

# ПЕРВЫЙ ЭТАП ОСВОЕНИЯ АГРЕГАТА ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛАВКИ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ

**Овсов Н.С. ОАО "Костромской завод "Мотодеталь",  
Малиновский В.С. (ООО НТФ "ЭКТА" г. Москва),  
Ярных Л.В. (ООО НТФ "ЭКТА" г. Москва)**

Эффективная утилизация металлической стружки, образующейся при механической обработке отливок до настоящего времени представляет для машиностроительных предприятий серьезную проблему. Как правило, проектировщики механообрабатывающих производств не прорабатывали подробно схему ее использования и ориентировались, в основном, на централизованную систему бывших Вторметов, где имелись соответствующие технологии и мощности.

Кроме этого, данная стружка загрязнена всевозможными примесями: СОЖ, масло, влага, песок, шламы, древесина, цеховой мусор, в т.ч. ветошь после уборки, чистки и ремонта оборудования, выброшенная спецодежда, т.е. целый "букет" засоренности, что усложняет проблему ее переработки на месте образования.

Не исключение составляет и чугунная стружка, образующаяся на ОАО "Костромской завод Мотодеталь" при механической обработке заготовок гильз цилиндров, получаемых центробежным литьем в кокиль на плакированный песок. Особенностью стружки является содержание в ней кварцевого песка (внедренного при литье во внешнюю поверхность гильзы и частично остающегося на стружке при обточке), а также наличие агрессивной СОЖ, масла, влаги. Даже при непродолжительном хранении стружка интенсивно ржавеет и слеживается.

Общая загрязненность неосушенной стружки СОЖ, влагой, маслом и песком составляет 10-15 %, что снижает металлургическую ценность стружки.

Однако другой особенностью стружки является содержание в ней Si, Cr, Ni, Cu, V, Ti, Mo, W, которыми легируется гильзовый чугун, и что делает ее весьма привлекательной для переплава непосредственно на заводе.

К этому следует добавить, что количество образующейся стружки на заводе достаточно велико и составляет по году порядка 18-20 тыс. тонн.

Первоначально проектом было предусмотрено частичное использование образующейся стружки в индукционных печах (ИП) литейного цеха гильз россыпью после ее сушки на выходе из механического корпуса. Однако печь для сушки стружки конструктивно оказалась ущербной в самом замысле и не работала с момента ввода в эксплуатацию.

Прямое использование неосушенной стружки в ИП промышленной частоты оказалось невозможным по причине ее ошлакования и сильного дымления. Это резко ухудшало условия работы в литейном цехе, т.к. ИП не оборудованы системой удаления печных газов, поскольку проектом предусматривалось использование при выплавке гильзового чугуна только чистых материалов. Поэтому с самого начала работы завода вся чугунная стружка отгружалась металлургическим предприятиям на переработку в доменном производстве.

В середине 80-х годов была предпринята попытка создать комплекс по очистке, сушке и горячему брикетированию чугунной стружки для ее вовлечения в плавку взамен чушкового доменного чугуна по методу ГАЗа.

Был разработан проект и смонтировано оборудование комплекса, включающего очистку от СОЖ, масла и влаги в центрифуге; холодное брикетирование стружки; подогрев брикетов в газовой печи до температуры 700 °С; уплотнение горячих брикетов на прессе и подача их в таре на плавильный участок.

Однако и данная технология оказалась неприемлемой.

Полученные брикеты при загрузке их в крупную ИП промышленной частоты (ИЧТ-31) плавали на поверхности металла, ошлаковывались и не плавилась. Проблема осталась, и сложилось мнение, что в условиях завода переработать стружку не представляется возможным и прямой ее путь – в доменный цех.

Из-за низкой продажной стоимости стружки завод нес значительные убытки и поиски методов ее переработки продолжался.

В конце 90-х годов руководство и специалисты завода обратили внимание на возможность переплава стружки в дуговых печах. К этому времени был накоплен определенный опыт переплава стружки в дуговых печах переменного тока (ДСП) [1], в которых процесс плавки был осуществлен, но сопровождался значительным угаром металла.

Было решено для переплава стружки использовать дуговые печи постоянного тока нового поколения, разработанные ООО "НТФ "ЭКТА" для плавки черных и цветных металлов (ДППТНП) имеющие серьезные технико-экономические экологические преимущества перед (ДСП) [2], в частности низкий угар шихты.

