

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ И МИКСЕРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.**

Настоящее время показало, что создание эффективно действующей промышленности невозможно без внедрения инновационных проектов.

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.

Опыт промышленной эксплуатации убедительно показал, что по всем основным параметрам ДППТУ-НП значительно превосходят плавильные печи других типов.

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 др. металлов, а также для производства любых 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.

Главное назначение ДППТУ-НП и ДМПТУ-НП – производить металл для высококачественной продукции металлургии и машиностроения. При этом они снимают проблему обеспечения материалами для плавки, поскольку позволяют переплавлять любые виды шихты без специальной подготовки, включая стружку и металлолом.

Для переработки металлолома эффективно использование комбинацию 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 Cu. 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 заготовки.

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.

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, например, стального литья массой отливок 5 тонн, получать при необходимости отливки массой 30 и более тонн, 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.

**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, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

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 [1, 2, 3, 7]. По всем основным перечисленным показателям ДППТУ-НП превосходят все существующие типы плавильных печей.

В статьях [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 других. Одно то, что в ДППТУ-НП освоены процессы выплавки, практически без потерь, высококачественных сплавов на основе алюминия, стружки любых высоколегированных сталей и сплавов черных и цветных металлов, говорит о высоком технологическом потенциале ДППТУ-НП. Во всех типах дуговых печей, созданных и эксплуатируемых в мире, эти процессы вести невозможно.

Высокие качественные и технико-экономические показатели при производстве стали и чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, никеля, свинца, ферросплавов, раскислителей, лигатур и других металлов на ДППТУ-НП достигаются достаточно просто. Прежде всего, это стало возможным за счет ведения любых технологий производства стали, известных из классической теории металлургических процессов. Показатели производства различных сплавов отражают, в той или иной мере, элементы технологий, применяемых в процессе плавки стали. Поэтому особенности ДППТУ-НП представленного материала, 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<sub>2</sub>, 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 поковки, проката и качественного литья. Однако, на новых предприятиях наблюдается высокий процент брака, особенно при производстве металлопродукции 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.

Прежде всего, следует ввести четкое определение понятия «сталь». В нашем представлении «сталь» - это структура с заданным химическим составом и с 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 диффузионный 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 кип. Отработаны процессы раскисления стали. Процессы сталеварения осуществляется или в мартеновских, или в «медленных» дуговых печах переменного тока, или в конверторах без использования УПК, и пока что 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 синтезирования материала с химическим составом стали. По нашему мнению, получаемый в них продукт **нельзя отнести к понятию «сталь»**, (мы далее ее будем называть как **«синтезированная сталь»**) т.к. 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 окислением углерода (рудный или кислородный кип) заменяется продувкой аргоном. Обработка стали (с целью десульфурации и дефосфорации) ведется различными порошками. Для раскисления стали широко используются материалы и присадки, вводимые в расплав проволокой с помощью трайб-аппаратов. Получаемый в УПК материал (**«синтезированная сталь»**), даже со строго выдержанным химическим составом, заданным маркой стали, не позволяет получить качественный металлопрокат и отливки с необходимыми эксплуатационными 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 – FeTi, для улучшения структуры – FeV, для повышения механических свойств – FeNb, FeCe и т.д. Модификаторы и присадки, обладая высокой ценой, в значительной степени увеличивают себестоимость синтезированной стали, 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 хладностойкость, 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 хладностойкостью. 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.

Опыт промышленной эксплуатации целого ряда предприятий, как в России, так и за рубежом, показал, что произведенный в УПК продукт регулярно не обеспечивает качество проката и 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 плавок, причем в металлоломе без специальных 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 существует дефицит лома, и практически невозможно отличить металлолом сваренной и синтезированной стали, могут возникать проблемы с низким качеством продукции, причины которого для производителей не ясны.

Классические ДСП обладают своими 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 и изделий из стали.

От разработок дуговых печей других фирм ДППТУ-НП принципиально отличаются – универсальными 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 значительно 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 конструкционных, литейных и специальных сталей: от Ст.3 до Ст.60, 15-50Л, 25-30ХМЛ, 40ХНЛ, 5ХНМ, 4Х5МФС, 110Г13Л, Р6М5, Р18, нержавеющей хромоникелевых сталей, типа 10Х17Н13М3Т, 06Х20Н14С2, азотосодержащих типа 03Х17Г17ДАМБ; безникелевых нержавеющей сталей; штамповых сталей, типа 4Х5В2ФС; 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 других.

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 тонн, по условиям электроснабжения мощность ДППТУ-НП увеличена только с 8,5 МВА до 10,79 МВА, т.е. печь "медленная". На печи установлен водоохлаждаемый свод, используются классические технологии, в том числе - рудный кип.

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

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 химсоставу снизились на 35 %, уровень механических свойств на сталях для отливок и кузнечных слитков на 5-20 %, уровень несоответствия ГОСТ снизился 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 тяжелых валов (поставляемых как на Российские предприятия, так и за рубеж – в Германию, Францию и т.д.), проведенные Центральной лабораторией ОАО "Тяжпрессмаш".

