

Применение универсальных дуговых печей и миксеров постоянного тока нового поколения разработки «НТФ «ЭКТА» для ломопереработки, включая рециклинг алюминия

Считается, что плавку алюминиевых сплавов нельзя проводить в дуговых печах, как постоянного, так и переменного тока, поскольку под электрическими дугами реализуется острый перегрев металла, который совершенно недопустим.



РИС. 1. Пример: печной агрегат ДППТУ-6АГ, г.Сухой Лог Свердловская обл.

патент №2104450 "Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления"

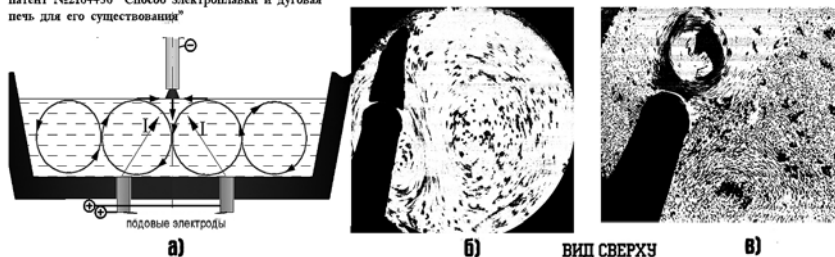


РИС. 2. Схема МГД перемешивания в ДППТУ-НП:

- А** — Перемешивание в поперечном сечении расплава
- Б** — Система МГД перемешивания включена
- В** — Система МГД перемешивания отключена

Этот недостаток дугового нагрева устранен в созданных научно-технической фирмой «ЭКТА» универсальных дуговых печах постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) (патент № 2104450 [1], рис. 1 и 10), где введена система технических решений, одним из элементов которой является организация принципиально нового способа электромагнито-динамического (МГД) перемешивания расплава (рис. 2). После создания ДППТУ-НП практически нет доводов для выбора других типов плавильных печей. МГД перемешивание и другие разработанные специалистами «НТФ «ЭКТА» технические решения позволили создать вид плавки, которому нет альтернативы по возможностям.

В процессе расплавления твердой шихты в ДППТУ-НП металл невозможно перегреть, поскольку образовавшиеся на поверхности металла капли расплава немедленно стекают. При МГД перемешивании расплава металл с высокой скоростью подтекает к пятну дуги, и, не успевая перегреться при коротком времени контакта анодного пятна дуги с металлом, с большой скоростью уходит вглубь расплава. Управляемое МГД перемешивание обеспечивает гомогенность температуры и химического состава расплава, а также эффективный теплоперенос от дуги в расплав, снимает ограничения в уровне подводимой мощности и обеспечивает высокую скорость плавления металла и нагрева расплава, что при переработке алюминиевого лома создает возможность не очищать его от стальных и прочих приделок, которые опускаются на подину печи, не успевая раствориться в алюминиевом сплаве.

ДППТУ-НП — универсальны. В них можно плавить любые черные и цветные металлы — медь, сталь, алюминий и т.д. Печи работают с полным сливом расплава, что позволяет организовать график работы в 1, 2 или 3 смены, а

также отключать печь на выходные дни. Снятие ограничения по температуре расплава, а также интенсивное его перемешивание создают возможность в ДППТУ-НП производить с высокой рентабельностью любые лигатуры и раскислители, различные материалы и модификаторы.

В ДППТУ-НП при плавке алюминия целесообразно применять магnezитовую футеровку, которая не смачивается ни алюминием, ни его окислами, и поэтому не зарастает в процессе длительной эксплуатации, а имея высокую теплоустойчивость — 1720 °С, снимает ограничения по температуре расплава. Магnezитовую футеровку нельзя использовать ни в индукционных, ни в отражательных печах, поскольку она требует высокой температуры сварки.

На первой нашей печи для плавки алюминиевых сплавов на «КЭМЗ» г. Ковров (20 лет назад) мы провели сварку футеровки, расплавив и перегрев в печи чугун, с тех пор футеровка используется без замены — до настоящего времени.

В процессе плавки алюминиевых сплавов в ДППТУ-НП проходит интенсивная термодиффузия, в результате которой из образовавшихся капель металла уходят растворенные в них газы и неметаллические включения. Таким образом, глубокое рафинирование металла является результатом самого метода плавки, что позволяет отказаться от использования экологически вредных хлорофторосодержащих флюсов.