Опыт переработки чугуновой стружки в ДППТНП отсутствовал и данная работа выполнялась впервые.

Для его проведения ОАО "Мотордеталь" поручил ООО "НТФ "ЭКТА" разработать и поставить плавильный агрегат ДППТ-ЗАГ состоящий из одного комплектного источника электропитания постоянного тока мощностью 3,2 МВА и двух плавильных печей емкостью по три тонны подключенных к нему производительностью до 20 тыс. тонн в год по жидкому металлу.

Печи имеют стандартные характеристики ДППТНП и оснащены системой магнитогидравлического (МГД) перемешивания [3].

Источник электропитания печи позволяет вести управление электрическим режимом по системе ООО "НТФ "ЭКТА" – начало работы на высоком напряжении и пониженном токе, продолжение на вдвое увеличенном токе и сниженном напряжении и интенсивном МГД перемешивании расплава [3].

В подине печи установлены два взрывобезопасных, позволяющих вести полный слив расплава подовые электроды [4] на своде один графитированный электрод. Завалка печи проводится при отведенном своде, слив металла и скачивание шлака проводится при наклоне печи в сторону слива через сливной носок и в сторону дверцы для скачивания шлака. Футеровка печи может быть выполнена из кислых или основных огнеупорных материалов.

На своде печи было предусмотрено второе отверстие для сброса печных газов.

Завалка шихты в ДППТ-ЗАГ проводится в один прием из загрузочных лотков, которые в дальнейшем должны быть заменены на загрузочные корзины с плотно закрывающимся дном.

В 2002 г. на предприятии с участием специалистов ООО "НТФ "ЭКТА", ЗАО "Гипродвигатель", "Российской электротехнической компании" и ОАО "Сибэлектротерм" был проведен пуск оборудования в опытно-промышленную эксплуатацию

По первоначальному замыслу предусматривалась подавать на переплавку неосушенную стружку непосредственно с участков механической обработки. Для дожигания паров масел была спроектирована установка дожигания печных газов, от изготовления и монтажа которой отказались, найдя более приемлемые решения.

Пуск печи и первоначальную ее эксплуатацию вели без подключения печи к цеховой вытяжной вентиляции, которая является неотъемлемой частью дуговых печей.

При подготовке технических решений переплава стружки, удаление СОЖ, содержание которых достигает 10 % считалось основной трудно решаемой задачей. В начале освоения печей она осложнялась отсутствием вытяжной вентиляции от печей, которая находилась в стадии проектирования и изготовления и ее параметры могли быть определены только после пуска оборудования.

В конечном итоге с точки зрения удаления СОЖ была отработана и введена в эксплуатацию система, состоящая из предварительной сушки стружки в газовом барабанном сушиле 250-300 °С, переплава в печи с удалением печных газов через второе отверстие в своде, дожигания газов в трубе с перфорацией в нижней части установленной над вторым отверстием в своде и вытяжной вентиляцией в которую газы попадали через установленной над трубой поворотный зонт.

Система состоит из надежных, хорошо обработанных элементов и эффективно использует возможности ДППТНП. Барабанные газовые сушила для предварительной низкотемпературной сушки стружки широко известны и позволяют удалять влагу и значительную часть СОЖ. Начало плавки в ДППТНП ведется на небольшом токе и высоком напряжении с высоким качеством

стабилизации вводимой мощности [3]. Это позволяет вовлекать в нагрев весь объем шихты, проводить отгонку газов из нее, подавить газообмен печного пространства с окружающей средой благодаря чему через второе отверстие выходят газы с высокой концентрацией углеводородов разогретых до температуры выше 1200 °С. Выходя из печи, газы смешиваются с поступающим в зазор между вторым отверстием и трубой, воспламеняются и догорают внутри трубы перемещаясь в ней за счет естественной тяги. На выходе из трубы газы смешиваются с воздухом засасываемым системой вентиляции, охлаждаясь до температуры не превышающей 350 °С и удаляются из цеха. Содержание пыли в отходящих газах незначительно, поэтому создание системы пылеочистки печных газов не является актуальной.

Организация удаления СОЖ в процессе плавки резко уменьшается образование диоксинов и фуранов. Внутри печи трубы они не могут синтезироваться из-за высокой температуры свыше 800 °С, а при выходе системы дожигания идет с большой скоростью охлаждения газового потока до температуры ниже 400 °С, при которой фураны и диоксины не образуются.

