

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (ДППТУ-НП) ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.

**Малиновский В.С. (ООО «НТФ «ЭКТА» г. Москва),
Малиновский В.Д. (ООО «НТФ «ЭКТА» г. Москва),
Власова И.Б. (ООО «НТФ «ЭКТА» г. Москва)**

НТФ «ЭКТА» проводит разработку и комплектную поставку «под ключ» дуговых печей постоянного тока нового поколения вместимостью от 0,5 до 100 т; реконструкцию плавильного производства машиностроительных и металлургических предприятий с применением современного высокотехнологичного наукоемкого оборудования.

В ДППТУ-НП освоено производство:

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

Промышленное освоение ДППТУ-НП позволяет сделать обоснованный вывод, что в металлургическое и литейное производства пришел **НОВЫЙ ВИД ПЛАВИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**, позволяющий совершенствовать действующие технологии и создавать новые.

Конкретные технологические и другие результаты работ промышленного освоения ДППТУ-НП широко описаны в публикациях [1-9]; в данной статье приведены сделанные на их основе выводы.

Запатентованные специалистами ООО "НТФ "ЭКТА" дуговые печи постоянного тока нового поколения **синтезируют уникальные технологические возможности** следующими достоинствами:

- Система плавки устраняет локальный перегрев металла во все периоды плавки.
- Система магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава обеспечивает во все периоды плавки:
 - идеальную гомогенную структуру расплава по температуре и химическому составу;
 - высокую скорость растворения легирующих элементов;
 - многократное увеличение эффективной межфазовой поверхности шлак-расплав, расплав-подина печи, за счет чего резко увеличивается глубина и скорость прохождения процессов дефосфорации, десульфурации, науглероживания, обезуглероживания, особенно при рудном кипении;
 - удаление неметаллических включений и газов из металла;
 - высокую скорость восстановительных процессов, их глубину в шлаковой фазе и на границе раздела шлак-расплав.
 - За счет подавления образования первичного шлака при окислении материалов плавки МГД может поддерживать или полностью управлять основностью и свойствами шлака на всех стадиях плавки.
- МГД перемешивание, со специальными режимами управления дугового разряда, обеспечивает оптимальную теплопередачу из дуги в металл, при которой не требуется закрывать дугу вспененным шлаком; совмещать дуговой нагрев с продувкой металла кислородом и другими газами; применять газокислородные горелки и другие средства, приводящие к высоким потерям металла, выбросам в окружающую среду, резкому снижению

эффективности использования электрической энергии, потере качества металла, повышению себестоимости его производства.

- Система электропитания печей, управления электрическими режимами, подавления вихревых потоков в расплаве, "паразитных дуг", автоматический контроль и подавление дуговых пробоев на ответственных элементах, конструктивные решения обеспечивают высокую надежность основных элементов печей – подовых электродов, экономайзера, охлаждаемых элементов стен и свода.

- Автоматическое управление режимами работы печи, заложенное в систему электропитания, в сочетании с техническими решениями обеспечили подавление газообмена печной среды с окружающим пространством; позволили сделать управляемыми состав и температуру газа внутри печи; обеспечить минимальное пыле-газообразование при плавке; глубокое самопроизвольное сжигание газов до простых окислов при выходе из печи, их скоростное охлаждение и, как следствие - минимальные потери тепла с отходящими газами; практически полностью подавить образование окислов азота, диоксинов, фуранов, цианидов. Отказ от сжигания минерального топлива при плавке обеспечил требование Киотских соглашений.

- Для комплектации печей по техническим требованиям ООО "НТФ "ЭКТА" ведущими предприятиями России и за рубежом разработаны серия современных источников электропитания и система интеллектуального управления режимами плавки, реализующие выполнение единой энерготехнологической концепции печей и технологических процессов.

