлургического производства, флюсы,

твердое топливо; для доменного цеха - окатыши ССГПО.

Все материалы, поступающие на аглопроизводство, должны по качеству соответствовать действующей нормативной документации. Химический состав сырья приведен в приложении Б.

Качество агломерата должно удовлетворять требованиям действующих ЗТУ/КарМК 195-88, которые предусматривают распределение агломерата по трем категориям качества: высшей, первой и второй.

Агломерат высшей категории качества обеспечивает высокие технико-экономические показатели работы доменного и конвертерного цехов и должен иметь:

химический состав с отклонениями от заданного (базового) содержания не более: по железу - от минус 0,5 до плюс 0,5, закиси марганца - от минус 0,2 до плюс 0,2, оксида магния - от минус 0,2 до плюс 0,4%, основности (отношение  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) - от минус 0,05 до плюс 0,05 ед.;

минимальное содержание серы;

оптимальное содержание закиси железа с колебаниями не более от минус 1,5 до плюс 1,5%;

однородный гранулометрический состав с содержанием мелочи (фракция менее 5 мм) на ПУ-12 не более 16,0%.

Агломерат стабильного химического состава должен иметь среднеквадратическое отклонение (СКО):

по содержанию железа - не более 0,350%;

по основности - не более 0,035 ед.;

обобщенный показатель качества - не более 0,40 ед.

Атасуйский железорудный район включает в себя месторождения Западный Каражал и Большой Ктай, руды имеют сложный и переменный минералогический состав из сростков, в основном гематита и частично

магнетита.

Руда шахты "Западный Каражал" поставляется крупностью до 60 мм, имеет содержание железа от 44,0 до 47,0%, повышенное - оксида кальция (до 6%), закиси марганца - до 1,3 % и потерь при спекании (ППС) - до 9 %. Вредной примесью является сера, доля которой настоящее время составляет от 0,4 до 0,6 %. Несмотря на низкое содержание железа, наличие в руде оксида кальция и закиси марганца повышает ценность шахтной руды.

Китайская (карьерная) железная руда по сравнению с шахтной имеет значительно худший химический состав. Несмотря на сравнительно одинаковое содержание железа в обеих рудах, состав пустой породы китайской руды в основном представлен кремнеземом, доля которого составляет от 19 до 20%, содержание основных окислов (CaO и MgO) в сумме составляет не более 0,6%, закись марганца и сера находятся на уровне 0,150%. Сера представлена в основном в виде сульфата бария, трудно удаляемого при обычном режиме агломерации.

Руды месторождения Кентобе - Тогай представлены в основном первичными магнетитами. Содержание железа по месторождению изменяется от 40 до 62%, в настоящее время заканчиваются богатые участки с содержанием железа в товарной руде от 53 до 55%. Поэтому в дальнейшем планируется бедную по содержанию железа руду обогащать методом сухой магнитной сепарации с получением продукта с содержанием железа не менее 54%.

В руде присутствует большое количество серы в виде хорошо выгораемых при агломерации соединений - сульфидов железа: пирита ( $\text{FeS}_2$ ) и пирротина ( $\text{FeS}$ ). Общее содержание серы в руде Кентобе от 1,5 до 4,5%.

Содержание железа в Жайремской железомарганцевой руде изменяется от 45 до 51%, закиси марганца - от 8 до 10%. Состав пустой породы в

основном представлен кремнеземом (до 15%). Содержание вредных примесей фосфора и серы в руде - менее 0,1%. На комбинат руда поставляется крупностью менее 60 мм.

В зимний период работы на аглопроизводство также поступает Жайремская марганцевая руда крупностью от 20 до 100 мм. Содержание железа в марганцевой руде изменяется от 33 до 38%, закиси марганца - от 15 до 19%. Содержание остальных элементов химического состава в обеих рудах практически одинаково.

Лисаковское месторождение обладает крупнейшими запасами бурых железняков. Руды подвергаются обогащению с использованием гравитационных и магнитных способов. Производимый гравитационно-магнитный концентрат в среднем содержит железа 49,16%, кремнезема - 11,28%. ЛГМК имеет повышенное содержание глинозема и фосфора соответственно 4,71% и 0,742%, потери при спекании составляют 11,82%.

ЛГМК имеет повышенное содержание глинозема и фосфора соответственно 4,71% и 0,742%, потери при спекании составляют 11,82%. Концентрат обладает мелкозернистой оолитовой структурой (90% фракции от 0,2 до 0,65 мм), что определяет его плохую комкуемость. При влажности менее 5,0% угол естественного откоса концентрата составляет 40%, вследствие чего он склонен к повышенной сыпучести.

Соколовско - Сарбайское горно-обоганительное производственное объединение (ССГПО) поставляет на комбинат концентрат, который представляет собой продукт обогащения магнетитовых руд месторождений - Сарбайского, Соколовского, Качарского и Куржункульского.

Содержание железа в концентрате ССГПО находится на уровне от 65 до 67%, кремнезема - от 3,5 до 4,5%, окиси кальция - от 0,8 до 1,3% и серы - от 0,2 до 0,4%.

Магнетитовый концентрат ССГПО принципиально отличается от лисаковского концентрата и других железорудных материалов, применяемых в агломерационном производстве. В гранулометрическом составе концентрата преобладают фракции крупностью менее 0,074 мм (95%), т.е. он практически на 100% состоит из зерен активно участвующих в окомковании.

Руда месторождения Атансор относится к окисленным (мартитовым) рудам. Разработка месторождения начиналась с Восточного участка, представленного наиболее богатыми рудами. Их характеризовало высокое содержание железа - от 58 до 64% и низкое вредных примесей (S, P менее 0,1%). Пустая порода была представлена в основном диоксидом кремния (от 3 до 6%) и глиноземом (от 2 до 4%) при очень низком содержании оксидов кальция (до 1%), магния и марганца (до 0,2%).

За время разработки месторождения содержание железа в руде снизилось до 52,5%, а диоксид кремния и глинозем выросли до 12,5% и 8,0% соответственно. Руду месторождения Атансор также характеризует крайне низкая стабильность по основным элементам химического состава.

Обогащенная атасуйская руда получается из шахтной руды АГОКа путем отмывки и отсадки. Простая технология обогащения обуславливает то, что данная руда по минералогическому составу аналогична шахтной руде. Обогащенная атасуйская руда по сравнению с шахтной имеет содержание железа выше от 6 до 10%, диоксида кремния меньше от 2 до 7%, а также отличается более низким содержанием оксидов кальция, магния, марганца, ППС и основности. Содержание серы в обеих рудах практически одинаково.

