

Малиновский В.С. к.т.н; Власова И.Б., Маслов Д.В.

## **Применение универсальных дуговых печей и миксеров постоянного тока нового поколения для ломопереработки.**

### **1. Актуальность работы.**

Экономический кризис выявил недостатки экстенсивного метода организации промышленного производства, основанного на достаточно примитивных принципах. Это в полной мере касается ломопереработки, в которой практически не используются современные технические решения, и не учитываются возрастающие требования к качеству производимого продукта. По-настоящему конкурентоспособные производства можно создать, оценивая реальную сырьевую базу и используя инновационные наукоемкие разработки, относящиеся к сфере высоких технологий. К таким, несомненно, можно отнести разработанные НТФ «ЭКТА» универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП и ДМПТУ). Они решают ключевые вопросы металлургии, в том числе при переработке вторичного лома, – энергоресурсосбережения, экологии, повышения качества производимой продукции и снижения ее себестоимости.

### **2. Краткая характеристика ДППТУ-НП и ДМПТУ.**

Оборудование и технологии были разработаны в развитие классических дуговых печей переменного тока и плазменных печей. В ДППТУ-НП и ДМПТУ сохранены все достоинства перечисленных выше печей, устранены практически все их недостатки, и за счет запатентованных новых технических решений создано оборудование по всем своим основным показателям превышающее показатели плавильных печей и миксеров любых типов.

ООО "НТФ" ЭКТА" готова вести поставку ДППТУ-НП от 0,5 до 80 т. и ДМПТУ от 0,5 до 150 т.

В ДППТУ-НП и ДМПТУ за счет управляемого магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава достигаются развитая эффективная поверхность взаимодействия системы шлак-расплав, идеальная гомогенность температуры и химического состава расплава, быстрое растворение и высокое усвоение легирующих элементов, интенсивная скорость ведения технологических процессов: десульфурации, дефосфорации, науглероживания, обезуглероживания расплава, удаление неметаллических включений, дегазация расплава; минимальный удельный расход электроэнергии, сокращается угар шихты, гарантируется высокое качество металла.

3. Наиболее важные показатели оборудования, существенные при ломопереработке.

3.1. Экология. Организация очистки переплавляемых материалов от органических и других включений.

Для организации и ускорения процесса плавки в ДППТУ-НП не применяются вспененный шлак, любые виды химических топлив и кислород. Это обеспечивает выполнение Киотского Протокола при минимальных затратах на систему пылегазоудаления и очистки.

На угар шихты в значительной мере играет газообмен печной среды с окружающим воздухом. Газообмен прямо связан с уровнем стабилизации электрического режима дуги. Колебания тока дуги приводят к колебаниям давления печных газов внутри печного пространства и вызывают повышение содержания азота и кислорода в атмосфере печи, поступающих из воздуха, причем, их содержание не зависит от направления колебаний тока вверх или вниз от среднего значения тока. В соответствии с уравнением  $PV=nRT$ , при постоянном объеме печи ( $V$ ), давление в печи ( $P$ ) является функцией температуры ( $T$ ) газа внутри печи. При колебаниях электрического режима происходит изменение температуры газов печной среды, и печные газы выбрасываются из печного пространства или засасываются в него. Этот режим характерен для ДСП и дуговых печей постоянного тока зарубежного производства, и устранен в ДППТУ-НП жесткой стабилизацией вводимой в печь мощности. Подавление газообмена позволило не осуществлять принудительной эвакуации газов из печи, резко снизить окисление металла поступающим в печь из воздуха кислородом, предотвратить насыщение металла азотом и кислородом. Также обеспечивается плавка в атмосфере газов, выделяемых из расплава, которые при плавке стали содержат большое количество  $CO$ . При необходимости, атмосферой печи можно управлять, подавая в нее принудительно любые необходимые для ведения технологии газы.