! Следует особо отметить, что Дуговые печи постоянного тока эффективны при использовании **СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**, разработанных и запатентованных ООО "НТФ "ЭКТА", в состав которых, наряду с использованием дуги постоянного тока, входят специальные режимы плавления и нагрева расплава, МГД перемешивание расплава, специальные технологии. Без взаимодействия элементов системы дуговые печи не эффективны [10-14].

ДППТУ-НП принципиально отличаются от других дуговых печей, включая дуговые печи постоянного тока, по конструкции, способу плавки, техническим и технологическим возможностям. Реализованные в промышленности универсальные возможности печей производства ООО "НТФ "ЭКТА" позволяют называть их дуговыми печами постоянного тока **НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**.

ДППТУ-НП – НЕ ИМЕЕТ АЛЬТЕРНАТИВЫ в плане реализации решений **КОМПЛЕКСА ЗАДАЧ**, позволяющих обеспечить **показатели КАЧЕСТВА** металла, трудно достигаемые на других типах печей. При этом **можно использовать любые рядовые дешевые шихтовые материалы**.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА и ДОСТОИНСТВА ДППТУ-НП:

- **Экологичность металлургических процессов** (низкий уровень пыле-газовыбросов)
- **Новый принцип магнитогидродинамического (МГД) перемешивания** расплава
- **Новые электрические режимы** расплавления шихты, нагрева и рафинирования расплава
- Низкий расход электроэнергии
- **ДППТУ-НП обеспечивает значительное повышение качества** производимых металлов и сплавов без использования дополнительного оборудования для шихтоподготовки и внепечной обработки, с применением дешевых шихтовых материалов
- **Широчайший диапазон номенклатуры** выплавляемых металлов и сплавов
- Возможность вести плавку из **дешевого сырья** - за счет ведения активных технологических процессов
- **Высокая надежность, взрывобезопасность** работы оборудования
- **Высокая производительность**
- **Низкий угар шихтовых материалов, графитированных электродов**

*С полной ответственностью **гарантируем** все вышеуказанные достоинства оборудования, которые **ПОДТВЕРЖДЕНЫ** практическими и статистическими данными и показателями.*

Печи надежны, взрывобезопасны, позволяют проводить разовую и с подзавалками загрузку, осуществлять полный и частичный слив металла, вести все известные активные металлургические процессы, связанные с обработкой металла шлаками, десульфурацию, дефосфорацию, науглероживание, обезуглероживание, глубокое рафинирование, рудный и кислородный кип. Базовые параметры стандартного ряда оборудования приведены в табл.1.

Базовые параметры стандартного ряда оборудования

Табл.1

Типы печей	Номинальная вместимость, т	Мощность источника питания, *(быстрая / медленная печь), МВА	Ориентировочное время расплавления под током *(быстрая / медленная печь), мин.		Угар шихтовых материалов, %	Угар Графитированных электродов, кг /т
			Сталь, чугун, сплавы на основе Co, Ni и другие	Сплавы на основе Al, Cu и другие		
ДППТУ-0,2	0,2	- /0,2	- /40-45	- /30-35	0,2-1,5	До 1,5
ДППТУ-0,5	0,5	- /0,84	- /25-30	- /15-20		
ДППТУ-1,0	1,0	- /1,0	- /35-40	- /25-30		
ДППТУ-1,5	1,5	2,2/1,0	25-30/50-55	15-20/35-40		
ДППТУ-3	3,0	4,3/2,2	20-25/50-55	15-20/35-40		
ДППТУ-6	6,0	4,73/4,3	40-45/55-60	25-30/35-40		
ДППТУ-12	12,0	10,79/-	40-45/-	25-30/-		
ДППТУ-25	25,0	2x10,79/10,79	45-50/85-90	-		
ДППТУ-50	50,0	3x10,79/2x10,79	70-75/90-95	-		

Примечание:

* Быстрая / медленная печь – время расплавления: менее 40...50 мин. /до 60 и более мин., соответственно.

Энергетические показатели печей:

Расход электроэнергии на расплавление 1,10 - 1,20 от теоретического расхода энергии на расплавление.

