Об эффективности работы дуговой электроплавильной печи постоянного тока на ОАО «Курганмашзавод»

Специалисты ОАО «Курганмашзавод» и ООО «НТФ «ЭКТА» приняли решение провести совместную работу по переводу дуговых печей переменного тока на питание постоянным током. При этом предполагалось, что новая технология плавки металла должна уменьшать уровень загрязнения окружающей среды и воздействие на питающую энергосистему до допустимых величин, а снижение угара металла, уменьшение расхода графитированных электродов и повышение качества металла должны быстро окупить произведенные затраты.

В результате проведенной работы две дуговые печи переменного тока ДС-5МТ были реконструированы в агрегат постоянного тока ДППТ-5АГ.

Результаты освоения ДППТ-5АГ подтвердили правильность выбора направления работы по переводу плавки металла с переменного тока на постоянный. Шестилетний опыт работы на печи постоянного тока превзошел уровень запланированных технико-экономических показателей, при выплавке стали и чугуна.

Главным технологическим преимуществом печи постоянного тока перед плавильной печью переменного тока является перемешивание расплава в процессе плавки и активное взаимодействие металла со шлаком, что определяет получение высокого качества металла.

Были проведены сравнительные плавки синтетического чугуна в печах переменного тока ДС-5МТ и в печи постоянного тока ДППТ-5АГ с основной футеровкой с целью определения темпов науглероживания расплава, а также темпов удаления серы и фосфора из металла. Во всех случаях плавилось по 5 т металла на одинаковой шихте. Расчетное количество углерода в металлической шихте составляло ≈ 2,2%. Пробы отбирались с интервалом в 10 мин. Науглероживатель – графитовая крошка электродного боя фракцией 3-10 мм загружалась на подину после выпуска предыдущей плавки.

При выплавке синтетического чугуна в печи постоянного тока графитовая крошка усвоилась металлам ≈ на 75-80%. С момента зажигания дуги на расплавление, нагрев и науглероживание чугуна потребовалось 80 мин.

№ пробы	Содержание углерода, %
1 проба	3,58
2 проба	3,61
3 проба	3,62

Такое содержание углерода в расплаве свидетельствует, что науглероживатель, практически, полностью усвоился к моменту взятия 1 пробы, т.е. через 50-55 мин после включения печи.

Удаление фосфора выглядело таким образом:

№ пробы	Содержание серы, %	Содержание фосфора, %
1 проба	0,0513	0,0893
2 проба	0,0402	0,0878
3 проба	0,0308	0,0844

Была определена усваиваемость углерода из графитовой крошки печи переменного тока – 50-55 %, длительность плавки при этом составляет 2 ч 30 мин – 3 часа. Корректировка металла по углероду требует скачивания шлака. Такая низкая

усваиваемость углерода из графитовой крошки объясняется пониженной на 70-100 ^{o} С температурой металла у подины чем у поверхности ванны без перемешивания металла. Для того чтобы началось эффективное растворение графита в расплаве, требуется перегрев расплава и доведение температуры металла у подины до 1500-1550 ^{o} С. Это приводит к дополнительному расходу электроэнергии на перегрев и значительному удлинению процесса плавки.

Окончательный химический состав синтетического чугуна, выплавленного в печи постоянного тока, был получен:
С-3,60%, Mn-0,96% Si-2,18%, S-0,027%, P-0,086%.

По содержанию углерода и кремния такой чугун соответствует марке СЧ15 по ГОСТ 1412-85. Однако, механические свойства чугуна этой плавки дали следующий результат: σ_B =21,0 кгс/мм^2, НВ-229, т.е. соответствует марке СЧ20.

