

# СЕКЦИЯ 1

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

© М.В. Антропов, Г.В. Воронов, 2012

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Чусовской металлургический завод (ЧМЗ) – одно из старейших на Урале предприятий черной металлургии с полным технологическим циклом выпуска металла. Сталеплавильное производство на предприятии организовано по схеме дуплекс-процесса. При переработке рудных материалов на заводе получают переделный чугун, из которого производят сталь, и ванадиевый шлак – ценное сырье для производства феррованадия.

Ванадий извлекают путем продувки расплавленного чугуна в бессемеровском конвертере. Металл, остающийся после продувки чугуна в конвертере, называют углеродистым полупродуктом. Его используют для получения стали. Полупродукт отличается крайне низким содержанием кремния и марганца, необходимых для шлакообразования, что усложняет условия его дальнейшей переработки.

В настоящее время для выплавки стали на предприятии используется две мартеновские печи емкостью по 270 тонн. Производственные фонды предприятия настолько изношены и устарели, что не способны обеспечить получение высококачественной стали с низкими затратами на производство. Находясь в условиях конкуренции на рынке, предприятие вынуждено проводить техническое перевооружение своих производств.

Предприятие намерено провести масштабное техническое перевооружение сталеплавильного производства. На заводе предложено построить современный электрометаллургический комплекс с использованием дуговой сталеплавильной печи (ДСП-120) и агрегатов внепечной обработки стали.

Дуговые сталеплавильные печи являются чрезвычайно гибким в технологическом отношении металлургическим агрегатом. Они могут быть адаптированы ко многим видам исходного сырья, позволяют получать широкий ассортимент готовой продукции. При техническом перевооружении ОАО «ЧМЗ» следует использовать передовой опыт российских и зарубежных предприятий, которые смогли решить задачу перехода на современное и эффективное производство стали. Особого внимания заслуживают заводы и комбинаты, где успешно опробовано и внедрено в практику использование жидкой металлической шихты в дуговых сталеплавильных печах.

ОАО «ЧМЗ» отличается особой специализацией на переработке природно-легированного ванадием железорудного сырья. Эта особенность позволяет предприятию производить уникальные и востребованные на внутреннем рынке виды металлургической продукции.

При организации сталеплавильного производства по схеме дуплекс-процесса ОАО «ЧМЗ» нуждается в сталеплавильном агрегате, способном перерабатывать жидкий углеродистый полупродукт в металл заданного состава. Этот агрегат должен быть максимально эффективным, производительным и технологически гибким, чтобы хорошо адаптироваться к часто меняющимся производственным условиям.

За последнее время технология получения электростали приобрела значительный прогресс в плане интенсификации и экономии электроэнергии. В современных электросталеплавильных цехах широкое распространение получают сверхмощные ДСП

большой емкости. Чтобы обеспечить очень быстрое и эффективное расплавление шихты, потребовалось в корне пересмотреть традиционную технологию производства.

Дуговые электропечи начали использовать преимущественно как плавильные агрегаты. Работа ДСП была переориентирована на получение жидкого расплава. Значительную часть операций по обеспечению заданного химического состава металла и очистки его от примесей начали выполнять на агрегатах внепечной обработки (печь-ковш, вакууматор, стенд отстоя). Внепечная обработка позволила осуществлять процесс раскисления и легирования стали в условиях более благоприятных, чем в сталеплавильном агрегате. Технология электроплавки значительно упростилась, возросла производительность агрегатов, уменьшился расход электроэнергии и электродов, появилась возможность рационально расходовать легирующие материалы и раскислители.

Характерной особенностью современных печей является наличие у них водоохлаждаемой футеровки. Стены, выполненные водоохлаждаемыми панелями, имеют высокую стойкость, оцениваемую тысячами плавов [1]. Отсутствие больших масс огнеупоров исключает их значительный расход, а также энергозатраты на разогрев. Вместе с тем водоохлаждаемые элементы неблагоприятно влияют на тепловую работу печи: возрастают тепловые потери, удельный расход электроэнергии, нарушаются условия теплообмена.

Появление печей с водоохлаждаемой футеровкой стен стимулировало широкое использование топливокислородных горелок. Их главное назначение состоит в том, чтобы облегчить и ускорить расплавление шихты, находящейся непосредственно у водоохлаждаемых стен. Применение топливокислородных устройств благоприятно отражается на снижении затрат электроэнергии.

Современная технология плавки электростали также предусматривает широкое использование газообразного кислорода для интенсификации процессов в жидкой ванне. Однако чрезмерное применение кислорода неизбежно увеличивает угар шихты и повышает расход углеродсодержащих материалов.

На многих установках внепечной обработки часто используется продувка металла аргоном. Продувка обеспечивает не только дегазацию металла, но и его перемешивание, благодаря чему ускоряется расплавление присаживаемых в ковш ферросплавов, гомогенизация расплава по химическому составу и температуре, существенно улучшается взаимодействие металла и шлака.

Постепенно распространяется технология работы печи с оставлением в печи жидкого остатка «болота». Это позволяет раньше переключить печь на повышенную мощность.

