

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ И МИКСЕРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ – ИННОВАЦИОННАЯ РАЗРАБОТКА ООО «НТФ «ЭКТА» ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКИХ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Несмотря на проведенную реконструкцию уже большого количества машиностроительных предприятий продолжает остро стоять вопрос о качестве производимого на них литья. Это связано в основном с качеством выплавляемого металла.

При реконструкции не оправдали себя установки печь–ковш (УПК) в которых процесс сталеварения заменен на процесс синтезирования стали, и не используются приемы классической теории металлургических процессов. Замена диффузионных процессов получения стали на объемные привели к высокой степени загрязненности металла неметаллическими включениями. Это негативным образом сказалось на таких важнейших свойствах как хладостойкость, усталостная прочность, привело к быстрому старению за счет перерекристаллизации материалов литья. При этом остальные свойства стали даже при использовании множества различных модификаторов, не превысили свойства, получаемые в мартеновских или в медленных дуговых печах, где сталь производят по классическим технологиям.

Широко внедряемые индукционные печи технологически пассивны, и качество производимого в них металла практически целиком зависит от качества шихтовых материалов. Широко известно, что амортизационный лом изделий, произведенных по классическим технологиям, подходит к концу. Т.е. очень быстро сокращается сырьевая база для производства качественного металла в индукционных печах.

Обращаем внимание на то, что среди большого количества публикаций, рекламирующих оборудование практически отсутствуют публикации, отражающие повышение качества продукции после его внедрения и соответствие продукции требованиям ГОСТов.

**При создании ДППТУ-НП была поставлена задача реализации металлургических процессов, проводимых по классическим технологиям, с возможно полным приближением к их требованиям, на новом уровне, позволяющем обеспечивать высокое качество металла независимо от качества сырьевой базы, а также решать другие важнейшие задачи, связанные с энергоресурсосбережением, экологией, безопасностью производства, повышением экономической эффективности, снижением непродуктивных затрат на основные фонды и т.д. Разработки ООО НТФ «ЭКТА» соответствуют целям, поставленным государственной программой.**

**Вопросы получения металлов высокого качества мы считаем ключевыми, в том числе для станкостроения.**

Инновационное направление наших разработок официально признано и документально подтверждено. Так, на Петербургской технической ярмарке, проводился конкурс на «Лучшую инновационную разработку в области нано технологий и в области металлургии и машиностроения». Среди 140 участников конкурса, представляющих передовые предприятия России, наша работа признана лучшей в номинации «Лучшая инновация в области передовых технологий машиностроения и металлургии» и награждена Дипломом I степени с вручением специального приза за разработку: «Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП и ДМПТУ) для создания наукоемких ресурсосберегающих, экологически чистых технологий для металлургических и машиностроительных производств, а также эффективной переработке вторичного лома» (2008 г., г. Санкт-Петербург).

Также ООО «НТФ «ЭКТА» была награждена Дипломом на 2-ом Международном промышленном форуме в Челябинске (2009г.) «За разработку инновационных технологий и оборудования».

Наши работы получили высокую оценку на форумах, международных и отечественных конференциях, съездах, выставках, в которых мы принимали участие.

Разработки Сертифицированы ГОССТАНДАРТОМ РОССИИ и защищены патентами.

**Ключевые конкурентные преимущества ДППТУ-НП и ДМПТУ  
базируются на системе патентных решений.**

Система патентных решений разделяется на 3 части:

1) Организация реализации эффективного расплавления шихты с минимальными угарами шихты и пылегазовыбросами, подавление образования токсических загрязнений в печных газах (диоксинов, фуранов, цианидов и др.), что позволяет вести не только активное расплавление шихты, но и в его

ходе решать вопросы очистки шихты от органических и других загрязнений, устраняя необходимость создания специальных производств шихтоподготовки. В ДППТУ-НП вопросы очистки шихты решаются более эффективно, чем в известных системах шихтоподготовки. Реализация базируется на идеях действующего патента № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.

2) Организация оптимизации технологического процесса плавки. Базируется на идее действующих патентов: № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. и № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.

В этих изобретениях запатентована принципиально новая управляемая система магнитодинамического перемешивания расплавов металла и шлака, позволяющая обеспечить однородную температуру и хим.состав расплавов металла и шлака, а также развитую эффективную поверхность взаимодействия металла и шлака между собой, устранение локальных перегревов расплава под дугой, эффективный теплоперенос из дуги в расплав.

3) В следующих изобретениях запатентованы технические решения, обеспечивающие надежную работу печной установки.

В частности, в патенте № 2285356 «Подовый электрод электропечи от 21 июня 2004 г.» и № 2112187 «Подовый электрод электропечи от 13 марта 1996 г.» защищен основной, главный элемент дуговой печи постоянного тока - подовый электрод.

В патентах: № 2295576 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 04 ноября 2004 г.; № 21090773 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 12 апреля 1996 г.; № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.; № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. защищены технологические приемы, обеспечивающие надежную работу подовых электродов.