При расплавлении шихты в ДППТУ-НП немедленно развивается высокая температура печных газов, подавляется газообмен печной среды с окружающим воздухом, отходящие из печи газы с высоким содержанием углерода и окислом углерода воспламеняются и догорают до простых соединений, не загрязняя окружающую среду. Это позволяет использовать для плавки в ДППТУ-НП любую загрязненную шихту без специальной ее подготовки (в т.ч. стружку с песком, СОЖ и маслами). Причем, переплав стружки происходит практически без потерь легирующих элементов.

В ДППТУ-НП применяются два вида дуговых разрядов — колонный и спиралевидный, которые так же, как и МГД-перемешивание, являются элементами системы технических решений, запатентованных специалистами НТФ «ЭКТА», — см. рис. 3(А) и рис. 4(Б); рис. 4(А) и рис. 4(Б). Управление формами дуговых разрядов позволяет оптимизировать режимы плавления шихты и нагрева расплава.



РИС. 3(А). Вид колонной дуги

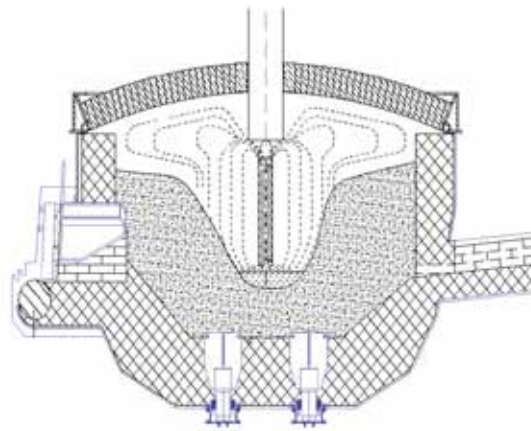


РИС. 3(Б). Движение газов при горении колонной дуги в ДППТУ-НП

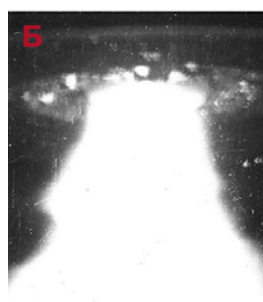
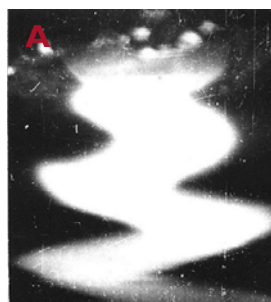


РИС. 4. Дуговой разряд спиралевидной формы: А — действительная форма разряда, выявляемая при скоростной фотосъемке; Б — форма разряда при визуальном наблюдении.

Стопы восстановительной плавки третьего периода

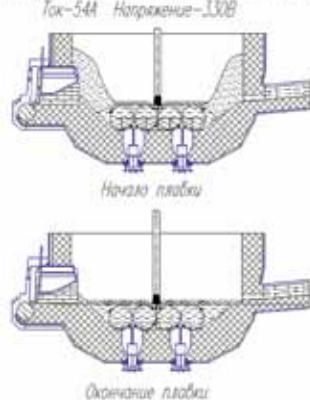


РИС. 5. Третий режим — доплавление шихты и нагрев расплава

ПЕРВЫЙ РЕЖИМ

Режим плавления с восстановлением окисленной шихты колонным разрядом

Колонный разряд (см. рис. 3(А) и рис. 3(Б)) характеризуется тем, что пандеромоторные силы закачивают печные газы в прикатодную область дуги. Газы проходят через дугу и выходят из нее в районе анода, что позволяет развить циркуляцию печной атмосферы и ее быстрый нагрев. При этом с поверхности металла идет интенсивное испарение различных органических и других примесей. А высокая температура печных газов не позволяет образоваться диоксидам, фуранам и другим печным выбросам. За счет стабилизации мощности дуги предот-

вращается подсос воздуха в печную атмосферу. При организованном выходе из печи печные газы воспламеняются и догорают до простых окислов CO_2 и H_2O .

Таким образом, режим начала плавки является лучшим способом очистки металла шихты от примесей — СОЖ, влаги, масел, и т.д.

ВТОРОЙ РЕЖИМ

Режим нагрева расплава спиралевидной дугой (рис. 4(А) и рис. 4(Б)) с управляемым электромагнитным гидродинамическим перемешиванием расплава.

При повышении плотности тока в графитированном электроде режим горения дуги изменяется. Дуга переходит во вторую устойчивую форму горения, приобретая вид спирали, и удерживается в пространстве продольным магнитным полем, формируемым изменившейся формой дуги. Этот режим позволяет быстро провести расплавление основной части шихты без перегрева футеровки и обеспечить максимальную теплопередачу энергии из дуги в расплав.

