

ПЕРЕРАБОТКА ЛОМА И ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (ДППТНП)

**Малиновский В.С. (НТФ «ЭКТА»),
Мешков М.А. (НТФ «ЭКТА»)**

Алюминий и его сплавы по объемам производства и потребления занимают второе место после стали. Потребление алюминия имеет тенденцию постоянного роста, поэтому его производство развивается опережающими темпами. Широкое использование алюминиевых сплавов в различных отраслях народного хозяйства связано с тем, что важнейшим их преимуществом является высокая технологичность. Данное обстоятельство при использовании алюминиевых сплавов позволяет применять наиболее производительное оборудование и новейшие технологии, обеспечивающие качественное изготовление деталей.

Расчеты показывают, что несмотря на высокую стоимость алюминия и новейшего используемого оборудования, затраты на изготовление продукции из алюминиевых сплавов полностью окупаются и дают значительный эффект в первую очередь при организации крупносерийного производства.

Примером одного из наиболее перспективных направлений развития технологии плавки алюминиевых сплавов в XXI веке явилось использование высококонцентрированного источника энергии – дуги постоянного тока. С этой целью фирмой «ЭКТА» разработано новейшее плавильное оборудование, в том числе, для плавки алюминиевых, медных, железных, никелевых и других сплавов – дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТНП). [1]. По сравнению с газовой плавкой, в индукционных тигельных печах промышленной частоты и других плавильных печах, используемых для плавки алюминиевых сплавов, плавка в ДППТНП обеспечивает: сокращение потерь металла за счет угара в 2,5-3 раза, уменьшение энергозатрат на 20 % и более, уменьшение времени расплавления металла в 3 и более раз, улучшение качества выплавляемых сплавов за счет более низкого газосодержания, в пределах 0,1-0,14 см³ водорода на 100 г сплава, неметаллических включений 0,09-0,12 мм²/см² по технологической пробе Добаткина. Перемешивание расплава во время его расплавления, однородность и мелкозернистая структура сплава, обеспечивают повышение механических свойств в 1,5-2 раза по сравнению с ГОСТ 1589-93. использование ДППТНП также позволяет существенно улучшить экологические условия работы плавильных участков заготовительных производств. Это достигается за счет резкого уменьшения пылегазовыбросов, а в ряде случаев в связи с изготовлением сплавов с низким содержанием газа и неметаллических включений, отсутствием необходимости их дегазации и рафинирования. Важной особенностью ДППТНП является также их высокая мобильность, что позволяет их эффективно использовать в мелкосерийных многономенклатурных производствах, а также для изготовления различных лигатур. При этом печь может быть в любой момент отключена и снова, при необходимости, запущена в работу.

Выпускаемые в настоящее время ДППТНП, приведенные в табл.1, имеют высокую стойкость футеровки подины, до 10 лет и более, высоконадежные конструктивные механизмы, печь оснащена автоматизированной системой управления, контроля и регулирования режимов плавки.

Технические характеристики ДППТНП для плавки алюминиевых сплавов

Таблица 1

Наименование параметра	Тип печей ДППТУ -				
	-0,5	-1,5	-3	-6	-12
1. Номинальная емкость, т	0,3-0,6	1,0-1,5	2,0-3,0	3,0-5,0	8,0-10,0
2. Номинальная мощность, МВА	0,75	1,6	2,7	4	11,2
3. Диаметр графитированного электрода, катода, мм	100 /150	150	200	300	350
4. Продолжительность расплавления под током, мин.	15-17	25	25	25	25
5. Удельный расход электроэнергии на расплавление твердой завалки, кВт·ч/т	410	390	380	380	370
6. Удельный расход графитированного электрода, < кг/т	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7. Расход охлаждающей воды, м ³ /час	5	10	15	20	30
8. Расход аргона, м ³ /час	1,5	1,5	1,5-1,8	1,5-1,8	2,0
9. Параметры питающей сети: напряжение, кВ; частота, Гц; число фаз.	6; 10 50 3	6; 10 50 3	6; 10 50 3	6; 10 50 3	6; 10 50 3
10. Диаметр кожуха на уровне откосов, мм	1600	2000	2500	3100	3800
11. Масса металлоконструкций, т	6,3	12	30	50	90

Высокая надежность работы ДППТНП, простота их обслуживания, взрывобезопасность позволяют одному плавильщику обслуживать две печи.

Другой еще более важной особенностью ДППТНП является то, что они пригодны для переработки лома и отходов алюминиевых производств, в том числе таких загрязненных, как возврат литья под давлением, стружка механических цехов. Практикой установлено, что выплавляемые из них сплавы соответствуют ГОСТ 1589-93 и они пригодны для изготовления качественных отливок различными способами литья – под высоким и низким давлением, в кокиль, землю. Так, например, исследования, проведенные на ОАО «Ковровский электромеханический завод» (г. Ковров) по экспериментальной программе позволили получить следующие данные. При пятикратных переплавах стружки (100 %) и возврата литья под давлением (100 %) из сплава АК7ч, изготовленные отдельно, отлитые и термообработанные образцы имели следующие характеристики: $\sigma_b \geq 172 \div 175$ МПа; $\delta \geq 4,1 \div 4,6$ %; $НВ \geq 63$. Содержание водорода в расплаве было $< 0,3$ см³ на 100 г сплава, а неметаллических включений $< 0,15$ мм²/см². Данные, полученные специалистами Заволжского моторного завода при переплавах моторного лома сплава АК9ч в дуговых печах постоянного тока завода ОАО «КЭМЗ» (г. Ковров) получили следующие данные: $\sigma_b \geq 180 \div 300$ МПа; $\delta \geq 3 \div 4$ %; $НВ \geq 80$. Содержание водорода в расплаве $< 0,14$ см³ на 100 г сплава, а пористость на образцах не превышала 1^{ый} балл пористости по шкале ВИАМ, либо на отдельных образцах вообще отсутствовала. [2]. Следует также отметить, что при переплавах алюминиевого возврата с заливными деталями из стали и чугуна не происходит насыщения алюминия железом, т.к. при расплавлении алюминиевых сплавов они не успевают расплавиться и удаляются после слива расплава из печи.

