



Начальник ЭСПЦ-2 А В Ковалев

История сталеплавильного производства РУП «БМЗ» - это история динамичного развития, совершенствования оборудования, технологии, качества и усложнения сортамента выпускаемой продукции. Сегодня, в юбилейный год, уместно подвести некоторые итоги этого движения вперед. В период пуска в 1984 г. электросталеплавильное производство имело в своем составе две дуговые электросталеплавильные печи номинальной емкостью 100 т каждая. Каждая печная установка была снабжена трансформатором мощностью 75 МВА с плавным регулированием рабочего напряжения посредством переключения 25 ступеней.

В 1998 г. на РУП «БМЗ» в рамках расширения производства образовано новое подразделение - электросталеплавильный цех № 2, в состав которого входят одна дуговая электросталеплавильная печь с трансформатором 75 МВА, установка внепечной обработки «печь-ковш», циркуляционный вакууматор RH, ковшевой вакууматор VD и блюминговая машина непрерывного литья заготовок со сменным сечением 250х300 и 300х400 мм. Проектная производительность цеха составляла 500 тыс. т стали в год.

На РУП «БМЗ» была реализована концепция электросталеплавильного производства, коренным образом отличная от классической. Эта концепция связана с изменением технологии плавки и конструкции дуговых печей для решения двух основных задач: повышение производительности и оптимизация энергопотребления. Сейчас, по истечении 25 лет, одношлаковая техно-

логия плавки в электропечи - обычное дело. Однако можно с уверенностью сказать, что именно в условиях БМЗ впервые в практике электросталеварения на пространстве существовавшего в то время СССР в промышленных масштабах внедрена новая концепция плавки высшего уровня в ДСП.

Концепция технологии плавки высшего уровня сводилась к применению дуговой печи как высокопроизводительного агрегата для выплавки полупродукта в целях ускорения процесса плавления шихтовых материалов.

Технология высшего уровня подразумевает отказ от идеи адаптации уменьшения вводимой электрической мощности в соответствии с такими привычными ограничениями, как низкая стойкость футеровки к воздействию мощных дуг, неоптимальность электрических характеристик короткой сети, выполнение в печи технологических операций, не требующих использования максимальной мощности, и др.



Начальник смены Н. И. Тимошенко, диспетчер М. Н. Ранеева, начальник производственно-технологического бюро А. В. Сурунович



Слева направо: подручные сталевара электропечи И. Н. Кумаков и С. В. Заболотских, машинист завалочной машины И. В. Евзрезов, пультащик электропечи Т. В. Малашенкова, ковшевой В. Н. Бодиловский, мастер ковшевого хозяйства Ф. В. Савельев, сталевар электропечи А. П. Лазарев, сталевар установки внепечной обработки стали Н. И. Говор, ковшевой С. А. Миненков, подручный сталевара электропечи А. В. Кухоренко, подручный сталевара установки внепечной обработки стали В. П. Савченко

Высшая технология предусматривает приспособление печи к работе с максимальной мощностью трансформатора, применение водяного охлаждения стеновых панелей и свода, коротких сетей с минимальным электрическим сопротивлением и компенсаторов реактивной мощности, предполагает максимальное быстроедействие механизмов самой печи и всего вспомогательного оборудования, полностью исключает любые технологические операции, которые можно выполнить вне печи после выпуска, а также любые виды ожидания из-за синхронизации технологических этапов.

Основные признаки технологии электроплавки высшего уровня.

1. «Жидкий старт», т. е. работа с болотом.
2. Одношлаковый окислительный процесс.
3. Максимальная мощность дуг в течение всего периода плавления; максимальное заполнение объема печи шихтой, что минимизирует тепловые потери излучением на стены.
4. Применение топливно-кислородных горелок в «холодных» зонах печи, также ускоряющих плавление шихты.
5. Работа на максимально длинных дугах в процессе плавления шихты.
6. Постоянная работа на вспененных шлаках. К тому времени, когда возникает возможность раскрытия дуг, в печи должен быть сформирован вспененный шлак, который имеет толщину не менее длины дуг, экранирует их и покрывает защитным слоем поверхность водоохлаждаемых панелей.