ТРЕТИЙ РЕЖИМ

Доплавление шихты и нагрев расплава

Третий режим подобен второму, но при этом напряжение источника



РИС. 6. Пример шихты (алюминиевая банка).



РИС. 7. Пример шихты (алюминиевые отходы, лом).

питания снижается, а ток дуги увеличивается (рис. 5). При этом доля энергии дуги, передаваемая непосредственно в расплав, увеличивается до 80–90%. Система МГД-перемешивания позволяет получить развитые процессы тепломассопереноса расплавов шлака и металла, и между ними; выполнять любые требования технологов по качеству металлов.

В ДППТУ-НП достигнуты следующие возможности:

- устранен локальный перегрев металла;
- значительно улучшены показатели качества металлов и сплавов;
- сокращен угар металлической части шихты, включая содержащиеся в ней легирующие элементы, даже при переплаве стружки;
- высокое, без потерь, усвоение легирующих элементов в процессе плавки;
- не изменяется химический состав исходного сырья шихтовых материалов;
- отказ от экологически вредных хлоро- и фторосодержащих флюсов;
- экономия энергетических затрат;
- повышение производительности труда;
- сокращение до минимума вредных выбросов в атмосферу, что исключило необходимость строительства мощных дорогостоящих систем пылегазоочистки.

В ДППТУ-НП нет ограничений по виду переплавляемой шихты, это могут быть как конструкционные детали, так и стружка, шлаковые от-



РИС. 8. Пример шихты (металлолом).

ходы алюминиевых производств и т.д. Фото — примеры шихты — см. рис. 6, 7, 8, 9.

При переплавке шлаковых отходов и стружки в ДППТУ-НП (см. рис. 9, 10) производится отгонка из шлаков фторохлоросодержащих элементов и дожигание вредных газов — углекислоты, СО и т.д. (без них возможно использование шлаков, например, в сталеплавильном производстве). Система плавки позволяет предотвратить образование цианидов, фуранов, диоксинов, СО в газовых выбросах.

Расход электроэнергии при переплаве лома всего на 10–15% выше те-

оретической энергии, необходимой на расплавление металла шихты. Другие источники нагрева в ДППТУ-НП не применяются. В то же время в процессе плавки можно провести глубокое рафинирование расплава и удаление газов и неметаллических включений из него.

Кроме дуговых печей постоянного тока ДППТУ-НП «НТФ ЭКТА» использует свою разработку — дуговые миксеры постоянного тока ДМПТУ. Сочетание ДППТУ-НП и ДМПТУ создает широкие возможности для создания новых технологий производства.

Вместимость миксера определяет объем 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.

Такая комбинация оборудования особенно эффективна при переработке легированного стального лома, сплавов на основе Al и Cu.

Например, можно установить плавильную печь ДППТУ-0,5 (вместимостью по алюминию до 400 кг) с длительностью плавления 8-10 минут, мощность источника питания 800 кВА, и дуговой миксер ДМПТУ-6 (вместимостью 6 тонн) мощностью источника питания также 800 кВА. Плавильная печь позволяет провести быстрое расплавление шихты, ее очистку от растворенных газов, неметаллических включений, стальных и прочих приделок, масел, СОЖ, песка и т.д., провести химический анализ расплава с целью определения его пригодности для получения конечного сплава, далее переливают металл в миксер. В миксере ведут накопление расплава и доведение его химического состава до товарных требований.

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 хим.состава сплава отливается в шихтовую болванку и используется для подшихтовки сплавов в миксере, химический состав которых соответствует составу шихтовой болванки.

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 ДППТУ-АГ можно последовательно и параллельно вести переплав различных металлов, например, алюминия, меди, стали. Емкости в агрегатной установке могут отличаться друг от друга вместимостью, например, одна из них может выполнять роль плавильной печи, с функцией сортировки лома, другая — функцию миксера.

Предприятия, оснащенные оборудованием ДППТУ-НП, ДППТУ-АГ

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

Оборудование ДППТУ-НП, ДППТУ-АГ и ДМПТУ-НП разработки ООО «НТФ «ЭКТА» позволяет создавать металлургические предприятия с минимальными затратами на основные фонды, т.к. сокращает затраты на пылегазоочистку, подготовку шихты, установку оборудования внепечной обработки металла, на оборудование питающих электрических сетей.