Расход электроэнергии на доводку металла – 1,10-1,15 от теоретических энергозатрат на технологические операции.

Низкий угар элементов – 0,2-1,5 %, отсутствие теплопотерь с первичным шлаком и низкая энергоемкость отходящих печных газов, высокая скорость плавления и проведения технологических процедур объясняют рекордно низкий расход электроэнергии.

Экология. Как правило, для работы ДППТУ-НП не требуется дополнительного введения системы пылегазоочистки, достаточно применения внутрицеховой вытяжной вентиляции.

Высокая температура газа внутри печи, подавление газообмена с окружающей средой, высокая концентрация моноокислов, низкий угар шихты, практическое отсутствие азота и кислорода в печном пространстве устраняют возможность образования диоксинов, фуранов, окислов азота, цианидов. При выходе из печи в систему вентиляции горячие печные газы воспламеняются и догорают до простых окислов CO₂, H₂O. Это позволяет не проводить очистку шихты перед плавкой.

Магнитогидродинамическое перемешивание обеспечивает идеальную гомогенность температуры и химического состава расплава, устраняет возможность его локального перегрева. МГД перемешивание позволяет вести технологические операции с высокими скоростями и глубиной.

Футеровка печи выполняется из традиционных огнеупорных материалов без специальных требований, выбираемых для ведения конкретных технологий, с температурой расплава от 200-400 °С (свинец, олово) до 1720 °С (сталь, лигатуры, ферросплавы и др.). В процессе работы проводятся горячие и холодные ремонты футеровки с использованием

отработанных приемов для ДСП. По требованию Заказчика, стены и свод печей могут быть выполнены водоохлаждаемыми.

За счет изменения формы футеровки емкость печи может быть увеличена на 30 % от номинальной.

Реконструкция плавильного производства с внедрением ДППТУ-НП окупается обычно в течение 3-х–15-ти месяцев, в зависимости от сортамента выплавляемого металла и необходимой производительности.

Базируясь на результаты промышленного применения ДППТУ-НП, предлагаются конкретные ответы на вопросы.

Почему Вам стоит установить ДППТУ-НП для плавки стали ?

В отличие от индукционных печей:

- В ДППТУ-НП **освоено производство** различных марок стали, в том числе углеродистых, высоколегированных, инструментальных, штамповых, азотосодержащих, конструкционных и других сплавов ответственного назначения; ряд из которых можно выплавить только в ДППТУ-НП.
- В России, как и во всем мире мало, высококачественной шихты и она дорогая.
- В ДППТУ-НП можно производить высококачественные сплавы из любой рядовой дешевой шихты.
- Требуемые высокие показатели качества металлов достигаются путем проведения активных металлургических процессов: шлаковой обработки, рудного и кислородного кипа, легирования, рафинирования и других, которые в индукционных печах неосуществимы.
- В ДППТУ-НП применяют любые традиционные футеровочные материалы, производство которых освоено в России многими предприятиями.
- ДППТУ-НП надежны, **ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫ**, технологически универсальны, позволяют проводить разовую и с подзавалками загрузку шихты, осуществлять полный или частичный слив металла. В них легко перейти с одной марки стали на другую, работать в одну, две или три смены.
- ДППТУ-НП позволяют обеспечить высокие **показатели КАЧЕСТВА металла**, трудно достигаемые на других типах печей.
- Технология производства стали в ДППТУ-НП не предполагает термическую или другую подготовку шихты перед плавкой и внепечную обработку расплава. Это обеспечивает экологические преимущества.
- При переплаве отходов собственного производства сохраняются практически все легирующие элементы.
- В ДППТУ-НП удельный расход электроэнергии всегда существенно ниже.
- Опыт промышленной эксплуатации ДППТУ-НП и индукционных печей показали, что невозможно, за редкими исключениями, обосновать целесообразность использования ИП для плавки стали при наличии оборудования и технологий ДППТУ-НП.