Электрическая дуга постоянного тока является мощным насосом, прокачивающим через себя печные газы. При этом, температура печных газов внутри печи достигает высоких значений, превышающих  $1000$  °С. При таких температурах невозможно образование диоксинов, фуранов, цианидов, других вредных соединений. В первый период плавки органические и другие, загрязняющие шихту материалы, испаряются, нагреваются внутри печи до высокой температуры, а при выходе из печи - воспламеняются и окисляются до простых соединений. Небольшое количество образующихся газов и организованный интенсивный поток воздуха в отходящий из печи поток печных газов,

обеспечивает высокую скорость горения печных газов и быстрое их охлаждение до температуры, как правило, ниже 100° С, т.е. обеспечиваются наилучшие условия для предотвращения образования вредных химических соединений. Система организации плавки гарантирует удаление вредных соединений из шихты, позволяет не вести подготовку загрязненной шихты перед плавкой. Эти условия невозможно выполнить в других плавильных печах.

**Таким образом, плавка в ДППТУ-НП обеспечивает наилучшую очистку шихты от органических включений в виде масел, СОЖ и др., а управляемый шлаковый режим позволяет выводить из расплава неметаллические включения и растворенные газы.**

Для примера, в таблице 1 приведены результаты замеров выбросов установки ДППТУ-6АГ на ОАО «Курганмашзавод», которая была создана методом реконструкции ДСП-6, при плавке стали 110Г13Л.

Табл. 1

Выбросы, г/с		ПДВ, г/с
Пыль	0,3301	0,9853
В т.ч. Мп	0,0266	0,1486

На рис.1 приведено сравнение удельных выбросов газов из печей: классических ДСП, комбинированных ДСП и ДППТУ-НП.

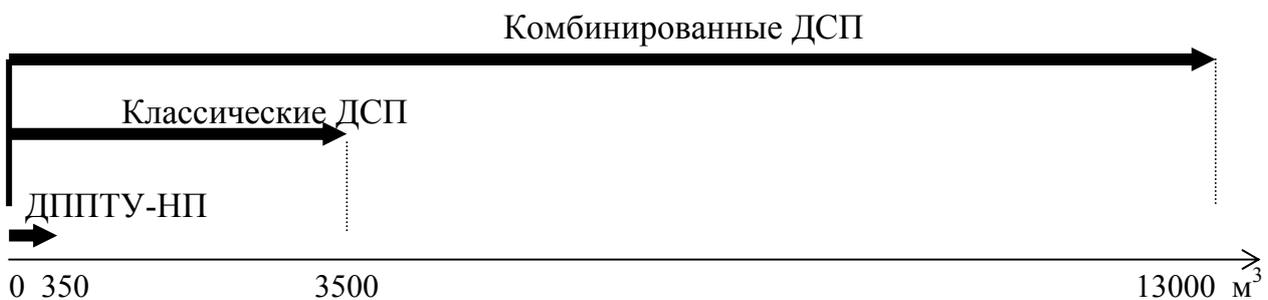


Рис.1. Сравнение удельных объемов пылегазовых выбросов из печных труб дуговых печей

Резкое уменьшение пылегазовых выбросов отмечено на всех печах, введенных в производство НТФ «ЭКТА». Это является одним из главных достоинств ДППТУ-НП.

Для условий России важно то, что ДППТУ-НП работают с полным сливом расплава, что делает безопасным использование влажной шихты.

### 3.2. Ресурсосбережение. Энергосбережение.

В ДППТУ-НП достигнуто практически полное устранение угара переплавляемых материалов. Это позволяет сохранять химический состав переплавляемых сложнолегированных сталей, сплавов, включая алюминиевые, что невозможно обеспечить в любых других типах плавильных печей.

Для примера, ПО "Ижсталь", реконструкция ДСП-25 в ДППТ-30.

На печи велось массовое производство инструментальной стали Р6М5. В результате реконструкции уровень пылегазовыбросов снизился в 7-10 раз, снижение уровня шума до санитарных норм, угар графитированных электродов до 1,5 кг/т расплава, удельный расход электроэнергии при работе на полной мощности до 12 МВт, на расплавление составил – 420-435 кВт·ч/т со временем расплавления 60-70 минут. Основной экономообразующей статьей является снижение расхода материалов плавки, которые составляют, кг/т металла: легированная шихта – 30-40; ферровольфрам – 0,3-0,8; ферромolibден – 0.3; феррохром – 1,5; феррованадий – 4,75. Затраты на реконструкцию печи окупились за 7 месяцев.

