

ПЛАВКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (ДППТ-НП) – СТАТУС И ПЕРСПЕКТИВА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ.

**Малиновский В.С. (ООО "НТФ "ЭКТА"),
Малиновский В.Д. (ООО "НТФ "ЭКТА"),
Мешков М.А. (ООО "НТФ "ЭКТА"),
Ярных Л.В. (ООО "НТФ "ЭКТА")**

В статье рассмотрен результат сравнительного технико-экономического анализа производства сплавов на основе алюминия в различных типах печей, включая дуговые печи постоянного тока (ДППТ) нового поколения, разработанных и запатентованных специалистами "НТФ "ЭКТА". Сравнение приведено с учетом затрат, необходимых для производства качественного металла, включая внепечную обработку расплава и отражает фактические показатели стоимости производства металла.

Дуговые печи постоянного тока (ДППТ) нового поколения разработаны для плавки различных марок стали, чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, никелевых, кобальта и других металлов. ДППТ нового поколения НТФ "ЭКТА" являются в настоящее время, в 21 веке одним из самых высокотехнологичных плавильных агрегатов, в которых используются совершенные достижения силовой и управляющей электроники, магнитной гидродинамики, металлургической теплотехники и теории металлургических процессов. [1]. От других типов плавильного оборудования ДППТ отличаются значительно более высокими технико-экономическими показателями при выплавке высококачественных сплавов, в том числе алюминиевых, обеспечивающее производство различных заготовок – литьем в землю, кокиль, под низким и высоким давлением, центробежным литьем и штамповкой, отличающихся высоким качеством, более высокими механическими свойствами, более высокой герметичностью и износостойкостью. ДППТ обеспечивают выплавку сплавов высокого качества из первичных и вторичных металлов. Причем сплавы, выплавляемые из вторсырья по качеству не уступают сплавам, изготавливаемым из первичных металлов. При использовании ДППТ для выплавки алюминиевых сплавов из вторсырья решается важнейшая задача - экономия первичного алюминия.

По оценкам специалистов [2] к 2030 году потребление алюминия в мире может возрасти до 50 млн. т, из которых 22-24 млн. т составит рециклированный алюминий. При этом резко возрастает необходимость разработки и использования более совершенного оборудования, к которому относится ДППТ нового поколения. Они позволяют уменьшить безвозвратные потери металла, сократить энергозатраты при выплавке высококачественных сплавов, снизить загрязнение окружающей среды. Другие технико-экономические показатели при использовании ДППТ нового поколения связаны с полным циклом получения качественного металла. Они связаны с исключением в технологиях ДППТ из процесса производства металла значительного количества материалов и оборудования, без которых применяя современные плавильные печи – индукционные, газовые, сопротивления и другие получить качественный металл нельзя. В тоже время рафинирующие процессы и оборудование определяют основные затраты на производство литья и воздействие на окружающую среду.

Важной проблемой, связанной с плавкой алюминиевых сплавов в газовых печах является активное насыщение расплава водородом. С водородом расплавленный алюминий химически не взаимодействует, но активно растворяет его. При этом растворимость водорода при расплавлении алюминия увеличивается в 10 раз и растет с повышением температуры расплава. Кроме того газовые печи активно взаимодействуют с атмосферой. При повышенной влажности в воздухе резко возрастает насыщение сплава водородом.

На рис. 1 представлена ДППТУ-0,5 АГ разработки НТФ "ЭКТА" емкостью одна тонна для переработки вторсырья с выплавкой высококачественных алюминиевых сплавов и различных лигатур типа: AlSi (1.-60), AlFe (10-80), AlTi (5-70), AlSr, AlMn и др. установленная на предприятии "Aluminium Alloys of Estonia AS".

Механическая часть данного плавильного оборудования, подобна конструкции ДСП и состоит: из цилиндрического кожуха с отворотным сводом, на котором установлен графитированный катод с механизмом его перемещения. При отводе свода осуществляется загрузка печи с помощью специальной загрузочной корзины с открывающимся дном. Емкость загрузочной корзины, как правило, обеспечивает разовую загрузку печи.