Используемое в агломерационном производстве железорудное сырье по мере снижения металлургической ценности можно расположить в следующей последовательности: наиболее ценным является концентрат ССГПО, затем по мере снижения ценности идут: обогащенная атасуйская руда, шахтная руда

АГОКа, руда Кентобе, руда Атансор, ЛГМК.

В агломерационном производстве также используются железосодержащие отходы: различные виды окалины прокатных цехов, колошниковая пыль и отсеvy доменного цеха, шламы УПШ и скрап со сталеплавильных отвалов.

Окалина из первичных отстойников прокатных цехов характеризуется высоким содержанием железа до 75,0%, представленного в основном в виде закисного железа, низким содержанием окислов и вредных примесей.

Окалина из вторичных отстойников (замасленная окалина) по химическому составу идентична окалине из первичных отстойников, кроме того, содержит до 5% масел и имеет широкий диапазон изменения влажности от 12 до 19%. С целью придания ей сыпучих свойств по месту образования смешивается с известью в соотношении 2:1.

Колошниковая пыль является железосодержащим отходом доменного производства и содержит до 40% железа и до 20% углерода. По месту образования колошниковая пыль увлажняется до содержания влаги от 8,0 до 12%.

Химический состав шламов УПШ зависит от состава агломерационной шихты. Содержание железа в них составляет от 46 до 52%, кремнезема - до 12%, оксида магния - до 3%, окиси кальция - до 13%. Колебания влажности шламов составляют от 12 до 28%. Высокая влажность шлама, обуславливает его неудовлетворительные транспортабельные свойства.

Обезвоживание шламов УПШ аглопроизводства осуществляется в соответствии с требованиями ТИ АО-01-2003.

Отсев агломерата из доменного цеха является оборотным продуктом и по своим физико-химическим свойствам аналогичен возврату. Образуется отсев агломерата в результате вторичного грохочения агломерата перед

загрузкой в доменную печь.

В соответствии с требованиями ЗТУ/КарМК 309-206-89 содержание фракции более 5 мм в отсеве агломерата не должно превышать 7,0%.

Сталеплавильный скрап (промпродукт марки А), получается путем магнитной сепарации сталеплавильных шлаков. Содержание железа составляет не менее 35%, основность - не менее 1,2 ед., оксида магния - до 5%, закиси марганца - до 2%, фосфора - до 1%. На комбинат скрап поставляется крупностью менее 15 мм.

В качестве флюсов используются:

- известняк - Южно-Топарский;
- доломиты - Алексеевский и Балхашский;
- комовая известь шахтных печей ЦОИ-2;
- отсевы извести ЦОИ-1 и ККЦ.

Известняк Южно-Топарского месторождения характеризуется высоким содержанием основных окислов, невысоким - кремнезема и глинозема, соединения серы и фосфора отсутствуют. В известняке содержание оксида кальция составляет 53,87%, кремнезема - 1,07%, оксида магния - 0,48%. Алексеевский доломит отличается от балхашского меньшим содержанием оксида кальция (27,71 против 33,43%) и большим - оксида магния (19,58 против 17,96%), а также наличием серы на уровне 0,355%.

Флюсы месторождений Казахстана характеризуются высокой степенью мраморизации и вследствие этого обладают высокой крепостью.

Доломиты по сравнению с известняком являются более прочными горными породами, поэтому показатели их дробимости в сравнении с известняками ниже в 1,5 раза.

Известь применяется для интенсификации процесса спекания и попутно является одним из флюсующих материалов. В аглоцехе применяется

известь шахтных печей ЦОИ-2 крупностью от 10 до 60 мм. Поступающая известь должна соответствовать требованиям ЗТУ 309-259-98.

Отсевы извести с ЦОИ-1 и ККЦ отличаются от комовой извести шахтных печей, как по химическому, так и гранулометрическому составам. Известь шахтных печей содержит оксида кальция от 80 до 85% и оксида магния - от 0,5 до 1,1%. Содержание оксида кальция в отсеве извести ЦОИ-1 - до 75, с ККЦ - до 62%. Отсевы извести являются отходами производства доломитизированной извести (обжига смеси доломита и известняка), поэтому имеют высокое содержание оксида магния - до 15%.

В аглоцех поступает отсев извести ККЦ крупностью менее 10 мм, а отсев извести ЦОИ-1 в виде известковой пыли крупностью менее 2 мм.

В качестве агломерационного топлива используются: коксовая мелочь коксохимического производства (КХП) крупностью менее 10 мм, отсев металлургического кокса из доменного цеха фракций от 10 до 25 и от 0 до 40 мм, крупный доменный кокс, коксовый шлам, образующийся при мокром тушении кокса и тощий уголь разрезов Кузбасса.

Химический анализ проб сырых материалов и агломерата в соответствии с утвержденным регламентом проводит агломерационная экспресс-лаборатория ЦЗЛ с определением содержания массовой доли в %:

- рудная смесь - Fe, S, SiO<sub>2</sub>, CaO, W, ППС, MnO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- концентрат ССГПО - Fe, S, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, W, ППС;
- ЛГМК - Fe, SiO<sub>2</sub>, W, ППС, P;
- окалина - Fe, SiO<sub>2</sub>, W, ППС;
- комбинированный флюс - Fe, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO и W;
- известь - SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO и ППС;
- топливо - АС (зольность) и W;
- агломерат - Fe, FeO, S, SiO<sub>2</sub>, CaO, MnO, MgO, P, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## 2.2 Технология доменной плавки

### 2.2.1 Прием шихтовых материалов

Качество кокса и агломерата, поступающих по конвейерам с коксохимпроизводства и аглопроизводства, контролируется круглосуточно работниками соответствующих участков ОТК.

Привозное доменное сырье, которое поступает в шихту в небольших количествах, контролируется выборочно, контрольное опробование осуществляется контролерами ОТК аглодоменного участка.

При приеме кокса с коксоразгрузочного устройства (КРУ) или аварийного разгрузочного устройства (АРУ) бригадир бункеров визуально оценивает его качество (влажность, крупность, недопал) и предупреждает мастера печи о количестве и качестве загруженного в бункера кокса.

### 2.2.2 Загрузка материалов в бункера

Загрузка материалов в бункера производится путем равномерного заполнения всей группы бункеров, отведенных под данный материал на каждой печи. Забор из бункеров производится в соответствии с установленным для каждой печи порядком. Это обеспечивает дополнительное усреднение материалов перед подачей в скип.

Заполнение бункеров материалами должно быть максимально возможным. Опорожнение бункеров допускается только до уровня нижних датчиков. Полностью материал из бункеров выбирается только по указанию

заместителя начальника цеха по сифте.

