

Доклад на тему: «Инновационные возможности универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения - это энергосберегающие технологии в промышленности, экология и безопасность технологических процессов»

Универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) были созданы на основе глубоких исследований в области физики дуговых разрядов, взаимодействия дугового разряда с металлом, магнитогидродинамических процессов, протекающих в расплаве, теплотехники и других процессов, определяющих эффективность плавки. На основе исследований были разработаны и запатентованы базовые электрические режимы плавки в ДППТУ-НП, решена задача эффективной передачи энергии из дуги в шихту и в расплав, эффективный теплообмен (организованный управляемым магнитогидродинамическим перемешиванием) в расплавах металла и шлака и между ними, подавление газообмена печной среды с окружающим пространством. Введенные технические решения определили инновационный характер оборудования и технологий ДППТУ-НП. В то же время процессы плавки в ДППТУ-НП опираются на законы классической теории металлургических процессов и максимально приближены к ее требованиям.

В ДППТУ-НП освоено промышленное производство и поставляется на экспорт в развитые страны более 250 марок низко и высоколегированных марок сталей и сплавов - специальных, конструкционных, износостойких, жаропрочных, инструментальных, для ответственных изделий, в частности, для производства вагонного литья, авиационных двигателей, тяжелых валов судовых двигателей, запорной арматуры для нефте- и газопроводов и др.; сплавов на никелевой основе; серых чугунов; сплавов и лигатур на основе алюминия; сплавов на основе меди и других цветных металлов; ферросплавов: FeTi, FeAl, FeCr и других.

Плавка металла в ДППТУ-НП ведется только за счет энергии электрической дуги, в то же время в ДППТУ-НП можно проводить любые технологические операции, определяющие качество металла – дефосфорацию, десульфурацию, рудный или кислородный кип, легирование, рафинирование и т.д. Эффективный теплообмен между дугой, шихтой и расплавом позволяет добиваться минимального расхода электроэнергии. Подавленный газообмен печной среды с окружающим пространством и устранение локального перегрева металла под дугой позволяет предельно сократить потери металла при плавке (до 0,5-1,5%). Плавка металла ведется в атмосфере CO, газы примеси, образующиеся в результате разложения и испарения органических и других материалов, загрязняющих шихту, разогреваются внутри печного пространства до T-ры 1200°C, при которой образование различного рода вредных веществ - диоксинов, фуранов, цианидов и др. невозможно. При организованном выходе из печи, печные газы воспламеняются и догорают до простых окислов. Подавление угара шихты практически устраняет выброс пыли из печного пространства. Это определяет экологию и безопасность ведения технологических процессов плавки.

В ДППТУ-НП за счет проведения классических технологий экономично достигаются важнейшие показатели качества, в том числе механическая и усталостная прочность, хладостойкость, формирование и стабилизация структуры и др. Они достигаются при использовании рядовой шихты без специальной ее подготовки. В отличие от современных процессов плавки стали, ДППТУ-НП позволяют сохранить практически все легирующие элементы материалов шихты.

Опыт промышленной эксплуатации ДППТУ-НП позволяет нам с полным правом отнести оборудование и технологии ДППТУ-НП к самым современным и эффективным. Нет ни одного важного показателя, по которому бы ДППТУ-НП не превышали бы показатели других видов плавильного оборудования на мировом уровне.

Разработки ООО «НТФ «ЭКТА», официально признаны инновационным наукоемким оборудованием высоких технологий для металлургии и машиностроения.

Длительное время при производстве качественного литья успешно применяли «медленные» ДСП, с удельной мощностью трансформаторов 360-380 кВт·ч/т. В 60-е – 70-е г.г. была предпринята попытка увеличить производительность печей, за счет увеличения удельной

мощности трансформатора, примером являются ДСП-25 «Кременчугского сталеплавильного завода», а теперь ДСП-20 – для завода в Тихвине. При отсутствии развитого тепломассообмена в ванне печи повышение мощности приводило к значительному перепаду температуры расплава в ванне печи, переоблученности футеровки. Поэтому быстро проходило начало расплавления, но в дальнейшем мощность электрических дуг приходилось уменьшать. При этом увеличение мощности трансформаторов на ДСП практически не приводило к увеличению производительности ДСП, а попытка вести ускоренные плавки, в числе прочего, негативно сказывалось на качестве металла. Поэтому дальнейшее развитие ДСП пошло в двух направлениях.