В отличие от печей ДСП:

Целесообразно установить ДППТУ-НП или реконструировать ДСП в ДППТУ по следующим причинам:

ДППТУ-НП имеет ряд преимуществ по сравнению с ДСП:

- Экологические – объем пылегазовыбросов в ДППТУ-НП в 5-10 раз ниже
- Угар шихты не превышает 1,5 %
- Потери ферросплавов на 70-95% ниже
- Угар графитированных электродов не выше 1,5 кг на тонну
- Уровень шума – на 15-20 ДБА ниже
- Удельный расход на 15-20% ниже

- ДППТУ-НП имеет уникальные технологические возможности:
 - // Система плавки устраняет локальный перегрев во все периоды плавки.
 - // Система МГД перемешивания расплава обеспечивает во все периоды плавки:
 - идеальную гомогенную структуру расплава по температуре и химическому составу;
 - высокую скорость растворения легирующих элементов;
 - многократное увеличение эффективной межфазовой поверхности шлак-расплав, расплав-подина печи, за счет чего резко увеличивается глубина и скорость прохождения процессов дефосфорации, десульфурации, науглероживания, обезуглероживания, особенно при рудном кипении;
 - удаление неметаллических включений, газов из металла;
 - высокую скорость восстановительных процессов, их глубину в шлаковой фазе и на границе раздела шлак-расплав.
- За счет подавления образования первичного шлака при окислении материалов плавки МГД перемешивание может поддерживать или полностью управлять основностью и свойствами шлака на всех стадиях плавки.
 - МГД перемешивание, со специальными режимами управления дугового разряда, обеспечивает оптимальную теплопередачу из дуги в металл, при которой не требуется закрывать дугу вспененным шлаком; совмещать дуговой нагрев с продувкой металла кислородом и другими газами; применять газокислородные горелки и другие средства, приводящие к высоким потерям металла, выбросам в окружающую среду, резкому снижению эффективности использования электрической энергии, потере качества металла, повышению себестоимости его производства.

Почему Вам стоит установить ДППТУ-НП для плавки чугуна ?

- В ДППТУ-НП освоено производство различных марок чугунов, в том числе и производимых в печах других типов.
- Производимый чугун обладает очень высоким качеством.
- За счет ведения активных технологических процессов, применяя процессы десульфурации и дефосфорации, управления содержанием углерода и других химических элементов, химический состав чугуна в ДППТУ-НП может быть доведен до любых требуемых показателей, при использовании любых видов шихты, включая расплав чугуна из вагранок.
- В ДППТУ-НП ведется производство любых типов синтетических чугунов, что позволяет резко снизить стоимость шихты за счет отказа от передельного чугуна.
- В ДППТУ-НП освоена переработка любых видов чугуна, включая стружку, россыпь, загрязненную СОЖ и песком, практически без потерь химических элементов и с уменьшенным на порядок содержанием серы.
- Технология производства в ДППТУ-НП не предполагает термическую или другую подготовку шихты перед плавкой и внепечную обработку расплава. Это обеспечивает экологические преимущества.
- ДППТУ-НП надежны, **ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫ**, технологически универсальны, позволяют проводить разовую и с подзавалками загрузку шихты, осуществлять полный или частичный слив металла. В них легко перейти с одной марки чугуна на другую или на выплавку стали. Печи позволяют работать в одну, две или три смены.
- В ДППТУ-НП удельный расход электроэнергии всегда существенно ниже расхода электроэнергии в других типах печей.
- В ДППТУ-НП применяют любые традиционные футеровочные материалы, производство которых освоено в России многими предприятиями.
- Опыт промышленной эксплуатации ДППТУ-НП показал, что невозможно, за редкими исключениями, обосновать целесообразность использования других типов печей для плавки чугуна при наличии оборудования и технологий ДППТУ-НП.

Почему Вам стоит установить ДППТУ-НП для плавки алюминиевых сплавов и лигатур на основе алюминия?