В изобретении № 2045826 «Дуговая печь постоянного тока» от 30 апреля 1993 г. запатентована система защиты металлоконструкций печи от воздействия «паразитных» дуг, являющихся главной причиной разрушения элементов свода и корпуса печи при горении дуги постоянного тока. Паразитные дуги - это дуги, возникающие вследствие электропроводности атмосферы параллельно основной дуге между графитированным электродом (катодом) и металлоконструкцией печи: кожухом печи, водоохлаждаемыми экономайзером и сводом, другими элементами печи. Анодные пятна, располагаясь на металлических частях печи, быстро разрушают их. Изобретение позволяет диагностировать наличие паразитных дуг и в автоматическом режиме вести их подавление.

**Печи оснащаются современными системами микропроцессорного управления – фото 1, 2, 3, 4:**

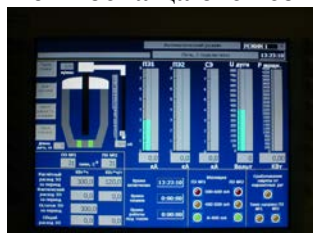


Фото 1.

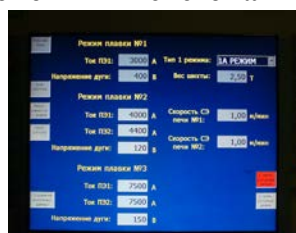


Фото 2.

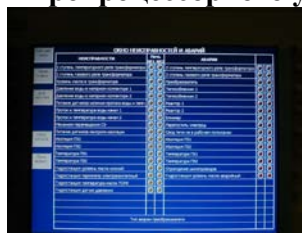


Фото 3.



Фото 4.

**Печи оснащены: - запатентованной системой управляемого магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава, по эффективности не имеющей аналогов в мире (см. фото 5 и Рис.1):**

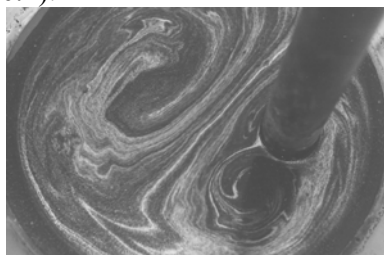


Фото.5.

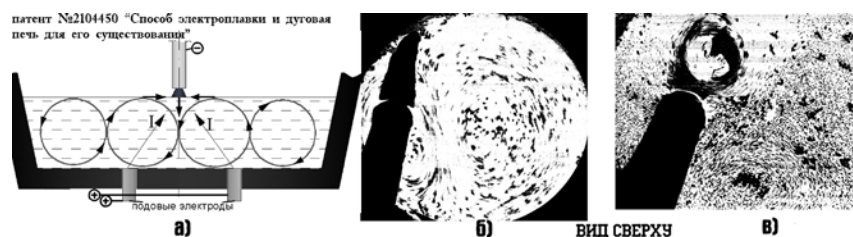


Рис. 1 Схема МГД перемешивания в ДППТУ-НП:

- а) перемешивание в поперечном сечении расплава;
- б) система перемешивания включена;
- в) система перемешивания отключена.

Внедренные в промышленность разработки ООО «НТФ «ЭКТА» получили высокую оценку Заказчиков, что подтверждается отзывами ведущих специалистов предприятий (см. сайт [www.stf-esta.ru](http://www.stf-esta.ru), раздел «Отзывы предприятий»).

**Перечень Отзывов  
ученых и специалистов различных предприятий и компетентных организаций  
о результатах промышленной эксплуатации оборудования ДППТУ-НП.**