В связи с этим актуальной задачей для металлургического производства является непрерывное совершенствование технологий выплавки сталей для повышения производительности и снижения расхода энергоресурсов. Так, в ноябре 2008 г. в рамках запланированных мероприятий проведена модернизация электросталеплавильного цеха № 2, цель которой - повышение производительности печи до 1 млн. т стали в год. Для интенсификации процесса выплавки стали используется система «DANARK JET MODULE». Отличительными чертами этой технологии является высокоинновационный процесс, разработанный для оптимизации подачи природного газа, кислорода и угольной пыли, уменьшение воздействия на экологическую обстановку отходящих газов. Технология плавки с применением системы «DANARK JET MODULE» заключается в добавлении энергии от экзотермических реакций к энергии электрической дуги и включает оборудование, необходимое для инъекции кислорода, природного газа и угольной пыли из фиксированных точек дуговой сталеплавильной печи № 3.



Бригада сталеваров ДСП-3 (слева направо): подручный сталевара электропечи А. А. Ходоренко, мастер плавки стали П. Е. Рожков, подручные сталевара электропечи А. Г. Чечель и К. В. Савицкий, начальник смены Н. И. Тимошенко

Отличительными чертами этой технологии является раннее начало продувки металла кислородом, которое позволяет сократить длительность плавки на 3-5 мин.

Максимальное повышение производительности дуговой печи происходит при завалке металлошихты на остаток металла и шлака предыдущей плавки - на «болото». Так, наличие в печи 10-15 т металла и 2-5 т шлака снижает время плавки, дает возможность при использовании кислорода за более короткое время получить быстро реагирующие шлаки для дефосфорации.

В настоящее время сортамент выпускаемой продукции ЭСПЦ-2 состоит более чем из 300 марок сталей, в число которых входят конструкционные углеродистые и легированные, кордовые марки стали, подшипниковые, стали для сварочных проволок, а также стали для дальнейшего производства бесшовных труб для нефтегазовой промышленности, в том числе с содержанием серы до 0,010%, легированные ванадием и молибденом для производства тонкостенных труб.

Освоено производство следующего сортамента:

- легированный конструкционный прокат по ГОСТ 4543: 15Г - 50Г2, 20ХГНР, 20ХГНТР, 47ГТ, 25ГФ, 18ХГТ-30ХГТ, 20ХГР-27ХГР, 25ХГМ, 30ХРА, 15ХФ-30ХФ, 12ХН3А-30ХН3А, 12Х2Н4А-20Х2Н4А, 20ХНР, 20ХГНМ, 20ХГНМТА, 40ХГТР, 45ХН-50ХН, 18Х2Н4МА-25Х2Н4МА, 30ХМА, 40ХМФА, 30ХГСН2А, 30ХН2МФА, 40ХГНМ, 36Х2Н2МФА, 38Х2МЮА, 20ХН4ФА, 45ХН2МФА, 38ХНЭМФА, 42CrMoS4, 42CrMo4НН, SCM430Н-SCM440Н, 15Х-50Х, 15ХА-38ХА и аналогичные марки стали по иностранным стандартам: 080М40, 8620, 8630, 16MnCr5, 16MnCrS5, 18CrMo4, 18NiCrMo5, 20MnCr5, 1541Н, F-130DEH, 7125, 14MoCrЮ, 12MoCr22, 15Mo3, 4130[^]140, 4135RH, 709M40, 817M40, 4340, 34CrMo4, 39NiCrMo3, 42CrMo4;
- рессорно-пружинный прокат по ГОСТ 14959-79: 60 - 85, 60Г-70Г, 50ХФА, 50ХГФА, 70ХГФА, 60С2А, 60С2Г;
- бортовые стали: 60Б, 70Б, 75Б, 80Б, 85Б, 80БВ;
- бортовая высокопрочная сталь: 90Б;
- кордовые стали: 65К, 70К, 75К, 80К;
- кордовые высокопрочные стали: 85К, 90К;
- трубная заготовка по ГОСТ 1050-88, ОСТ 14-21-77 и иностранным стандартам: 10-45, 52, Т11, Т12, Д, К, Е, 36Г2С, 37Г2С;
- штамповые стали типа 45ХН2МФА, 45ХНМФЮТР, 45ХНМФ1ЮТР, 45ХНМФ1Ю1ТР.