Производство алюминиевых сплавов в ДППТУ-НП является высоко rentable. Затраты на реконструкцию действующих предприятий с заменой индукционных или отражательных печей на ДППТУ-НП окупаются в срок — значительно менее 1 года, при этом устраняются проблемы, связанные с экологией производства.

Плавка сплавов и лигатур на основе алюминия

Оборудование ДППТУ-НП и ДМПТУ официально признано инновационным; достоверность результатов разработок ООО «НТФ «ЭКТА» подтверждаем примерами их промышленного освоения, которые приводим ниже.

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 съемов, шихты, содержащей стальные и др. приделки, выплавкой всевозможных лигатур на основе алюминия и раскислителей, успешно освоены в промышленности в ДППТУ-НП. Возможности плавки алюминиевых сплавов показали пример промышленной эксплуатации плавильных установок ДППТУ-0,5АГ. Прототипом печи была плазменная — дуговая печь ПСП-06/07, разработанная в процессе работ изложенных в упомянутом



РИС. 9. Пример переплавляемой шихты (стружка с высоким содержанием СОЖ и масел).

выше отчете. Она была установлена на предприятии КЭМЗ (г. Ковров) и заменила 4 печи ИАТ-0,4 благодаря высокой производительности. Срок службы набивной футеровки — более 20-ти лет, свод ремонтируют через 6–8 месяцев. Сквозной удельный расход электроэнергии на производство годного литья при применении четырех ИАТ-0,4 составлял 2800 кВт•ч/т и уменьшился до 800 кВт•ч/т после их замены на одну дуговую печь постоянного тока вместимостью 400 кг, не уменьшая при этом объемов производства. Сокращение расхода электроэнергии обеспечилось 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, на ДППТУ-0,5 в «СМК» Ступино, серийно производился сплав АК7ч (литье автомобильных дисков из вторичного алюминия), который соответствует химическому составу и превосходит по механическим свойствам ГОСТ 1583-93. В литом термобработанном состоянии на отдельно отлитых в металлическую форму образцах предел прочности $\sigma_B \geq 216$ МПа, относительное удлинение $\delta \geq 2\%$, твердость по Бринеллю $HB \geq 60$. На образцах, вырезанных из тела отливки, получают $\sigma_B \geq 317$ МПа, $\delta \geq 9\%$, $HB \geq 94,9$, при этом содержание Si —

от 6,15–7,15%, Mg — от 0,25 до 0,4%, Fe — 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 баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93.

Высокое качество алюминиевых сплавов можно показать также 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%; Mg 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 $\sigma_b \geq 160$ МПа (16 кг/мм), $\delta \geq 2\%$, твердость НВ ≥ 50 . Содержание водорода 0,2–0,4 см³/100 г металла.

Так как печь ДППТУ-НП является единственным агрегатом, в котором в процессе расплавления идет интенсивное удаление водорода и неметаллических включений, в ней быстрое расплавление позволяет при переплаве алюминия, имеющего стальные приделки, получать расплав без насыщения железом. Переплав, всегда сопровождаемый получением пористости соответствующей 1 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 переделом в газовых печах; при этом в разы сокращаются потери алюминия.

ДППТУ-0,5 для «Aluminium Alloys of Estonia AS» (см. Рис.1). Печь предназначена для производства сплавов алюминия из вторичного алюминия, в т.ч. стружки, шлака. Вместимость печи доведена до 1 т по алюминию. Кроме алюминиевых



РИС. 10. Плавка металлов в ДППТУ-НП с организованным дожиганием отходящих газов при плавке сильно загрязненной шихты (см. на рис. 9).

сплавов велось производство лигатур и раскислителей. Задачу облегчала футеровка подины, выполненная из магнезита, которая допускает нагрев расплава до 1720 °С. Освоен 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 составила 1300 Евро, а стоимость 1 т раскислителя = 1000 Евро.

В связи с получением в ДППТУ-НП высококачественных сплавов за счет управляемого МГД перемешивания, низкого содержания в расплаве газа и неметаллических включений, мелкозернистой структуры сплава, появляется возможность изготовления сложных и ответственных изделий с повышенными механическими и другими свойствами, в т.ч. герметичностью. Повышение качества заготовок также позволяет снизить брак после их механической обработки на 25–30 %.