На цилиндрическом кожухе ДППТ имеются: носок для слива расплава, рабочее окно для замера температуры расплава и дозагрузки в расплав необходимых элементов, механизм наклона печи для слива расплава и скачивания шлака. Источник электропитания включает: трансформатор, тиристорный преобразователь, реакторы, теплообменник, пульты и щиты управления, систем автоматического управления работой печи и ведения процесса плавки.

Более высокая эффективность ДППТ обеспечивается за счет: высокой производительности по сравнению с другими типами плавильного оборудования – газовыми, индукционными, более низкими безвозвратными потерями металла, расходом энергии, как по сравнению с электрическими, так и газовыми печами; более высоким качеством выплавляемых сплавов, обеспечивающих получение качественных заготовок с уменьшением брака при их механической обработке; с уменьшением стоимости выплавляемых высококачественных сплавов с использованием вторсырья, имеющего более низкую стоимость по сравнению с использованием первичных металлов. Устраняются затраты, связанные с выплатой штрафных санкций за превышение ПДВ и ПДК поскольку ДППТ позволяют до минимума сократить пылегазовыбросы и улучшить экологические условия как внутри цеховые, так и заводские, во многих случаях без строительства дорогостоящих систем пылегазоочистки.

В настоящее время наиболее широкое распространение имеют следующие типы плавильного оборудования для плавки алюминиевых сплавов как из первичных металлов, так и вторсырья – газовые пламенно-отражательные, шахтные роторные, электросопротивления, индукционные: промышленной и повышенной частоты и канальные. При разработке технологии плавки алюминиевых сплавов одним из основных этапов является выбор типа плавильного агрегата, и технология обработки и рафинирования металла.

Важное значение при выборе плавильного агрегата имеет также объем производимой продукции данным предприятием, его технико-экономические показатели производства, необходимость получения сплавов наиболее высокого качества, количество и стоимость используемых энергозатрат на приготовление одной тонны сплава, а также трудоемкость выплавки сплавов и обслуживание плавильного агрегата. В табл. 1 представлена характеристика наиболее широко используемых типов плавильных печей для плавки алюминиевых сплавов и их сравнительные характеристики.

Таблица 1

№ п/п	Тип плавильного агрегата	Характеристика плавильного агрегата					Качество выплавляемых сплавов	
		емкость, т	удельный расход топлива	производительность, т/час	угар металла, %	КПД, %	содержание газа, см ³ /100 г сплава	содержание неметаллических включений, мм ² /см ² (по пробе Добаткина В.И.)
1	Дуговая печь постоянного тока нового поколения, ДППТНП	0,5-20	410-390 кВт·ч/т	1,0-20	0,5-1,0	>80	0,07-0,12	0,09-0,12
2	Газовые-пламенно-отражательные, шахтные	0,5-30 10-60	93-107 м ³ /т 73 м ³ /т	0,75-1,9 1,2-2,5	1,3-2,0 0,8-1,1	23-28 32-48	0,8-3,0 0,6-2,5	0,8-2,5 0,7-1,4
3	Печи электросопротивления	0,5-10	620-525 кВт·ч/т	0,10-7	0,6-1,0	60-75	0,4-1,2	0,5-1,5
4	Индукционные канальные печи	0,4-16	520-453 кВт·ч/т	0,10-7	0,6-1,0	60-75	0,4-1,2	0,5-1,5

5	Индукционные тигельные печи промышленной частоты	0,4-10	727-557 кВт·ч/т	0,12-4,4	0,9-1,3	~ 60	0,6-2,5	0,9-2,7
---	--	--------	-----------------	----------	---------	------	---------	---------

Примечание:

- приведенные усредненные данные зависят от емкости печи; ее футеровки, качества шихты, ее загрязненности, состояния печи; от способа ее работы, количества смен;

В соответствии с ГОСТ 1583-93: 1-ый бал пористости содержит 0,15 см³/100 металл, содержание включений (по пробе Добаткина В.И.), в нормальном количестве не должно превышать 0,17 мм²/см².

На основании данных приведенных в табл. 1, можно сделать следующие выводы.