Первое направление. Для защиты подины от воздействия мощных дуг в начале плавки на ней оставляли «болото» - остатки металла от предыдущей плавки. Для повышения тепломассообмена расплава расплавление совмещали с продувкой металла кислородом, в дальнейшем вдуванием в металл угольной пыли в потоке кислорода; для защиты футеровки дуги погружали во вспененный шлак, и проводили дополнительный разогрев шихты различного рода горелками. При этом печи потеряли возможность производить сталь, и из них ушли все классические процессы сталеварения. В частности, отказались от восстановительного процесса плавки, а это значит, что в отходы плавки уходят практически все ферросплавы, наработанные предыдущими поколениями, и формируется шлак, загрязненный этими окисленными ферросплавами, и в шлак уходят окислы марганца, хрома, ванадия и т.д., являющиеся крайне вредными для экологии примесями. Саму сталь, отказавшись от классических законов сталеварения, стали синтезировать в установках печью-ковш (УПК), пытаясь улучшить ее свойства. Заменяя диффузионные процессы, протекающие на разделе шлак-расплав, на объемные процессы, свойственные технологиям УПК, стали получать материалы, перенасыщенные неметаллическими включениями, свойства которых повышаются за счет использования дорогостоящих лигатур. В частности, для связывания азота используют ферротитан, для формирования структуры металла – феррониобий, феррованадий и другие материалы. При этом практически стало невозможным обеспечивать хладостойкость стали, усталостную прочность, побудило стали к быстрому старению структуры, что делает спорным право применять производимые материалы, например, для вагонного литья, роторов турбин и другого литья ответственного назначения.

Как показал опыт предприятий, данное направление не позволяет производить металл высокого качества в литейном производстве. Оно является компиляцией дугового нагрева с плавкой в конвертере и мартеновской печи. Если посчитать стоимость сгоревшей шихты, включая присутствующие в ней ферросплавы, затраты на пылегазоочистку и подготовку шихты, специальные легирующие материалы при обработке металла в ковше, то никаких разговоров об экономии энергоресурсосбережении быть не может. И не может быть в полной мере признано энергоресурсосберегающим инновационным направлением.

Накопленный опыт производства стали позволяет провести объективное сравнение «революционных» способов ее производства с традиционными, тем более, с плавкой в универсальных дуговых печах постоянного тока нового поколения, предлагаемых ООО «НТФ «ЭКТА».

Второе направление. Заключается в совершенствовании методов дугового нагрева путем создания плазменных печей и новых технологий (которые проводились объединенными усилиями ведущих НИИ и предприятий Советского Союза в соответствии с постановлениями ЦК КПСС и Правительства СССР) и в дальнейшем – путем создания универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения специалистами ООО «НТФ «ЭКТА». Его суть подробно описана в [6] и на нашем сайте в разделе «Публикации» (статья под № 53).

Специалистами, которые действительно изучили работу ДППТУ-НП, на многих предприятиях принято решение о переводе ДСП в ДППТУ-НП. На ряде предприятий эта работа была уже проведена, и были получены результаты, подтверждающие, что нет ни одного значимого показателя, по которому ДППТУ-НП значительно не превышали бы показатели ДСП (см. публикации и отзывы на нашем сайте, которые также широко опубликованы в различных технических изданиях и СМИ).

В таблице 1 приведены сравнительные показатели ДСП-25, работающей на ОАО «КЗЗ» (г.Кременчуг, Украина) с показателями ДППТУ-25 (после планируемой реконструкции ДСП-25 с ее переводом на постоянный ток в ДППТУ-25 по методике ООО «НТФ «ЭКТА»).

Таблица 1

Тип печи/ ПОКАЗАТЕЛИ	Ед. изм.	ДСП-25 (данные ОАО «КСЗ» г.Кременчуг, Украина) (прогноз для ДСП-20 «Тихвинского вагоностроительного завода»)	ДППТУ-25 ООО «НТФ «ЭКТА»
Количество печей	Шт.	5	5
Номинальная емкость печи	т	25	25
Мощность источника питания	МВА	16	16
Время расплавления	Мин.	100	45-50
Общее время плавки	Час.	4	1,5
Средний удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	868	590
Угар и безвозвратные потери металлозавалки, в т.ч. ферросплавов	%	9,89	0,5-1,5
Усвоение марганца из марганцовосодержащих ферросплавов	%	90	98-99
Усвоение кремния из кремниесодержащих ферросплавов	%	50	97-98
Расход графитированных электродов	Кг/т	8,56	1,5

В приведенных на нашем сайте материалах показаны другие существенные преимущества ДППТУ-НП, связанные с экологией, взаимодействием работы печей с системой электроснабжения, значительным улучшением условий труда, снижением требований к шихтовым материалам при производстве качественного литья.