К ряду сталей предъявляются требования по гарантированной поставке с заданной микроструктурой, полосой прокаливания и синеломкостью.



Внедрению такого марочного разнообразия стали предшествовали глубокие исследования процессов внепечного рафинирования, в первую очередь процессов вакуумирования металла.

Основная задача процесса вакуумирования - максимальное удаление газов из стали. В состав отделения внепечной обработки стали электросталеплавильного цеха № 2 входят циркуляционный вакууматор RH, ковшевой вакууматор VD и установка «печь-ковш». Особенностью работы отделения внепечной обработки является то, что оба вакууматора обслуживаются одной системой вакуумных насосов, обеспечивающих разрежение менее 1 Мбар. Поочередное использование вакууматоров VD и RH обеспечивается шиберным устройством. Внепечная обработка осуществляется по двум схемам: ДСП -> печь-ковш -> VD -> печь-ковш МНЛЗ; ДСП печь-ковш -> RH -> печь-ковш -> МНЛЗ.

Для анализа использован современный экспресс-метод измерения содержания водорода посредством системы «Hidris» фирмы «Elektro - Nite».

Ввиду эффективной работы паровых насосов и всего комплекса внепечной обработки нахождение плавки в стальковше от момента слива из ДСП до разливки на машине непрерывного литья заготовок не превышает 40 мин и для сокращения этого показателя в настоящее время установлена газораспределительная станция параллельной фильтрации «CLP-602» для эксцентричной продувки инертным газом металла в стальковше через пористые пробки, основным достижением которой будет исключение застойных зон металла и регулируемая альтернирующая продувка с заявленным уменьшением неметаллических включений и газов в стали.

В 1987 г. началась эпоха производства металлокорда на БМЗ. Уникальным в технологии производства металлокорда на БМЗ является то, что выплавка стали впервые в металлургической практике осуществляется в дуговых электропечах, весь цикл производства готового металлокорда от подготовки сырья до свивки сосредоточен на одном заводе.

Первую плавку кордовой стали завод выплавил в июле 1987 г. Имея уникальную возможность оперативно оценивать качество продукции (металлического корда) непосредственно в рамках своего предприятия и обладая современными средствами контроля и анализа качественных параметров (эмиссионные спектрометры ARL, газоанализаторы «Лесо», электронные микроскопы с микрозондами и др.), заводские специалисты разработали стройную технологию получения качественной высокоуглеродистой стали для производства металлического корда.

На основе многолетнего собственного опыта и практики зарубежных производителей корда выделены основные наиболее важные аспекты качества кордовой стали:

- минимальное (менее 0,05% каждого) содержание примесей цветных металлов Cr, Ni, Si;
- низкое содержание газов: кислорода - менее 20 ppm, водорода - менее 2 ppm;
- высокая чистота стали по неметаллическим включениям, особенно по оксидам алюминия;
- низкая степень сегрегации элементов, в первую очередь углерода, в слитке и катанке.

Безусловно, простейшее решение проблемы минимизации примесей цветных металлов заключалось в использовании чистых «первородных» видов сырья: металлизированных окатышей, горячебрикетированного железа, чугуна передельного и др. По проектной технологии кордовую сталь выплавляли в 100-тонных дуговых печах с использованием в шихте до 100% металлизированных окатышей. В настоящее время с целью сокращения доли привозного лома данная технология оптимизирована и использование металлизированных окатышей уменьшено до 30-45 т на одну плавку.

Высокое качество белорусского корда подтверждают его потребители: белорусские и российские шинники, известные мировые фирмы-производители шин «Гудьер», «Пирелли», «Континенталь», «Матадор», «Мишлен», «Данлоп».

С целью гарантированного обеспечения заданного уровня ликвации Белорусский металлургический завод в 1998 г. провел реконструкцию четырехручьевого сортовой машины непрерывного литья заготовок. Машина криволинейного типа предназначена для отливки блюмов сечением 250x300 и 300x400 мм из углеродистой и легированной качественной стали со скоростью разливки от 0,5 до 0,8 м/мин.