Использование ДППТ для плавки алюминиевых сплавов обеспечивает решение таких важных проблем, связанных с их приготовлением, как:

- сокращение безвозвратных потерь металла;
- экономию энергетических затрат;
- повышение производительности труда в 2 и более раз;

- значительным повышением качества выплавляемых сплавов за счет более низкого содержания в сплаве газа и неметаллических включений, являющиеся следствием непосредственно переплава.

Высокая производительность ДППТ, их мобильность по сравнению с различными другими типами электрических плавильных печей, включая газовые, практика использования ДППТ в литейном производстве показала то, что расход электроэнергии также уменьшается до 20 % и более за счет сокращения количества расплава в раздаточных печах, что особенно характерно при использовании ДППТ в цехах массового и серийного производства. Следует отметить, что ДППТ экономичнее не только в сравнении с электрическими печами, но и газовыми, в том числе нового поколения зарубежных. Это обеспечивает повышение технико-экономической эффективности предприятий, внедряющих ДППТ.

Перспектива использования ДППТ по сравнению с газовыми печами увеличивается также в связи с тем, что в соответствии с программой "Энергетическая стратегия России на период до 2020 г." рост производства электроэнергии предполагается увеличить с 890 млрд. кВт·ч до 1750 млрд. кВт·ч, за счет выработки электроэнергии на атомных электростанциях. При этом стоимость электроэнергии предполагается сократить на 13 % и более. Естественно при этом экономическая эффективность ДППТ еще более возрастает. При этом производство газа сокращается в объеме до 40 млрд. м³ в год, а стоимость его возрастает. В результате технико-экономическая эффективность ДППТ по сравнению с газовыми печами значительно увеличивается и перспектива использования ДППТ дополнительно возрастает. Другим весьма важным условием перспективного использования ДППТ по сравнению с газовыми печами является их высокая экологичность, с отсутствием таких вредных газовых выбросов, как фураны, цианиды, диоксины, фториды [3]. При использовании газовых печей с санэпиднадзором часто возникают проблемы из-за превышения уровней ПДВ и ПДК. В случае частых нарушений ПДВ и ПДК предприятия, использующие газовые печи закрываются. Проблемы связанные с увеличением пылегазовых выбросов при использовании газовых печей увеличиваются за счет дегазации и рафинирования алюминиевых сплавов хлором, солями хлора, гексахлорэтаном. Солями хлора, такими как NaCl, KCl осуществляется также флюсование шихты при расплавлении алюминиевых сплавов в газовых печах.

Сравнительные данные по затратам на выплавку одной тонны алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока (ДППТ) ООО "НТФ "ЭКТА" и газовых печах, в том числе зарубежных нового поколения, представлены в табл. 2. Затраты могут быть скорректированы в соответствии с конкретными ценами на материалы и сырье на предприятиях.

№ п/п	Перечень операций по приготовлению алюминиевых сплавов	Затраты по приготовлению 1 т алюминиевых сплавов (доллар США - \$/т)		Примечания
		ДППТ-0,5	Газовая печь емкостью – 1т	
1	Расплавление шихты	400 кВт·ч/т = 325,4 руб./т = 11,2 \$/т	~ 86,5 м ³ /т=106,6 руб/т=3,7\$/т	Средняя стоимость Al-