1. Отзыв ОАО Metallургический завод «Электросталь» - Г.Н. Бирман (директор по техническому перевооружению ОАО «Metallургический завод «Электросталь»).
2. Отзыв на работу «Создание экологически чистых дуговых электрических печей нового поколения для плавки литейных сплавов» - Д.т.н., профессор А.А.Филиппенков (председатель Кмитета стального литья Российской ассоциации литейщиков).
3. Отзыв: «Об эффективности работы дуговой электроплавильной печи постоянного тока на ОАО «Курганмашзавод» - Д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель А.В. Афонаскин (технический советник генерального директора ОАО «Курганмашзавод»).
4. Отзыв на работу «Создание экологически чистых дуговых электрических печей нового поколения для плавки литейных сплавов» - Профессор, д.т.н. Б.А. Кулаков (Зав. Кафедрой литейного производства ЮУрГУ).
5. Отзыв: «Создание универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения для модернизации литейных и metallургических производств машиностроительных предприятий» - Письмо Министру образования и науки РФ А.А. Фурсенко за п/п Г.В. Самодурова (Президента Российской ассоциации производителей «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»).
6. Справка об экономическом эффекте от реконструкции ДСП №2 в печь постоянного тока ДППТУ-6 конструкции ООО «НТФ «ЭКТА» - Г.Н. Бобиченко (главный экономист ОАО «Metallургический завод «Электросталь»).
7. Отзыв ОАО «ГАЗ» г. Нижний Новгород «О работе печи постоянного тока ДППТУ-12» - В.И. Долженков (Управляющий ЛП ОАО «ГАЗ»).
8. Отзыв ОАО «НЗФ» г. Никополь, Украина: «О работе печи постоянного тока ДППТУ-1,5 при выплавке стального и чугуна, а также при переплаве отсевов ферросплавного производства» - В.И. Ольшанский (Директор по производству и технологии).
9. Отзыв ОАО «Автодизель» Ярославский моторный завод «О работе миксера в агрегатном исполнении ДМПТУ-12АГ» - Н.А. Шенчуков (Главный metallург).
10. Отзыв АО «Транснациональная компания «КАЗХРОМ» Аксуский завод ферросплавов – Филиал АО «ТНК «Казхром»: «О работе ДППТУ-6 в процессе производства товарного феррохрома ФХ800 при переплаве феррохромовых отходов различных фракций и концентраций» - А.В. Суслов (И.о. директора).
11. Отзыв ОАО «ТЯЖПРЕССМАШ» г. Рязань: «Об экономическом эффекте от перевода ДСВ-20 в печь постоянного тока ДППТУ-20 по методике ООО «НТФ «ЭКТА»» - Ю.И. Каукин (Главный metallург).
12. ОАО «МОТОРДЕТАЛЬ»: «Отзыв по использованию электродуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТНП), разработчик и производитель ООО НТФ «ЭКТА» (г. Москва)» - М.В. Петухов (Технический директор).
13. ОАО «ИЖСТАЛЬ»: «Отзыв о работах НТФ «ЭКТА» на ОАО «ИЖСТАЛЬ» - М.К. Закамаркин (Технический директор).
14. ОАО «КУРГАНМАШЗАВОД»: «Отзыв по использованию электродуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТНП), разработчик и производитель ООО НТФ «ЭКТА» для плавки различных марок стали, чугуна и других сплавов» - Д.т.н., профессор А.В. Афонаскин (Главный metallург).
15. Отзыв ОАО «ГАЗ» г. Нижний Новгород: «О запуске и преимуществах применения печи постоянного тока ДППТУ-12» - А.А. Колпаков (Главный metallург ОАО «ГАЗ»).
16. Академия инженерных наук Российской Федерации: «Отзыв о работе печей постоянного тока фирмы НТФ «ЭКТА» - Д.т.н., профессор В.Г. Лисенко (Президент РУО АИН им. Прохорова, Вице президент АИН им. Прохорова, Действительный член АИН, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Лауреат премии Правительства РФ).
17. ДИПЛОМ 1 степени в номинации «Лучшая инновация в области передовых технологий машиностроения и metallургии», за разработку: «Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП и ДМПТ) ООО «НТФ «ЭКТА» - для создания наукоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых технологий для metallургических и машиностроительных производств, а также эффективной переработке вторичного лома».
18. ДИПЛОМ международной специализированной выставки «Мир металла» г. Минск, Беларусь.
19. ОАО «ГАЗ» г. Нижний Новгород о запуске 2-ух миксеров постоянного тока ДМПТУ-12 с расходными показателями работы миксеров - В.Н. Долженков (Управляющий metallургического производства ОАО «ГАЗ»).
20. ЗАО "НЗЛ" г. Санкт-Петербург: "О запуске двух дуговых печей постоянного тока ДППТУ-0,5 и ДППТУ-3 ООО "НТФ "ЭКТА" с расходными показателями работы печей при запуске." – письмо за п/п Максименко Г.О. (Генеральный директор ЗАО «НЗЛ»).
21. ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» республика Беларусь; письмо №3588 от 09.06.2011г. за п/п Главного инженера - Матвеева Ю.Н.: о запуске универсальной дуговой печи постоянного тока ДППТУ-6 ООО "НТФ "ЭКТА", - с указанием расходных показателей работы печи

ДППТУ-6 (в сравнении с работающими на заводе печами ДСП) при проведении промышленных плавки стали 25Л, чугуна СЧ20 и ИЧХ28Н2.

22. Отзыв ОАО «Сухоложский завод вторичных цветных металлов» г. Сухой Лог Свердловская обл.; письмо № 02-04/1712 от 22.08.2011г. за п/п Главного инженера - Сурова О.А.: о запуске универсальных дуговых печей постоянного тока ДППТУ-6АГ ООО «НТФ "ЭКТА" агрегатного исполнения для производства стального и чугунного литья, с указанием основных расходных показателей.

*Все отзывы представлены сайте ООО «НТФ «ЭКТА»:* [www.nfecta.ru](http://www.nfecta.ru)

ДППТУ-НП по своим техническим и технологическим возможностям, а также областям применения принципиально отличаются от других плавильных печей, включая дуговые печи постоянного и переменного тока, индукционные и другие. Преимущества нового вида печей явились следствием применения системы технических решений, разработанных и запатентованных специалистами ООО «НТФ «ЭКТА».