### 3.3. Обеспечение качества производимой продукции.

В ДППТУ-НП используются классические технологические процедуры, описанные в классической теории металлургических процессов. При этом параметры печей обеспечивают практически полное приближение параметров плавки к требованиям теории.

Для примера, ДППТУ-20 ОАО "Тяжпрессмаш". Печь создана путем реконструкции ДСВ-20. Вместимость печи 22-30 т, 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 ДСП, в т.ч. рудный кип. При этом были получены следующие результаты – табл.2.

#### Улучшение показателей качества

(уровень повышения соответствия ГОСТ в %; за 0 – до реконструкции)

Табл.2

По химсоставу	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 – 45 %. На "старой" и "новой" печи завышение по фосфору более 0,035 % - 18 % и 2 % соответственно, а содержание серы более 0,025 % - 33 % и 15 %. Аналогичные изменения наблюдаются со средними значениями этих элементов.

Ниже приведены исследования микро и макроструктуры материала заготовок валов, проведенных 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, рыхлоты – нет, неметаллические включения – разрозненные, не выше 1,5 балл, стабильная микроструктура 6-7 балл.

По результатам анализа центральной заводской лаборатории плавки на ДСВ-20 и реконструированной печи ДППТУ-20 получены следующие результаты: отклонения по химсоставу 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 по мех. испытаниям: 1) разброс снизился на 20%; 2) сходимости увеличилась на 40 %; возрос уровень механических свойств на сталях: **25Л:**  $\sigma_b$  – на 5%;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_k$

- на 10 %; **35Л:**  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_B$  – на 10 %;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_k$  - на 15 %; **45Л:**  $\sigma_T$  – на 18 %;  $\sigma_B$  – на 15 %;  $\delta$  – на 11 %;  $\psi$  - на 12 %; **20ГСЛ:**  $\sigma_T$  – на 5 %;  $\sigma_B$  – на 12%; **35 ХМЛ:**  $\sigma_B$  – на 14 %; **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%.

Годовой экономический эффект от перевода печи составил около 52 млн. руб., по отдельным маркам стали экономия на 1 т жидкой стали составила 3600 руб. Срок окупаемости составил 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 экономического эффекта показана на рис. 2.



Структура полученного экономического эффекта показывает, что при экономии электроэнергии 250 квт·ч/т, она не стала главным экономическим показателем. Основной технико-экономических показателей являются стоимость сырья и материалов. В расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых составляющих. Все полученные результаты достигнуты при плавке обычного рядового лома без специальной подготовки.

Приведенные примеры показывают, что при ломопереработке в ДППТУ-НП достигается качество продукции, которое нельзя обеспечить на других типах печей.

### 3.4. Переработка цветного лома на примере производства алюминиевых сплавов.

Освоенная в ДППТУ-НП переработка цветного лома, включая алюминиевые сплавы, подтверждает необычайно высокие возможности новых печей. Ранее считалось, что любой дуговой метод их переработки не применим. Это действительно было так.

#### 3.4.1. Плавка сплавов и лигатур на основе алюминия.

Плавка в дуговых и плазменных печах алюминиевых сплавов – оборудование и технология была впервые успешно отработана в 1986-1987 гг. в СССР. (Разработка и исследование дуговой плавки алюминиевых сплавов. Отчет ВНИИЭТО 1986 г., научный и технический руководитель, к.т.н В. С. Малиновский). В работе была поставлена цель - освоить производство качественного литья из вторичных алюминиевых сплавов. Поставленная цель была достигнута, и в настоящее время многие процессы, связанные с плавкой качественного литья, переработкой отходов алюминиевых сплавов, включая стружку, шлаковых съёмов, шихты, содержащей стальные и др. пределки, выплавкой всевозможных лигатур на основе алюминия и раскислителей, успешно освоены в промышленности в ДППТУ-НП. Возможности плавки алюминиевых сплавов показал пример промышленной эксплуатации плавильных установок ДППТУ-0,5АГ. Данная установка может быть поставлена в двух вариантах комплектации – источник электропитания  $S=0,84$  МВА одна плавильная емкость – первый вариант и две плавильные емкости – второй вариант. Прототипом печи была плазменная – дуговая печь ПСП-06/07, разработанная в процессе работ изложенных в упомянутом выше отчете. Она была установлена на предприятии КЭМЗ (г. Ковров) и заменила четыре печи ИАТ-0,4 благодаря высокой производительности. Срок службы набивной футеровки - 13-14 лет, свод заменяется через 6-8 месяцев. Сквозной удельный расход электроэнергии на производство годного литья составлял 2800 кВт·ч/т при применении ИАТ-0,4 и уменьшился до 800 кВт·ч/т после пуска дуговой печи. Сокращение расхода электроэнергии обеспечено: резким снижением брака при производстве сложных отливок, значительным сокращением времени плавки, возможностью отключения оборудования в нерабочее время, низким 310-340 кВт·ч/т удельным расходом электроэнергии непосредственно при плавке в печи.