Большое удивление вызывает совершаемый сегодня выбор оборудования для тех предприятий, где особо высокие требования предъявляются к качеству литья. Так, по нашему мнению, выбранное оборудование для плавки на «Тихвинском вагоностроительном заводе», где планируют установить ДСП-20 с мощностью трансформатора 16МВА, - без инноваций, без энергоресурсосберегающих технологий, с низкими прогнозируемыми технико-экономическими показателями, не гарантирующими качество металла. Практически такие же печи ДСП-25 были установлены и запущены в производство на ОАО «КСЗ» (г. Кременчуг, Украина) в 1970 году, и по своим показателям ДСП-25 практически не могут в худшую сторону отличаться от показателей печей ДСП-20, планируемых для установки на «Тихвинском вагоностроительном заводе» (см.табл.1). При их создании допущена одна и та же ошибка, оправданная в 1970 году – начале пути создания мощных дуговых печей, и абсолютно не понятная - допускаемая в 2010 году. Следует обратить внимание на высокую квалификацию персонала Кременчугского сталеплавильного завода, это специалисты, которые в полной мере используют возможности ДСП-25. Моделирование сталеплавильных процессов на маленьких печах, например ДСП-1,5, для прогнозирования показателей ДСП-20 – не корректно, т.к. в этих (ДСП) печах резко отличаются условия тепломассообмена в системе дуга - расплавы шлака и металла. В ДППТУ-НП организованные управляемые режимы горения дуги и магнитогидродинамическое перемешивание

выравнивают условия теплообмена в больших и малых печах и гарантируют эффективный транспорт энергии из дуги в расплав, не допуская перегрева поверхности расплава.

Ниже мы приводим сравнительные результаты реконструкции печей переменного тока в печи постоянного тока по методике ООО «НТФ «ЭКТА», а также показатели новых универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения (ДПТУ-НП), действующих в промышленности.

1. Прежде всего - вопросы качества стали.

Пример производства вагонного литья на ОАО «УсольеВагонМаш». Завод опубликовал следующие материалы:

«...Поскольку на нашем предприятии эксплуатируются еще и печи ДСН-3 на переменном токе, мы провели определенные исследования с целью сравнения качества выплавляемой стали в печах ДПТУ-12 (на постоянном токе) и ДСН-3 (на переменном токе). Результаты такого анализа приведены в таблицах 2 и 3». Для наглядности приведены кривые зависимости ударной вязкости (КСУ) стали от температуры испытаний (соответственно с печей ДПТУ-12 и ДСН-3 (Рисунок 1).

На «УсольеВагонМаш» были получены показатели качества, которые в настоящее время на любом заводе, производящем вагонное литье, не достигаются.

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

Таблица 2

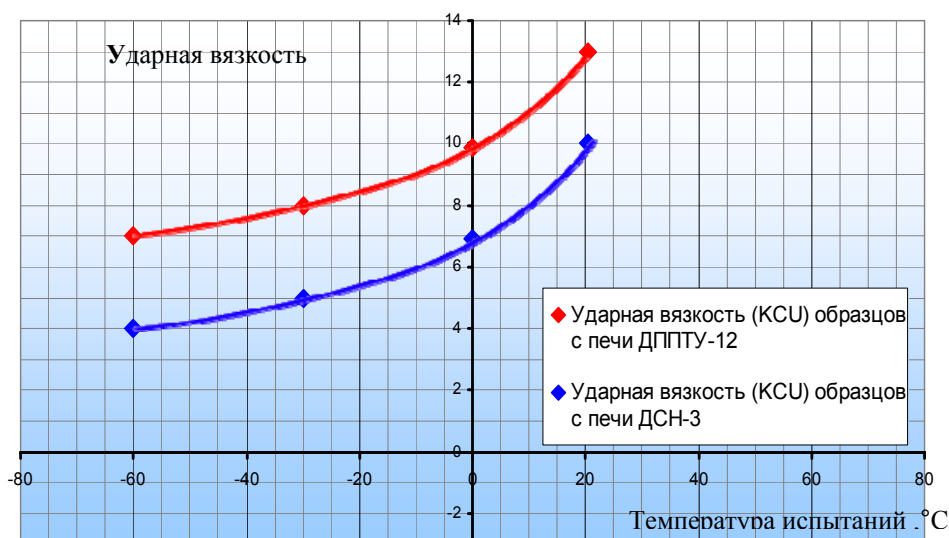
Обозначение	Наименование сертификационного показателя	Ед. изм.	Значение показателя по НД	Номер плавки			
				360	369	372	375
				Условный номер отливки «Рама боковая»			
				8	16	20	24
ОСТ 32.183 -2001	Химический состав (сталь 20ГЛ)						
	- углерод	%	0,17-0,25	0,18	0,19	0,18	0,19
	- марганец	%	1,10-1,40	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
	Механические свойства						
	- временное сопротивление, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс/мм ²)	490 (50)	66,3	61,0	61,8	57,4
	- предел текучести, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс/мм ²)	294 (30)	47,0	42,0	42,0	38,0
	- 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 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , ксу	$\frac{Дж}{см^2}$ (кгс·м/см ²)	49 (5,0)	13,1	12,75	13,13	12,75	
- ударная вязкость при -60 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , ксу	$\frac{Дж}{см^2}$ (кгс·м/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	