				сплавов – 1250 \$/т
2	Угар металла при расплавлении шихты	в ДППТ – 0,5-1,0 %, в среднем 0,75 % = 7,5 кг/т 7,5 кг/т = 9,4 \$/т	В газовых печах: отражательных: 1,3-2,0 % шахтных и других – 0,8-1,1 средний угар принимаем равным –1,05 % 1,05 % = 10,5 кг = 13,5 \$/т	Средняя стоимость вторсырья – 820 \$/т
3	Выплавка 1т алюминиевых сплавов без дополнительных технологических операций по обработке расплава	Расплавление в ДППТ-0,5 – 10-15 мин; Загрузка, слив, транспортировка расплава к раздаточным печам. Расплавление и вспомогательные операции в количестве 1т в ДППТ-0,5 составляют около 1 часа. Затраты на выплавку 1т Al-сплава с учетом затрат на эл. энергию (п. 1) и угар шихты (п.2) – составляют: 11,2\$/т+9,4\$/т+2,7\$/т (п.3)=23,3\$/т	Расплавление Al-шихты в газовой печи, емкостью 1т составляет 45-60 мин. Загрузка шихты, слив расплава и его транспортировка к раздаточным печам, замеры температуры, взятие проб и др. затраты в целом в газовой печи, емкостью 1т составляют ~ 90 мин. Затраты на выплавку 1т Al-сплава в газовой печи, емкостью 1т, с учетом затрат на газ, угар металла составляют: 3,7\$/т (п.1) + 13,2\$/т (п.2)+4,3\$/т (п.3)=21,2\$/т	Стоимость электроэнергии – 1000 кВт·ч/т = 813,46 руб./т
4	Фильтрация Al-расплавов	Фильтрация расплава при заливке его в раздаточные печи, изложницы. Затраты на вспомогательные материалы составляют ~12,5\$/т, а безвозвратные потери при проведении фальтрации~0,5% - 5,75\$/т. Общие затраты на фильтрацию сплава, выплавляемого в ДППТ составляют~18,25\$/т. Фильтрацию Al сплавов, приготавливаемых в ДППТ, достаточно осуществлять с помощью сетки из стеклоткани.	Фильтрация Al-сплавов, приготавливаемых в газовых печах должна быть более эффективной в связи с более низким качеством выплавляемых в газовых печах сплавов. В связи с этим фильтрацию необходимо осуществлять через кусковые материалы: шамот; магнезит; алунд. Затраты при использовании данной фильтрации составляют: на вспомогательные материалы- 23,6\$/т; на безвозвратные потери Al – 1,2% - 15\$/т. Общие затраты на фильтрацию Al сплавов при их расплавлении в газовых печах составляют 38,6\$/т	Стоимость газа – 1000 м ³ = 1232,3 руб.; 1 кВт·ч=3,6 кДж=0,107 м ³ газа 86,5 м ³ газа=808 кВт·ч
5	Использование флюсов при расплавлении Al-сплавов	Использование флюсов при выплавке Al сплавов в ДППТ не требуется	Флюсование необходимо при плавке Al-сплавов в газовых печах с целью защиты расплава от интенсивного окисления расплава от интенсивного окисления расплава. Расход в газовых печах флюса составляет до 8 % от массы шихты [4]. Стоимость 1т флюса - 900\$. Затраты на флюсование Al сплавов, приготавливаемых в газовых печах составляют: на вспомогательные материалы – 7,2 \$/т, на безвозвратные потери – 2 %, связанных с флюсованием - 25\$/т. Общие затраты составляют 32\$/т	
6	Дегазация и рафинирование	Дегазация и рафинирование при выплавке Al сплавов в ДППТ не требуется, в связи с тем, что высокая скорость раплавления, герметичность печного пространства, в процессе	Наиболее эффективным способом дегазации и рафинирования является обработка Al расплава аргоном или смесью газов: хлора (15%), окиси углерода (11 %), азота	