Технологические особенности при выплавке алюминиевых сплавов и лигатур

При выплавке алюминиевых сплавов и лигатур из первичного алюминия и вторичного лома ДППТУ позволяют получать металл высокого качества без использования флюсов и таких солей, как $ZnCl_2$, $MgCl_2$ и др., что резко улучшило экологию производства. Глубокое удаление неметаллических включений и газов является особенностью вида нагрева и позволяет уменьшать в процессе плавки содержание водорода до $0,15 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ сплава, неметаллические включения до величины $<0,17 \text{ мм}^2/\text{см}^2$. Переплав в ДППТУ-НП позволяет повысить механические свойства заготовок в 1,5-2,0 раза, обеспечить высокую герметичность и значительно уменьшить брак. Угар металлической части шихты не превышает 0,5-1,5 %, высокая скорость плавки и полный слив металла позволяет при переплаве смешанного лома разделить алюминиевый сплав и железо.

Опыт работы, например, в Ступинской Metallургической Компании показал, что на вторичных сплавах удалось получить высокие механические свойства конструкционных алюминиевых сплавов типа АК7, АК7М2, АК9, используемых для ответственного литья. Значительно снижена стоимость литых автомобильных колес за счет отказа от использования первичных материалов (силуминовой группы и первичного алюминия).

Возможности ДППТУ-НП позволяют экономично производить на них любые виды лигатур и раскислителей типа $Al-Si$: 10-60, $AlTi$: 1-60; $AlMn$; $AlTiB$ и др. $AlSr$; $AlZr$ и др.

ДППТУ-НП позволяют также значительно улучшить показатели плавки медных сплавов.

Новые технологические возможности ДППТУ-НП:

* **Миксеры.** Весь типоряд печей может использоваться в качестве **миксеров** с расширенными технологическими возможностями – нагрев расплава, его десульфурация, дефосфорация, науглероживание, обезуглероживание, легирование, выдержка, дозированная раздача.

Кроме нагрева жидкой завалки миксер обладает возможностью плавки твердой шихты.

* **Агрегаты.** Необычайно **широкие возможности** для плавки металлов имеют дуговые печи постоянного тока нового поколения в агрегатном исполнении.

Установки включают в себя один силовой источник электропитания и две плавильные емкости.

Плавильные емкости могут:

- иметь одинаковую или различную вместимость, что позволяет увеличить коэффициент использования оборудования;
- футероваться разными футеровочными материалами для ведения кислого и основного процессов;
- использоваться для плавки разных материалов, например, в одной - сталь, в другой - медь;
- Отличаться по назначению.

Одна емкость предназначена для быстрой плавки с дегазацией металла, очисткой от неметаллических включений, отделения от стальных и прочих приделок при плавке алюминиевых отходов, дефосфорации и десульфурации (при плавке стали), науглероживания (при производстве синтетического чугуна), точного определения химического состава металла по его пригодности для производства конкретного сплава во второй емкости. Вторая емкость используется в качестве миксера, накопителя металла, его легирования и рафинирования, приготовления конкретных сплавов. Эти возможности также уникальны при производстве алюминиевых сплавов из вторичного сырья.

Другие технологические возможности ДППТУ-НП:

- ведение восстановительных плавов окисленных материалов,

- плавка, совмещенная с карботермией и алюмотермией,
- приготовление ферросплавов и лигатур с использованием рудных концентратов титана, никеля, кобальта и других рудных концентратов,
- переплав аккумуляторного лома с восстановлением окисленного свинца.

В заключение можно еще раз констатировать:

Установка традиционного оборудования, предлагаемого отечественными и зарубежными фирмами, на предприятиях России обеспечивает, в лучшем случае, их существующий мировой уровень технико-экономических показателей. Тогда как установка **ДППТУ-НП** позволяет **этот уровень существенно превзойти**, опираясь на развитую отечественную базу шихтовых, футеровочных материалов, производство печей, силовой и управляющей электроники, классическую теорию металлургических процессов; а также значительно сократить затраты на экологию.