Плавка в ДППТУ-НП обеспечивает высокое качество металла. Так, серийно производится сплав 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.

Высокое качество алюминиевых сплавов можно показать на примере АЛ9. Сплав подвергался четырехкратному переплаву и на последней плавке расплав выдерживался в течение 40 минут (миксерный режим) В процессе переплавов и выдержек химический состав сплава практически не изменился. Металл содержал: Si - 7,1-6,9%; 0,25-0,23 %; Fe – 0,43-0,41 %. После 40 минут выдержки содержание Fe уменьшилось до 0,32 %. Никаких других мер повышения качества металла не принималось. Во всех случаях сплав АЛ9 отвечал требованиям ГОСТ 2685-75 и по механическим свойствам и по химическому составу и отличался повышенной дисперсностью неметаллических включений. В литом состоянии предел прочности 160 МПа (16 кг/мм), относительное удлинение 2%, твердость по Бринеллю НВ 50. Содержание водорода 0,2-0,4 см<sup>3</sup>/100г металла.

ДППТУ-НП является единственным агрегатом, в котором в процессе расплавления идет интенсивное удаление водорода и неметаллических включений. Быстрое расплавление позволяет при переплаве алюминия, имеющего стальные пределки, 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 переделом в газовых печах; при этом в разы сокращаются потери алюминия.

ДППТУ-0,5 для "Aluminium Alloys of Estonia AS". Печь предназначена для производства сплавов алюминия из вторичного алюминия, в т.ч. стружки, шлака. Вместимость печи доведена до 1 т. Кроме алюминиевых сплавов велось производство лигатур и раскислителей. Задачу облегчала футеровка подины, выполненная из магнезита, которая допускает нагрев расплава до 1720 °С. Осуществляется выпуск лигатур AlSi (10-60); AlFe (10-80); AlTi (5-70); AlSr, AlMn и других. Экономический

эффект процесса плавки можно оценить на примере производства раскислителя FeAl с содержанием Al – 20%. На момент производства 1 тонна шихтовой заготовки алюминиевого сплава составляла 1300 Евро, а стоимость 1т раскислителя = 1000 Евро.

#### 4. Высокоэкономичные методы переработки металлолома на базе комплексов ДППТУ-НП и ДМПТУ.

Комплексы позволяют вести в ДППТУ-НП при плавке алюминиевых сплавов сортировку лома и отделение от него стальных пределок, а также глубокое удаление неметаллических включений и водорода в процессе расплавления. После быстрого, продолжительностью 15 минут, расплавления проводится химический анализ, и металл переливают в миксер, если он по примесям не противоречит химическому составу выпускаемого сплава. Если же отклонения значительные, то металл переводят в паспортную заготовку, которая может быть использована при наличии заказа на сплав с соответствующим химическим составом, или на подшихтовку в миксер.

В миксере, нагреваемом дуговым разрядом с организацией перемешивания расплава, сплав доводят до заданного химического состава и из него металл разливают на слитки. Вместимость миксера определяется объемом металла, который должен быть слит из одной плавки. Вместимость плавильной печи может быть в 3-5 раз меньше вместимости миксера. При этом установленные мощности источников электропитания печи и миксера – одинаковые. Для примера, при длительности плавки в печи вместимостью 1 т. – 15 мин., заполнение миксера вместимостью 4-5 тонн происходит за 70-80 мин. Часовая производительность комплекса составит 3,5-4 т/ч, установленная мощность каждого источника электропитания – 0,8МВА. Удельный расход электроэнергии составит 350-400 кВт·ч/т, из них на расплавление – 290-310 кВт·ч/т. Специалистами НТФ «ЭКТА» разработан метод переплава сильно замасленной шихты с применением "горячего" кислорода, в этом случае удельный расход электроэнергии снижается до 170 кВт·ч/т, без увеличения угара расплава.