		расплавления шихты происходит сокращение газа в расплаве и неметаллических включений. Данная технологическая операция может использоваться только при переплавах в ДППТ сильно загрязненного вторсырья [5].	(74%). Средние затраты по выполнению процесса дегазации и рафинирования: затраты на вспомогательные материалы-газы 21,5\$/т; на безвозвратные потери алюминия – составляющие 1,5 % затраты составляют – 17,25 \$/т. Общие затраты в среднем составляют 38,75 \$/т	
7	Модифицирование выплавляемых Al-сплавов с целью получения более мелкозернистой структуры сплава.	В связи с интенсивным МГД перемешиванием расплава в ДППТ в процессе его приготовления сплавы имеют высокую однородную и мелкозернистую структуру и поэтому модифицирование не требуется	Модифицирование Al сплавов выплавляемых в газовых печах осуществляется регулярно. Средние затраты при использовании комбинированного модифицирования – солей состоящих из фторидов натрия, калия, хлорода натрия, в количестве – 1-1,5 % от массы расплава, а также металлического натрия в количестве 0,03 0,06 %, также от массы расплава. Затраты в среднем на процесс модифицирования составляют: 19,5 \$/т. Безвозвратные потери в процессе модифицирования отсутствуют.	
8	Общие затраты по приготовлению Al-сплавов	1. Расходы на расплавление без дополнительных операций по обработке Al расплава: ДППТ-23,3\$/т, в газовых печах – 21,2\$/т 2. Расходы по выполнению фильтрации: 18,25\$/т – при расплавлении Al сплава в ДППТ, - 38,6 \$/т при расплавлении Al сплава в газовой печи. 3. Расходы, связанные с флюсованием: отсутствуют в ДППТ; - 32,2 \$/т – при расплавлении Al-сплавов в газовой печи. 4. Расходы по выполнению дегазации и рафинирования: отсутствуют в ДППТ; 38,75\$/т – при расплавлении Al сплавов в газовой печи. 5. Расходы по выполнению модифицирования: отсутствуют в ДППТ; - 19,5 \$/т – при расплавлении Al сплавов в газовой печи. 6. Общие затраты по выплавке и выполнению технологических операций в процессе приготовления Al сплавов: в ДППТ – 41,55\$/т; в газовой печи – 150,25 \$/т		
		Таким образом: общие затраты по приготовлению Al сплавов в ДППТ меньше по сравнению с их приготовлением в газовых печах примерно в 3,6 раза и более, несмотря на то, что затраты на газ при расплавлении 1 т Al сплавов ниже в 3 раза по сравнению с использованием электроэнергии для выплавки 1 т расплава в ДППТ. При выплавке Al сплавов из вторичного сырья затраты в газовых печах за счет более низкого качества шихты, увеличения использования в 5 раз флюсов и других вспомогательных материалов [6], увеличения безвозвратных потерь, по сравнению с выплавкой в ДППТ увеличиваются дополнительно еще в несколько раз.		

Из таблицы следует:

1. Расходы на расплавление без дополнительных операций по обработке Al расплава: ДППТ-23,3\$/т, в газовых печах – 21,2\$/т
2. Расходы по выполнению фильтрации: 18,25\$/т – при расплавлении Al сплава в ДППТ, - 38,6 \$/т при расплавлении Al сплава в газовой печи.

3. Расходы, связанные с флюсованием: отсутствуют в ДППТ; - 32,2 \$/т – при расплавлении Al-сплавов в газовой печи.

4. Расходы по выполнению дегазации и рафинирования: отсутствуют в ДППТ; 38,75\$/т – при расплавлении Al сплавов в газовой печи.

5. Расходы по выполнению модифицирования: отсутствуют в ДППТ; - 19,5 \$/т – при расплавлении Al сплавов в газовой печи.

6. Общие затраты по выплавке и выполнению технологических операций в процессе приготовления Al сплавов: в ДППТ – 41,55\$/т; в газовой печи – 150,25 \$/т

Таким образом:

общие затраты по приготовлению Al сплавов в ДППТ меньше по сравнению с их приготовлением в газовых печах примерно в 3,6 раза и более, несмотря на то, что затраты на газ при расплавлении 1 т Al сплавов ниже в 3 раза по сравнению с использованием электроэнергии для выплавки 1 т расплава в ДППТ.

При выплавке Al сплавов из вторичного сырья затраты в газовых печах за счет более низкого качества шихты, увеличения использования в 5 раз флюсов и других вспомогательных материалов [6], увеличения безвозвратных потерь, по сравнению с выплавкой в ДППТ увеличиваются дополнительно еще в несколько раз.

