

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛИТЕЙНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.

**В.С. Малиновский, к.т.н. (ООО «НТФ «ЭКТА»),
И.Б. Власова (ООО «НТФ «ЭКТА»)**

В металлургическое и литейное производства пришел новый высокоэффективный вид плавильного оборудования, позволяющий совершенствовать действующие технологии и создавать новые, обеспечивать высокое качество металла при использовании рядовой дешевой шихты, в том числе трудно поддающейся переработке. Печи разработаны в России специалистами научно-технической фирмы «ЭКТА» в содружестве с рядом ведущих отечественных организаций. Новые печи и электротехнологические процессы в них запатентованы и не имеют мировых аналогов по технико-экономическим и экологическим параметрам. Печи предназначены для производства стали, чугуна, сплавов на основе алюминия, никеля, кобальта, меди и т.д. Новое оборудование и технологии при реконструкции действующих предприятий и строительстве новых позволяют вывести показатели качества и себестоимости металла на уровень превышающий мировой, при значительно уменьшенном воздействии процесса плавки на окружающую среду.

В ДППТУ-НП **освоено производство:** различных марок стали, в том числе углеродистых, высоколегированных, инструментальных, штамповых, азотосодержащих, конструкционных и других сплавов ответственного назначения; любых марок чугунов (с десульфурацией), включая синтетические; сплавов на основе алюминия, меди, никеля, кобальта, свинца, титана и других металлов; ферросплавов, раскислителей и других материалов; любых, сложных по составу, видов лигатур и переплав отходов перечисленных металлов.

В ДППТУ-НП, производства НТФ «ЭКТА», наиболее полно реализованы преимущества электродугового нагрева, развиты и приумножены его возможности, ликвидированы основные недостатки.

В литейном и металлургическом производстве длительный период, включая настоящее время, широко используются дуговые печи переменного тока (ДСП). В них освоена выплавка широкого сортамента сталей, чугуна, сплавов на основе никеля, других металлов, ферросплавов.

Несомненными преимуществами ДСП являются возможность проведения в них практически любых металлургических процессов, связанных с обработкой металлов горячими шлаками, с целью десульфурации, дефосфорации, рафинирования металла, удаления углерода и многих других нежелательных примесей, путем кислородной продувки или рудного кипа, проведение окислительно-восстановительных процессов с использованием независимого источника нагрева – электрических дуг, легирование металла, нагрев металла до температур, определяемых жаростойкостью огнеупоров.

ДСП просты по конструкции, взрывобезопасны; за длительное время применения их конструктивные элементы достигли определенного совершенства, освоены эффективные приемы их "горячих" и "холодных" ремонтов. В них отсутствуют высокие требования к качеству лома и футеровочным материалам.

Главным, определяющим достоинством ДСП, например, при производстве стали, является возможность, на основе перечисленных выше преимуществ, получать качественный металл из рядовой, дешевой шихты - продукта массовой сборки металлолома. Этой возможности из-за технологической пассивности лишен парк индукционных плавильных печей.

При очевидных достоинствах ДСП в полной мере проявляются их недостатки, настолько существенные, что они послужили причиной отказа от их использования в массовом литейном производстве из-за низкой рентабельности и высоких затрат на основные фонды. Этими недостатками являются: высокие уровни угара шихты и легирующих элементов, графитированных электродов, электроэнергии, пылегазовыбросов, шума, воздействия на питающие энергосистемы; локальный перегрев расплава, отсутствие его эффективного перемешивания; ограничение производительности из-за разрушения футеровки при увеличении мощности печей. В ДСП технологические процессы протекают с невысокой скоростью; значителен перепад температур по

глубине ванны, что приводит к повышению газонасыщенности металла. При работе ДСП генерируются резко переменные нагрузки на систему электроснабжения, фликкер-эффект. Повышенные требования к экологии и качеству электроснабжения привели к значительному возрастанию затрат на основные фонды, связанные со строительством дорогих систем пылегазоочистки и установкой сложных фильтрокомпенсирующих устройств в системах электропитания печей.