**Химический состав и механические свойства стали 20 ГЛ,
выплавленной в печи ДСН-3**

Таблица 3

Обозначение НД	Наименование сертификационного показателя	Ед. измерения	Значение показателя по НД	Номер плавки		
				33	38	43
ОСТ 32.183- 2001	Химический состав					
	- углерод	%	0,17-0,25	0,18	0,19	0,21
	- марганец	%	1,10-1,40	1,12	1,10	1,10
	- кремний	%	0,3-0,5	0,29	0,26	0,29
	- фосфор, не более	%	0,04	0,04	0,04	0,04
	- сера, не более	%	0,04	0,04	0,03	0,026
	- хром, не более	%	0,30	0,30	0,08	0,11
	- никель, не более	%	0,30	0,30	0,16	0,12
	- медь, не более	%	0,30	0,26	0,14	0,17
	Механические свойства					
	- временное сопротивление, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс/мм ²)	490 (50)	56,0	55,0	62,0
	- предел текучести, не менее, кгс/мм ²	МПа (кгс/мм ²)	294 (30)	37,0	36,0	42,0
	- относительное удлинение, не менее	%	20	22,0	24,0	10,0
	- относительное сужение, не менее	%	30	51,5	52,0	19,8
- ударная вязкость при +20 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	Дж/см ² (кгс·м/см ²)	49 (5,0)	10,88	10,25	8,5	
- ударная вязкость при -60 ⁰ С, не менее, кгс·м/см ² , кси	Дж/см ² (кгс·м/см ²)	24,5 (2,5)	5,5	4,0	1,75	
- микроструктура	-	феррито- перлитная (Ф+П) зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	Ф+П зерно № 8÷9	

Рис. 1. Кривые зависимости ударной вязкости (КСУ) стали от температуры испытаний
(соответственно с печей ДППТУ-12 и ДСН-3)



На «УсольеВагонМаш» были получены показатели качества, которые в настоящее время на любом заводе, производящем вагонное литье не достигаются.

В ДППТУ-НП освоено производство более 250 марок сталей и сплавов - специальных, конструкционных, износостойких, в том числе сталей типа 110Г13Л, жаропрочных, инструментальных, включая стали для производства вагонного литья, литья для производства авиационных двигателей, изделий для производства тяжелых валов судовых двигателей, запорной арматуры для нефте- и газопроводов и др.

В ДППТУ-НП, в частности, освоен промышленный выпуск:

■ Низко и высоколегированных сталей, инструментальных сталей типа Р6М5, Р18.

■ Нержавеющих хромоникелевых сталей – 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 08Х18Н10, 17Х18Н9, 10Х17Н13М2Т (ЭИ448), 10Х17Н13М3Т (ЭИ432), 12Х20Н14С2, 06Х20Н14С2, СВ–04Х19Н9, СВ–06Х19Н9Т, СВ-08Х21Н10Г6.