С целью решения проблем, связанных с выплавкой алюминиевых сплавов в газовых печах, осуществляется их модернизация, как в нашей стране, так и за рубежом. Для интенсификации внешнего теплообмена изготавливаются горелки: аэродинамическим управлением струи, высокоскоростные и др. С целью интенсификации тепло и массообменных процессов в ванне печи изготавливаются – низкочастотные электромагнитные перемешиватели, электромагнитные насосы, газодинамические импульсные насосы. С целью экономии топлива изготавливают: рекуперативные горелки, регенеративные горелки и вращающиеся регенераторы. С целью оптимизации конструкции новых газовых печей изготавливаются более крупные загрузочные окна; высокоскоростные загрузочные устройства, многоуровневые системы автоматизированного управления работой печи; осуществляется переход на воздушное охлаждение; специальные уплотнения; разработаны высокоэффективные футеровки. С целью уменьшения безвозвратных потерь металла осуществляется процесс нагрева шихты при расплавлении; плавление твердой шихты производится в жидкой ванне печи и в потоке шлакового расплава. Это снижает затраты энергии на переплав, но не устраняет затраты на повышение качества металла. Использование вредных веществ даже увеличивается. Приведенные газовые пламенно-отражательные модернизированные печи для плавки алюминиевых сплавов используются за рубежом чаще на прессовых заводах, при литье слитков с целью изготовления прессованных профилей, с использованием шихты, состоящей из 40 % чистого скрапа пресс изделий, а также на заводах, где изготавливаются прокатные изделия при литье слябов используется шихта, содержащая 30 % скрапа. На основании изложенного можно заключить, что по сравнению с газовыми печами, в том числе зарубежными нового поколения для плавки алюминиевых сплавов, ДППТ нового поколения являются универсальным плавильным оборудованием, обеспечивающим более высокую экономическую эффективность, высокое качество выплавляемых сплавов как из первичных, так и вторичных металлов с более высокой производительностью надежностью, простотой конструкции и обслуживания, надежностью и экологичностью [7].

ДППТ нового поколения имеют более высокие качественные показатели как по сравнению с газовыми так и индукционными печами (ИП) промышленной и повышенной частоты. Так, например, на ОАО "Ковровский электромеханический завод" взамен четырех индукционных печей ИАТ-0,4 были внедрены две ДППТ-0,5 [8], которые обеспечили: более высокую производительность в 3-4 раза по сравнению с использованием ИАТ-0,4, выплавку высококачественных сплавов АКЧ4 (ГОСТ 1583-93) с минимальным содержанием газа, не более 0,15 см³ на 100 г сплава не выше первого балла пористости, минимальным содержанием неметаллических включений ~ 0,09-0,12 мм²/см² (по пробе Добаткина В.И.). Практикой установлено, что содержание неметаллических включений по пробе Добаткина В.И. в качественных сплавах не превышает 0,17 мм²/см². Механические свойства, выплавляемых в ДППТ-0,5 алюминиевых сплавов примерно в 1,5 раза выше по сравнению с ГОСТ 1583-93. Выплавка высококачественных сплавов на "КЭМЗ" обеспечивала изготовление качественных

заготовок методами литья в кокиль под низким и высоким давлением [9]. После их механической обработки количество брака сократилось до 30 %. Улучшились также экологические условия цеха за счет устранения пылегазовыбросов при выплавке алюминиевых сплавов в ИАТ-0,4 с использованием при выплавке флюсов с содержанием солей KCl, NaCl и др. После слива металла из печи осуществлялась его обработка с использованием солей – гексахлорэтана, хлористого цинка, что отрицательно отражалось на экологии цеха. При использовании ДППТ данные технологические операции устранялись и проблемы с экологией далее не возникали. Таким образом, с целью повышения эффективности предприятий и качества выпускаемой продукции целесообразно осуществлять замену на ДППТ нового поколения, как газовые, так и индукционные печи для выплавки высококачественных алюминиевых сплавов как из первичных металлов, так и из вторсырья, а также для выплавки различного типа лигатур. В табл. 3 представлены сравнительные данные по затратам по приготовлению алюминиевых сплавов в ДППТ и индукционных печах ИАТ-0,4 в количестве 1 т. На рис. 2 представлена ДППТ-0,5 освоенная на ОАО "КЭМЗ" г. Ковров взамен ИАТ-0,4.