На основании как теоретических [3], так и практических данных, полученных на ряде предприятий можно сделать вывод о целесообразности использования ДППТНП не только для приготовления алюминиевых сплавов с использованием первичных металлов, но и с целью экономии первичного алюминия осуществлять приготовление сплавов из

лома и отходов алюминиевых производств. Качество сплавов, изготавливаемых из лома и отходов в ДППТНП, не уступает сплавам, приготавливаемым из первичных металлов. Таким образом, переработка отходов в печах ДППТНП позволяет решить одну из главных мировых задач по экономии первичного алюминия. С этой целью необходимо начать использование ДППТНП в более широких масштабах с разработкой более совершенной технологии переработки лома и отходов алюминиевых производств. Анализ работы ДППТНП, используемых для плавки алюминиевых сплавов, показал, что основным фактором, влияющим на высокую скорость плавки, экономию электроэнергии и другие показатели оказывает влияние высокая концентрация энергии дуги постоянного тока. Так, например, в процессе исследований установлено, что плавка алюминиевых сплавов в ДППТНП одновременно является дегазирующей и рафинирующей операцией, удаляющей из расплава неметаллические включения и водород, [4]. Незначительный угар алюминиевых сплавов в пределах 0,5-1,5 % в зависимости от качества переплавляемой шихты, обеспечивается за счет отсутствия локальных перегревов под дугой, интенсивного магнитогидродинамического (МГД) перемешивания, высокой теплопроводности алюминия. Важным фактором, влияющим на высокое качество выплавляемых сплавов, в том числе из возвратов, является использование в процессе плавки инертного газа – аргона. На низкое содержание газа и неметаллических включений также оказывает влияние высокая герметичность ДППТНП, расплавленный металл взаимодействует только с печной атмосферой, в которой находятся пары аргона, графита, практически не взаимодействующие с жидким металлом, покрытым быстро образующейся защитной пленкой алюминия. При быстром расплавлении верхних слоев шихты металл, стекая в нижележащие слои, кристаллизуется, при этом выделяется водород. Интенсивное МГД перемешивание происходит без замешивания окисной пленки, что способствует уменьшению в сплаве неметаллических включений.

Как было отмечено выше, в печной атмосфере имеется незначительное количество паров углерода. В то же время практикой многих предприятий, использующих ДППТНП для изготовления различных марок сталей, чугунов, медных и других сплавов не было отмечено увеличение в них содержания углерода. На ОАО «КЭМЗ» (г. Ковров) дуговые печи постоянного тока внедрены в 1987 году и до настоящего времени при изготовлении деталей сложной конфигурации и ответственного назначения также не было отмечено в алюминиевых сплавах АК7ч содержания углерода в виде карбидов. Как известно, алюминий энергично взаимодействует со всеми газами, образуя окислы, нитриды, карбиды. Об этом свидетельствуют высокие отрицательные значения изменения энергии Гиббса (ΔG°) соответствующих реакций [5]. Так, например, реакция с азотом с образованием нитрида алюминия идет при $p_{N_2} = 1,68 \cdot 10^{-16}$ МПа. Поскольку изменение энергии Гиббса при образовании карбидов ($\Delta G^{\circ}_{Al_4C_3} = -36,8$ кДж/моль), то практически они происходят лишь в крайне ограниченных количествах $\sim 0,003$ %, что практически не оказывает влияния на свойства алюминиевых сплавов, выплавляемых в дуговых печах постоянного тока с использованием в качестве катода графитированного электрода. Таким образом, если проанализировать отсутствие загрязнения алюминиевых сплавов в процессе их приготовления в ДППТНП, то можно сделать следующие выводы: на протяжении всего металлургического цикла плавления металла в связи с низкой активностью печной атмосферы за счет ее герметичности, отсутствию водяных паров, наличия нейтральных газов – аргона, химические процессы протекают с минимальным количеством образования новых веществ. Скорость диффузии газов в расплавленный металл мала в связи с пассивным состоянием поверхности расплава за счет быстрого образования защитной пленки Al_2O_3 толщиной до 0,2 мкм. При переходе γAl_2O_3 в αAl_2O_3 при температурах выше 950 °С значительно замедляется окисление алюминия. Таким образом, анализ основных закономерностей плавления алюминия и его сплавов показывает, что многие производственные задачи могут быть успешно решены путем целенаправленного управления процессами переноса тепла и вещества.

Список литературы:

В.С. Малиновский, Л.В. Ярных «Дуговые печи постоянного тока нового поколения» / *Металлургия машиностроения*, 2001, №1, с.2-13.

В.С. Малиновский, В.Д. Малиновский, А.В. Афонаскин и др. «Сравнение характеристик дуговых печей постоянного тока нового поколения и индукционных печей» / *Литейщик России*, 2002, №1 с. 24-27.

М.А. Мешков. «Исследование и технология плавки алюминиевых сплавов в дуговых печах постоянного тока». Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. ЦНИТН. Москва, 2002, с.148.

М.А. Мешков. «Исследование процесса плавки алюминиевых сплавов дугой постоянного тока» / *Технология легких сплавов*, 2002, №2, с.20-26.

М.Б. Альтман, Г.С. Макаров. Основы теории плавления алюминиевых сплавов // *Технология легких сплавов*, 1983, №6, с.17-29.