

# АНАЛИЗ ЭФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПЛАВКИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Т. И. Стукач

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель И. Б. Одарченко

Дуговые сталеплавильные печи переменного тока (ДСП) и сегодня работают на многих предприятиях, имея рентабельность много выше рентабельности предприятий, оснащенных современными индукционными печами, в первую очередь за счет технологической возможности выплавлять металл из дешевых шихтовых материалов. Однако рентабельность применения ДСП резко падает при производстве ответственных марок сталей, выполнении требований экологов к охране окружающей среды и служб энергонадзора к нарушениям качества электроэнергии в электросистемах.

При этом для ДСП, с точки зрения технологии, остались не решенными проблемы: перемешивания расплава, передачи энергии из дуги в расплав, управления дуговым разрядом. Следствием этого являются: высокий угар шихты и ферросплавов, графитированных электродов, локальные перегревы расплава под дугами, узкая область применения, резкопеременный характер нагрузки системы электроснабжения, фликер, высокий расход электроэнергии, низкая производительность, большой объем ручного труда и др. Строительство мощных фильтрокомпенсирующих устройств, стоимость которых не уступает стоимости энергетического оборудования печных комплексов, а также затраты на пылегазоочистку и фильтрокомпенсацию существенно увеличивают себестоимость металла, ставя под сомнение рентабельность производства.

Для решения этих проблем в настоящее время создание и реконструкция технологических процессов с использованием ДСП ведется в двух основных направлениях. Первое – это реализация дуплекс процессов, в которых расплавление шихты ве-

дется в комбинированной ДСП, а синтезирование стали в установках печь–ковш, зачастую с использованием дугового нагрева. Такие технологии решают обозначенные проблемы лишь частично и непригодны для металлургии машиностроения, поскольку являются высокочрезвычайными процессами, в которых кислородный или рудный кип заменен продувкой металла аргоном. В них используются сложные дорогие методы раскисления, легирования и рафинирования стали с целью получения заданных свойств. Эти методы энергоемки, а их применение сопровождается значительными выбросами газов и пыли. Комплекс вспомогательных средств нагрева генерирует большое количество отходящих газов и пыли, шума, многократно превышающий СНиП, приводит к очень значительным потерям металла. Для ДСП необходимо строительство шумозащитных боксов и мощной системы пылегазоочистки. Использование альтернативных видов энергии не выгодно. Второе, наиболее перспективное, – переход на использование печей постоянного тока (ДППТ), спроектированных с учетом взаимодействия дугового разряда с металлом.

В таких печах источник питания (рис. 1) включает в себя трансформатор с несколькими трехфазными обмотками, каждая из которых подключена к секции тиристорного преобразователя. Через реакторы секции тиристорного преобразователя подключены к подовым электродам. Таким образом, ДППТ оснащена и регулятором мощности – ступенчатым переключателем напряжения и системой переключения режимов. Эта особенность позволяет в первый период плавки на длинной дуге, расположить анодное пятно на кусках металлической шихты. В этих условиях не допускается перегрев расплава, так как расплавленные капли металла, нагреваясь, преодолевают силу поверхностного натяжения и стекают на подину печи. При этом плавка ведется на стабилизируемой мощности практически без колебаний электрического режима.

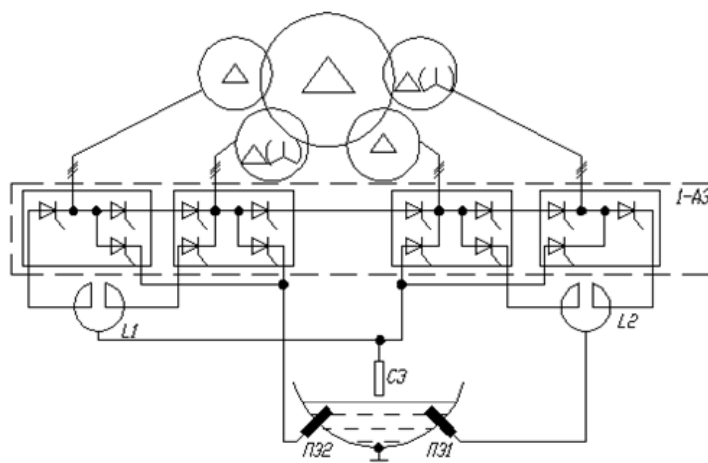


Рис. 1. Принципиальная схема источника питания ДППТ

Второй период плавки ведется при коммутации секций тиристорного преобразователя: по две секции – параллельно и между собой – последовательно. При этом ток дуги удваивается, а напряжение в два раза снижается, т. е. сохраняется мощность первого периода плавки. Анодное пятно дуги располагается на расплаве, накопленном при проведении первого периода, внутри воронки, проплавленной в шихте ранее. Для отвода мощности от анодного пятна расплава включается система перемешивания расплава. Перемешивание расплава не допускает локального перегрева металла под

дугой, устраняя интенсивный угар металла, а образовавшаяся в течение первого периода воронка в шихте позволяет поддерживать высокую стабильность вводимой мощности. В этот период плавки ведется расплавление основной массы шихты.