В связи с повышением цен на чушковые чугуны – литейные и передельные перед заводом остро встал вопрос освоения технологии получения чугуна различных марок без использования в шихте чушковых чугунов и замене их стальным ломом 2А по ГОСТ 2786-75. Были проведены опытные плавки в печи переменного тока ДС-5МТ с использованием в шихте чушкового чугуна и без него. Пробы на определение химических элементов в металле отбирались из заливочного ковша в начале и в середине разливки плавки. Были получены следующие результаты: плавка №50114 с использованием в шихте чушкового чугуна:

№ пробы	C	Mn	Si	S	P	Cr
1 проба	3,12	0,70	2,34	0,040	0,070	0,23
2 проба	3,34	0,72	2,29	0,029	0,070	0,10

Получены механические свойства:
1 проба: σ_B =25,4 кгс/мм^2, НВ-197
2 проба: σ_B =25,4 кгс/мм^2, НВ-197
плавка №50114 с заменой чушковых чугунов стальным ломом и использованием науглероживателя:

№ пробы	C	Mn	Si	S	P	Cr
1 проба	3,12	0,70	2,14	0,040	0,073	0,24
2 проба	3,36	0,75	2,34	0,031	0,074	0,10

Получены механические свойства:
1 проба: σ_B =32,4 кгс/мм^2, НВ-229
2 проба: σ_B =29,9 кгс/мм^2, НВ-212

Полученные результаты по химическому составу чугуна и его механическим свойствам свидетельствуют в пользу работы без использования в шихте чушковых чугунов, причем, стоимость 1 т такой шихты на более чем 4 тыс. руб. дешевле шихты с чушковыми чугунами.

Были проведены 2 опытные плавки углеродистой стали в печи постоянного тока ДППТ-5АГ для определения скорости удаления углерода и фосфора. Первая плавка без скачивания шлака, вторая со скачиванием шлака сразу после расплавления шихты. Пробы отбирались через 5 мин. В первом случае получены такие результаты:

№ пробы	Содержание углерода, %	Содержание фосфора, %
1 проба	0,211	0,0241
2 проба	0,146	0,0252
3 проба	0,130	0,059

Некоторый рост содержания фосфора в металле объясняется восстановлением его из шлака при перегреве ванны.

Во втором случае:

Сразу после скачивания шлака:

№ пробы	Содержание углерода, %	Содержание фосфора, %
1 проба	0,268	0,00423

После наведения нового шлака с основностью ≈ 2,2:

№ пробы	Содержание углерода, %	Содержание фосфора, %
2 проба	0,143	0,00382
3 проба	0,153	0,00534

Некоторое увеличение содержания углерода и фосфора в третьей пробе объясняется диффузионным насыщением металла углеродом при раскислении шлака молотым коксом и восстановлением фосфора из шлака при нагреве металла.

Таким образом, при выплавке стали в печи постоянного тока эффективно происходит дефосфорация металла с 0,0241 содержания фосфора без скачивания шлака до 0,00382 со скачиванием шлака.

Эффективное науглероживание синтетического чугуна и эффективная дефосфорация стали объясняется постоянным перемешиванием металла в печи постоянного тока.

Кроме таких технологических преимуществ печи постоянного тока ДППТ-5АГ перед печью переменного тока ДС-5МТ, получены значительные преимущества технико-экономических и экологических показателей. Так, расход графитированных электродов с 5,5 кг/т в печи ДС-5МТ снизился до 1,4-1,7 кг/т в печи ДППТ-5АГ. Угар металла снижен с 6,0-6,5% в печи переменного тока до 0,5-1,0% в печи постоянного тока. Замеры выбросов пыли при плавке стали 110Г13Л в ДППТ-5АГ составили (2).

Выбросы	Выбросы, г/с	ПДВ
Пыль	0,7914	0,9853
В т.ч. марганец	0,026562	0,1486

Таким образом пылегазовыбросы из печи постоянного тока меньше предельно допустимых (ПДВ).

Колебания мощности нагрузки при расплавлении снизились более чем на 80%. Увеличение слива металла из печи ДППТ-5АГ в сравнении с ДС-5МТ, за счет снижения угара шихты ≈ 40 кг на 1 т. Уровень шума снижен до 93-95 Дба. (2).

Удельный расход электроэнергии при выплавке высоколегированной марганцовистой стали 110Г13Л при непрерывном ходе плавки составляет 420-450 Квтч/т, что ≈ на 15% ниже, чем в печи переменного тока при одинаковых условиях плавки.

Все эти преимущества плавки привели к повышению качества литых заготовок из конструкционных углеродистых и легированных сталей, а также получены данные повышения качества литых заготовок из серого чугуна и чугуна с шаровидной формой графита.

Технический советник
генерального директора
ОАО «Курганмашзавод»
Д.т.н., профессор,
заслуженный изобретатель России А.В. Афонаскин