Таблица 3

№ п/п	Перечень операций по приготовлению алюминиевых сплавов	Затраты по приготовлению 1 т алюминиевых сплавов (доллар США - \$/т)		Примечания
		ДППТ-0,5	ИАТ-0,4	
1	Расплавление шихты	400 кВт·ч/т = 325,4 руб./т = 11,2 \$/т	В среднем 625 кВт·ч/т = 508 руб./т = 17,5 \$/т	Средняя стоимость Al-сплавов – 1250 \$/т
2	Угар металла при расплавлении шихты	0,5 % - 5 кг/т = 6,25 \$/т	В среднем – 1,0 % 10 кг/т = 12,5 \$/т	Средняя стоимость вторсырья – 820 \$/т
3	Выплавка 1 т Al-сплавов без дополнительных технологических операций по обработке расплава	Время расплавления – 15 мин – 500 кг. Загрузка шихты, слив металла, транспортировка металла к раздаточным печам, к изложницам и т.п. составляет ~40 мин. Таким образом, общее время на выплавку 1 т расплава составляет ~ 1430 мин. Следовательно стоимость приготовления 1 т расплава составляет – 6 \$/т. Затраты на эл. энергию – 11,2 \$/т. Затраты на угар металла – 6,25 \$/т. Всего затраты на приготовление 1 т расплава составляют – 23,45 \$/т	Время расплавления – 5,7 часа, в т.ч. загрузка шихты, слив металла и др. затраты. Стоимость приготовления 1 т расплава составляет ~22,8 \$/т Затраты на электроэнергию – 17,5 \$/т Затраты на угар металла – 12,5 \$/т Всего затраты на приготовление 1 т расплава составляют – 52,8 \$/т	Стоимость электроэнергии – 1000 кВт·ч/т = 813,46 руб./т
4	Использование флюсов при переплавлении Al-сплавов	Флюсы не используются	Использование флюсов необходимо с целью защиты расплава от интенсивного окисления. Количество используемого флюса составляет в среднем ~ 6 % [7] от массы шихты. Стоимость 1 т флюса ~ 900 \$/т. Затраты на флюсование составляют ~54\$/т. Использование флюсов приводит к безвозвратным потерям Al в количестве ~1,1%, что составляет 13 \$/т затрат.	

			Общие затраты на флюсование составляют ~ 67 \$/т.	
5	Фильтрация Al-расплавов при их заливке в раздаточные печи, изложницы.	Расплав из ДППТ достаточно фильтровать через сетку из стеклоткани. Затраты на фильтрацию составляют: расход на вспомогательные материалы – сетку из стеклоткани – 12,5 \$/т. Безвозвратные потери не превышают 0,5 %, составляя затраты – 5,75 \$/т. Общие затраты на фильтрацию составляют ~18,25 \$/т	Фильтрация Al сплавов, приготавливаемых в ИП должна быть более эффективной, т.к. выплавляемые Al-сплавы имеют высокое содержание неметаллических включений, поэтому фильтрация Al-сплавов, приготавливаемых в ИП, целесообразно осуществлять через кусковые материалы: шамот, магнезит, алунд. Затраты на вспомогательные материалы составляют ~23\$/т, а безвозвратные потери составляют около 1,2 % - 15 \$/т. Общие затраты на фильтрацию составляют ~38\$/т.	
6	Дегазация и рафинирование	При выплавке Al-сплавов в ДППТ обычно их дегазация и рафинирование <u>не производятся</u> в связи с тем, что при расплавлении сплава в ДППТ осуществляется снижение газов в расплаве и не происходит насыщение неметаллическими включениями.	Наиболее эффективным и экономичным способом дегазации и рафинирования является использование аргона или смеси газов – хлора (15 %), окиси углерода (11 %), азота (74 %). Средние затраты по выполнению дегазации и рафинирования составляют ~20,0 \$/т. Безвозвратные потери алюминия при этом составляют ~1 % - 11,5 \$/т. Общие затраты по выполнению дегазации и рафинирования составляют 31,5 \$/т	
7	Модифицирование выплавляемых Al сплавов с целью получения мелкозернистой структуры сплава	Сплавы, приготавливаемые в ДППТ имеют однородную химическую структуру расплава и ее мелкозернистое состояние за счет МГД перемешивания расплава в процессе его приготовления. В связи с этим модифицирование не требуется.	Модифицирование Al-расплавов, приготавливаемых в ИП осуществлять целесообразно за счет использования фторидов натрия, калия, хлорида натрия и др. солей в количестве 1-1,5 %, а также используется металлический натрий в количестве 0,03-0,06 % от массы расплава. Средние затраты на модифицирование Al-сплавов в среднем составляют ~16,0 \$/т. При проведении процесса модифицирования безвозвратные потери отсутствуют.	
8	Общие затраты по приготовлению Al сплавов в ДППТ и ИП	8.1. Расходы на выплавку алюминиевых сплавов без дополнительных операций по обработке расплавов – 23,45 \$/т 8.2. Флюсование – нет 8.3. Фильтрация Al сплава – 18,25 \$/т 8.4. Дегазация и рафинирование – нет 8.5. Модифицирование не производится <u>Всего затрат</u> – 41,70 \$/т в том числе:	8.1. Расходы на выплавку алюминиевых сплавов без дополнительных операций по обработке расплавов – 52,8 \$/т 8.2. Флюсование – 67 \$/т 8.3. Фильтрация Al сплава – 38 \$/т 8.4. Дегазация и рафинирование – 31,5 \$/т 8.5. Модифицирование – 16,0 \$/т <u>Всего затрат</u> – 205,3 \$/т в том числе: - угар – 12,5 \$/т	