Для организации современного электросталеплавильного производства на ОАО «ЧМЗ» можно предложить вариант, представленный на рис. 1.

Предложенная структура основывается на использовании современных возможностей и передовых достижений электрометаллургии. Подобным образом может и должно строиться современное электросталеплавильное производство, отвечающее современным стандартам качества.

Используя разнообразные методы интенсификации процесса плавания, дуговые сталеплавильные печи стали комбинированными по энергоиспользованию агрегатами. В современных электропечах активно используются альтернативные энергоносители (кокс, природный газ, кислород, жидкий полупродукт).

В настоящее время идея использования жидкой металлической шихты при производстве электростали рассматривается не как вынужденная мера, а как очень выгодное и перспективное направление интенсификации и удешевления электросталеплавильного производства.

Интерес к использованию жидких шихтовых материалов связан не только с ростом цен на электроэнергию. Благодаря большому запасу физической и химической теплоты в жидкой металлической шихте, достигается высокая степень интенсификации процесса по времени, уменьшается расход электродов в связи с сокращением длительности плавки и количества

поломок из-за применения негабаритной шихты. Снижение тепловых перепадов в рабочем пространстве печи и уменьшение риска механического повреждения футеровки пода позволяют обеспечить экономию огнеупоров. Повышается и качество получаемого таким образом металла. Уменьшается доля неметаллических включений и содержание примесей цветных металлов, поскольку часть загрязненного примесями лома заменяется относительно более чистым по составу полупродуктом. Необходимо также отметить, что использование в современной дуговой электропечи жидкого чугуна или его заменителей часто не требует существенного изменения конструкции самой печи и цеха.

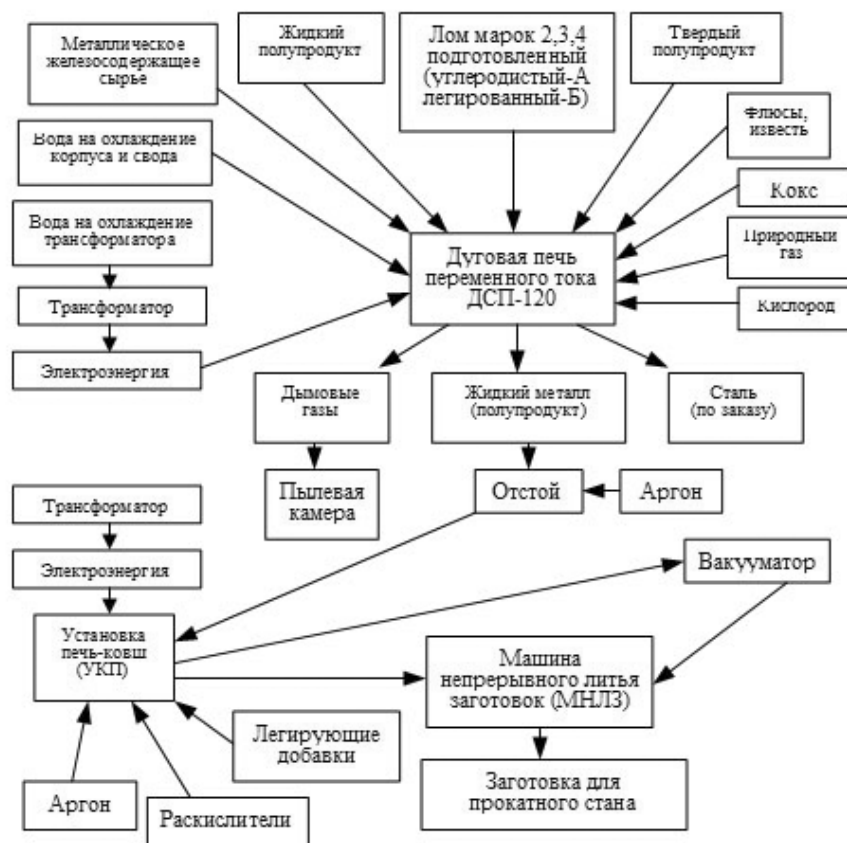


Рис. 1. Схема современного электросталеплавильного процесса

Целесообразность реализации указанного выше способа организации плавки должна быть предварительно оценена с точки зрения экономической, технологической и организационной эффективности. Решение о выборе оптимальной конструкции ДСП и технологии ведения плавки может быть получено только в ходе предпроектной проработки путем анализа результатов расчета материальных и тепловых балансов.

Для рассматриваемого случая можно выбрать и предложить следующие варианты:

- печь ДСП-120 классической конструкции, работающая по традиционной технологии, без применения средств интенсификации процесса;
- печь ДСП-120, выполненная по образцу Нижнесергинского метизно-металлургического завода (НСММЗ) и работающая с использованием внепечной обработки и средств интенсификации процесса плавления (кокс, кислород, комбинированные и газокислородные горелки);
- печь ДСП-120, работающая с использованием внепечной обработки и средств интенсификации плавления, а также заменой части шихты на жидкий углеродистый полупродукт.