### 2.2.3 Загрузка шихтовых материалов в доменные печи

Система шихтоподачи установлена в подбункерных помещениях доменных печей и обеспечивает полную автоматизацию набора, взвешивания и загрузки в скип шихтовых материалов, а также отсев и удаление мелочи железорудных материалов и кокса.

Загрузка печи осуществляется отдельными подачами, тип которых характеризуется числом скипов с коксом и железорудными материалами, а также порядком их набора.

Кокс в бункера доменных печей подается транспортерами непосредственно с коксортировок или через разгрузочные устройства (КРУ или АРУ) из вагонов. От способа подачи кокса в бункера зависит его фракционный состав.

Набор кокса производится в автоматическом режиме с коррекцией дозы по влажности, ошибке дозирования и массе пустой весовой воронки. Предел основной относительной погрешности, вносимой системой в процессе дозирования, не должен превышать 0,2%.

Загрузка железорудных материалов должна производиться в строгом соответствии с заданным весом каждого компонента шихты и в порядке установленной очередности их набора. Порядок набора материала в подачу должен соответствовать установленной системе загрузки.

При наличии нескольких видов железорудного сырья для обеспечения более рационального распределения разных материалов по сечению печи рекомендуется их загрузку производить в каждую подачу, при этом обеспечивать вес каждого из железорудных материалов во всех подачах одинаковым.

#### 2.2.4 Составление и корректировка шихты

Соотношение видов сырья в доменной шихте устанавливает начальник доменного цеха.

Изменение расхода или вывод из шихты различных материалов могут производить заместитель начальника цеха по шихте и мастер печи по согласованию с начальником цеха и начальником смены.

Основность агломерата и содержание в нем магнезии и  $MnO$  задается главным доменщиком.

При расчете шихты необходимо исходить из основности шлака по отношению  $CaO/SiO_2$  и  $(CaO+MgO)/SiO_2$ , его физико-химических свойств, обеспечивающих достаточную обессеривающую способность, нормальное тепловое состояние горна и жидкоподвижность шлака.

Величину рудной нагрузки устанавливает мастер печи путем изменения веса коксовой колоши при постоянном весе рудной сыпи, исходя из конкретных условий работы печи, в соответствии с настоящей инструкцией.

В каждом случае корректировка шихты производится с учетом общего состояния печи и ее нагрева.

#### 2.2.5 Нормальный режим работы доменной печи

Признаками устойчивого ровного хода доменной печи являются:  
непрерывный, с постоянной скоростью сход шихтовых материалов;  
стабильное, оптимальное для данных условий, распределение газового потока, что характеризуется кривой содержания двуокиси углерода по сечению печи (в центре содержание  $CO$  должно быть ниже, чем на периферии на 2-5 %) и умеренным диапазоном колебания температуры на периферии и колошнике (разница между минимальным и максимальным

значениями температуры в точках периферии не должна превышать 100-150 °С);

равномерные нагрев и интенсивность работы воздушных фурм;

постоянство давления дутья при максимально возможных для данных условий его количестве и температуре;

устойчивость теплового состояния печи, обеспечивающего получение чугуна и шлака постоянного заданного состава;

постоянный по величине вынос колошниковой пыли;

постоянство общего и частных перепадов давления газа по высоте печи.

Необходимым условием ровного хода является постоянство технологических параметров доменного процесса:

постоянство качества загружаемых материалов по химическому и гранулометрическому составу;

обеспечение постоянной полноты печи;

равномерная и полная отработка продуктов плавки;

постоянство дутьевых параметров (расход и температура дутья степень его обогащения кислородом);

строгое соблюдение точности взвешивания и очередности забора материалов;

отсутствие перешихтовок;

бесперебойная работа механического, электрического оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

## 2.2.6 Режим загрузки материалов

Случаи, вызывающие необходимость изменения режима загрузки материалов, могут иметь место:

при чрезмерном развитии (или ослаблении) потока газов на периферии или в центре;

при развитии одностороннего потока газов каналами или неравномерном распределении газового потока по окружности печи;

при перекосе уровня засыпи материалов в печи.

Оптимальный режим загрузки устанавливается отдельно для каждой печи с учетом состояния ее профиля, вида выплавляемого чугуна и физико-химических свойств сырья и топлива.

### 2.2.7 Дутьевой режим

Основным показателем нормальной работы доменной печи является постоянство дутьевого режима: количества, температуры, давления и влажности дутья, содержания в нем кислорода и других составляющих комбинированного дутья, обеспечивающих нормальный нагрев и ровность хода печи в соответствии с заданным химическим составом чугуна при установившемся технологическом режиме плавки и стабильных его параметрах.

Увеличение расхода дутья, при установившемся режиме работы печи, нужно производить по 50-100 м<sup>3</sup>/мин (0,83-1,67 м<sup>3</sup>/с) течение 15-20 минут, в зависимости от хода печи и величины перепада давления между фурмами и колошником, не допуская резкого его повышения.

Для каждой печи и определенных сырьевых условий существует оптимальное количество дутья, при повышении которого наступает передув. В зависимости от состояния печи и факторов, ограничивающих дутьевой режим, внешние признаки, сопровождающие наступление передува, могут иметь различный характер. В одних случаях повышается давление дутья, ход печи становится тугим, с обрывами шихты, со склонностью к подвисаниям. В других - возникает канальный ход с небольшим падением давления дутья при ускорении схода шихты. Однако, в дальнейшем во всех случаях передува - ход печи и распределение газового потока становятся неустойчивыми, с резкими изменениями, приводящими к колебаниям нагрева печи.

Кратковременное снижение расхода дутья производится с целью устранения отклонений от нормального хода печи. Если уменьшение расхода дутья на величину от 100 до 200 м<sup>3</sup>/мин (1,67-3,33 м<sup>3</sup>/с) не привело к положительным результатам, сокращаются расходы кислорода и мазута

пропорционально уменьшению расхода дутья. Снижение расхода дутья более чем на 200 м<sup>3</sup>/мин (3,33 м<sup>3</sup>/с) допускается при значительных расстройках хода печи или в аварийных ситуациях.

Температура дутья при ровном ходе и нормальном нагреве печи, как правило, должна быть постоянной и на максимально возможном уровне, допускаемом состоянием воздухонагревателей и тракта подачи горячего дутья, а также условиями технологии.

Технологический кислород подается на всас воздуходувных машин. Расход кислорода для обогащения дутья не является автоматически регулируемым параметром, Концентрация кислорода в дутье устанавливается начальником цеха или его заместителем, а мастер печи обязан выдерживать обогащение дутья кислородом на заданном уровне.

