

## **НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ** (Укргипромет, А.С. Гусаров)

Основным компонентом металлошихты при выплавке стали является чугун, расход которого на тонну жидкой стали за последние десятилетия не меняется и варьирует в разных регионах мира от 500 до 900 кг на тонну.

Доминирующую позицию в мировом производстве чугуна продолжает прочно занимать доменный процесс.

Основными задачами совершенствования технологии доменной плавки и конструкции доменных печей является повышение эффективности выплавки чугуна путем увеличения удельной производительности, снижения энергозатрат, получения высококачественного чугуна, уменьшения трудовых и материальных затрат производства, обеспечение существенного уменьшения вредных выбросов в окружающую среду.

Вместе с тем, многие доменные печи отрасли имеют недостаточно совершенные технические решения и узкие места, устаревшие конструкции и оборудование.

Большинство доменных печей оборудованы вагон-весами, вследствие чего отсутствует отсев мелочи из железорудных материалов перед загрузкой в скип.

При повышении общего уровня механизации в доменных цехах трудоемкость по отработке огненожидких продуктов плавки на литейных дворах устаревшей конструкции остается высокой.

Высокая стоимость строительства и ремонтов воздухонагревателей традиционной конструкции и недостаточная их стойкость привела к отставанию в повышении температуры дутья.

При ремонтах доменных печей в основном, уже в течение длительного времени, не менялись технологические и технические решения, по конструкциям оборудования, систем охлаждения и футеровки.

На металлургических предприятиях доменное производство, в большинстве случаев, остается одним из главных источников загрязнения окружающей среды.

Учитывая сложившуюся ситуацию по техническому состоянию доменных печей отрасли, Укрگیпромез со своими соисполнителями – научно-исследовательскими институтами, проектными институтами, техническими службами металлургических предприятий и машиностроительного комплекса имеют предложения, которые уже осуществлены на ряде предприятий, по техническому перевооружению доменных цехов с учетом современных требований.

## **1 СОБСТВЕННО ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ С КОЛОШНИКОВЫМ УСТРОЙСТВОМ**

Предлагается совершенствовать профили доменных печей за счет увеличения высоты горна, и поперечных размеров, при сохранение высоты печи. При этом предусматривается увеличение объема доменных печей в целесообразных пределах.

Высота «мертвого слоя» ограничивается 0,2 диаметра горна.

Сохраняется тенденция к увеличению количества воздушных фурм с учетом осуществления мероприятий по улучшению качества шихтовых материалов и сопутствующих конструктивных решений.

Увеличение емкости металлоприемника и создание надежной системы выпуска продуктов плавки из печи позволило отказаться от леток для выпуска верхнего шлака и сохранить, в некоторых случаях, количество леток для выпуска чугуна.

Для ликвидации технологических неполадок предлагается на доменных печах ниже фурм над главными желобами предусматривать раздувочные летки.

Четырехколонная опорная система башенного типа в сочетании с самонесущим кожухом печи создают условия для удобного размещения оборудования, проведения ремонтных работ и обслуживания.

Вновь сооружаемые и реконструируемые печи охлаждаются с использованием, как правило, чугунных плитовых холодильников по всей высоте печи, включая охлаждаемые защитные плиты колошника.

Современная система охлаждения предполагает установку медных холодильников в заплечиках, и в нижней части шахты доменной печи.

Применение медных холодильников взамен традиционных чугунных позволяет отказаться от футеровки, снизить расход кокса за счет снижения теплосъема, обеспечить устойчивый гарнисаж и, как следствие, устойчивый тепловой режим, увеличить рабочий объем и производительность доменной печи.

Стремление к повышению стойкости охлаждаемых приборов и эффективности системы охлаждения доменных печей заставило перейти на охлаждение холодильников химочищенной водой в замкнутом контуре, в том числе и подлещадного пространства печи.

Система испарительного охлаждения шахты печи нашла широкое распространение на доменных печах отрасли.