В период пуска и начального этапа освоения агрегата определенные трудности вызвал шлаковый режим плавки. Обращая основное внимание на удаление СОЖ, мы не учли высокое содержание до 10-15 % в стружке SiO<sub>2</sub> в виде песка и выполнили футеровку печей из основных магнезитовых огнеупоров. Из-за этого для поднятия основности образующихся кислых шлаков и повышения их жидкоподвижности пришлось в больших количествах загружать известняк шамотный бой и плавиковый шпат. Это приводило к увеличению времени плавки, перерасходу электроэнергии, иногда к "замораживанию" отверстия для слива металла. При плавлении шихты часть стружки "зависала" на откосах и ее стаскивали в расплав вручную гребком. "Зависанию" шихты способствовала коническая форма стен печи и неблагоприятная "раскладка" шихты при ее завалке в печь лотками. Временами шихта образовывала горку, склоны которой уходили в дверной проем. В начале плавки, как и при расплавлении кусковой шихты формировался поток металла к дверце и для его сдерживания в этом случае приходилось выполнять высокий "ложный порог" из песка. Возникшие проблемы не отягчались от проблем свойственным дуговым печам при плавке, в том числе, кусковой шихты и явились следствием технологических ошибок.

Наличие большого количества загрязняющих компонентов СОЖ, песка и др. в стружке не позволяют определить выход годного металлической части шихты методом взвешивания. Но он может быть достаточно точно определен из результатов сравнения анализов химического состава шихты до и после плавления, причем химсостав шихты до плавления должен соответствовать требованиям стандартов ТУ к материалам при обработке которых стружка образуется. Результаты сравнения по ряду элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Сравнения химанализа сплава из стружки с требованиями ТУ.

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±0,08	2,28±0,13	0,4±0,04	0,007±0,004	0,11±0,013

Из результатов сравнения следует, что по поведению активных элементов Si, Mn и C заметный угар шихты маловероятен и в основном процессе идет глубокая десульфурация чугуна. Пригар кремния может объясняться его восстановлением из шлака, а увеличение содержания углерода за счет углеродосодержащих элементов СОЖ.

Выявленные недостатки были учтены. На одной из печей была выполнена футеровка из кислых огнеупоров (динаса), изменен профиль футеровки печи с образованием на половину высоты стены вертикального участка над подиной, при завалке печи на подину для снижения относительной доли шлака стали загружать до 25 % по весу стальной лом. В результате значительно сократилось время плавки, уменьшился расход электроэнергии, был обеспечен нормальный сход шихты в расплав. Снижение содержания углерода легко компенсируется подачей в завалку карбюризатора. При переплаве в кислой печи содержание серы остается неизменным и соответствует ТУ.

По своим основным характеристикам стружка является идеальной шихтой для ДПТНП. Ее химический состав соответствует химическому составу расплава, при ее переплаве не требуется дополнительно расходовать ферросплавы, лигатуры, карбюризаторы, ее плотность позволяет проводить завалку печи в один прием. Электрические режимы при переплаве отличаются высокой стабильностью.

Таким образом, впервые осуществлена экономическая и эффективная переработка чугунной стружки от обработки отливок гильз цилиндров, полученных центробежным литьем в кокиль на плакированный песок, в дуговых печах постоянного тока ООО "НТФ "ЭКТА".

Отработан процесс переплава чугунной стружки россыпью с минимальным угаром. Разработанная технология позволила успешно переплавлять стружку с высоким содержанием СОЖ и кварцевого песка крайне сложную для переработки.

Подтверждены преимущества дуговой печи постоянного тока: низкий расход электродов 1,2-1,5 кг/т металла, снижение уровня шума и хорошие рафинирующие возможности печи с основной футеровкой.

### **Список литературы:**

1. Орлов Э. "Стружка в литейном производстве". Рынок вторичных металлов № 5/7-2001 стр. 34-35.
2. Афонаскин А.В., Андреев И.Д., Власов Н.С., Малиновский В.С. др. "Результаты первого этапа освоения плавильного агрегата постоянного тока нового поколения на ОАО "Курганмашзавод" литейное производство, 2000, " 11, стр. 20-23.
3. Малиновский В.С. "Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления, Пат. РФ № 2104450.
4. Малиновский В.С. "Подовый электрод электропечи" Патент РФ № 2112187.