Использование ДППТУ-НП обеспечивает снижение трудоемкости на 4–6 н.час/т, а экономия вспомогательных материалов достигает порядка 15–20 %. Так, например, в связи с высоким качеством расплавов, имеющих мелкозернистую структуру, содержащих в соответствии с ГОСТ минимальное количество газов ~0,15 г/см³, что соответствует первому бал-

лу пористости, и неметаллических включений не более 0,17 мм²/см² по технологической пробе Добаткина, отпадает необходимость в дегазации, рафинировании и модифицировании сплавов. При приготовлении сплавов в ДППТУ-НП также отсутствует необходимость в использовании покровно-рафинирующих флюсов. Их использование, как показала практика, не оказывает влияния на качество выплаваемых алюминиевых сплавов, но оказывает отрицательное влияние на возникновение газовыделений.

Дуговые печи постоянного тока нового поколения отличаются от всех других известных печей высокой экологичностью. При их использовании отсутствует необходимость в создании дорогостоящих систем пылегазоочистки. Использование ДППТУ-НП позволяет существенно улучшить экологические условия, как внутренние цеховые, так и внешние заводские — за счет уменьшения пылегазовыбросов и отсутствия в ряде случаев выполнения операций дегазации и рафинирования с использованием различных составов с содержанием солей хлора, фтора и др. элементов, отрицательно влияющих на экологию окружающей среды.

Выпускаемые в настоящее время ДППТУ-НП и ДМПТУ имеют высокую стойкость футеровки, высоконадежные конструктивные механизмы, печи и миксеры оснащены автоматизированной системой управления электрическими параметрами, кон-

троля и регулирования режимами плавки.

Практикой установлено, что высокая надежность работы ДППТУ-НП, простота их обслуживания, взрывобезопасность позволяют одной бригаде плавильщиков обслуживать две печи. Высокие технические показатели использования ДППТУ-НП имеют теоретические обоснования. Так, например, минимальный угар алюминиевых сплавов в пределах 0,5–1,5 % объясняется следующими факторами: отсутствием локального перегрева металла под дугой, обеспеченного управляемым магнитогидродинамическим (МГД) перемешиванием расплава, высокой теплоемкостью и теплопроводностью алюминия.

На низкое содержание в сплавах газа и неметаллических включений оказывает влияние высокая герметичность рабочей зоны печи, поэтому расплавленный металл в основном взаимодействует только с печной атмосферой, в которой содержатся пары графита, которые практически не взаимодействуют с жидким металлом, покрытым быстро образующейся защитной окисной пленкой алюминия. При быстром расплавлении верхних слоев алюминия, он стекает в ниже лежащие, более холодные слои и кристаллизуется, при этом из сплава выделяется водород. Интенсивное МГД перемешивание происходит без за-

мешивания окисной пленки, что способствует удалению ее из расплава. Несмотря на присутствие в атмосфере паров углерода наличия в сплавах углерода в виде карбидов отмечено не было. Об этом свидетельствуют высокие отрицательные значения энергии Гиббса (ΔG°). Так, например, реакция с азотом с образованием нитрида алюминия идет при $P_{N_2} = 1,68 \cdot 10^{-16}$ МПа, а изменение энергии Гиббса при образовании карбидов ($\Delta G^\circ_{Al_4C_3} = -36,8$ кДж/моль), то практически они образуются в крайне ограниченных количествах ~0,003 %, что практически не оказывает влияния на свойства алюминиевых сплавов.

На протяжении всего металлургического цикла плавания металла подавлено взаимодействие печной атмосферы с окружающим пространством, печная среда — нейтральная и не взаимодействует с металлом. Это препятствует окислению металла и способствует удалению из него водорода. Скорость диффузии газов в расплавленный металл минимальна ввиду пассивного состояния поверхности расплава за счет быстрого образования защитной пленки Al_2O_3 толщиной до 0,2 мкм. При переходе γAl_2O_3 в αAl_2O_3 при температуре выше 950°C окисление сильно замедляется.

Все вышеизложенное убедительно доказывает, что печи и миксеры ООО «НТФ «ЭКТА» предельно эффектив-

ны при организации переработки вторичных металлов: стали, чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, других металлов. Они позволяют переплавлять отходы практически без потерь, с минимальными затратами на защиту окружающей среды.

Многие освоенные в ДППТУ-НП процессы, например, плавку высококачественных алюминиевых сплавов и специальных высоколегированных сталей и сплавов, осуществить без потерь легирующих элементов стружки, в любых других плавильных печах мира невозможно.