Однако, из-за отсутствия контроля и регулирования теплового съема с холодильников и трудностей в использовании пара, ставится вопрос о переходе с системы испарительного охлаждения шахты на охлаждение в замкнутом контуре. Этот вопрос должен решаться применительно к каждому предприятию.

Эксплуатация системы водяного охлаждения низа печи с использованием наружного полива дает в конкретных случаях положительный результат.

Создание высокотеплопроводных и газоплотных углеклоков и высокоэффективной системы охлаждения лещади и горна позволило сократить толщину лещади на 25-30 %, соответственно, экономя расход дорогостоящих углеклоков.

Применение по всей высоте шахты печи тонкостенной бетонной футеровки или карбитокремневых огнеупоров в сочетании с медными и

чугунными холодильниками позволит наряду с достаточной стойкостью шахты печи значительно снизить расход материалов и объемы футеровочных работ.

Применение высокостойкого специального бетона для футеровки рамы чугунной летки обеспечивает безремонтную эксплуатацию футляра и удовлетворительную газоплотность летки для выпуска чугуна.

Для повышения газоплотности пространство между кожухом печи и плитовыми холодильниками рекомендуется заполнять безусадочными специальными бетонами.

Вмонтируемый в футеровку горна горизонтальный кольцевой медный лист преграждает попадание охлаждающей воды из дефектных элементов фурменных приборов на углублки горна.

Двухконусные загрузочные устройства, установленные на многих отечественных печах имеют ограниченные возможности регулирования радиального и окружного распределения шихтовых материалов на колошнике. Стойкость этих устройств при работе с повышенным давлением на колошнике существенно ограничена.

За основное направление модернизации системы загрузки доменных печей принимается замена двухконусных засыпных аппаратов загрузочными устройствами бесконусного типа.

Однако для эффективности работы бесконусного загрузочного устройства установка его должна сопровождаться мероприятиями, направленными на повышение качества сырья.

На печах с двухклапанными загрузочными аппаратами рекомендуется устанавливать подвижные плиты колошника с гидроприводами.

Использование на доменных печах высокотемпературного дутья требует перехода на установку фурменного прибора карданного типа, внедрение которого сдерживается низкой стоимостью воздушных фурм, частой их заменой, что будет связано с дополнительной потерей времени при применении конструкции фурменного прибора карданного типа.

Для контроля работы загрузочного устройства и контроля распределения газового потока в куполе доменных печей устанавливаются профилемеры, над уровнем засыпи-стационарные термозонды с измерением температур колошникового газа по радиусу в 6-8 точках и под уровнем засыпи машины для отбор проб газа и замера температуры по радиусу печи.

Локализация вредных выбросов в атмосферу из межконусного пространства и или бункеров загрузочных устройств обеспечивается системой азотоподавления, а от приемной воронки ее укрытием и системой аспирации. Условием надежной работы системы азотоподавления и системы аспирации является переход от использования пара в работе загрузочного устройства на азот.

## **2 ЛИТЕЙНЫЙ ДВОР И ПОДДОМЕННИК**

За последние годы в Украине увеличилась доля высокопроизводительных печей, что привело не только к увеличению потока жидкого чугуна и шлака, но и удлинению времени выпусков, ухудшению условий труда на литейных дворах, экологическому давлению на окружающую атмосферу, частой замене футеровки главных и транспортных желобов, срыву графика выпусков и, как следствие, повышению стоимости чугуна.

В последние годы в мировой практике при реконструкции и капитальных ремонтах доменных печей все большее значение приобретают технические решения по совершенствованию технологии выпуска чугуна и шлака, сокращению вредных выбросов и улучшению условий труда на литейных дворах.

Капитальные затраты необходимые для восстановления литейного двора с устаревшим оборудованием, используются для переустройств в современный литейный двор с новым поколением оборудования, соответствующим всем требованиям настоящего времени и способным обеспечить работу доменной печи в период между капитальными ремонтами на протяжении 20-25 лет.

