

Литейное материаловедение, специальные способы литья

Universal arc furnaces and mixers of constant current of new generation for organization of high-efficient foundry and metallurgical productions, developed by ООО «НТФ «Экта» are presented.

В. С. МАЛИНОВСКИЙ, В. Д. МАЛИНОВСКИЙ, И. Б. ВЛАСОВА, ООО «НТФ «ЭКТА»

УДК 621.74

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ И МИКСЕРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЛИТЕЙНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

НТФ «ЭКТА» создала парк и освоила производство промышленных универсальных дуговых печей и миксеров постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП и ДМПТУ-НП), которые успешно эксплуатируются на многих предприятиях России и зарубежья.

Универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) вместимостью от 0,5 до 100 т и дуговые миксеры постоянного тока (ДМПТУ-НП) вместимостью до 150 т предназначены для производства качественного литья и переработки лома рядовых и высоколегированных марок стали, чугуна, включая серый и весь ряд марок высокопрочных и легированных чугунов, синтетического чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, никеля, кобальта, свинца и других металлов, а также для производства лубых лигатур на основе перечисленных металлов, ферросплавов, раскислителей и других материалов. В ДППТУ-НП и ДМПТУ-НП введен комплекс новых технических решений, который позволил значительно расширить технологические возможности дугового нагрева и устранить главные недостатки дуговых печей.

Печи и миксеры универсальны, так как предназначенные для плавки различных металлов они не отличаются друг от друга по конструкции и применяемым огнеупорным материалам. Это создает возможности производства широкого спектра сортамента и легкий переход с одного сортамента на другой. При этом ДППТУ-НП позволяют переплавлять любые виды шихты без специальной подготовки, включая стружку.

Для переработки металлолома эффективно использование комбинации ДППТУ-НП небольшой емкости с высокой скоростью плавления

и ДМПТУ-НП, вместимость которого значительно превышает вместимость ДППТУ-НП. Такая комбинация оборудования особенно эффективна при переработке легированного стального лома, сплавов на основе Al и Si. Плавильная печь в такой установке позволяет провести качественную сортировку лома с точным определением его химического состава, принять решение о возможности использования расплава для приготовления конкретного сплава в миксере. Металл с большими отклонениями от требований химического состава сплава отливается в шихтовую болванку и используется для подшихтовки сплавов в миксере, химический состав которых соответствует составу шихтовой болванки.

Перспективной возможностью использования ДППТУ-НП является перевод дешевого лома в более дорогой шихтовой материал, например, выплавка из стального лома синтетического чугуна с низким содержанием серы; производство сложных лигатур и раскислителей из алюминиевых отходов; производство ферротитана и других ферросплавов.

Печи поставляются в стандартной комплектации – источник питания, автоматическая система управления процессом плавки (АСУ-плавка) и автоматическая система технологическим процессом (АСУ ТП), плавильная емкость и в агрегатном исполнении (ДППТУ-АГ) с двумя плавильными емкостями. В них можно вести переплав отличающихся друг от друга металлов. Емкости могут отличаться друг от друга вместимостью, одна из них может выполнять роль плавильной печи с функцией сортировки лома, другая – функцию миксера.

Предприятия, оснащенные оборудованием ДППТУ-НП, ДППТУ-АГ и ДМПТУ-НП, способ-

ны производить широкий сортамент высококачественного литья из любой шихты, в том числе из шихты низкого качества, и эффективно проводить переработку вторичного лома.

Кроме использования ДМПТУ-НП по прямому назначению – выдержки и нагрева расплава, сочетание ДППТУ-НП и ДМПТУ-НП позволяет оптимизировать многие технологические процессы. Так, для организации производства, где время от времени требуется получение отливок большой массы, целесообразно создание комплексов, в состав которых входят печи ДППТУ-НП небольшой емкости и миксеры ДМПТУ-НП в разы большей емкости. Необходимая электрическая мощность миксеров большой вместимости ДМПТУ-НП в разы меньше электрической мощности такой же вместимости плавильных печей. Это позволяет при основном производстве стального литья массой отливок, например 5 т, получать при необходимости отливки массой 30 т и более, не увеличивая при этом энергоемкость предприятия.

Также, например, при производстве высококачественного алюминиевого литья из алюминиевого лома произвольного состава целесообразно вести быстрое расплавление шихты в печах ДППТУ-НП небольшой емкости, а доведение сплава до необходимого химического состава и процесс рафинирования проводить в миксере. Плавильная печь обеспечивает при этом качественную сортировку лома, удаление неметаллических включений из расплава, его дегазацию, отделение от стальных и прочих приделок, а миксер – получение качественного с высокими свойствами литья.