Устранение в полной или частичной мере недостатков ДСП при сохранении или расширении их достоинств позволяет создавать плавильное оборудование, которому нет альтернативы практически по всем показателям, поэтому во всем мире проводятся интенсивные работы в этом направлении.

На многих предприятиях России недостатки ДСП усугубляются использованием устаревших регуляторов электрических параметров печи, эксплуатация которых сопровождается поломками электродов, усилением колебаний электрической мощности печей, снижением $\cos \varphi$. На новых печах эти регуляторы доведены до совершенства, их замена на "старых" печах позволяет несколько улучшить их показатели, но перечисленные выше недостатки ДСП не устраняются.

Интенсифицировать процесс плавки в ДСП за счет увеличения мощности трансформатора практически можно только в ограниченных пределах, т.к. из-за отсутствия интенсивной передачи энергии в расплав растет тепловая нагрузка на футеровку стен, свода и подину печи. Поэтому вынужденными мерами явились газокислородные и другие горелки для нагрева шихты, работа печей с остатком металла от предыдущей плавки, широкое использование кислородной продувки металла, вспенивание шлака, замена футеровки печи на водоохлаждаемые элементы, использование чугуна практически в качестве топлива при кислородной продувке, вдувание в расплав углеродосодержащих порошков и другие приемы. Примененные приемы и оборудование при производстве стали, позволяют вести в печи только расплавление шихты с окислением, а процесс получения стали перенесен в установки печь-ковш, в котором широко используются продувка металла аргоном, различными порошками, раскисление алюминиевой проволокой и другие процессы внепечной обработки стали, включая вакуумирование. В новом процессе плавки электрическая энергия в большой мере заменяется термохимическими процессами, и называть печи дуговыми можно только условно. Преимущества дуплекс процесса достигаются за счет его высокой производительности, снижения расхода электроэнергии, графитированных электродов. Другие показатели, такие как: резко возрастающие угар шихты, пылегазовыбросы, расход электроэнергии на вспомогательные операции, например, на работу газоочистки, печи-ковша, расходы на технологические материалы – аргон, алюминиевую проволоку, чугун, газ, кислород и др., очистку пылегазовыбросов не только от пыли, но и от диоксинов, фуранов, цианидов, окислов азота перекрывают полученный положительный эффект. Необходимость эксплуатации печи с "болотом" затрудняет смену сплавов на печи, организацию длительных перерывов в работе, а полное выгорание легирующих элементов в возврате собственной шихты, который на литейных заводах составляет 40-60 %, приводит к нецелесообразности его применения на машиностроительных и литейных производствах. Спорной является, и возможность получения высокого качества стали, особенно для производства литья, при котором возможность устранения пороков стали последующей обработкой давлением отсутствует. По-видимому, последнее заставляет развитые страны для производства литья использовать индукционные печи, несмотря на высокие затраты на шихтовые материалы, внепечную обработку, взрывоопасность оборудования.

Очевидным направлением реконструкции ДСП является их перевод на питание постоянным током.

Почему же дуговые печи постоянного тока не получили широкого распространения в мире для замены оборудования литейно- металлургического производства.

НТФ "ЭКТА" предлагает дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП), высокие технико-экономические показатели которых подтверждены результатами длительной промышленной эксплуатации, и только этим можно подтвердить эффективность предлагаемого оборудования. Мы и наши коллеги, эксплуатирующие ДППТУ-НП, с полной ответственностью гарантируем показатели предлагаемых печей и процессов. Основные технические решения, позволяющие достигать высоких показателей, нами запатентованы. Нам не известна ни одна из фирм, на оборудовании которых были бы получены показатели ДППТУ-НП. При этом, некоторые из фирм ведут рекламу, недобросовестно используя материалы и результаты разработок НТФ "ЭКТА", из которой следует, что поставка дуговых печей постоянного тока с использованием любых технических решений обеспечивает получение запланированного эффекта, причем, с меньшими затратами на оборудование, по сравнению с оборудованием, поставляемым НТФ "ЭКТА".