Основная идея реконструкции литейного двора до современного уровня состоит в обеспечении улучшения разделения чугуна и шлака в главных желобах, сохранении температуры чугуна, использовании современных средств механизации, увеличении стойкости футеровки желобов, решении вопросов охраны труда и экологии.

При этом реконструкция литейных дворов выполняется с сохранением и использованием основных существующих конструкций во вновь создаваемом современном литейном дворе.

Современный литейный двор как правило выполняется в 2<sup>х</sup> уровнях.

Между первым – нижним уровнем и верхним размещаются газоходы и клапаны системы аспирации, приводы качающихся желобов, главные и транспортные желоба, в некоторых случаях маслопроводы гидромеханизмов литейного двора, подсобные помещения и пр.

Верхняя площадка литейного двора сооружается ровной без уклонов и перепадов для возможности передвижения напольных механизмов.

Открытое пространство между 1-м и 2-м уровнем литейного двора за счет естественной тяги позволяет омывать воздухом и охлаждать конструкции желобов.

На литейном дворе устанавливаются главные и транспортные желоба, приспособленные для футеровки высокостойкими материалами и блоками.

Главные, транспортные и качающиеся желоба, укрываются съёмными крышками.

Установка укрытий главных, транспортных, качающихся желобов существенно уменьшает тепловые выделения в рабочее пространство литейного двора, позволяет реализовать полную аспирацию литейного двора с очисткой вредных выбросов в фильтрах, делает безопасным перемещением обслуживающего персонала, не допускает глубоких теплосмен футеровки желобов, увеличивает срок ее службы, сохраняет температуру чугуна, падение которой на литейном дворе обычной конструкции достигает 20-25 °С.

Для современного литейного двора АОЗТ «Днепрогидромаш» разработан комплекс гидравлического оборудования, состоящий из машин для вскрытия и закрытия чугунных леток, манипуляторов для подъема крышек главных желобов и качающие желоба с гидроприводом.

Для проталкивания ковшей при одноносковой разливке чугуна и шлака предусматривается установка толкателей или электролебедок.

Фурменная площадка поддоменника над чугунными летками замыкается съемными щитами футерованными огнеупорным бетоном.

Процесс выпуска огненно-жидких продуктов плавки на доменных печах сопровождается выделением большого количества запыленных газов.

Современный литейный двор оборудуется эффективной вытяжной вентиляцией.

При каждом выпуске с помощью регулируемых клапанов обеспечивается отсос загрязненного воздуха с постепенным увеличением мощности отсоса по ходу движения продуктов плавки в направлении от чугунной летки к месту слива чугуна и шлака.

Отбор запыленных газов осуществляется от летки, скиммера и укрытий качающихся желобов слива чугуна и шлака.

Транспортировка газопылевой смеси осуществляется по системе воздухопроводов с помощью тягодутьевых машин.

На период между выпусками тягодутьевые машины отключаются или снижают мощность.

За счет такого режима работы тягодутьевых машин достигается значительная экономия электроэнергии.

Очистка аспирационного воздуха от пыли, перед выбросами в атмосферу производится в электрофильтрах или рукавных фильтрах.

Максимальное содержание пыли в очищенном воздухе не превышает 20-50 мг/м<sup>3</sup>.

### **3 ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ**

Наибольшее распространение в доменных цехах отрасли получили воздухонагреватели со встроенной камерой горения, которые в силу своих недостатков на протяжении кампании эксплуатации обеспечивают нагрев дутья не более 1050-1150 °С.

Построенные на нескольких печах воздухонагреватели с выносной камерой горения обеспечивают устойчивую температуру горячего дутья – 1200-1250 °С.

Однако стоимость этих воздухонагревателей выше на 25-30 % воздухонагревателей со встроенной камерой горения, к тому же при их сооружении требуются значительные площади, которые в действующих цехах отсутствуют.

При реконструкции блоков воздухонагревателей отдается предпочтение сооружению безшахтных воздухонагревателей, которые лишены основных недостатков, присущих существующим воздухонагревателям.