Разработана комплексная система плавки, в которой использование дуги постоянного тока является одним из важных, но не единственным элементом процесса. В ДППТУ-НП использованы современные достижения силовой и управляющей электроники, результаты исследований физики дугового разряда, магнитной гидродинамики, металлургической теплотехники, теории металлургических процессов. Для реализации технических и технологических возможностей ДППТУ-НП и ДМППТУ по техническим требованиям ООО «НТФ «ЭКТА» разработано современное специализированное оборудование, в котором новые конструктивные элементы, режимы работы и процессы образуют единый эффективно действующий комплекс.

Этим наша разработка отличается от других зарубежных и отечественных аналогов, в которых совершенствуется известное оборудование или создается новое путем компоновки "старых" решений. При этом **основные недостатки оборудования и процессов** сохраняются, например: **индукционные печи** остаются взрывоопасными и технологически пассивными, требуют для производства качественного металла высококачественных шихтовых материалов; **дуговые печи переменного тока** позволяют вести активные металлургические процессы с получением достаточно качественного металла из обычной шихты, но при этом их работа характеризуется малой производительностью, высокими угаром шихтовых материалов, расходом электроэнергии и электродов, пылегазовыбросами, уровнем шума на рабочих местах, резкопеременными режимами работы, генерирующими помехи в систему электроснабжения и другими недостатками; современные дуговые печи переменного и постоянного тока отечественного и зарубежного производства рентабельны в металлургических производствах производительностью один и более миллиона тонн стали в год, если нет особых требований к качеству стали. Они оснащаются: газокислородными горелками, фурмами для подачи кислорода в расплав с энергетическими целями и для перемешивания металла, устройствами для вспенивания шлака, использованием угля, тепла отходящих газов; остаются энергоемкими, с большими потерями выплавляемого металла, шумными, экологически и электротехнически приемлемыми только при высоких затратах на системы пылегазоочистки и компенсацию помех, генерируемых печами и передаваемых в системы электроснабжения, с ограниченными технологическими возможностями, из-за чего их можно эксплуатировать только с устройствами внепечной обработки металла и подготовки шихты и практически нельзя использовать в литейных цехах машиностроительных предприятий, в которых возникают проблемы также с качеством выплавляемого металла.

**Ключевые преимущества и достоинства ДППТУ-НП:** новый тип управляемого магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава, осуществляемый на всех этапах плавления; новые электрические режимы расплавления шихты, нагрева и рафинирования расплава; **значительное повышение качества** производимых металлов и сплавов, а также возможность вести плавку из любой рядовой дешевой шихты - за счет ведения активных технологических процессов; высокая надежность, взрывобезопасность работы оборудования, производительность; низкие: угар шихтовых материалов (0,2-1,5%), графитированных электродов (до 1,5%), уровень шума, пылегазовыбросов; расход электроэнергии и т.д.

**Называть ДППТУ-НП печами нового поколения нам позволяют технологии, освоенные в промышленности, которые ранее проводить в дуговых печах было невозможно, это:**

- Плавка особо качественных алюминиевых сплавов и получение качественного литья из них, без выпечной обработки, переработка алюминиевого лома с максимальными потерями 0,5-1,5 %.
- Переплав легковесной шихты, включая стружку, практически без потерь металла, включая легирующие элементы в нем.
- Переплав металлизированных окатышей с пониженным коэффициентом восстановления, при котором осуществляется восстановление окисленной части окатышей.
- Производство синтетического чугуна, при котором расплавление шихты и науглероживание совмещены.
- Переплав стального лома, включая высоколегированный, с угаром, не превышающим 0,5-1,5 %, без потерь легирующих элементов в нем.
- Выплавка ферросплавов, включая ферротитан, с содержанием титана 70 % из ильменитового концентрата и рутила.
- Выплавка высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов сортамента ВИП.
- Выплавка некоторых марок стали, которые ранее можно было осуществить только в плазменных печах.
- Производство высококачественного литья из рядовой шихты.

**Конкурентные преимущества представлены на базе конкретных результатов** промышленного освоения печей модели ДППТУ-НП и миксеров ДМПТУ производства ООО «НТФ «ЭКТА». Они приводятся в сравнении с дуговыми печами переменного тока (ДСП) и индукционными плавильными печами.

### **Примеры промышленного освоения ДППТУ-НП производства ООО «НТФ «ЭКТА».** **Производство стали.**

#### **ДППТУ-6АГ ОАО "Курганмашзавод".**

Плавильный агрегат состоит из одного источника электропитания, подключенного к двум плавильным печам вместимостью по 6 тонн. Агрегат был создан путем перевода двух печей ДС-5МТ на питание постоянным током и эксплуатировался в течение 5 лет.

На предприятии был освоен выпуск сложного высококачественного литья из различных марок стали и чугуна на дуговых печах переменного тока. По своим технико-экономическим показателям это производство одно из лучших в России и поэтому полученные преимущества ДППТУ-6АГ являются наиболее объективными.