Дуговые печи и миксеры постоянного тока Научно-технической фирмы «ЭКТА» (ДППТУ-НП и ДМПТУ) — в достаточной мере широко освоенный ряд промышленного оборудования для литейных и металлургических производств. ООО «НТФ «ЭКТА» готова вести поставку ДППТУ-НП от 0,5 т до 80 т и ДМПТУ от 0,5 до 150 т.

Оборудование и технологии «НТФ «ЭКТА» по праву можно назвать продуктом высоких технологий, его широкие возможности создают потенциал любому предприятию, а технико-экономическая эффективность и экология обеспечивают безусловную конкурентоспособность. ●

Малиновский В.С. к.т.н.;
Малиновский В.Д., Власова И.Б.,
ООО «НТФ «ЭКТА» г. МОСКВА

Литература

1. Патент № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления».
2. В.С. Малиновский (ООО «НТФ «ЭКТА»), Л. В. Брежнев, С. А. Гаевский, А. С. Крюков («КЭМЗ», г. Ковров) «Опыт промышленной эксплуатации ДППТ для плавки алюминиевых сплавов в ДППТ». Литейное производство, № 5, 2001 г.
3. В.С. Малиновский, В.Д. Малиновский, М. А. Мешков, Л. В. Ярных «Плавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока. Статус и перспектива новой технологии». Металлургия машиностроения, № 4, 2004 г.
4. В.А. Зыскин, С. И. Поздняков, В. С. Малиновский, В. Д. Малиновский «Выплавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока нового поколения». Труды VII Съезда Литейщиков России. Новосибирск, 2005 г.
5. В.С. Малиновский, В.Д. Малиновский, Л.В. Ярных, М.А. Мешков «Плавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока нового поколения», Металл. Оборудование, Инструмент. Январь–Февраль, 2004 г.
6. В.С. Малиновский, М. А. Мешков «Переработка лома и отходов алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока нового поколения».
7. В.А. Зыскин, С.И. Поздняков, В. С. Малиновский «Выплавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока нового поколения». Технология легких сплавов, № 1–2, 2006 г.
8. В.С. Малиновский, В. Д. Малиновский, И. Б. Власова «Переработка лома и отходов в универсальных дуговых печах постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) ООО «НТФ «ЭКТА», ж. «Металл», Минск, 2006 г.
9. И.Б. Власова; к.т.н. В. С. Малиновский; Малиновский В. Д. (ООО «НТФ «ЭКТА») «Высокоэффективное оборудование для переработки вторичных металлов — универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения», ж. «Рынок вторичных металлов», № 3, Москва, 2007 г.
10. В.С. Малиновский к.т.н., И.Б. Власова, Д.Г. Маслов (ООО «НТФ «ЭКТА») «Применение универсальных дуговых печей и миксеров постоянного тока нового поколения для ломопереработки». Москва, Конференция Ruslom 2009.
11. К.т.н. Малиновский В.С., Власова И.Б. «Решена ли сегодня задача эффективного переплава лома в качественную сталь». Доклад на конференции «Кот лома до качественной стали». Москва, конференция МИСиС — март 2010 г.
12. Результаты работы нового оборудования, внедренного в конце 2010 — начале 2011 г.г., А.С. Богдановский, И.Б. Власова, В.В. Долгополов, к.т.н. В.С. Малиновский, В.Д. Малиновский: «Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения «Научно-технической фирмы «ЭКТА». Минск, журнал «МЕТАЛЛ Информ», октябрь, 2011 г.
13. Малиновский В.С., Малиновский В.Д., Власова И.Б., Давыдов В.П., Капун М.Я. (ООО «НТФ «ЭКТА», г. Москва), Вальдберг А.Ю. (МГУИЭ, г. Москва) «Особенности решения экологических вопросов при выплавке металлов в дуговых печах постоянного тока нового поколения ООО «НТФ «ЭКТА» (версия для печати в ж. Электрометаллургия, май–июнь 2012).
14. В.С. Малиновский, Л.В. Ярных «Дуговые печи постоянного тока нового поколения» / Металлургия машиностроения, 2001, №1, с.2–13.
15. В.С. Малиновский, В.Д. Малиновский, А.В. Афонаскин и др. «Сравнение характеристик дуговых печей постоянного тока нового поколения и индукционных печей» / Литейщик России, 2002, №1с. 24–27.
16. М.А. Мешков. «Исследование и технология плавки алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока». Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. ЦНИИТ. Москва, 2002, с. 148.
17. М.А. Мешков. «Исследование процесса плавки алюминиевых сплавов дугой постоянного тока» / Технология легких сплавов, 2002, № 2, с. 20–26.