Оптимальный расход мазута (водомазутной эмульсии) определяется для каждой доменной печи в зависимости от условий ее работы (температуры дутья, степени обогащения его кислородом, качества шихты, вида выплавляемого чугуна).

Подача мазута в печь должна осуществляться непрерывно из двух форсунок каждой работающей воздушной фурмы. Необходимо обеспечивать равномерную подачу мазута по окружности печи.

Для обеспечения полноты сжигания мазута оптимальная температура его должна составлять 110-120 °С, не допускается снижения ее ниже 90 °С или повышение более 130 °С.

Соотношение параметров комбинированного дутья: содержание кислорода в дутье, температура и влажность дутья, расход мазута определяется в зависимости от заданной величины теоретической температуры горения, которая по физической сущности близка к температуре фурменного газа.

Оптимальная теоретическая температура горения находится в интервале 2050-2250 °С.

### 2.2.8 Тепловой и шлаковый режимы

Тепловое состояние печи и шлаковый режим должны поддерживаться постоянными и обеспечивать высокую интенсивность выплавки чугуна заданного состава с наименьшими колебаниями химического состава по выпускам при минимальном расходе кокса.

В зависимости от вида выплаваемого чугуна: передельного или литейного и особенностей используемого сырья необходимо поддерживать шлаковый режим, обеспечивающий выплавку чугуна заданного состава (согласно ЗТУ 309-125-97, ГОСТ 4832-80 и ГОСТ 805-80).

При регулировании теплового режима необходимо учитывать следующее:

после изменения рудной нагрузки нагрев печи (оцениваемый по содержанию кремния в чугуне) начинает изменяться через 5-6 часов, а новый уровень нагрева печи устанавливается через 10-12 часов;

в течение 1,5-2,0 часов после снижения расхода мазута содержание кремния в чугуне несколько увеличивается, затем уменьшается и через 3,0-4,5 часа достигается исходный уровень и через 8-10 часов - новое установившееся состояние;

после изменения влажности и температуры дутья содержание кремния в чугуне начинает изменяться немедленно, и новое установившееся состояние соответственно через 3-4 и 7-8 часов.

Регулирование шлакового режима производится путем изменения соотношения рудных компонентов шихты, как правило, за счет изменения

расхода только одного из компонентов шихты. Любая корректировка состава шихты в обязательном порядке должна подтверждаться расчетом.

При равном ходе шихты не должно быть отдельных подстоев и провалов шихтомеров, время срабатывания подач должно быть одинаковым. Оно зависит от величины коксовой колоши, от установленной системы загрузки и степени форсировки печи.

### 2.2.9 Выпуск чугуна и шлака

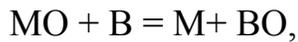
Выпуск чугуна и закрытие летки, как правило, должны производиться на полном ходу. Необходимость снижения давления дутья на выпуске определяется мастером печи.

Количество ковшей, необходимых на один выпуск при нормальных условиях работы печи должно обеспечивать полное опорожнение печи от продуктов плавки.

Для обеспечения полноты выдачи продуктов плавки выпуск чугуна не закрывается до полной остановки печи.

## 3 Основные реакции доменного процесса

Основная задача доменного процесса - обеспечение как можно более полного извлечения железа из оксидов путем их восстановления. Железо поступает в доменную печь в виде оксидов: агломерат вносит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и немного  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ , окатыши -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и железная руда, если ее применяют  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , причем часть этих оксидов находится в виде химических соединений с другими оксидами. Восстановление заключается в отнятии кислорода от оксида и получении из него элемента (или же оксида с меньшим содержанием кислорода). Его осуществляют с помощью восстановителя - вещества, к которому переходит кислород благодаря тому, что у восстановителя большее химическое сродство к кислороду, чем у восстанавливаемого элемента. Таким образом, в процессе восстановления одно вещество теряет кислород (восстанавливается), а другое приобретает его (окисляется). В общем виде процесс восстановления описывается уравнением:



где М - восстанавливаемый металл;

В - восстановитель;

МО - восстанавливаемый оксид;

ВО - оксид восстановителя.

В соответствии с выявленными акад. А.А.Байковым закономерностями восстановление оксидов железа протекает ступенчато от высших к низшим:



Поскольку при температурах ниже 570°C оксид FeO неустойчив и разлагается (на Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и Fe), схема восстановления при температурах ниже 570°C следующая:



Восстановителями оксидов железа в доменной печи служат углерод, оксид СО и водород. Восстановление углеродом принято называть прямым восстановлением, а газами - косвенным. Главное отличие прямого восстановления от косвенного, это расходование углерода, а это означает, что с развитием реакций прямого восстановления сокращается количество углерода, достигающего фурм.

В целом ход процесса восстановления железа в доменной печи можно охарактеризовать следующим образом. Во всем объеме печи, начиная от верха колошника до участков с температурой 900 - 1000°C, протекают

процессы косвенного восстановления газом СО и от части водородом. В этой зоне косвенного восстановления все высшие оксиды железа успевают восстановиться до FeO, а часть FeO восстанавливается до железа, причем частицы восстановленного железа обнаруживаются уже в колошнике. Вместе с тем, часть FeO восстанавливается до железа прямым путем в зоне высоких температур ( $>900-1000^{\circ}\text{C}$ ). При этом в зонах с температурами свыше  $1100-1250^{\circ}\text{C}$ , когда сформировался шлак, железо восстанавливается прямым путем из жидкого шлака при стекании его капель вниз между кусками кокса. Железо при восстановлении получается в твердом виде; частицы железа, восстановившиеся из материалов, находящихся в твердом виде, имеют форму губки.

В доменной печи железо восстанавливается почти полностью. Степень восстановления железа  $\eta$  составляет  $0,99 - 0,998$ , а это означает, что  $99 - 99,8\%$  железа переходит в чугун и лишь  $0,2 - 1,0 \%$  переходит в шлак.

### 3. Описание доменных печей

Расположение доменных печей в доменном цеху островное с расстоянием между ДП - 1,2 118,8 м, ДП - 2,3 268,2м, ДП - 3,4 339м.

Доменные печи № 1 и №2 оборудованы одним литейным двором и имеют по одной шлаковой стороне и по две чугунных летки. На печах также сохранена многоносковая разливка чугуна и шлака. Печи имеют по два постановочных пути для чугуновозных ковшей и по два постановочных пути для шлаковозных ковшей. Для передвижения ковшей под печами каждая печь оборудована тележечными толкателями. Для хозяйственных работ, для каждой печи, имеется хозяйственный путь.