Осуществить перевод побудила возможность решить экологические проблемы не путем строительства системы пылегазоочистки, а реконструкцией печей.

В таблице 1 приведены результаты замеров выбросов из ДППТУ-6АГ при плавке стали 110Г13Л.

Таблица 1

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

Из данных, приведенных в табл.1 следует, что поставленная задача была решена. Одновременно, в среднем на 1 час, сократилось время плавки, значительно уменьшился расход электроэнергии. Наилучший результат - 392 кВт·ч/т, при стабильной работе – 450 кВт·ч/т. Средний расход графитированных электродов составил 1,39 кг/т, угар шихты уменьшился с 6,0-6,5 % до 0,5-1,0 %. Это дает экономию металла 50-60 кг/т, ферромарганца 11,6 кг/т.

Отмечено значительное повышение механических свойств стали 110Г13Л. В ДСП при твердости металла НВ 255...269 стрела прогиба составляла 2,5-2,8, балл аустенитного зерна 2-3. В ДППТУ при НВ 266 стрела прогиба – 3,6-4,4, балл аустенитного зерна – 1.

При выплавке стали 30ХМЛ процессы рафинирования в ДППТУ-6АГ протекают стандартно с более высокими скоростями удаления фосфора и серы. Особенно высокая скорость обезуглероживания - при рудном кипении, которая составляет 0,1 % в течение 3-5 минут. На предприятии освоено литье для запорной аппаратуры нефтегазового комплекса на давление 750 атмосфер с применением дешевого рядового лома.

При выплавке исследовалось содержание газов в образцах. Образцы изготавливались из клиновых проб, предварительно раскисленных алюминием в количестве 0,1 % по массе. Содержание газов приведено в таблице 2.

Таблица 2



Содержание газов, %		
№ образца	Азот	Водород
1	0,0145	0,00032
2	0,0125	0,00031
3	0,0150	0,00030
4	0,0090	0,00028
5	0,0011	0,00024

Цели реконструкции ДС-5МТ в ДППТУ-6АГ были достигнуты за счет существенного повышения технико-экономических показателей работы печи, улучшения качества выплавляемого металла, решения проблем экологии. Это позволило окупить затраты на реконструкцию за период – менее года.

#### ДППТУ-20 ОАО "Тяжпрессмаш".

Печь создана путем реконструкции ДСВ-20. Вместимость печи после реконструкции - 22÷30 т, по ограничению условий электроснабжения мощность ДППТУ-20 могла быть увеличена только с 8,5 МВА до 10,79 МВА, т.е. печь - "медленная". На печи установлен водоохлаждаемый свод, обработка расплава шлаком ведется по классическим технологиям, применяемым в ДСП, в том числе - рудный кип. В результате реконструкции получены сравнительные показатели, представленные в таблицах 3 и 4.

### **Сравнительная таблица показателей печей ДСВ-20 и модернизированной ДППТУ-20 на ОАО «Тяжпрессмаш» (г. Рязань)**

Таблица 3

Показатели	ДСВ-20	ДППТУ-20
Пыль, мг/м <sup>3</sup>	27,2	9,9
Шум, дБ (общий уровень)	98	84
Расход электроэнергии на 1 тн жидкой стали общий/по расплавлению, кВт·час	880/53 5	740/450
Производительность по жидкому, тн/час	4,54	7,16
Средняя продолжительность по плавкам, час	4,92	3,0
Средняя продолжительность плавания по плавкам, час	2,75	2,05
Угар металла общий, %	7-7,5	3,5-5
<i>Расход, кг/тн жидкого:</i>		
Графитированных электродов	14,0	2,12
FeSi	12,5	11,2
SiMn	13,0	11,8
FeMn	11,5	10,6
FeCr (инстр.ст.)	11,2	9,6
FeV (инстр.ст.)	7	4,7
FeMo (инстр.ст.)	2,1	2,1
Извести	48,0	20,7
Шамота (для наведения шлака)	12,1	2,7
Раскислительной смеси (известь, FeSi 45, кокс)	272, 78, 22	192, 46, 18
Магнезитовый кирпич на кладку	22	12
Количество проб в течение плавки, ед.	4-5	3-4
Количество шлака на плавку, тн	1,31	0,46
Годовой выпуск жидкой стали (слитки, фасон), т	12000	20600

#### **Улучшение показателей качества**

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

Таблица 4

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 хим. составу 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" печи плавки с содержанием фосфора более 0,035 % - было 18 %; с содержанием серы более 0,025 % - 33 %. Соответственно на "новой" печи плавки с содержанием фосфора более 0,035 % - 2 %; с содержанием серы более 0,025 % - 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 хим. 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 по мех. испытаниям:

1. разброс снизился на 20 %

2. сходимость 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 %.

40ХМА;  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_b$  – на 13 %;  $\delta$  – на 20 %;  $\alpha_k$  - на 20 %.

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.