Это не соответствует действительности. При отсутствии разработанной и запатентованной НТФ "ЭКТА" системы технических решений внедрение дуговых печей постоянного тока может, в лучшем случае не дать существенных результатов, или дать резко отрицательные результаты, особенно в показателях качества металла.

Поэтому, Заказчикам мы рекомендуем посмотреть наше оборудование в работе и провести проверку на патентную чистоту оборудования, предлагаемого другими фирмами; после чего сделать свой выбор.

Развитие дуговых печей постоянного тока проходит в нескольких направлениях, одним из которых является максимальное использование конструкции и технологий ДСП.

В этом направлении работают ведущие фирмы мира, которые создали парк дуговых печей постоянного тока вместимостью свыше 150 т и производительностью более млн. т. стали в год. Ими получены достоверные результаты промышленной эксплуатации, которые не выявили серьезных преимуществ нового оборудования.

При создании дуговых печей постоянного тока фирмы использовали простой подход к их проектированию. К трансформаторам ДСП были подключены сначала диодные (неуправляемые), затем тиристорные преобразователи и сглаживающие реакторы. Для подвода тока к шихте были разработаны электропроводящие подины и несколько видов подовых электродов. В остальном, конструкция печей, технология плавки в них остались без изменения. В качестве преимуществ было получено только серьезное сокращение угара графитированных электродов и снижение фликкера.

НТФ "ЭКТА" в своих разработках также использовала трансформаторы ДСП при реконструкции действующих печей. Так, в 1996 г. в корпусе стального литья ЛЗ КАМАЗ нами, после реконструкции ДСП-12, была запущена и работает в настоящее время ДППТС-12 (ДППТУ-12) вместимостью 12 т. В трансформаторе ЭТДЦПК-12500/10УХЛ мощностью 8000 кВт, трехфазные обмотки подключены к двум секциям тиристорного преобразователя с возможностью их параллельного и последовательного соединения. Подобная коммутация позволила вести начало плавки на высоком напряжении, а окончание на повышенном токе. Приемлемое время расплавления шихты и нагрева расплава – 90 минут удалось получить за счет МГД перемешивания расплава [1,2]. При его отсутствии наблюдался перегрев футеровки, при малой скорости нагрева расплава, значительное увеличение времени протекания технологических процессов, дополнительно снижающему производительность печи, формированию перепада температур по глубине ванны, насыщение металла газами. Несогласованность параметров трансформатора и требований нагрева металла дугой постоянного тока приводят к существенному недоиспользованию мощности трансформатора и значительному перерасходу электроэнергии, что, при строительстве новых печей заставляет завышать мощность и стоимость оборудования системы электроснабжения. При приблизительно той же мощности специализированного трансформатора, установленного на ДППТУ-20, ОАО "Тяжпрессмаш", удастся выйти на более короткое время расплавления, при плавке садки до 30 т., резко сократив удельный расход электроэнергии. Это послужило причиной отказа от использования трансформаторов ДСП, несмотря на более низкую стоимость источника электропитания печи с их применением.

В настоящее время НТФ «ЭКТА» комплектует печи только источниками питания, разработка которых проведена в соответствии с техническими требованиями фирмы.

НТФ «ЭКТА» разработала комплексную систему плавки, в которой использование дуги постоянного тока является одним из важных, но не единственным элементом процесса. В ДППТУ-НП использованы современные достижения силовой и управляющей электроники, результаты исследований физики дугового разряда, магнитной гидродинамики, металлургической теплотехники, теории металлургических процессов и основное оборудование с необычно широкими технологическими возможностями, в котором новые конструктивные элементы, режимы работы и процессы образуют единый эффективно действующий комплекс.

В ДППТУ-НП удалось устранить практически все основные недостатки традиционных печей и расширить сферу эффективного применения дугового нагрева в литейном производстве.