Сравнение стоимости сооружения воздухонагревателей одинаковой тепловой мощности показывает, что стоимость блока воздухонагревателей с горелкой в куполе на 20-30 % меньше стоимости блока воздухонагревателей со встроенной камерой горения.

В последние 15-20 лет в мировой практике (в основном страны Европы и Японии) получили распространение установки для утилизации тепла дымовых газов воздухонагревателей доменных печей для нагрева отопительного газа и воздуха горения для нагрева воздухонагревателей.

Эти установки позволяют повысить КПД воздухонагревателей благодаря снижению температуры отходящих дымовых газов и соответственно выбросов тепла через трубу с теми же дымовыми газами.

Температура нагрева воздуха горения и отопительного газа в установке утилизации составляет 180 °С.

Подогрев воздуха горения и отопительного газа позволяет отказаться от высококалорийных добавок в доменный газ и достичь экономии воздуха горения до 15 %.

Установки утилизации могут выполняться в нескольких вариантах:

- по схеме утилизации;
- по конструкции теплообменников.

По схеме утилизации применяются установки прямого нагрева компонентов горения и нагрева с использованием специальных промежуточных жидкостных теплоносителей.

По конструкции теплообменников – рекуперативные, на тепловых трубах и регенеративные.

Установка утилизации с промежуточным теплоносителем более сложная в наборе объектов и обслуживании, но лучше komponуется в условиях действующего блока воздухонагревателей.

Установки утилизации с использованием теплообменников рекуперативных и на тепловых трубах просты в устройстве и обслуживании, но плохо komponуются в условиях действующего блока воздухонагревателей.

Поэтому при сооружении новых блоков воздухонагревателей предпочтение отдается установкам прямого нагрева.

Сооружение установки утилизации тепла отходящих дымовых газов предполагает строительство централизованной станции воздуха горения.

При высокой влажности доменного газа рекомендуется на общем газопроводе доменного газа устанавливать кассетный каплеотделитель.

#### **4 БУНКЕРНАЯ ЭСТАКАДА С КОНВЕЙЕРНОЙ ШИХТОПОДАЧЕЙ**

Необходимость замены вагон-весов конвейерной шихтоподачей при реконструкции бункерной эстакады продиктовано следующим:

- возможностью отсева мелочи железошихты;
- объективностью при взвешивании компонентов шихты;

- защитой окружающей среды от неорганизованных вредных выбросов;
- улучшением условий труда обслуживающим персоналом.

Сложность выполнения конвейерной шихтоподачи без использования металлических транспортеров заключается в том, что в основном доменные печи Украины работают с использованием в шихте неохлажденного агломерата.

Конвейерная шихтоподача, без использования металлических транспортеров, в зависимости от конкретных условий, как правило, выполняется по трем вариантам.

При использовании в шихте холодного агломерата коксовые бункера размещаются в центре над скиповой ямой. Бункера агломерата, окатышей и добавок размещаются по бокам от скиповой ямы.

При использовании в шихте горячего агломерата бункера для агломерата располагаются в центре над скиповой ямой. Агломерационный канал включает в себя: центральный приемный бункер – затвор – грохот – весовую воронку – скип.

Бункера с холодными материалами, в том числе кокс, размещаются по бокам от скиповой ямы и доставляются к скиповой яме с использованием транспортеров.

Возможен вариант с размещением приемных бункеров горячего агломерата и кокса в центре над скиповой ямой, а приемные бункера с холодными материалами размещаются по бокам от скиповой ямы, которые доставляются к скиповой яме с использованием транспортеров.

Коксовая мелочь подлежит рассеву с выделением «орешка», который подается в один из приемных бункеров для добавок.

Все источники пылевыведения оборудованы укрытиями системы аспирации бункерной эстакады.

## **5 ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ**

Эффективность работы существующих пылеуловителей при не высоком давлении газа под колошником и повышенной температуре его недостаточна и составляет 40-50 %.