1. Предел текучести на 90 %

2. Предел точности на 60 %

3. Относительное удлинение на 45 %

4. Относительное сужение – без изменений

5. Ударная вязкость на 80 %

Реконструкция печи ДСВ-20 с переводом на постоянный ток в ДППТУ-20 по технологии ООО «НТФ «ЭКТА» осуществлялась в 2003г. Годовой экономический эффект от перевода печи - около 52 млн. руб., по отдельным маркам стали экономия на 1 т жидкой стали составила 3600 руб. Срок окупаемости - 10 месяцев.

Учтенными экономообразующими статьями стали: замена науглероживателя - чугуна передельного на стальной лом и графитированную стружку (~ 12 млн. руб.), разделка шихты (~ 13

млн. руб.), снижение расхода ферросплавов (~ 3 млн. руб.), снижение электроэнергии (~ 2,2 млн. руб.). Структура полученного экономического эффекта подтверждает то, что даже значительная экономия электроэнергии не может быть главной целью реконструкции. Основой технико-экономических показателей являются стоимость сырья и материалов. В расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых составляющих.

**ОАО "Электросталь". Реконструкция ДС-5МТ в ДППТУ-6.**

Печь предназначена для производства высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов. Получены обычные для ДППТУ-НП преимущества, на новом техническом уровне ведутся технологии производства высококачественных металлов, проблем с насыщением металла азотом нет. Освоена технология выплавки около 250 марок высоколегированных сталей и сплавов.

**Пример производства вагонного литья.**

Испытания образцов вагонного литья, произведенного в ДППТУ-12 на ОАО ПО «Усольмаш» были проведены, Иркутским техническим университетом, в рамках научно-исследовательской работы - конечно-элементный, инженерный анализ отливок балка и рама грузовой тележки модели 18-100 в условиях статического и динамического нагружения. При выполнении моделирования испытаний на усталостную прочность отливок в соответствии с методиками ФГУП "ПО Уралвагонзавод" установлено: разрушение боковой рамы начинается после 3480000 циклов нагружения-разгружения (P min = 10 тн.с; P max = 60 тн.с); разрушение наддресорной балки начинается после 2150000 циклов (P min = 10 тн.с; P max = 80 тн.с). Такие высокие показатели превышают требования ГОСТ и ни на одном вагоностроительном предприятии не достигаются.

Методика испытаний ФГУП "ПО Уралвагонзавод" разработана с учетом коэффициента запаса прочности деталей равным 1,5. Результаты инженерного анализа, проведенные в рамках данной научно-исследовательской работы, показали увеличение запаса прочности по сравнению с данными ФГУП "Уралвагонзавод" в 1,2 - 1,3 раза, т.е. коэффициент запаса прочности равен 1,8-1,95.



Рис.6. Печь ДППТУ-12

**Химический состав и механические свойства стали 20 ГЛ, выплавленной в печи ДППТУ-12**

Таблица 5

Обозначение	Наименование сертификационного показателя	Ед. измерения	Значение показателя по НД	Номер плавки			
				360	369	372	375
				Условный номер отливки «Рама боковая»			
				8	16	20	24
ОСТ 32.183- 2001	<b>Химический состав (сталь 20ГЛ)</b>						
	- углерод	%	0,17-0,25	0,18	0,19	0,18	0,19
	- марганец	%	1,10-1,40	1,28	1,15	1,29	1,10
	- кремний	%	0,3-0,5	0,27	0,35	0,33	0,27
	- фосфор, не более	%	0,04	0,04	0,039	0,04	0,036
	- сера, не более	%	0,04	0,028	0,029	0,04	0,04
	- хром, не более	%	0,30	0,14	0,10	0,06	0,07
	- никель, не более	%	0,30	0,10	0,10	0,08	0,08
	- медь, не более	%	0,30	0,07	0,08	0,14	0,13
	<b>Механические свойства</b>						
- временное сопротивление, не менее, кгс/мм <sup>2</sup>	МПа ( <u>кгс</u> мм <sup>2</sup> )	490 (50)	66,3	61,0	61,8	57,4	
- предел текучести,	МПа ( <u>кгс</u>	294	47,0	42,0	42,0	38,0	



	не менее, кгс/мм <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup> )	(30)				
	- относительное удлинение, не менее	%	20	24,0	24,0	22,0	20,0
	- относительное сужение, не менее	%	30	49,9	46,0	34,2	32,0
	- ударная вязкость при +20 <sup>0</sup> С, не менее, кгс·м/см <sup>2</sup> , кси	$\frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$ ( $\frac{\text{кгс}\cdot\text{м}}{\text{см}^2}$ )	49 (5,0)	13,1	12,75	13,13	12,75
	- ударная вязкость при -60 <sup>0</sup> С, не менее, кгс·м/см <sup>2</sup> , кси	$\frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$ ( $\frac{\text{кгс}\cdot\text{м}}{\text{см}^2}$ )	24,5 (2,5)	6,7	6,25	6,25	6,25
	- микроструктура	-	феррито-перлитная (Ф+П) зерно № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9	Ф+П № 8÷9

По заявлению специалистов ООО «УсольВагонМаш»: «...ДППТУ-12, по сути дела, - уникальное сооружение, аналогов такой печи нет».