		- угар – 6,25 \$/т - безвозвратные потери – 5,75 \$/т - расход вспомогательных материалов – 12,5 \$/т Затраты на расплавление 1 т расплава – 23,45 \$/т	- безвозвратные потери – 39,5 \$/т - расход вспомогательных материалов – 113 \$/т Затраты на расплавление 1 т расплава – 52,8 \$/т	
--	--	--	--	--

Так как алюминий и его сплавы по объемам производства и потребления занимают второе место после стали, а его потребление имеет тенденцию постоянного роста, то его производство должно развиваться опережающими темпами. На основании выше приведенных данных ДППТ нового поколения, являясь высокоэффективным технологическим оборудованием обладает важнейшим преимуществом приготовления высокотехнологических алюминиевых сплавов, как из первичных, так и вторичных металлов. В связи с высокой технологичностью как ДППТ, так и алюминия впервые в мире разработана технология выплавки сплавов из данного металла в печи обладающей высококонцентрированным источником энергии. Многолетнее использование данного плавильного оборудования – ДППТ подтверждает целесообразность его применения для приготовления алюминиевых сплавов, как из первичных металлов, так и вторсырья. В связи с высокой технико-экономической эффективностью ДППТ, высоким качеством изготавливаемых сплавов и продукции из данных сплавов решается одна из важнейших проблем существующих предприятий в части повышения их эффективности, конкурентоспособности и изготовления качественной продукции.

Список литературы:

1. Малиновский В.С., Ярных Л.В. "Дуговые печи постоянного тока нового поколения для металлургии машиностроения". № 1. 2000.
2. Макаров Г.С. "Плавка алюминиевых сплавов статус и перспектива". Международная научно-техническая конференция" г. Киев. 8-9.10.2002. с. 367-372.
3. Малиновский В.С., Дубинская Ф.Е. "Технологические и экологические альтернативы технологии плавки металла в ДППТ "Электрометаллургия". № 3. 1999. с. 13-16.
4. "Плавка и литье алюминиевых сплавов". Москва "Металлургия" 1983 г. с. 350
5. Мешков М.А. "Исследование процесса плавки алюминиевых сплавов дугой постоянного тока "Технология легких сплавов" 2002. №2. с. 20-26.
6. "Технология вторичных цветных металлов" Москва "Металлургия" 1981 г. с. 87-121.
7. Малиновский В.С., Мешков М.А. "Перспектива развития новой технологии и оборудования для плавки алюминиевых сплавов". Литейное производство. № 12. 2002. с. 23-25.
8. Малиновский В.С. (ООО "НТФ "ЭКТА"), Брежнев Л.В., Гаевский С.А., Крюков В.С ("КЭМЗ" г. Ковров)" Опыт промышленной эксплуатации ДППТ для плавки алюминиевых сплавов в ДППТ" Литейное производство. № 5.2001.
9. Мешков М.А. "Исследования и технология плавки алюминиевых сплавов в ДППТ" Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. ЦНИТИ. Москва. 2002. с.148.