При разработке механической части ДППТУ-НП использованы все основные элементы дуговых печей переменного тока, по которым накоплен большой опыт производства и эксплуатации.

При плавке в ДППТУ-НП могут быть использованы все известные технологические приемы, применяемые в ДСП, усиленные и ускоренные применением управляемого электромагнитодинамического (МГД) перемешивания. Управляемый состав печной атмосферы, высокая эффективная поверхность взаимодействия шлак-расплав, устранение локального перегрева

металла под дугой и другие введенные возможности ДППТУ-НП, позволили значительно расширить область эффективного применения печей.

Разработанная система МГД перемешивания расплава в ДППТУ-НП за счет взаимодействия тока, протекающего через расплав, с электромагнитным полем протекающего тока, обеспечила не только равномерное распределение температуры и химсостава расплава, быстрое растворение легирующих элементов и большую эффективную поверхность взаимодействия расплава и шлака, но и позволила впервые эффективно обеспечить передачу энергии из дуги в расплав, осуществить защиту подины и подовых электродов от воздействия скоростных вихревых потоков в расплаве [1. 2].

В результате ДППТУ-НП имеют совершенную систему перемешивания расплава, которая с большой скоростью, непрерывно во все периоды нагрева и рафинирования расплава, выравнивает его температуру и химический состав, многократно увеличивает взаимодействие шлака и расплава, обеспечивает в полной мере передачу энергии электрической дуги в расплав, без его локального перегрева. Новая система перемешивания расплава не имеет мировых аналогов, она предельно проста конструктивно и принципиально эффективнее перемешивания за счет бегущего магнитного поля, продувки металла кислородом, подачи газа через подину, внешнего магнитного поля и других известных способов.

Одним из важнейших следствий введения новой системы управляемого перемешивания, связанной со специальной организацией режимов плавания, явилось резкое снижение расхода электроэнергии при выплавке металла без использования дополнительных источников энергии.

В случае применения ДППТУ-НП ударный характер нагрузки на питающую электросеть практически устранен. Соотношение номинальных мощностей сетевых и печных трансформаторов могут быть приняты 1,15-1,25, что существенно снижает установленную мощность сетевого оборудования при новом строительстве и не создает проблем при модернизации действующих печей с увеличением их производительности.

ДППТУ-НП практически не создает резко-переменной нагрузки. Это достигается соответствующим специальным регулированием тиристорного преобразователя источника питания печи во все периоды плавки, стабилизацией тока дуги с заданной точностью, оптимизированной для каждого периода плавки.

В ДППТУ-НП режим ведется таким образом, чтобы мощность, потребляемая из сети, практически оставалась неизменной на всех этапах. Достигается это изменением схемы соединения тиристорных мостов (последовательное, последовательно-параллельное, параллельное) [1]. Таким образом, согласованное изменение напряжения и тока дуги в четыре раза не приводит к изменению мощности дуги, что позволяет полностью отказаться от регулирования мощности компенсирующих устройств. Кроме того, существенно меняются требования к регулированию вторичного напряжения печного трансформатора. Печной трансформатор выполняется только с ПБВ $\pm 2,5$ %. При этом снижаются габаритная мощность и цена трансформатора, и значительно снижается стоимость оборудования системы электроснабжения.

Несмотря на более высокую стоимость источника электропитания ДППТУ-НП, стоимость оборудования электропитания новой печи может быть ниже стоимости электрооборудования широко распространенных дуговых печей переменного тока (ДСП), так как применительно к печному агрегату, его нельзя рассматривать изолированно от системы электроснабжения. При выборе оборудования, сопоставления ДСП и ДППТУ-НП должны выполняться комплексно, с учетом всех сопутствующих факторов. При этом дополнительные капитальные вложения в систему электроснабжения ДСП практически компенсируют (в ряде случаев существенно превышают) стоимость источника питания ДППТУ-НП.