Главная цель реконструкции - улучшение качества внутренней структуры и поверхности непрерывнолитых заготовок. В ходе модернизации выполнены следующие основные мероприятия:

- область первичного охлаждения в кристаллизаторе увеличена на 100 мм;
- установлены катушки электромагнитного перемешивания в кристаллизаторе;
- изменены секции зоны вторичного охлаждения и системы первичного и вторичного охлаждений;
- усовершенствована и внедрена система автоматизированного поддержания уровня металла в кристаллизаторе;



Слева направо: слесари-ремонтники А. Г. Лобачев, С. Л. Агеевич, В. Л. Дмитриев, А. И. Масликов, С. А. Широкий

- внедрена система раннего распознавания шлака;
- внедрена усовершенствованная автоматизированная система управления технологическим процессом разливки;
- первичная система охлаждения устанавливает расход воды в кристаллизаторе постоянным (независимо от скорости разливки, марки стали и перепада температуры) в следующих пределах: для сечения 250x300 мм - 1750 л/мин; для сечения 300x400 мм - 2250 л/мин.

Расход воды по секциям ЗВО устанавливается автоматически в зависимости от скорости разливки и марки стали (группа охлаждения) в широких пределах от 0,7 до 78 л/мин. Управление расходом воды при работе 2-го уровня осуществляется таким образом, чтобы каждый метр сегмента заготовки получал строго определенное количество воды с учетом фактической скорости разливки.

Система автоматического поддержания уровня металла в кристаллизаторе с применением радиоактивных датчиков кобальт-60 позволяет поддерживать колебания уровня металла в кристаллизаторе в узких пределах $\pm 3,0$ мм.

Применение катушек ЭМП значительно изменило процесс затвердевания стали в кристаллизаторе и массопереноса в двухфазной зоне, в результате расширяется зона равноосных кристаллов и приостанавливается рост столбчатых кристаллов. В целом улучшена микро- и макроструктура непрерывнолитых блюмов, развитие ликвационных полосок снизилось в 4 раза для сечения 200x300 мм и в 2,2 раза - для сечения 300x400 мм.

В результате детальных исследований определены оптимальные режимы работы катушки ЭМП для сталей с содержанием углерода от 0,1 до 0,8%, обеспечивающие балл ликвации не выше 3,0.

В 1998-2000 гг. РУП «БМЗ» внедрило на всех трех печах систему донной продувки ванны печи инертными газами. Продувка осуществляется через три фурмы, установленные в подине печи. Реализована схема «прямого» типа продувки.

Продувка инертным газом способствует интенсивному перемешиванию металла со шлаком, мелкие пузыри оказывают фильтрующее воздействие на металл. Слои металла, насыщенные инертным газом, вследствие снижения плотности получают вертикальное перемещение, вызывая противоположное перемещение соседних слоев стали, в результате выравниваются температура и химический состав в объеме ванны. Перепад температуры металла между последним измерением в печи и первым измерением в ковше снижен на 15 °С, в результате выравниваются температура и химический состав в объеме ванны.

Несомненно положительное влияние донной продувки ванны на ускорение массообменных процессов между металлом и шлаком вследствие существенного увеличения удельной поверхности контакта фаз.



Снижение концентрации кислорода в металле и всплывание неметаллических включений при донной продувке в печи обеспечило уменьшение содержания оксидных включений в стали для металлокорда в 1,3 раза и угара раскислителей - в 1,05 раза.

Содержание азота в металле без продувки через днище в период вялого кипа увеличивается в среднем на 20 ppm. Компенсация мощности кипения ванны за счет принудительной продувки аргоном снизу обеспечивает снижение концентрации азота в стали в этот период в среднем на 15 ppm.

В юбилейный год 25-летия завода сталеплавильщики проведут еще одно мероприятие в плане реконструкции: будет произведена реконструкция машины непрерывного литья заготовок № 3 с возможностью разлива заготовки круглого сечения для обеспечения трубопрокатного производства.

Впереди у сталеплавильщиков БМЗ новые рубежи в технологии, в совершенствовании оборудования и улучшении качества: установка дополнительной технологической линии внепечной обработки стали с возможностью обработки стали ЭСПЦ-1 и ЭСПЦ-2, расширение метизных мощностей, принципиальное новое строительство листопрокатного производства.