Приведенные примеры показывают широкие возможности применения нового типа оборудования для организации ведения различных эффективных технологий.

В ДППТУ-НП введен комплекс новых технических решений, который позволил значительно расширить технологические возможности дугового нагрева и устранить главные недостатки дуговых печей.

Показатели ДППТУ-НП создали условия для высокорентабельной замены ДСП, индукционных и других плавильных печей на ДППТУ-НП. ДППТУ-НП могут быть созданы, в том числе, путем перевода ДСП на питание постоянным током.

Накопленный опыт промышленного освоения ДППТУ-НП в отличие от других фирм основан на анализе результатов эксплуатации реально действующих печей, созданных НТФ «ЭКТА», и, несомненно, представляет интерес для специалистов, работающих в области металлургии и машиностроения.

ДППТУ-НП созданы на основе новейших разработок в области металлургии, силовой электроники, систем микропроцессорного управления, магнитной гидродинамики, исследований в области дугового разряда, адаптированы к ведению сложных технологических процессов. Это позволило, в частности, значительно уменьшить угар шихты, пылегазовыбросы из печи, ускорить процесс плавки, создать благоприятные условия для улучшения качества металла. Промышленное освоение ДППТУ-НП полностью подтвердило получение высоких результатов [2, 3, 7]. По всем основным перечисленным показателям ДППТУ-НП превосходят все существующие типы плавильных печей.

В единую концепцию создания ДППТУ-НП, разработанную специалистами ООО «НТФ «ЭКТА», были включены специальные энерготехнологии. Они позволили в ДППТУ-НП не использовать альтернативные источники энергии, природный газ, кислород, угольный порошок и другие химические виды топлива. Это обеспечивается инновационными запатентованными специалистами НТФ «ЭКТА» широко опубликованными техническими решениями, использованными в конструкции ДППТУ-НП, схемах силового питания печей, системах управления режимами работы установок и технологическими процессами [1–7].

В [3, 7], патентах и других публикациях, размещенных на сайте НТФ «ЭКТА», подробно описываются процессы плавки и их конечные результаты, связанные с экологией, технико-экономическими показателями, качеством металла, промышленной безопасностью и др. Уже то, что в ДППТУ-НП освоены процессы выплавки, практически без потерь, высококачественных сплавов на основе алюминия, стружки любых сталей и сплавов, в отличие от всех типов дуговых печей, созданных и эксплуатируемых в мире и в которых эти процессы вести невозможно, говорит о высоком технологическом потенциале ДППТУ-НП.

Высокие качественные и технико-экономические показатели при производстве чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, никеля, свинца, ферросплавов, раскислителей, лигатур и других металлов на ДППТУ-НП достигаются достаточно просто, прежде всего за счет возможности ведения любых технологий производства стали, известных из классической теории металлургических процессов, и содержат в той или иной мере элементы технологий, применяемых в процессе плавки стали. Поэтому особенности ДППТУ-НП в настоящей статье в основном связаны с производством стали.

С нашей точки зрения широкое внедрение современных видов плавки, связанных с использованием комбинированных дуговых печей, установок печь-ковш (УПК), несет в себе серьезные стратегические ошибки, связанные не только с высокими потерями шихты за счет угара (от 6 до 15%), чрезмерными выбросами газов в окружающую среду, включая CO_2 , высокими потерями энергии, снижением качества металлопродукции, повышением ее себестоимости, но главное — с формированием качества будущей базы возвратного лома.

Мы обращаем внимание специалистов на то, что к настоящему времени проведена реконструкция многих промышленных предприятий с введением в эксплуатацию современных комплексов производства качественного литья. Однако на новых предприятиях наблюдается высокий процент брака, особенно при производстве литья с высокими требованиями к хладостойкости, усталостной прочности, временной стабилизации свойств стали. Мы предлагаем разобраться, прежде всего, в технологии производства стали, нарушение которой, как правило, является причиной брака.