Доменная печь №4 оборудована одним литейным двором круглой планировки и имеет четыре чугунных летки. Печь имеет четыре постановочных пути для чугуна и четыре постановочных пути для шлака, все пути оборудованы тележечными толкателями. Для хозяйственных постановок имеются два пути: один - тупиковый и один - сквозной.

В таблице 4 представлены основные параметры профиля доменной печи

Таблица 1 - Профили доменных печей

№ п/п	Наименование	Ед.измер.	ДП№1	ДП№2	ДП№3	ДП№4
1	объем печи колошника шахты распара горна	м3	1719 70,8 1034,1 163,3 230,5	2035	3200 141 1880,2 307,3 570,4	3200 143 1884,4 309,8 421,9
2	диаметр горна колошника	мм	9100 6900	9150 7300	11000 8800	12000 8900
3	высота горна колошника	мм	3700 17800	4300 18200	3900 19700	3900 19500
4	толщина мертвого слоя	мм	1106	1135	1200	1155
5	угол наклона шахты заплечиков		84042 79036	83055 79036	84020 80036	83053 80043

6	кол-во возд. фурм		20	22	32	28
7	кол-во чугунных леток		2	2	4	4

Для механизации горновых работ доменная печь №1 имеет кран литейного двора грузоподъемностью 30/5тс, консольно-поворотные краны грузоподъемностью 10тс для обслуживания фурменной зоны, электровибротрамбовки и ручные пневматические трамбовки.

Доменная печь №4 оборудована двумя электромостовыми кранами литейного двора грузоподъемностью 20/5тс каждый, расположенными на кольцевых путях. На печи используются электровибротрамбовки и ручные пневматические трамбовки.

Доменные печи работают по графику выпусков чугуна, определяемому производительностью доменной печи. Доменные печи №1 и 2 работают по двенадцатиразовому или пятнадцатиразовому графику выпусков. Верхний шлак на печах не отрабатывается. Шлаковые стопоры на всех печах демонтированы.

#### .1 Конструкция доменных печей

Доменная печь №1 объемом 1513 м<sup>3</sup> в 1982г. была реконструирована с увеличением объема до 1719 м<sup>3</sup>. Печь реконструирована на существующем фундаменте. Фундамент восьмиугольной формы, диаметр фундаментной плиты 26м, глубина залегания 4 м. Печь имеет четыре колонны горна и четыре колонны шахты. Нагрузка от копра передается на колонны шахты через кольцевую балку. Кожух печи самонесущий с узким мараторным кольцом. Толщина кожуха 60 мм, выполнен из стали 14Г2АФ-12. для замены поврежденных участков кожуха имеется возможность передачи нагрузки от шахты печи на колонны горна через специальные кронштейны. Колонны

шахты и горна коробчатого сечения. Засыпной аппарат типовой двухконусный К-21-5000 с распределителем шихты СЗ-17-10. для замены загрузочного устройства установлена монтажная тележка грузоподъемностью 150 т с опиранием на копер колошникового устройства. Загрузка печи скиповая с объемом скипа 10 м<sup>3</sup>. для смены скипа установлена передвижная тележка грузоподъемностью 15т.

Доменная печь №2 объемом 1719 м<sup>3</sup> задута 23 июня 1961г., в 1988г. реконструирована с увеличением объема до 2035 м<sup>3</sup>. Печь реконструирована на существующем фундаменте. Фундамент восьмиугольной формы, диаметр фундаментной плиты - 28 м, глубина залегания - 4 м. При реконструкции печи выполнено опирание колошникового устройства на четырехколонную опорную систему через кольцевую балку. Колонны круглого сечения.

Кожух печи выполнен самонесущим с узким мараторным кольцом. Толщина кожуха 36 - 42 мм, материал сталь 09Г2С-12. На печи установлено безконусное загрузочное устройство.

Доменная печь №4 объемом 3200 м<sup>3</sup> была задута 30 апреля 1975г. Конструкция печи типовая. Фундамент печи железобетонный восьмиугольной формы с диаметром плиты 26,2 м и глубиной залегания 6,2 м. Печь имеет шесть колонн горна и шесть колонн шахты с опиранием на колонны горна в районе маратора. Нагрузка от копра передается на колонны шахты через кольцевую балку.

Кожух печи самонесущий из стали 10Г2С1 толщиной 30-50мм. для замены поврежденных участков кожуха шахты имеется возможность передачи нагрузки на колонны горна. Колонны имеют коробчатое сечение. Засыпной аппарат типовой двухконусный АЗК-1-7000 с распределителем РШВ-1-22.

Для смены засыпного аппарата установлена монтажная тележка

грузоподъемностью 170т с опорой на копре печи и на отдельно стоящую пространственную опору. Загрузка печи осуществляется скипами объемом 20м<sup>3</sup> по раздвоенному наклонному мосту. Для замены скипа имеется передвижная тележка грузоподъемностью 30т.

### 3.2 Футеровка доменных печей

Доменная печь № 1. Низ лещади выполнен из одного ряда графитированных блоков высотой 1600 мм, уложенных на торец. Периферия лещади и горна до уровня шлаковой летки выложена из углеродистых блоков. Центральная часть лещади выложена из шести рядов высокоглиноземистых блоков. Высота каждого ряда 550 мм. Горн выше уровня углеродистых блоков, распар, шахта выложены из высокоглиноземистого огнеупорного кирпича.

Чугунные летки выполнены сверлением в углеродистых блоках. Общая высота футеровки лещади составляет 4906мм. Толщина стен горна на уровне чугунных леток 1400 мм, верхней части горна 690мм, заплечиков 345мм, распара и шахты в зоне холодильников 690 мм в неохлаждаемой части 805-920 мм.

Доменная печь №2. Нижняя часть лещади выложена из одного ряда графитированных блоков высотой 1600 мм, уложенных на торец. На слой графитированных блоков также на торец укладывается слой углеродистых блоков высотой 1600 мм. Периферия лещади и горна, начиная от уровня графитированных блоков, выполнены до уровня шлаковой летки из углеродистых блоков. Центральная часть лещади выполнена из четырех рядов высокоглиноземистых блоков. Горн выше оси шлаковой летки, заплечики, распар и шахта выполнены из высокоглиноземистого огнеупора и шамотного кирпича марок ШПД - 42 и ШПД-39.

Доменная печь №4. Низ лещади выполнен из одного ряда графитированных блоков высотой 1600 мм, уложенных на торец. Периферия лещади на высоту 3706 мм выполнена из углеродистых блоков.