Комплексы могут быть применены при переработке любых видов лома - стального, чугунного, сплавов на основе Cu, Ni и т.д. При их переплаве методом карботермического восстановления в расплав переводится также окисленная часть шихты.

#### 5. Организация эффективной переработки металлолома с низкими затратами на основные фонды.

##### 5.1. Переработка стружки.

В ДППТУ-НП полностью решена проблема переработки стружки различных металлов, практически без угара металлической части шихты. Без потерь проводится переплав стружки сплавов на основе Al, Cu, чугуна, стали, включая высоколегированные марки типа Р6М5, 110Г13Л и других. Для примера, на ОАО "Костромамотордеталь" для переработки чугунной стружки НТФ «ЭЖТА» установила ДППТУ-ЗАГ. Агрегат состоит из двух печей вместимостью 3 тонны, запитанных от одного источника электропитания, и работает с завалкой поочередно работающих печей весом 5,5 т. Агрегат переплавляет чугунную, в том числе легированную и нерезисторы, не очищенную от СОЖ и песка стружку россыпью. Оборудование впервые обеспечило промышленную переработку стружки без отходов, решив серьезную проблему предприятия с рециклингом чугуна.

Наличие большого количества загрязняющих компонентов СОЖ, песка и др. в стружке не позволяют определить выход годного взвешиванием. Но он может быть оценен сравнением химического состава расплава с ТУ на металл, из которого стружка была получена. Данные сравнения приведены в таблице 3.

Табл.3

	C	Si	Mn	S	P
Требования ТУ, %	3,10-3,30	1,80-2,00	0,30-0,80	≤0,05	0,11
Фактические значения, %	3,63±0,8	2,28±0,13	0,4±0,04	0,007	0,11

Превышение содержания C, Si, Mn требований ТУ по-видимому вызвано восстановлением материалов СОЖ и песка из шлака. Низкое содержание серы является следствием классической десульфурации в ДППТУ-НП. Выплавляемый из стружки чугун является прекрасным материалом для производства качественного литья и сырьем для производства любых марок чугуна, включая высоколегированные и высокопрочные. Экономический эффект на момент проведения анализа складывался из разницы цены продажи стружки ~2000 руб./т и стоимости шихты для выплавки чугуна ~12000 руб./т.

#### 5.2. Производство синтетического чугуна из низкосортного стального лома.

Обычно, при решении вопроса об использовании стального лома планируется создание производств, например проката или других изделий, оборудование которых (МНЛЗ, прокатный стан, ковочный пресс и т.д.) требует значительных затрат на основные фонды. Срок окупаемости таких предприятий достаточно велик. При этом, более значительный доход и быструю окупаемость обеспечит простая переработка этого лома в более дорогие материалы, являющиеся остродефицитными для других

производств, например, в синтетический чугун с низким содержанием серы. Для такого производства кроме печи требуется только установка разливочного конвейера для производства шихтовых заготовок. Так, на ОАО "ГАЗ" НТФ «ЭКТА» установила ДППТУ-12. После повышения цен на литейный и передельный чугун печь была сориентирована на производство шихтовой заготовки для вагранок из синтетического чугуна. Чугун с содержанием углерода до 3,6%: получают путем сплавления брикетов из стальных листов и коксика в процессе расплавления шихты и нагрева расплава. Длительность плавки – 80 мин, вес плавки -12 т, экономический эффект – 3-4 тыс. руб. на тонну.

- 5.3. Переплав в ДППТУ-НП высоколегированных марок стали и сплавов, в том числе стружки, без потерь металла с сохранением химического состава и свойств.
- 5.4. Переплав нержавеющей сталей с глубоким обезуглероживанием без угара основных элементов.
- 5.5. Переплав шлаковых отвалов, в том числе с восстановлением окисленных элементов. На ОАО «Сухоложский завод вторичного алюминия» была освоена технология переплава шлаковых отвалов с двумя целями: получение алюминия и отгонки фтора и хлоросодержащих элементов для организации производства синтетического шлака.
- 5.6. ООО «НТФ «ЭКТА» поставила печи для переплава аккумуляторного лома с целью производства свинца.