После расплавления основной массы шихты источник питания переключается для ведения третьего периода плавки. Для этого, все секции тиристорного преобразователя включаются параллельно. Ток увеличивают в два раза – по сравнению со вторым периодом и в четыре раза – по сравнению с первым периодом плавки, а напряжение источника питания пропорционально увеличению тока снижается, т. е. вся плавка ведется при постоянной мощности с полным использованием силовых возможностей трансформатора.

Увеличение тока приводит к увеличению интенсивности перемешивания расплава, а энергия дуги перераспределяется. Энергия третьего периода (до 80–90 %) передается непосредственно в расплав, а система перемешивания переносит ее вглубь расплава. Это позволяет отказаться от применения вспененного шлака, кислорода и других газов, используемых в ДСП.

В ДППТ за счет перемешивания расплава достигаются большая эффективная площадь взаимодействия системы шлак-расплав, идеальная гомогенность температуры и химического состава расплава, быстрое растворение и высокое усвоение легирующих элементов, интенсивная скорость ведения технологических процессов: десульфурации, дефосфорации, науглероживания, обезуглероживания расплава, удаление неметаллических включений, дегазация расплава; минимальный удельный расход электроэнергии, сокращается угар шихты, гарантируется высокое качество металла.

Анализ практического опыта реализации указанных технических преимуществ показал значительный экономический эффект от замены ДСП на ДППТ.

Структура полученного экономического эффекта подтверждает то, что даже значительная экономия электроэнергии не стала главным результатом реконструкции. Основой технико-экономического эффекта является стоимость сырья и материалов, увеличение производительности и технологические возможности снижения себестоимости жидкой стали.

**Доля основных показателей формирования  
экономического эффекта  
от внедрения ДППТ  
(за 10 месяцев эксплуатации), р./т**

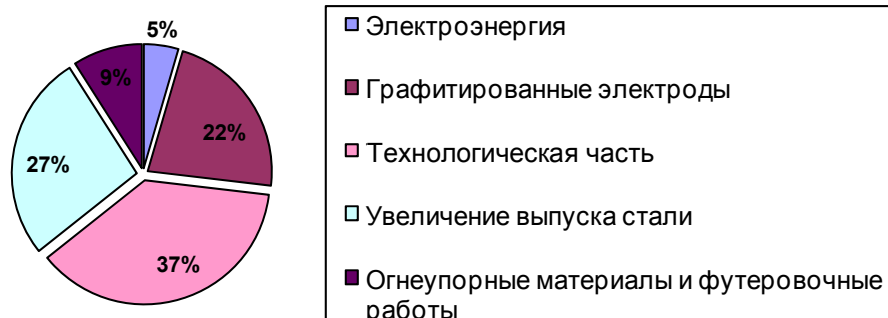


Рис. 2

В расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых составляющих. В обычных ДСП образование диоксинов, фуранов, окислов азота и других вредных примесей в значительных объемах, что требует строительства дорогостоящей системы пылегазоочистки. В современных ДППТ система плавки практически создает идеальные условия борьбы с ними. В начале плавки в шихте формируются печные газы с высоким содержанием  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ , температура которых превышает  $1200^\circ\text{C}$ , а избыточное давление в печи исключает подсос в печь воздуха. При выходе в окружающее пространство газы моментально воспламеняются, догорают до заверенных окислов и немедленно охлаждаются потоком воздуха в системе вентиляции. Также следует учитывать, что для организации и ускорения процесса плавки в ДППТ не применяются вспененный шлак, любые виды химических топлив и кислород.

В восстановительной атмосфере печного пространства ДППТ практически отсутствует угар шихты и приход за счет него тепла экзотермических реакций. Стабилизация электрического режима и связанная с ней стабилизация давления газов в печном пространстве подавляет газообмен печного пространства с окружающей средой; препятствуя окислению шихты кислородом воздуха.

ДППТ практически не создает резко-переменной нагрузки в сети. Это достигается соответствующим специальным регулированием тиристорного преобразователя источника питания печи во все периоды плавки, стабилизацией тока дуги с заданной точностью оптимизированной для каждого периода плавки.

Инновационные технологии, основанные на применении современных дуговых печей постоянного тока с автоматической системой тиристорного регулирования мощности и переключения режимов через графитизированные и подовые электроды существенно превышают любые альтернативные технологии плавки стали по технико-экономическим показателям, устраняя практически все недостатки ДСП и значительно снижая себестоимость отливок.

Даже с учетом проведения глобальной реконструкции ДСП и модернизации технологии плавки стали в них данные технологии не способны конкурировать с современными технологиями плавки в ДППТ как в области экономических показателей, так и в области качества сплавов.