Выше выполнена двухстенная конструкция верха лещади и низа горна.

Внешняя стена выполнена из четырех рядов блоков высота ряда 700 мм, толщина стенки 550 мм. Внутреннее кольцо выполнено из пяти рядов углеродистых блоков. Горн выше углеродистых блоков, заплечики, распар, шахта выложены из высокоглиноземистого огнеупора и шамотного кирпича.

#### 4. Вдувание пылевидного топлива, как средства интенсификации доменного процесса

Вдувание топливных компонентов через фурмы в настоящее время является общепринятой практикой доменного производства во всем мире. Преимущества снижения потребления кокса и повышения производительности благодаря удалению азота из дутья вместе с увеличением объема обогащения кислородом были отмечены экспертами в данной отрасли промышленности. Вид используемого топлива для вдувания в фурмы, как правило, обусловлен особенностями местной экономики и историей каждой отдельно взятой доменной печи. Однако основные технические проблемы, с которыми можно столкнуться при этом, одинаковы для большинства печей.

Уголь - наиболее эффективное топливо для вдувания через фурмы, как с экономической, так и с технической точки зрения благодаря его низкой стоимости, доступности и техническим преимуществам при работе доменной печи. Ожидается рост использования угля в качестве вдуваемого топлива по сравнению с природным газом.

Сравнительный анализ угля и природного газа в качестве вдуваемого топлива. Вдувание природного газа - наиболее распространенная альтернатива технологии с вдуванием угля, особенно в печах североамериканских и восточноевропейских заводов. Основные различия между этими видами топлива - высокое содержание водорода, теплота расщепления природного газа и отсутствие зольных компонентов в отличие от угля. Эти факторы обуславливают основные технологические различия между их эксплуатационными пределами.

Анализ показал, что температура пламени при вдувании природного

газа значительно меньше, чем при использовании угля. Возможность обогащения кислородом в первом случае при условии ограничения минимальной температуры на колошнике выше, чем во втором случае для аналогичного уровня, что обусловлено большим объемом газа  $\text{CO}_2$  на 1 кг природного газа, производимого в печи, по сравнению с углем.

Это ведет к лучшей производительности при более низких расходах природного газа по сравнению с углем. Однако при уровнях выше 120 кг/т чугуна необходим чрезвычайно высокий расход кислорода. При этом температура пламени также приближается к своим нижним пределам, поскольку обогащение кислородом ограничивается тепловым балансом в верхней части печи (низкие температуры на колошнике). На практике непрерывное вдувание природного газа не превышало 120 кг/т чугуна, в то время как вдувание пылеугольного топлива (ПУТ) было внедрено на постоянной основе при расходе более 250 кг/т чугуна. Более высокие уровни вдувания угля приводят к снижению расхода кокса (рисунок 1), что способствует увеличению производительности и сокращению расходов.

Более высокие по сравнению с природным газом, уровни вдувания угля, в свою очередь, ведут к повышению производительности, несмотря на преимущества ввода больших объемов водорода в доменную печь при вдувании природного газа, выражающиеся в более низкой плотности газа и более высокой диффузионной способности.

Такие факторы, как влажность сырьевого материала, химический состав угля и качество шихты, существенно влияют на рабочий баланс и зависят от местных условий на площадке. Подобный анализ можно провести для любой отдельно взятой печи, чтобы количественно определить влияние вдувания природного газа и угля на ее функционирование и установить технологический диапазон рабочих режимов.

Благодаря более низким показателям расхода кокса, достигаемым при вдувании угля, и его более низкой стоимости по сравнению с природным газом, предпочтение в большинстве случаев будет отдано углю, а не природному газу.

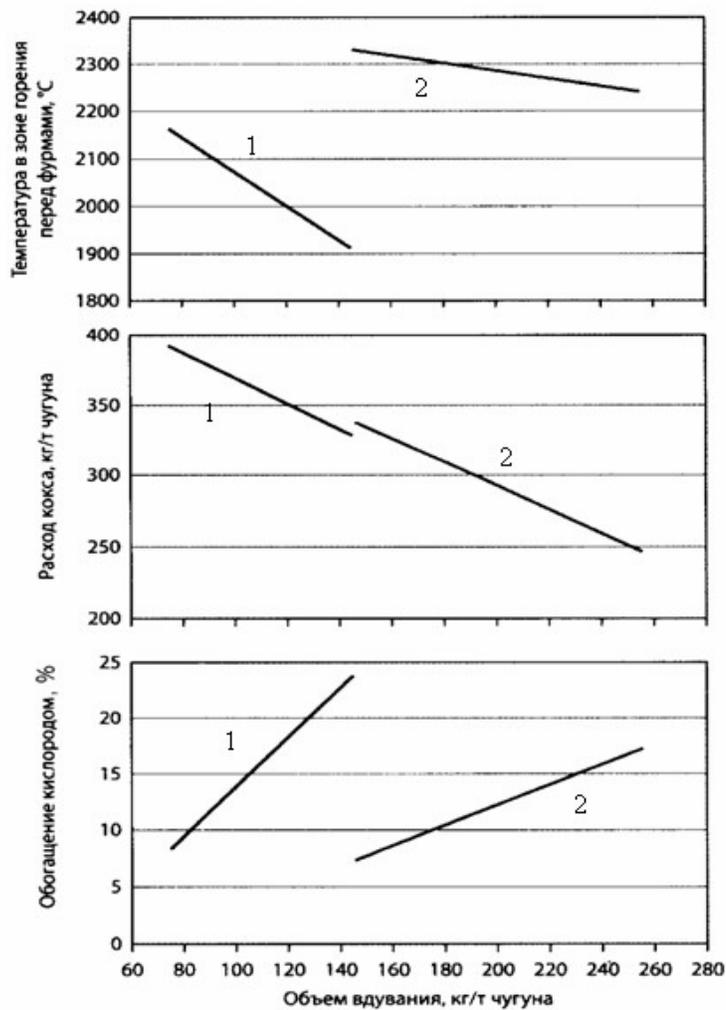


Рисунок 1 - Температура пламени, расход кокса, обогащение кислородом и уровень вдввания природного газа (1) и угля (2) в стандартных условиях

Опыт использования системы вдввания ПУТ на заводе Корус. С 2000г. на заводе Корус (Нидерланды) шли по пути развития и создания производства с избыточным выпуском стали и литья. Сократившееся количество остановок печи и случаев снижения уровней дутья, а также возросшая мощность кислородно-конвертерного цеха оказались идеальным стимулом для совершенствования обеих доменных печей. Возросшая

потребность в чугуна и акцент на себестоимость послужили толчком к параллельной разработке режима с более низким расходом кокса и более высокой производительностью. Эксплуатационные показатели доменной печи № 6 стали мировым эталоном благодаря ультранизкому общему расходу кокса и рекордным показателям производства для печей без предварительного восстановления железа.