#### 6. Перспективные разработки.

В настоящее время, с нашей точки зрения, появляется огромная проблема с переработкой стального лома. Для выявления сути проблемы, 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 диффузный характер, технология позволяет вести очистку металла от нерастворенных газов и неметаллических включений, проводить десульфурацию, дефосфорацию, науглероживание, обезуглероживание расплава, его легирование и рафинирование, его 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.

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», 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 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 трайп-аппаратов, в виде проволоки. Получаемый в УПК материал со строго выдержанным химическим составом, заданным маркой стали, не позволяет получить отливки с необходимыми для литья свойствами. В результате его дальнейшей обработки расплав оказывается, 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 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 хладноломкостью. С нашей точки зрения, 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, и может создавать массовые затруднения после того, как он станет сырьем в качестве металлолома для последующих плавов. Эта проблема может стать глобальной, ее отзвуки появились уже сегодня. Так, японские специалисты металлургии заявляют, что для производства, например, труб можно использовать только первичные материалы и нельзя использовать вторичный лом. Поставляемые из Японии стальные рельсы имеют существенный недостаток, связанный с невыполнением требований по хладностойкости и усталостной прочности. В Японии массовое производство стали ведется в УПК, установленных после конвертеров. К нам обращаются многие предприятия России, Украины, установившие УПК и имеющие не устраняемые проблемы, связанные с качеством металла. Ранее, когда сталь производилась в мартеновских печах и «медленных» дуговых, таких проблем в мире не возникало. С нашей точки зрения продукция, выпущенная с использованием синтезированной стали, так и металлолом, образованный в результате амортизации оборудования, изготовленного из нее, должны в обязательном порядке специальным образом маркироваться. Цены синтезированных сталей должны отличаться от цены стали, произведенной по классическим технологиям сталеварения, и цены металлолома из нее. Следует обратить внимание на то, что оборудования и технологий для переработки металлолома синтезированных сталей с очисткой ее от неметаллических включений в мире нет. В настоящее время производство синтезированной стали ведется в массовом порядке, по этому в дальнейшем будет нарастать ее количество поступающей на переработку в виде металлолома и естественно, отличить один лом от другого (сваренного) будет практически невозможно. Наличие в шихте синтезированной стали приводит к хладноломкости и усталостной прочности изделий. Поэтому для предприятий выпускающих ответственное литье, при производстве рельс, труб, вагонов и т. д. потребуется организация восстановления свойств металла, потерянных при производстве в УПК, для всех поставок металла этим предприятием и организация методики обследования поставляемой стали. Для этого потребуется специальное оборудование и технологии. Таким оборудованием могут быть специализированные ДППТУ-НП, с их широкими технологическими возможностями, базирующимися на классической теории металлургических процессов сталеварения. Восстановленные свойства синтезированной

стали позволяют использовать ее при производстве высококачественного металла, при этом себестоимость продукции будет значительно ниже себестоимости продукции, произведенной из первичного сырья, и это должно отражаться на ее цене при поставке потребителям.

Примыкающей проблемой является переработка «военного» лома, в состав стали которого модификаторы, образующие неметаллические включения, введены специально. Например, очень трудно провести разделку башни танка. Их можно переплавлять в специализированных ДМПТУ с большим объемом плавильного пространства. В накопленный в миксере расплав башня загружается целиком, металл науглероживается, проводится глубокий кислородный или рудный кип под специальным шлаком.

В заключение: наше оборудование и технологии по праву можно назвать продуктом высоких технологий. Их возможности далеко не полно использованы и имеют высокий потенциал дальнейшего развития, мы надеемся, на подключение специалистов разных отраслей для решения, возникающих на производстве проблем.

Более подробную информацию можно получить у специалистов ООО «НТФ «ЭКТА» и на нашем сайте: [www.stf-ecta.ru](http://www.stf-ecta.ru).