По нашему мнению, прежде всего, следует ввести четкое определение понятия «сталь». В нашем представлении «сталь» — это структура с заданным химическим составом и присоединенной к ней технологией производства, описанной в классической теории металлургических процессов сталеварения. В этом сочетании разработано большинство применяемых в машиностроении марок стали. Качество стали определяют процессы, происходящие на разделе шлак-расплав, которые имеют диффузный характер, технология позволяет вести очистку металла от нерастворенных газов и неметаллических включений, проводить десульфурацию, дефосфорацию, науглероживание, обезуглероживание расплава, его легирование, рафинирование и структурирование. При производстве стали широко применяется рудный и кислородный кипы. Отработаны процессы раскисления стали. Процессы сталеварения осуществляются или в мартеновских, или в «медленных» дуговых печах переменного тока, или в конверторах без использования УПК, пока массовый оборотный лом поступает из стали «сваренной».

В последние годы широкое распространение получила технология производства стали с использованием установок печь-ковш (УПК), в которых проводится процесс не сталеварения, а синтезирование материала с химическим составом стали. По нашему мнению, получаемый в них продукт нельзя отнести к понятию «сталь», так

как при его производстве практически полностью исключается классическая технология сталеварения, описанная в теории металлургических процессов, и используемая при разработке практически любых марок стали. Диффузионные процессы в УПК заменены на объемные, в которых перемешивание расплава заменяется продувкой аргоном, обработка стали (с целью десульфурации и дефосфорации) ведется различными порошками, для раскисления стали широко используются материалы и присадки, вводимые в расплав с помощью трайб-аппаратов, в виде проволоки. Получаемый в УПК материал, даже со строго выдержанным химическим составом, заданным маркой стали, не позволяет получить отливки с необходимыми для литья свойствами. Расплав перенасыщен неметаллическими включениями, водородом и азотом. Если водород можно удалить в установках вакуумирования, то азот и неметаллические включения удалить нельзя. Неблагоприятная структура расплава и его высокая загрязненность заставляют использовать дорогостоящие модификаторы и лигатуры для улучшения свойств синтезированного продукта, для связывания азота — Fe-Ti, для улучшения структуры — Fe-V, для повышения механических свойств — Fe-Nb, и т. д. Модификаторы и присадки, обладая высокой ценой, в значительной степени увеличивают себестоимость синтезированного продукта, но при этом качество металла, получаемого классическими методами сталеварения, все-таки в УПК не достигается. В любом случае в получаемом в УПК продукте невозможно обеспечить хладостойкость, усталостную прочность, стабилизированную структуру — свойства, реализуемые только в случае высокой очистки металла от неметаллических включений и растворенных газов. Большую опасность представляет собой шихта, металл которой ранее был произведен в УПК. Ее применение приводит к дефектам, связанным с хладоломкостью. Представляется, что процесс производства металла в УПК теоретически не обоснован, для него не разработан марочный состав, в который должны быть введены все необходимые модификаторы, лигатуры, и т. д., не разработаны стандарты основных свойств.

С нашей точки зрения производимый в УПК продукт во многих случаях не обеспечивает качество литья. Из-за измененных наследственных свойств синтезированной стали и неметаллических включений в числе прочих причин в ней могут создаваться массовые проблемы, когда она станет сырьем в качестве металлолома для последующих плавов, причем в металлоломе без спе-

циальных методов исследования практически невозможно отличить сталь синтезированную и сваренную.

Предлагаемые другие направления организации плавильных производств также заставляют практически полностью отказаться от классических технологий сталеварения.

В качестве примера можно рассмотреть индукционные печи, в которых осуществляют переплав шихты, качество которой целиком определяет качество производимых металлов.

Индукционные печи технологически пассивны, поэтому качественный металл можно получить только из высококачественной шихты. В них нельзя провести все технологические операции, осуществляемые, например, в мартене, ДСП или ДППТУ-НП. Мы не рассматриваем другие технико-экономические недостатки индукционных печей, поскольку разница в стоимости лома для мартеновской печи, ДСП или ДППТУ-НП уже определит негативный экономический результат. При этом за счет тщательного подбора шихты в индукционных печах можно методом сплавления производить сталь высокого качества, что определило их широкое применение несмотря на очевидные недостатки. Но при этом, поскольку в настоящее время практически невозможно отличить сваренную и синтезированную стали, могут возникнуть проблемы с низким качеством продукции, причины которого для производителей не ясны.

Классические ДСП обладают серьезными недостатками, связанными с низкой производительностью, высокими затратами на электроэнергию, графитированные электроды, плавка в них сопровождается высоким угаром шихты, интенсивными пылегазовыбросами, шумом, резкопеременными нагрузками, негативно воздействующими на систему энергоснабжения. В своих разработках мы постарались устранить эти недостатки.

Разработанные НТФ «ЭКТА» универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП и ДМППТУ) прежде всего позволяют в полной мере использовать накопленный в течение многих лет опыт производства качественной стали классическую теорию металлургических процессов, квалификацию металлургов – сталеваров.