■ Азотосодержащих сталей – 03Х20Н16АГ6, 07Х13АГ20 (4С46), 03Х13АГ19 (4С36), 07Х13Н4АГ20 (4С52), 03Х19АГ3Н10, 06Х18Г9Н5АБ (4С51), 03Х19Н1516М2АВ2 (4С39), 05Х15Н916АМ (4С31), 06Х17Г15КАН (А43), 06Х17Г17ДАМБ (А9У).

■ Безникелевых нержавеющей сталей, штамповых сталей – 3Х3М3Ф, 35Х3МЭФС, 4Х5В2ФС (ЭИ958), 4Х2В5МФ (ЭИ959), 4Х2ВМФС (ДИ22).

■ Высокохромистых сталей – Х12, Х12М1, Х12МФ, Х12ВМ, 95Х18.

■ Литейных сталей 25Л-50Л, 35ХНЛ, 30ХМЛ, 28СГТЛ, 40ХЛ, 110Г13Л, 20Х13Л, Ст.3, Ст.20, Ст.40 и др.

■ Сплавов на никелевой основе типа ЭП742ЭП, 50Н, 47НД; специальных сталей и сплавов типа 14Х20Н25В5МБ-П, ХН68ВМТСК (ЭП693) и других аналогичных.

■ Серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30; ВЧ40 – ВЧ70 и др.

■ Сплавов на основе алюминия АЛ9, АК7ч, АК12, АК18 и лигатур на основе алюминия; сплавов на основе меди и других цветных металлов.

■ Ферросплавов – FeTi, FeAl, FeCr и других.

Вся продукция производится в ДППТУ-НП по классической теории сталеварения, отличается высоким качеством и соответствует ГОСТ-ам или превышает их требования. В ДППТУ-НП производятся стали с высокими требованиями, в том числе, по механической прочности, хладостойкости, усталостной прочности, износостойкости, стабилизированной структуре, отсутствию неметаллических включений и газовой пористости и др.

2. Примеры производства стали и чугунов различного назначения.

В ДППТУ-6АГ ОАО "Курганмашзавод" [7] 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.

В ДСП производство чугуна и стали ведется с использованием рядовой дешевой шихты и возврата собственного производства в соответствии с классическими технологиями.

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

В таблице 4 приведены результаты замеров выбросов из ДППТУ-6АГ при плавке стали 110Г13Л.

Таблица 4

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

Из табл.4 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 **экономии 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 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 атм. 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 5.

Таблица 5

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

Результаты являются стандартными при производстве сталей различных марок. Вместо увеличения стоимости выплавки введением системы пылегазоочистки для ДСП были получены очень серьезные технико-экономические показатели и улучшение качества, позволившие быстро окупить затраты путем реконструкции с созданием ДППТУ.

На ОАО "Курганмашзавод" в ДППТУ-6АГ [7] также было 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 %. Науглераживатель – графитовая крошка электродного боя с содержанием углерода 96 % фракции 3-10 мм, которая загружается на подину после выпуска предыдущей плавки. Усвоение углерода – 75 %, время расплавления, нагрева, науглераживания 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 следующий:

С-3,60 %, Мn- 0,96 %, Si – 2,18 %, S-0,027 %, P- 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 в ДППТУ-6АГ производство 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; P-0,06; Cr-0,17; Ni-0,05 имеет предел прочности $68,0 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{мм}^2$, а относительное удлинение 12,0 %.

ДППТУ-20 ОАО "Тяжпрессмаш"[7]. Печь создана путем реконструкции ДСВ-20. Вместимость печи 22-30 т, по условиям электроснабжения мощность ДППТУ-НП увеличена только с 8,5 МВА до 10,79 МВА, т.е. печь "медленная". На печи установлен водоохлаждаемый свод, используются классические технологии ДСП, в т.ч. рудный кип. В результате в ДППТУ-20 по сравнению с ДСП, были получены показатели, приведенные ниже в табл. 6.

Улучшение показателей качества после реконструкции ДСВ-20 в ДППТУ-20

(уровень повышения соответствия ГОСТ, в %;

за 0 – до реконструкции)

Таблица 6

По хим. составу	0	35
Предел текучести	0	90
Предел прочности на разрыв	0	60
Относительное удлинение	0	45
Ударная вязкость	0	80
Улучшение по УЗК валов (SEP1921)	0	45

Однородность химического состава и температуры расплава, уменьшение неметаллических включений значительно увеличивают степень переохлаждения при кристаллизации и, как следствие, создают благоприятные условия для улучшения структуры металла. Это подтверждается данными центра управления качеством и независимой экспертизой Франции. Отклонения по химсоставу снизились на 35 %, уровень механических свойств на сталях для отливок и кузнечных слитков на 5-20 %, уровень несоответствия ГОСТ снизился на 90 %, соответствие ультразвукового контроля повысилось в поковках на 15 %, экспортных валах – 45 %. На "старой" и "новой" печи плавки с содержанием фосфора более 0,035 % - 18 % и 2 % соответственно с содержанием серы более 0,025 % - 33 % и 15 %. Аналогичные изменения наблюдаются со средними значениями этих элементов.