Вдувание пылеугольного топлива (ПУТ) началось в июле 1983 г. вместе с вводом в эксплуатацию двух дробилок для тонкого помола в комбинации с системой вдувания компании “Agmco” для каждой доменной печи (рисунок 2).

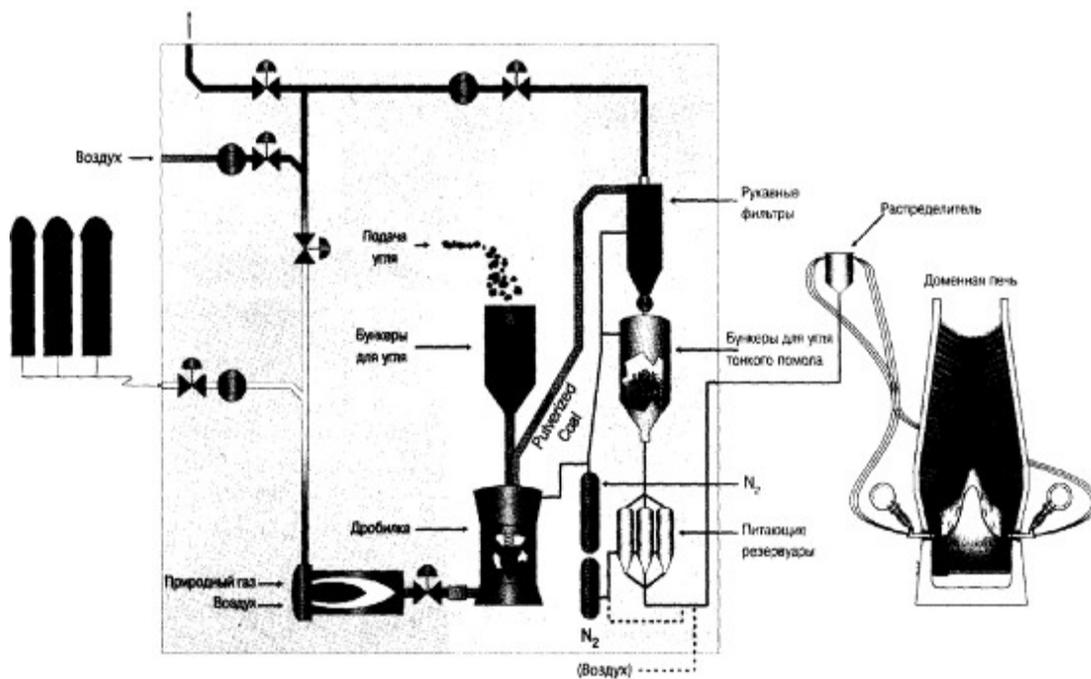


Рисунок 2 - Схема установки для подготовки и вдувания ПУТ

Третья дробилка была введена в эксплуатацию в 1996 г. после успешного испытания системы с высоким уровнем вдувания ПУТ и низким

расходом кокса на печи № 6 в 1992 г. (с достижением показателей 271 кг кокса/т чугуна и 212 кг ПУТ/т чугуна). Уроки, полученные в ходе испытательного периода печи № 6, оказались весьма ценными, и понадобился всего лишь один год после строительства (1996 г.), чтобы снизить расход кокса на обеих печах до 300 - 320 кг/т чугуна, используя фактически всю доступную мощность системы вдувания ПУТ С тех пор постепенно возрастал объем приготовления угля вместе с повышением производительности и уменьшением расхода кокса в соответствии с потребностями печей (рисунок 2).

Три отдельные линии помола с бункером для хранения подаваемого угля, воздухонагревателем, установкой для измельчения и просушки, двумя циклонами и тремя рукавными фильтрами. Все установлено на открытом воздухе. Две системы вдувания с бункером для хранения угля тонкого помола и тремя питающими резервуарами для каждой печи (под азотом), подбором воздуха, статическим распределителем и линиями вдувания, подведенными к каждой фурме обеих доменных печей. Между обеими системами вдувания существуют взаимосвязи для достижения сбалансированного производства в трех контурах помола для двух доменных печей с различными мощностями.

Основной комплект оборудования с тремя дробилками и двумя системами вдувания Danieli Cogus/Armsco сегодня все еще находится в эксплуатации, доказал свою высокую степень надежности. Широко обсуждаемое за пределами нашего предприятия отсутствие контроля над уровнем вдувания топлива для каждой отдельно взятой фурмы не представляет особых трудностей, так как ведущим является круговое распределение, описанное в следующем разделе.

Любое повышение сопротивления шихты вследствие уменьшения расхода кокса можно преодолеть поддержанием высокого качества шихты,

оптимизацией распределения шихты и принятием других оперативных мер. На практике было доказано, что повышение сопротивления шихты из-за наличия необожженного угля (гари) в зоне циркуляции не ограничивает уровни вдувания топлива. Необожженный уголь, покидая зону циркуляции, как правило, потребляется доменным процессом, чему способствует его более высокая реактивная способность по сравнению с коксом. Тем не менее, при нестабильном доменном процессе гарь и сажа могут переноситься на колошник. В качестве эффективного инструмента оптимизации потребления угля в ходе технологического процесса выступают правильный отбор и грамотное смешение различных видов угля.

Было внедрено несколько усовершенствований для повышения производительности вдувания ПУТ до 200 т/ч, что способствовало достижению расхода кокса не более 255 кг/т жидкого чугуна и угля свыше 250 кг/т чугуна. Несмотря на то, что большинство преобразований коснулось аппаратного обеспечения установки для помола и трубопровода, значительная часть изменений была также направлена на увеличение требуемого размера частиц угля тонкого помола, выбор различных видов угля и улучшение управления технологическим процессом, как системы помола, так и системы вдувания.

Конструкция бункера для хранения угля тонкого помола. Уголь из бункера самотеком движется по загрузочным трубопроводам и поступает в расположенные под ним резервуары, которые подают уголь в пневматическую транспортную систему (рис. 5). Бункер для угля тонкого помола используется для хранения резервного или избыточного количества его в случае перебоев с подачей из системы помола. Бункер должен вмещать достаточное количество угля для стандартного 8-ч рабочего цикла системы при максимальном вдувании в печь, чтобы сделать возможным регулирование

расхода кокса в случае возникновения неисправностей основного оборудования в системе помола или логистике рядового угля. В зависимости от местных норм и правил бункер для хранения угля тонкого помола должен быть либо устойчивым к резким перепадам давления, либо рассчитанным на низкое давление, в то время как инертное функционирование гарантируется контролем содержания кислорода и инертированием системы при достижении аварийных уровней. Этот бункер выступает также в качестве расширительной камеры для системы выпуска и разгерметизации питающего резервуара. Для сокращения общей стоимости системы бункер для хранения угля тонкого помола может быть болтового типа вместо сварного, более распространенного, но и более дорогого.