Проведение балансовых расчетов позволяет сравнить и дать оценку эффективности каждому из предложенных вариантов. С результатами расчета можно ознакомиться в табл. 1.

Таблица 1

## Сравнительный анализ тепловых балансов

Параметр	Размерн	ДСП-120 [традиционная технология]	ДСП-120 [НСММЗ]	ДСП-120 [жидкий полупродукт]
<b>Статьи прихода теплоты</b>				
1. Приход теплоты от электрической энергии дуги	кДж	191437200	176220000	163440520
2. Суммарное количество теплоты от сгорания природного газа	кДж	–	33255424	33255424
3. Физическая теплота материалов:				
- металлического лома;	кДж	1232000	1232000	739200
- извести;	кДж	86874,4	86874,4	86874,4
- кокса;	кДж	62345	62345	–
- жидкого полупродукта	кДж	–	–	33488000
4. Приход теплоты от экзотермических реакций:				
- окисления углерода;	кДж	14704320	14704320	16726980
- окисления алюминия;	кДж	33719400	33719400	21837816
- окисление серы	кДж	311501	311501	274914
- угара железа:				
до FeO	кДж	44385934	44385934	44385934
до Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	кДж	67223510	67223510	67223510
Суммарный приход теплоты	кДж	321859903	415143427	381459172,4
<b>Статьи расхода теплоты</b>				
1. Расход теплоты на нагрев, расплавление шихты и перегрев металла	кДж	176616000	113487500	82895134
2. Потери теплоты с отходящими газами	кДж	–	123033600	123033600
3. Потери теплоты с химическим недожогом	кДж	–	109244160	109244160
4. Потери теплоты теплопроводностью через под	кДж	182919	779089	779089
5. Потери теплоты теплопроводностью через стены	кДж	369695	472853	472853
6. Потери теплоты через открытое рабочее окно	кДж	153669	76553	76553
7. Потери теплоты излучением во время подвалки шихты	кДж	–	2506756	2506756
8. Потери теплоты от внутренней поверхности свода во время подвалки шихты	кДж	–	2600759	2600759
9. Потери теплоты с охлаждающей водой	кДж	570000	61396211	61396211
Суммарный расход теплоты	кДж	320007588	413597484	383005115
Невязка	кДж	- 31303181,4 (9,78%)	- 1545943 (0,37%)	-1545942,6 (0,4%)

По данным теплового баланса, можно получить часто применяемый для сравнения и оценки эффективности работы ДСП показатель удельного расхода электроэнергии, приведенный в табл. 2.

Таблица 2

Удельный расход электроэнергии			
Показатель	ДСП-120 [традиционная технология]	ДСП-120 [по образцу НСММЗ]	ДСП-120 [жидкий полупродукт]
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	410	377,41	350,04

Из представленной таблицы видно, что загрузка жидкого полупродукта вводит в печь значительный избыток тепловой энергии. Используя это тепло, можно сократить удельный расход электроэнергии на 7,5 % по сравнению с работой печи на твердой завалке.

Составленный тепловой баланс рабочего пространства печи ДСП-120, возможно, нуждается в некотором уточнении, однако уже сейчас просматривается положительный технико-экономический эффект от использования жидкого полупродукта. За счет внедрения дополнительных усовершенствований в технологический процесс (завалка твердой шихты в один прием, заливка полупродукта без остановки печи и открытия свода), вполне возможно достичь еще большей экономии электроэнергии.

На ОАО «ЧМЗ» имеются хорошие перспективы и необходимые предпосылки, чтобы организовать современное высокотехнологичное и энергоэффективное производство. Техническое перевооружение позволит предприятию перейти на более высокий уровень своего развития.

#### Список использованных источников

1. *Гудим Ю.А.* Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технологии, материалы: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 547 с.
2. *Годик Л.А., Козырев Н.А.* Разработка технологии выплавки стали с повышенным расходом жидкого чугуна // *Сталь*. 2009. № 5. С. 30–33.
3. *Зинуров И.Ю., Шумаков А.М., Овчинников С.Г.* Проблемы использования жидкого чугуна в ДСП // *Сталь*. 2009. №7. С. 35–37.
4. *Кацевич Л.С.* Расчет и конструирование электрических печей. М.: Госэнергоиздат, 1959. 440 с.
5. *Сойфер В.М., Кузнецов Л.Н.* Дуговые печи в сталелитейном цехе. М.: Металлургия, 1989. 176 с.

## АНАЛИЗ И РАСЧЕТЫ ПРОЦЕССА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА ВОЗДУХА В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВЕНТИЛЯТОРАХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

© А.С. Баютова, Е.Г. Дмитриева, 2012

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

В электрических конвейерных печах с принудительной циркуляцией воздуха более 50% затрачиваемой мощности может приходиться на аэродинамический нагрев воздуха в циркуляционных вентиляторах обычной конструкции. Если же нагревательные печи оборудованы специальными аэродинамическими теплогенераторами вихревого типа, то дополнительных затрат тепла вообще не требуется.