ДППТУ-НП обладают всеми технологическими возможностями мартеновских печей и традиционных ДСП. В то же время они оптимально вписываются в современные технологические линии производства литья.

От разработок дуговых печей других фирм ДППТУ-НП отличаются принципиально-универ-

сальными энерготехнологиями, включающими в себя, в том числе организацию процесса плавки металла и новое эффективное управляемое магнитогидродинамическое (МГД) перемешивание расплава. Энерготехнологии ДППТУ-НП непосредственно связаны с экологией процесса плавки. Они позволяют предельно уменьшать пылегазовыбросы из печей в процессе плавки, подавляя вредное воздействие на окружающую среду.

В ДППТУ-НП управляемое МГД перемешивание расплава позволяет обеспечить развитую эффективную поверхность взаимодействия систем шлак–расплав, идеальную гомогенность температуры и химического состава расплава, быстрое растворение и высокое усвоение легирующих элементов, интенсивную скорость ведения технологических процессов: десульфурацию, дефосфорацию, науглероживание, обезуглероживание расплава, удаление неметаллических включений, дегазацию расплава, минимальный удельный расход электроэнергии. Значительно, до 0,5–1,5% сократить потери шихты, гарантировать высокое качество выплавляемых металлов.

Введенная в ДППТУ-НП система технических решений позволила существенно повысить скорость ведения классических металлургических процессов и их глубину, достигая высокой производительности оборудования даже при использовании шихты низкого качества. В результате создано новое оборудование с наивысшими технико-экономическими показателями.

Это можно продемонстрировать некоторыми примерами.

На ДППТУ-НП освоена выплавка любых марок сталей: от Ст.3, Ст.40, ХМЛ, 5ХНМ, 4Х5МФС, 110Г13Л, Р5М5, Р18, нержавеющей хромоникелевых сталей типа 10Х17Н13М3Т, 06Х20Н14С2, азотсодержащих типа 03Х17Г17ДАМБ; безникелевых нержавеющей сталей; штамповых сталей, типа 4Х5Р2ФС; высокохромистых сталей типа 95Х18, специальных сталей и сплавов, типа 14Х20Н25В5МБ-П и других аналогичных; серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30, высокопрочных чугунов ВЧ40–ВЧ70 и др.

Сравнение показателей ДСП и ДППТУ-НП приведем на примере работы 20-тонной дуговой печи переменного тока ДСП-20 до и после ее реконструкции по методике ООО «НТФ «ЭКТА» в ДППТУ-20 на заводе «Тяжпрессмаш» (г. Рязань) [3].

Вместимость печи – 22–30 т, по условиям электроснабжения мощность ДППТУ-НП увеличена только с 8,5 до 10,79 МВА, т. е. печь «медлен-

ная». На печи установлен водоохлаждаемый свод, используются классические технологии, в том числе рудный кип.

Улучшение показателей качества – уровень повышения соответствия ГОСТ, % (принято за 0 – до реконструкции, показатели соответствуют ГОСТ) приведено ниже.

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| По химическому составу | 0 | 35 |
| Предел текучести | 0 | 90 |
| Предел прочности на разрыв | 0 | 60 |
| Относительное удлинение | 0 | 45 |
| Ударная вязкость | 0 | 80 |
| Улучшение по УЗК валов (SEP1921) | 0 | 45 |

Однородность химического состава и температуры расплава, уменьшение неметаллических включений значительно увеличивают степень переохлаждения при кристаллизации и, как следствие, создают благоприятные условия для улучшения структуры металла. Это подтверждается данными Центра управления качеством и независимой экспертизой Франции. Отклонения по химическому составу снизились на 35%, уровень механических свойств на сталях для отливок и кузнечных слитков – на 5–20%, уровень несоответствия ГОСТ – на 90%, соответствие ультразвукового контроля повысилось в поковках на 15%, экспортных валах – на 45%, на «старой» и «новой» печах количество плавок с содержанием фосфора более 0,035–18% и 2% соответственно, с содержанием серы более 0,025–33% и 15%. Аналогичные изменения наблюдаются со средними значениями этих элементов.

Ниже приведены исследования макро- и микроструктуры материала заготовок валов, проведенных Центральной лабораторией ОАО «Тяжпрессмаш».