С целью снижения скоростей газа в пылеуловителе для лучшего осаждения колошниковой пыли предусматривается увеличение его диаметра.

Для контроля заполнения и опорожнения пылеуловителя предусматривается температурный контроль уровня колошниковой пыли в пылеуловителе.

## **6 АВТОМАТИЗАЦИЯ**

АСУ ТП предназначена для повышения эффективности управления совокупностью технологических процессов комплекса доменной печи с применением новейших средств автоматизации, микропроцессорной и вычислительной техники и с использованием математических моделей технологических процессов.

Целью создания АСУ ТП является повышение технико-экономических показателей работы доменной печи и оперативности ее управления.

Для достижения поставленной цели АСУ ТП реализует следующие основные функции:

- автоматический контроль технологических параметров работы доменной печи;
- автоматическая, технологическая и аварийная сигнализация отклонений параметров работы доменной печи от допустимых значений;
- автоматическое регулирование отдельных технологических параметров;
- сбор, обработка, формирование и представление в удобном технологическому персоналу виде текущей информации о ходе технологических процессов и состоянии оборудования;
- анализ технологических процессов, протекающих в доменной печи, проводимый с помощью математических моделей и методик расчета с целью

получения взаимосвязанной картины явлений, протекающих в ней, и выработки на этой основе управляющих воздействий, направленных на достижение оптимальных режимов ее работы;

- контроль и анализ работы доменной печи с использованием формируемой системой технологической отчетной информации о ходе технологических процессов.

## **7 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Электрочасть и системы автоматического управления механизмами доменной печи предусматривается выполнять на новой элементной базе программируемых контроллеров.

Управление электроприводами постоянного тока выполняются на базе комплектных тиристорных преобразователей.

Выполнение проектов электрочасти на новой базе технических средств позволит сократить количество панелей и щитов станции управления, энерго и металлоемких промежуточных реле. Сокращается количество материалов, труб и кабельных конструкций. Создание системы на базе программируемых контроллеров позволяет получить дополнительные преимущества по сравнению с релейно-контакторными системами:

- улучшить условия работы обслуживающего персонала доменной печи;
- возможность получения информации о работе самого контроллера и системы в целом;
- возможность связи с машиной верхнего уровня или с аналогичными устройствами в удобном для оператора виде;
- более полная и гибкая реализация алгоритмов управления электроприводами;
- высокая степень унификации.

## **8 ОБЩЕЦЕХОВЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Развитие конвертерного производства стали побудило перевод транспортировки чугуна с ковшей г/н 100-140 т на ковши миксерного типа г/н 250-300 т.

Применение для транспортировки чугуна ковшей миксерного типа имеет следующие преимущества:

- сохраняется температура жидкого чугуна при транспортировке;
- упрощается конструкция литейного двора;
- исключается необходимость в толкателях;
- сокращается расход футеровочных огнеупорных изделий и материалов;
- упрощается формирование составов и перемещение чугуна в конвертерном цехе.

Для обслуживания ковшей миксерного типа предусматривается депо ремонта миксерных ковшей.

## **9 ВДУВАНИЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

Совершенствование техники и технологии доменной плавки привело к достижению стабильных расходов пылеугольного топлива (ПУТ), вдуваемого в доменные печи на уровне 150-220 кг/т чугуна.

В результате опыта работы печей с вдуванием ПУТ были определены условия, обеспечивающие замену 40-50 % кокса угольным топливом.

К ним относятся:

- 1 Высокое качество шихтовых материалов, особенно кокса.
- 2 Высокое качество угольной пыли.
- 3 Применение технологии и оборудования, обеспечивающих полноту сжигания угля в фурменной зоне.
- 4 Применение высокотемпературного дутья, обогащенного кислородом.

Наибольшее распространение получила следующая схема вдувания ПУТ в доменные печи.

Приемный бункер угля, дробилки (преимущественно валковые), бункер угольной пыли, питающие резервуары, распределитель и линии вдувания ПУТ в доменную печь.