Ниже приведены исследования 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 балла, стабильная микроструктура 6-7 балл.

По результатам анализа центральной заводской лаборатории плавки на ДСВ-20 и на печи, реконструированной в 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 механическим испытаниям:
 1. разброс снизился на 20 %,
 2. сходимось увеличилась на 40 %;
 - возрос уровень механических свойств на сталях:
 1. 25Л; σ_B – на 5 %; δ – на 7 %; α_K - на 10 %,
 2. 35Л; σ_T – на 9 %; σ_B – на 10 %; δ – на 7 %; α_K - на 15 %,
 3. 45Л; σ_T – на 18 %; σ_B – на 15 %; δ – на 11 %; ψ - на 12 %,
 4. 20ГСЛ; σ_T – на 5 %; σ_B – на 12%,
 5. 35 ХМЛ; σ_B – на 14 %,
 6. Ст 20; σ_T – на 8 %; σ_B – на 4 %; δ – на 6 %; ψ - на 9 %,
 7. 40ХМА; σ_T – на 9 %; σ_B – на 13 %; δ – на 20 %; α_K - на 20 %,
 8. 40ХН2МА; σ_T – на 11 %; σ_B – на 6 %; δ – на 8 %; ψ - на 4 %; α_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 %.

Годовой экономический эффект от перевода печи составил около 52 млн. руб., по отдельным маркам стали экономия на 1 т жидкой стали составляет 3600 руб. Срок окупаемости составил 10 месяцев.

Основными экономообразующими статьями стали: замена науглероживателя чугуна передельного на стальной лом и графитированную стружку ~ 12 млн. руб., на разделке шихты ~ 13 млн. руб., от снижения расхода ферросплавов ~ 3 млн. руб., электроэнергии 2,2 млн. руб.

Структура экономического эффекта показана на рис. 2.

Структура полученного экономического эффекта показывает, что даже **при высокой экономии электроэнергии (до 250 квт.ч/т)** она не может быть главной целью реконструкции. Основой технико-экономических показателей являются стоимость сырья и материалов. Из рис. 2. также следует, что установка с целью повышения производительности новых печей также быстро окупается. В расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых составляющих.

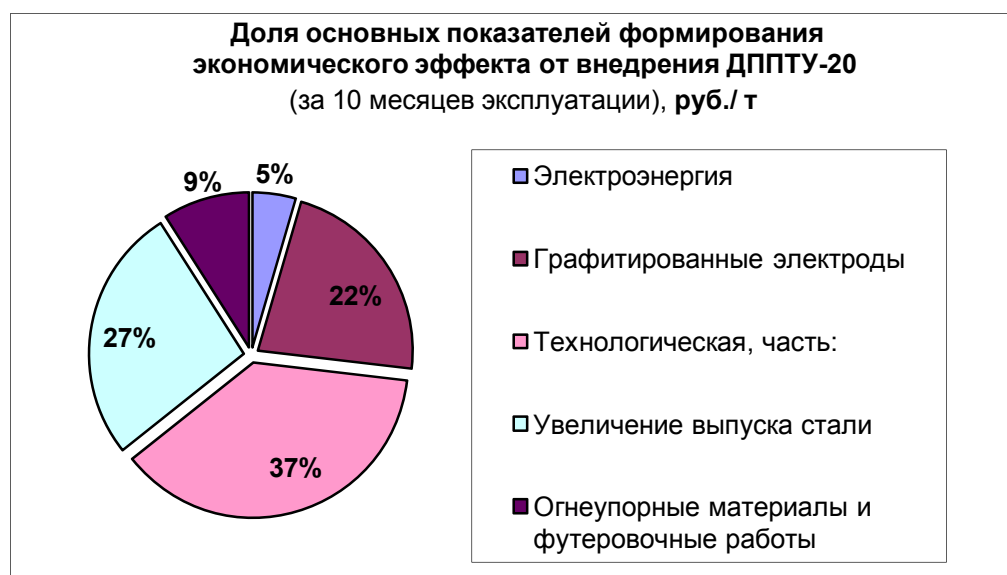


Рис. 2. Структура экономического эффекта

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 то же 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.