Кроме нас, другие фирмы ведут рекламу аналогичных печей, но на сегодняшний день нам не известно ни одной запущенной в эксплуатацию печи, дающей высокие результаты и показатели печей ДППТУ-НП, производства НТФ «ЭКТА».

- **Опыт** промышленной эксплуатации ДППТУ-НП показал, что **невозможно**, за редкими исключениями, **обосновать целесообразность использования других типов печей** для производства различных марок металлов при **наличии оборудования и технологий ДППТУ-НП**.
- При организации производства ДППТУ-НП **обеспечивает самые низкие затраты** по сравнению с затратами на производство с применением других типов печей, **вследствие снижения** или **исключения расходов по опциям**, включающим оборудование для подготовки шихты, внепечную обработку, обеспечение экологичности технологического процесса, электро- и водоснабжение.
- ДППТУ-НП – **НЕ ИМЕЕТ АЛЬТЕРНАТИВЫ** в плане реализации решений **КОМПЛЕКСА ЗАДАЧ**, позволяющих обеспечить **показатели КАЧЕСТВА** металла, трудно достигаемые на других типах печей. При этом **можно использовать любые рядовые дешевые шихтовые материалы**.

«ДППТУ-НП» -

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ -

УНИКАЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ,

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- СТАВКА НА КАЧЕСТВО !

- *Все новые технические и технологические разработки ООО "НТФ "ЭКТА" запатентованы и имеют эксклюзивные права на применение [10-14].*
- *Оборудование, производимое ООО "НТФ "ЭКТА", сертифицировано РОССТАНДАРТОМ, имеет РАЗРЕШЕНИЕ ГОСГОРТЕХНАДЗОРА на разработку и применение.*

Список литературы:

1. А.В. Афонаскин, И.Д. Андреев, В.С. Малиновский и др. "Результаты первого этапа освоения дугового плавильного агрегата постоянного тока нового поколения на ОАО "Курганмашзавод". Литейное производство, № 11, 2000 г.
2. А.М. Володин, А.С. Богдановский, В.С. Малиновский "Результаты работы печи постоянного тока ДППТУ-20 на АООТ "Тяжпрессмаш". Литейное производство, №11, 2004 г.
3. М.К. Закомаркин, М.М. Липовецкий, В.С. Малиновский "Дуговая сталеплавильная печь постоянного тока емкостью 25 т на ПО "Ижсталь". Сталь, № 4, 1991 г.
4. А.В. Афонаскин, И.Д. Андреев (ОАО "Курганмашзавод") Доклад на семинаре "Дуговые печи постоянного тока". г. Рязань, АООТ "Тяжпрессмаш", 2004 г.
5. Н.С. Овсов (ОАО "Костромской завод "Мотордеталь"), В.С. Малиновский, Л.В. Ярных (ООО "НТФ "ЭКТА") "Первый этап освоения агрегата дуговых печей постоянного тока нового поколения для плавки чугуна" стружки"
6. 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.
7. 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". Metallurgia машиностроения, №4, 2004 г.
8. Зыскин В.А., Поздняков С.И., Малиновский В.С., Малиновский В.Д. «Выплавка алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока нового поколения». Труды VII Съезда Литейщиков России. Новосибирск, 2005 г.
9. Афонаскин А.В., Андреев И.О., Князев Д.В., Малиновский В.С., Малиновский В.Д. «Об эффективности работы дуговых печей постоянного тока нового поколения при выплавке чугуна и стали». Труды VII Съезда Литейщиков России. Новосибирск, 2005 г.
10. В.С. Малиновский "Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока". Патент РФ № 21090773.
11. В.С. Малиновский "Дуговая печь постоянного тока". Патент РФ № 2045826.
12. В.С. Малиновский "Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления". Патент РФ № 2104450.
13. В.С. Малиновский "Подовый электрод электропечи". Патент РФ № 2112187.
14. В.С. Малиновский "Дуговая печь постоянного тока". Патент РФ № 1464639.