### Производство чугуна

#### ОАО "Курганмашзавод", ДППТУ-6АГ.

Освоена выплавка чугуна в дуговых печах постоянного и переменного тока. Эффективность выплавки значительно выше в ДППТУ-6АГ, чем в печах переменного тока.

На печи освоено производство синтетического чугуна без применения передельного и литейного чугунов. В печи ведется расплавление 5 т металла с расчетным содержанием углерода в металлической шихте 2,2 %. Науглероживатель – графитовая крошка электродного боя с содержанием углерода 96 % фракции 3-10мм, которая загружается на подину после выпуска предыдущей плавки. Усвоение углерода – 75 %, время расплавления, нагрева, науглероживания и доводки по элементам – 80 минут, расход электроэнергии при работе в две смены с длительными простоями печи – 630 кВт·ч/т. В шихте, передельный литейный чугун заменен стальным ломом 2А по ГОСТ 2787-75. Стоимость такой шихты более чем на 4 тысячи рублей за 1 т ниже стоимости шихты с чушковыми материалами. Остальная шихта – возврат собственного производства.

Окончательный химический состав синтетического чугуна был получен: С-3,60 %, Мn- 0,96 %, Si – 2,18 %, S-0,027 %, Р- 0,086 %. По содержанию углерода и кремния чугун соответствует марке СЧ15 согласно ГОСТ 1412-85. Однако механические свойства  $\sigma_b=11,0 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{мм}^2$ , НВ-229 соответствуют марке СЧ20. Высокие свойства обеспечиваются технологическими возможностями ДППТУ-НП,

На предприятии освоено также производство в ДСП и ДППТУ-6АГ серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 и высокопрочных чугунов ВЧ40-ВЧ70. Содержание перлита в СЧ30 возрастает с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30.

Плавка исходного чугуна для ВЧ осуществляется в печи с основной футеровкой. Активные шлаковые процессы и перемешивание расплава обеспечивают содержание серы не более 0,001 %, что позволяет уменьшить расход магниевой лигатуры до 1,0-1,2 %. Заметно возрастают механические свойства. Так чугун с содержанием элементов С-3,58; Si-2,13; Мn-0,68; S-0,007; Р-0,06; Cr-0,17; Ni-0,05 имеет предел прочности 68,0 кг·с/мм<sup>2</sup>, а относительное удлинение 12,0 %.

#### ОАО "ГАЗ", ДППТУ-12.

Печь установлена в сталелитейном цехе, не имеющем средств для производства чугунолитейного литья. 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 брикетированных из стальных листов брикетов 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.

#### ОАО "Костромамотордеталь", ДППТУ-3АГ.

Агрегат состоит из двух печей вместимостью 3 тонны и работает с завалкой поочередно работающих печей весом 5,5 т. Агрегат переплавляет чугунолитейную с СОЖ стружку росссыпью

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 6.

**Сравнение химического анализа расплава  
по основным элементам из стружки с требованиями ТУ** Табл.6

Наименование показателей	C	Si	Mn	S	P
Требования стандартов ТУ, %	3,10-3,30	1,80-2,00	0,30-0,80	≤0,05	0,11
Фактические показатели, %	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.

Экономический эффект работы складывается из разницы цены продажи стружки ~2000 руб./т и стоимости шихты для выплавки чугуна ~12000 руб./т.

Из приведенных выше примеров следует, что в ДППТУ-НП достигаются главные задачи реконструкции предприятия, связанные с качеством продукции, энергоресурсосбережением, экологией, короткими сроками окупаемости. Получаемые преимущества соответствуют мировому уровню или превышают его.

В тоже время предприятия, которые поддались рекламе и установили у себя индукционные печи, ДСП с установками печь-ковш (УПК) и вакууматорами, не смотря на высокие материальные затраты не получили требуемые показатели качества, в частности, по усталостной прочности, хладостойкости и другим. Это, например, подтверждает информация РЖД: на предприятиях, в том числе, оснащенных новым оборудованием, наблюдается высокий процент брака, связанный с качеством литья.

В мире, не имея технологий и оборудования ДППТУ-НП, разработанных и запатентованных специалистами ООО «НТФ «ЭКТА» в России, качественное литье при высокой стоимости, энергоемкости, экологических проблемах процесса подготовки шихты, взрывоопасности процесса плавки, производят в индукционных печах (ИП). Но, не смотря на использование в ИП дорогих высококачественных шихтовых материалов, которые в России практически отсутствуют, основные технико-экономические показатели ДППТУ-НП в них не достигаются.