Исследованием установлено. Плавка ст.35 Ø 300: макроструктура: точечная неоднородность балл 1 ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит + феррит, величина зерна балл 6, ГОСТ 5699-82. Плавка ст. 35 Ø 380: макроструктура: точечная неоднородность балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит + феррит, величина зерна балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 45 Ø 400: макроструктура: точечная неоднородность балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 35 Ø 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 3-4 балл, ликвационные зоны, рыхлота осевая, неметаллические включения в виде скоплений, микроструктура 4-5 балл.

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

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;  $\sigma_B$  – на 5 %;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_K$  - на 10 %; 2) 35Л;  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_B$  – на 10 %;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_K$  - на 15 %; 3) 45Л;  $\sigma_T$  – на 18 %;  $\sigma_B$  – на 15 %;  $\delta$  – на 11 %;  $\psi$  - на 12 %; 4) 20ГСЛ;  $\sigma_T$  – на 5 %;  $\sigma_B$  – на 12 %; 5) 35 ХМЛ;  $\sigma_B$  – на 14 %; 6) Ст 20;  $\sigma_T$  – на 8 %;  $\sigma_B$  – на 4 %;  $\delta$  – на 6 %;  $\psi$  - на 9 %; 7) 40ХМА;  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_B$  – на 13 %;  $\delta$  – на 20 %;  $\alpha_K$  - на 20 %; 8) 40ХН2МА;  $\sigma_T$  – на 11 %;  $\sigma_B$  – на 6 %;  $\delta$  – на 8 %;  $\psi$  - на 4 %;  $\alpha_K$  - 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 перedefельного 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, хотя она существенна и достигает порядка 250 квт.ч/т после перевода ДСП в ДППТУ-НП. 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 см<sup>3</sup>/100г металла, а пористость отливок всегда соответствует 1 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 баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93, а содержание водорода, как правило 0,1-0,2 см<sup>3</sup>/100 г металла, в литом состоянии ряда сплавов может достигать максимум 0,4 см<sup>3</sup>/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, производимого в них, и снизить его себестоимость? Да, это можно сделать с помощью ДППТУ-НП.

По существующей технологии 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.

Существенное снижение затрат плавильного передела, улучшение качества стали можно получить за счет установки в существующем плавильном комплексе (дуговая печь, УПК, вакууматор) ДППТУ-НП. Возможность выплавки в ДППТУ-НП практически любых сплавов, в состав которых могут входить Cr, Mn, Si, Al, Ti, W, Mo и др., расплавов шлаков практически в любых соотношениях элементов, позволяет значительно снизить вредное воздействие дуговых разрядов переменного тока на расплав. В процессе переплава вторичных материалов в ДППТУ-НП малой подбирается состав легирующих и раскисляющих элементов, обеспечивающих их объемный вес выше веса 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.

Расчетный расплав и рафинирующий шлак из ДППТУ-НП сливается в УПК, а затем туда же заливается расплав из плавильных печей. 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% 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, достигается высокое качество стали непосредственно в печи, и применять УПК и установки вакуумирования мы не рекомендуем. Более того, обработка стали в УПК приведет к снижению качества стали.

Результаты промышленной эксплуатации ДППТУ-НП широко опубликованы и представлены на сайте ООО «НТФ «ЭКТА»: [www.stf-ecta.ru](http://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 использоваться в качестве шихты), на которые в настоящее время практически не обращают внимания.

### **Список литературы.**

1. В.С. Малиновский "Технико-экономические результаты промышленного освоения дуговых печей постоянного тока нового поколения", *Металлургия машиностроения*, № 6, 2004 г.
2. М.К. Закомаркин, М.М. Липовецкий, В.С. Малиновский "Дуговая сталеплавильная печь постоянного тока емкостью 25 т на ПО "Ижсталь". *Сталь*, № 4, 1991 г.
3. В.С. Малиновский, А.М. Володин, А.С. Богдановский "Результаты работы дуговой печи постоянного тока", журнал «МЕТ», № 6, 2004 г.
4. Патент № 2104450 РФ. С 22 В 9/21. "Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления" Малиновский В.С., 04.01.1995 г.
5. Патент № 2048662 РФ. С 22 В 9/20. «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления». Малиновский В.С., Чудновский А.Ю., Липовецкий М.М., 31.03.1992 г.
6. Патент № 2112187 РФ. Н 05 В 7/06. «Подовый электрод электропечи» Малиновский В.С., 13.03.1996 г.
7. Малиновский В.С., к.т.н.; Малиновский В.Д., Власова И.Б. (ООО «НТФ «ЭКТА», г. Москва), «Универсальные дуговые печи постоянного тока для металлургии и машиностроения». *Металлургия. Машиностроение*, №3, 2007 г.

**Адрес ООО «НТФ «ЭКТА»:** 115193, Москва, ул. Петра Романова, 7

e-mail: [info@stf-ecta.ru](mailto:info@stf-ecta.ru); сайт: [www.stf-ecta.ru](http://www.stf-ecta.ru)

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