Конструкции питающего резервуара. Питающие резервуары рассчитаны на работу в непрерывном цикле и предназначены для передачи угля тонкого помола из бункера хранения на линию транспортировки через передаточные линии и смесительный тройник. Работа с тремя питающими резервуарами обеспечивает минимальное потребление азота и возможность его регенерации. При регенерации происходит частичная герметизация питающего резервуара при помощи азота высокого давления из соседнего резервуара, уже закончившего подачу.

Отдельно стоящая конструкция питающих резервуаров позволяет устранить механическое воздействие подготовительного резервуара на систему взвешивания питающего резервуара и на расчетный поток угля. С годами воздействие внешних факторов на систему взвешивания питающего резервуара было сведено к минимуму, что оказало благоприятное влияние на работу системы вдувания:

опора питающего резервуара была изменена с целью обеспечения более гибкой конструкции линии подачи;

компенсаторы разгерметизации трубопровода также можно сделать более гибкими, смонтировав их на участке низкого давления трубопровода;

компенсаторы линии наполнения монтируются со строго неподвижной точкой над ними, что обеспечивает более гибкий тип компенсатора.

В более ранних конструкциях все патрубки (сопла), используемые для герметизации питающего резервуара, были расположены в нижней, конической части резервуара. Герметизация питающего резервуара через верхнюю часть позволила улучшить стабильность вдувания, особенно в конце рабочего цикла питающего резервуара.

Система распределения угля тонкого помола: линия вдувания угля и вдувательные трубки. Линии вдувания предназначены для транспортировки угля тонкого помола от выпускных отверстий распределителя к вдувательным трубкам. Одинаковое распределение к каждой фурме достигается по принципу равного сопротивления в каждой линии. Траектория трубопровода рассчитана на равное сопротивление.

Было разработано несколько типов вдувательных трубок, которые выбирают в зависимости от потребностей системы. Трубки бывают выдвижными или закрепленными при помощи соединительного штифта. В системе Danieli Cogus/Argmco, как правило, применяются два типа выдвижных трубок. В трубках первого типа используется шаровой обратный клапан, в трубках второго типа - изоляционный клапан и трубная соединительная муфта. Данная конструкция более прочная, особенно для работы при высоком давлении горячего дутья.

Вдувательная трубка со съемным наконечником до сих пор считается наиболее предпочтительной, так как позволяет сэкономить средства и поддержать безопасность системы. При высоких температурах горячего дутья целостность вдувательной трубки имеет первостепенное значение для

поддержания безопасности.

Управление технологическим процессом. За последние несколько лет произошло дальнейшее совершенствование полностью автоматизированной системы с целью улучшения управления вдуванием и эксплуатационной готовности системы. Вдувание может контролироваться при помощи системы уровня 2, которая вычисляет объем ПУТ на основании расчетной производительности печи, а также учитывает содержание кремния в чугунах последних плавов, чтобы выполнить соответствующую корректировку для поддержания термоустойчивости. Система уровня 1 обеспечивает непрерывное протекание периодического процесса. К факторам, которые необходимо учитывать при управлении системой вдувания, относятся следующие:

- система рассчитана на минимальное вмешательство со стороны оператора;

- технологический процесс отображается для оператора в сжатом и понятном виде на экранах, которые включают стандартизированные пакеты сигналов тревог и трендов;

- технологический процесс может контролироваться непрерывно путем измерения различных показателей потока, давления, температуры и массы;

- при необходимости оператор может управлять основным оборудованием вручную, не влияя при этом на общий ход технологического процесса.

Использование азота/подводимых средств обеспечения. Потребление подводимых средств обеспечения системой вдувания ПУТ стабильно сокращалось с момента создания ее первоначального проекта. Цель этого сокращения заключалась в повышении уровней вдувания, выходящих за пределы оригинальной конструкции отдельных установок, а также в

уменьшении расходов и износа системы.

В связи с этим совершенствование системы могло проходить с соблюдением принципа распределения, базирующегося на равном сопротивлении линий и трубок для вдувания. Данное изменение было внедрено путем уменьшения диаметра вдувательных трубок и поэтапного сокращения потоков и давления в ходе нескольких промышленных испытаний системы вдувания.

Сокращение количества транспортного газа и азота в питающих резервуарах привело к существенному увеличению плотности потока. Способность системы безопасно использовать воздух в качестве среды транспортировки через смесительный тройник питающих резервуаров также была продемонстрирована во многих системах, при этом она помогает сократить стоимость подводимых средств обеспечения.

## Заключение

Проходя практику в доменном цеху Арселор Миттал Темиртау, нас ознакомили с историей цеха, с людьми которые трудятся на этом производстве, с конструкцией доменной печи и технологическими процессами доменного производства.

Чугун является преобладающим видом продукции доменного производства, на его долю приходится около 90% общего производства чугуна. Производство стали и готового продукта на предприятии «Арселор Миттал Темиртау» невозможно представить без работы доменного цеха и получения чугуна.

В результате прохождения практики на базе доменного цеха «Арселор Миттал Темиртау» были изучены основные технологические параметры работы доменных печей и доменного цеха в целом.

Рассмотрены основные нормативы и требования по техники безопасности, которые необходимо соблюдать при работе обслуживающего персонала.

## Список используемой литературы

1. Торговец А.К. Конструкции и проектирование металлургических агрегатов. Учебно-методическое пособие. МО и Н РК, КарМетИ, кафедра «Металлургия черных и цветных металлов». Темиртау, 2001, - 78 с.  
. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. М.: Металлургия, 2005.  
. Вегман Е.Ф., Жеребн Б.Н. Металлургия чугуна. - М.: Металлургия, 1992, - 512 с..  
. Доменное производство. Полтавец В.В. Учебник для техникумов. Изд. 2-е, переработ. и доп. М.: «Металлургия», 1981. 416 с.
5. Дж. Плой, Д. Бергсма, Э. Тесселаар / Современное состояние технологии вдувания топлива в доменные печи и перспективы ее развития Сталь № 8. 2010 г. С. 29-34