### **Технологическая концепция ДППТУ-НП**

В качестве альтернативы существующему плавильному оборудованию специалистами НТФ "ЭКТА" разработана серия универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП), на которых освоена плавка стали любых марок, от Ст.3, Ст.40, ХМЛ, 5ХНМ, 4Х5МФС, 110Г13Л, Р5М5, Р18, нержавеющей хромоникелевых сталей, типа 10Х17Н13М3Т, 06Х20Н14С2; азотосодержащих типа 03Х17Г17ДАМБ; безникелевых нержавеющей сталей; штамповых сталей, типа 4Х5Р2ФС; высокохромистых сталей типа 95Х18, специальных сталей и сплавов, типа 14Х20Н25В5МБ-П и других аналогичных; серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30, высокопрочных чугунов ВЧ40 – ВЧ70 и др., сплавов на основе алюминия, типа АЛ-9, АК7ч, АК12-18 и др. лигатур на основе алюминия, типа АlSi 20-60, АlMn и др.; раскислителей, типа FeAl20Ti, FeAl30Mn30 и др., сплавов на основе меди, восстановительная плавка никеля, кобальта, марганца и др. Разработаны универсальные миксеры для чугуна, стали, сплавов на основе алюминия, меди.

В основу технологической концепции созданных печей положено условие, при котором они должны вести все классические операции известные из теории металлургических процессов в условиях приближенных к идеальным, т.е. в процессе расплавления и нагрева расплава должны быть подавлены локальные перегревы металла, газообмен печной среды с окружающим пространством, угар материалов плавки. Управляемое перемешивание расплава, температура и химический состав шлака с развитой за счет перемешивания поверхностью взаимодействия шлак-металл, обеспечивает гомогенность химического состава и температуру расплава во все периоды плавки, практическое отсутствие попадания в расплав материалов из источников нагрева, возможность ведения восстановительных и окислительных процессов, подавление

насыщения металла газами, в частности азотом или водородом, активное ведение дефосфорации и десульфурации при плавке чугуна и стали, удаление из расплава неметаллических включений и растворенных газов, диспергирование остающихся неметаллических включений, др. процессы. Все это обеспечило высокое качество металла, выплавляемого промышленных печах ООО «НТФ «ЭКТА», что было показано выше на конкретных примерах.

Настоящее инновационное предложение направлено на создание новых современных предприятий, в составе которых действует литейное производство или мини металлургический комплекс, а также на замену морально и физически устаревшего плавильного оборудования на этих предприятиях, то есть касается практически каждого металлургического и машиностроительного предприятия России.

Сегодня выбор комплектующего плавильного оборудования, к сожалению, глобально зависит от политики и давления зарубежных и Российских маркетинговых систем, в создание которых вложены значительные материальные средства. Интересы поставщиков массового оборудования (ABB, Induktorm, Даниэли, Фест Альпине и других) сосредоточены на решение цели – продажу оборудования, производство которого ими достаточно хорошо освоено, в его создание вложены очень серьезные финансовые средства. При этом, интересы Поставщиков и Заказчиков в конечном итоге могут не совпадать. Это оборудование поставляется практически во все страны мира, и на его базе невозможно создать высоко конкурентное отечественное производство.

ДППТУ-НП является продуктом вложения огромных финансовых средств в развитие науки для печестроения, которые ранее осуществлялись в СССР, и позволили, например, создать плазменные печи, не имеющие мировых аналогов. Эти разработки явились базисом при создании нового направления – печей ДППТУ-НП, которые реализуют все основные характеристики и возможности плазменных печей, в значительной мере их расширив. Результатом работы явилось создание оборудования, которое по всем основным показателям превышает уровень современных плавильных печей.

В связи с современной тенденцией подъема отечественного машиностроения наше предложение по внедрению дуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) производства ООО «НТФ «ЭКТА» является особо актуальным и не зря выводит себя на передовой уровень в мире, так как именно ДППТУ-НП, по сравнению с любыми другими плавильными печами (установками), влияет не только на серьезное снижение себестоимости выплавляемых металлов и сплавов, а значительно повышает их качественный уровень, кардинально улучшает экологию процессов, взрывобезопасно, приводит к значительной экономии энергетических и сырьевых ресурсов и т.д. (все преимущества подробно изложены выше).

Мы не проводили глубоких специфичных маркетинговых исследований. Но, оценивая сегодняшние обращения на НТФ «ЭКТА» запросов на поставку оборудования ДППТУ-НП, можно с уверенностью сказать, что основная масса всех металлургических и машиностроительных предприятий могли бы стать потенциальными Заказчиками нашего оборудования, в том числе еще и потому, что оно, в наибольшей мере, позволяет вести производство высококачественного металла независимо от качества сырьевой базы.

Подробная информация о результатах работ оборудования ДППТУ-НП в промышленных условиях изложена на сайте [www.ntfecta.ru](http://www.ntfecta.ru).

Президент ООО «НТФ «ЭКТА», к.т.н.

В.С. Малиновский

Генеральный директор

В.Д. Малиновский

Зам генерального директора  
по коммерческим вопросам и маркетингу

И.Б. Власова