Исследованием установлено. Плавка ст. 35 диаметром 300: макроструктура: точечная неоднородность – балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит + феррит, величина зерна балл 6, ГОСТ 5699-82. Плавка ст. 35 диаметром 380: макроструктура: точечная неоднородность – балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит + феррит, величина зерна балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 45 диаметром 400: макроструктура: точечная неоднородность – балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 35 диаметром 410: макроструктура: точечная неоднородность – балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит + феррит, величина зерна балл 6, ГОСТ 5635-82.

При выплавке изделий данного типа на печи до и после реконструкции получены следующие результаты.

Было: точечная неоднородность – балл 3–4, ликвационные зоны, рыхлота осевая, неметаллические включения в виде скоплений, микроструктура – балл 4–5.

Стало: точечная неоднородность – балл 1, ликваций нет, рыхлот нет, неметаллические включения – разрозненные, не выше 1,5 балла, стабильная микроструктура – балл 6–7.

По результатам анализа Центральной заводской лаборатории плавок на ДСВ-20 и печи, реконструированной на ДППТУ-20, получены следующие результаты: отклонения по химическому составу снизились на 35%; соответствия механических свойств литой стали увеличились на 35%; соответствие требованиям УЗД на всех подвергнутых проверке поковках увеличилось на 15%, экспортных валов – на 45%; возросла стабильность результатов механических испытаний: разброс снизился на 20%, сходимости увеличилась на 40%; возрос уровень механических свойств на сталях: 1) 25Л: σ_B – на 5%; δ – на 7%; α_K – на 10%; 2) 35Л: σ_T – на 9%; σ_B – на 10%; δ – на 7%; α_K – на 15%; 3) 45Л: σ_T – на 18%; σ_B – на 15%; δ – на 11%; ψ – на 12%; 4) 20ГСЛ: σ_T – на 5%; σ_B – на 12%; 5) 35ХМЛ: σ_B – на 14%; 6) Ст 20: σ_T – на 8%; σ_B – на 4%; δ – на 6%; ψ – на 9%; 7) 40ХМА: σ_T – на 9%; σ_B – на 13%; δ – на 20%; α_K – на 20%; 8) 40ХН2МА: σ_T – на 11%; σ_B – на 6%; δ – на 8%; ψ – на 4%; α_K – на 11%.

Несоответствия поковок и отливок по механическим свойствам снились: предел текучести – на 90%, предел точности – на 60%, относительное удлинение – на 45%, относительное сужение – без изменений, ударная вязкость – на 80%.

Высокие показатели качества достигнуты за счет сохранения принципа «варить» сталь в печи ДППТУ-НП, а не синтезировать сталь в установке печь-ковш.

По отдельным маркам стали экономия на 1 т жидкого металла составила 3600 руб. Срок окупаемости – 10 месяцев!

Основными экономообразующими статьями стали: замена науглероживателя чугуна передельного на стальной лом и графитированную стружку ~12 млн. руб., на разделке шихты ~13 млн. руб., от снижения расхода ферросплавов ~3 млн. руб., электроэнергии 2,2 млн. руб.

Структура полученного экономического эффекта отражает и подтверждает то, что экономия электроэнергии не может быть главной целью реконструкции. Основой технико-экономических

показателей являются стоимость сырья и материалов. Из анализа показателей следует, что установка дуговых печей нового поколения с целью повышения производительности и качества оправдана и быстро окупает себя. В данный расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых экономических составляющих.

Уникальные возможности ДППТУ-НП подтверждены не только в результате промышленной эксплуатации оборудования высокими показателями при выплавке стали, но и освоенными в ДППТУ-НП уникальными технологиями, многие из которых, как ранее считалось, в дуговых печах вести невозможно.

Так, например, серийно производится сплав на основе алюминия АК7ч, который соответствует химическому составу и превосходит по механическим свойствам ГОСТ 1583-93. В литом термообработанном состоянии на отлитых в металлическую форму образцах предел прочности не менее 216 МПа, относительное удлинение – не менее 2%, твердость по Бринеллю – не менее 94,9 ВА, при этом содержание кремния колеблется от 6,15 до 7,15%, магния – от 0,25 до 0,4, железа – от 0,1 до 0,3%, структура отличается повышенной дисперсностью неметаллических включений. Содержание водорода – 0,1–0,2 см³/100 г металла, а пористость отливок всегда соответствует 1-му баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93.