Для управления механизмами печи, кроме механизма перемещения электрода, применяется система, принятая для печей переменного тока. Сохраняется полностью также система контроля и блокировок, в которую добавляются цепи контроля над состоянием подовых электродов и соответствующие блокировки.

Система управления электрическим режимом кардинально отличается от ДСП. В ДППТУ-НП предусматривается независимое управление током и напряжением дуги, обеспечивающее реализацию концепции ведения режима плавки: перемешивание расплава, защиту футеровки, снижение угара металла, пылегазовыбросов и шума, генерируемого печью во все периоды плавки, а также колебаний мощности нагрузки. В современной микропроцессорной системе управления АСУ ТП предусмотрена система интеллектуального управления, предусматривающая автоматическую адаптацию режимов работы печи и к технологическому процессу плавки.

ДППТУ-НП представляют уникальную возможность многим предприятиям России решить экологические проблемы действующих ДСП с коротким сроком окупаемости затрат на эти цели. Причем, объем капитальных затрат на реконструкцию может быть ниже затрат на строительство систем пылегазоочистки для действующих ДСП, которые экономически только снизят рентабельность производства.

Технологические возможности ДППТУ-НП позволили впервые в мире освоить в них выплавку высококачественных алюминиевых сплавов, сплавов на основе меди, кобальта, никеля, других металлов, проводить эффективную переработку их отходов.

Анализ качества металла, выплавляемого на всех ДППТУ-НП, введенных в промышленное производство, указывает на очень высокий уровень показателей, даже при использовании шихты невысокого качества. Этому способствует возможность проведения на ДППТУ-НП при расплавлении шихты, нагреве расплава и его рафинировании практически всех металлургических операций, известных из теории металлургических процессов.

В заключение следует отметить: в ДППТУ-НП преодолены практически все недостатки ДСП, расширены их технологические возможности. Организация массового внедрения ДППТУ-НП позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели литейно-металлургического производства, опираясь на реальные материально-технические ресурсы России.

На ДППТУ-НП также отработаны технологии и была доказана возможность переплава стружки, шлаковых съёмов, различных лигатур, крупногабаритного лома, выплавка которых ведется с очень высокими технико-экономическими показателями.

Ключевые преимущества и достоинства ДППТУ-НП: новый принцип магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава; новые электрические режимы расплавления шихты, нагрева и рафинирования расплава; низкий расход электроэнергии; значительное повышение качества производимых металлов и сплавов без использования дополнительного оборудования, в том числе из рядовой дешевой шихты – продукта массового сбора металлолома и трудно перерабатываемых отходов; широкий диапазон номенклатуры выплавляемых металлов и сплавов; возможность вести плавку из дешевого сырья – за счет ведения активных технологических процессов; высокая производительность; низкий угар шихтовых материалов, графитированных электродов; благоприятное взаимодействие режимов работы печей и системы электроснабжения; подавление вредного воздействия на окружающую среду; взрывобезопасность оборудования.

Особенности технологии и оборудования ДППТУ-НП позволяют производить на их основе высокоэффективные миксеры или печи с жидкой завалкой, в том числе для стали. Их использование позволяет создавать высокоэффективные литейные производства. НТФ "ЭКТА" может провести разработку и поставку миксеров вместимостью в диапазоне 0,5-150,0 т.

По желанию Заказчика НТФ «ЭКТА» может разработать ДППТУ-НП любой емкости. Фирма имеет соответствующий Сертификат и Разрешение Госгортехнадзора России на производство и применение поставляемого оборудования.

Список литературы:

Малиновский В.С. «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.// Патент РФ № 2104450.

Малиновский В.С. «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления. // Патент РФ № 2048662

ООО «НТФ «ЭКТА»: 115193, г. Москва, ул. Петра Романова, д. 7,

тел./ф.: (495) 677-58-57, 679-48-43, 679-48-81,

e-mail: info@stf-ecta.ru

www.stf-ecta.ru