Мы предлагаем провести объективное сравнение показателей качества оборудования, созданного на основе комбинированных печей, УПК, индукционных печей широко внедряемых в настоящее время в промышленности, с показателями ДППТУ-НП, приведенными нами [6], [7].

Для применения в большой металлургии мы предлагаем ДППТУ-НП в агрегатном исполнении. Например, для производства **500000 тонн стали в год** мы предлагаем использовать агрегат, в состав которого входят две плавильные емкости вместимостью по 80 тонн. Агрегат оснащен 2-мя источниками питания: плавильным, мощностью 50 МВА, и технологическим,

мощностью 24МВА. Источники питания оснащены переключателями, позволяющими в одной печи вести плавление металла, а во второй – его доводку, слив металла и завалку шихтой плавильной емкости для расплавления, в дальнейшем используя плавильный источник питания; а технологический источник питания при этом переключается на первую плавильную емкость. Агрегат позволяет проводить сливы металла каждые 45 минут, обеспечивая работу МНЛЗ.

Перспективным является реактор (миксер постоянного тока – ДМРТ), в который производится заливка жидкого чугуна из доменной печи, и дальнейшее окисление углерода в нем окисленными окатышами. Это позволяет вместо потерь чугуна до 12-15% в конвертерах и комбинированных дуговых печах, повысить выход годного металла на 12-15%, т.е. на 25% увеличить производство стали из чугуна. Полученный продукт плавки в ДППТУ-НП смешивается с металлом, полученном при переплаве шихты, из доменной печи с формированием стали заданного химического состава.

Существуют другие технологические схемы применения ДППТУ-НП.

На сегодняшний день ООО «НТФ «ЭКТА» готова вести поставку универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения (и агрегатов) вместимостью от 0,5 до 100 тонн. Кроме черных металлов печи ведут эффективное производство качественных металлов из цветных сплавов. С результатами работы оборудования можно познакомиться на нашем сайте: www.stf-ecta.ru.

ДППТУ-НП защищены патентами являются инновационной отечественной разработкой, не имеющей аналогов ни в России, ни за рубежом. Ее отличают высокие технико-экономические и энерго- ресурсосберегающие показатели, эффективное решение проблем экологии, а также значительное улучшение качества металла даже при использовании рядовых шихтовых материалов. Системой технических решений, применяемых в ДППТУ-НП, в отличие от ДСП и дуговых печей постоянного тока других фирм-производителей, мы сняли ограничения установленной мощности источников питания и следовательно – ограничения производительности дуговых печей, в которых при плавке используется только дуговой разряд.

Перспективной является разработка получения в ДППТУ-НП раскислителей и ферросплавов для легирования и раскисления металла в установках большой вместимости. Например, в ДППТУ-НП легко получить ферроалюминий без потерь алюминия при плавке, с содержанием алюминия 20% и железа -80%. Этот сплав тонет в шлаке, но не тонет в расплаве металла, позволяя провести раскисление стали на границе шлак-расплав, при 10% усвоения алюминия, не загрязняя металл неметаллическими включениями.

Подробную информацию можно получить на сайте ООО «НТФ «ЭКТА»: www.stf-ecta.ru

Список литературы:

1. Б.В. Линчевский « Теория металлургических процессов», Москва, Металлургия 1995 г.
2. В.С. Малиновский « Исследование и разработка мощных плазмотронов постоянного тока для плазменных плавильных печей с керамической футеровкой». Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. ВНИИЭТО, Москва, 1980г.
3. Малиновский В.С., Чудновский А.Ю., Липовецкий М.М. Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления». Патент 2048662 РФ.
4. В.С. Малиновский "Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления". Патент РФ № 2104450.
5. В.С. Малиновский "Подовый электрод электропечи". Патент РФ № 2112187.
6. В.С. Малиновский (ООО «НТФ «ЭКТА»): «Организация процесса плавки стали в универсальных дуговых печах постоянного тока нового поколения», Металлургия машиностроения, № 3, 2010г.
7. В.С. Малиновский «Технико-экономические результаты промышленного освоения дуговых печей постоянного тока нового поколения», Металлургия машиностроения, № 6, 2004г.