ДППТУ-НП является единственным агрегатом, в котором в процессе расплавления сплавов на основе алюминия идет интенсивное удаление водорода и неметаллических включений. Быстрое расплавление позволяет при переплаве алюминия, имеющего стальные приделки, получать расплав без насыщения железом. Переплав всегда сопровождается получением пористости, соответствующей 1-му баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93, а содержание водорода, как правило, 0,1–0,2 см³/100 г металла, в литом состоянии ряда сплавов может достигать максимум 0,4 см³/100 г. Это позволяет при гораздо меньших затратах выходить на качественное литье при переработке вторичного алюминия. За счет исключения множества технологических операций, повышения качества сплавов себестоимость технологического передела снижается в 5 раз в сравнении с переделом в индукционных печах и в 15 раз в сравнении с газовыми печами.

В настоящее время в промышленное производство введено множество металлургических предприятий с применением УПК. Возникает вопрос, можно ли повысить качество металла, про-

изводимого в них, и снизить его себестоимость? Да, это можно сделать с помощью ДППТУ-НП.

В настоящее время раскислители и присадки вводятся в УПК в виде проволоки с помощью трайб-аппарата, а легирующие элементы – в виде твердой шихты. Такой вид подачи раскислителей, модифицирующих и легирующих элементов в расплав, определяет объемный характер их взаимодействия с ним, с вытекающими последствиями.

Возможность выплавки в ДППТУ-НП практически любых сплавов, в состав которых могут входить Cr, Mn, Si, Al, Ti, W, Mo, Fe и др., расплавы шлаков практически в любых соотношениях элементов, позволяет значительно снизить вредное воздействие дуговых разрядов переменного тока на расплав, но главное, подбирать состав легирующих и раскисляющих элементов, обеспечивая их объемный вес выше массы шлака в УПК, но ниже объемного веса металла, передаваемого в УПК из плавильных печей. Это позволяет удерживать активный расплав на границе расплавов шлака и металла и обеспечивать преимущественное протекание диффузионных процессов обработки металла, не допуская объемных, загрязняющих расплав неметаллическими включениями.

Перемешивание расплава металла в УПК, обеспечивающее его поступление в зону реакций, можно реализовать либо за счет продувки металла аргоном, либо, что предпочтительнее, электромагнитным перемешиванием, т. е. традиционными методами, применяемыми в УПК.

Предлагаемый нами способ обработки металла гарантирует практически 100%-ное использование реагентов как на стадии их выплавки в ДППТУ-НП, так и в процессе обработки расплава в ковше.

Предлагаемое оборудование и технологии для получения расплава реагентов отработаны, в том числе в процессе промышленной эксплуатации ДППТУ-НП, позволяют полностью использовать существующее высокопроизводительное оборудование производства стали, введя в процесс ее получения ДППТУ-НП малой вместимости и мощности. В ДППТУ-НП процесс сталеварения ведется по классическим технологиям и применять УПК мы не рекомендуем.

Результаты промышленной эксплуатации ДППТУ-НП широко опубликованы и представлены на сайте ООО «НТФ «ЭКТА»: www.stf-ecta.ru.

Мы считаем важнейшими вопросами для тщательных исследований и обсуждений стратегию выбора плавильных агрегатов (особенно для производства качественного ответственного литья)

и вопросы, связанные с качеством амортизационного лома (который в дальнейшем будет исполь-

зоваться в качестве шихты), на которые в настоящее время практически не обращают внимания.

Адрес ООО «НТФ «ЭКТА»:

115193, Москва, ул. Петра Романова, 7

e-mail: info@stf-ecta.ru; сайт: www.stf-ecta.ru.

тел.: (495) 679-48-81, 677-58-57, 677-63-33

Литература

1. Малиновский В. С., Закомаркин М. К., Липовецкий М. М. и др. Требования к конструкции дуговой сталеплавильной печи постоянного тока // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 1988. № 4.
2. Закомаркин М. К., Липовецкий М. М., Малиновский В. С. Дуговая сталеплавильная печь постоянного тока емкостью 25 т на ПО «Ижсталь» // *Сталь*. 1991. № 4.
3. Малиновский В. С. Техничко-экономические результаты промышленного освоения дуговых печей постоянного тока нового поколения // *Металлургия машиностроения*. 2004. № 6.
4. Пат. № 2104450 РФ. С 22 В 9/21. Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.
5. Пат. № 2048662 РФ. С 22 В 9/20. Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.
6. Пат. № 2112187 РФ. Н 05 В 7/06. Подовый электрод электропечи.
7. Малиновский В. С., Малиновский В. Д., Власова И. Б. Универсальные дуговые печи постоянного тока для металлургии и машиностроения // *Металлургия. Машиностроение*. 2007. № 3.