

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ В ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ

*С.А. Меденков*

В работе рассмотрены современные условия эксплуатации мощных дуговых электропечей с точки зрения используемого сырья. Проанализировано влияние использования металлизированных окатышей на качество и себестоимость получаемой в электропечах стали, отмечены некоторые особенности проведения электроплавки с использованием в качестве шихты различного количества металлизированных окатышей, имеющих неодинаковое процентное содержание металлической составляющей. Отмечено значительное повышение качества выплавляемого металла, получаемого из металлизированных окатышей, и потенциальные возможности использования этого фактора в современных рыночных экономических отношениях.

Ключевые слова: дуговая электропечь, металлизированные окатыши, содержание углерода, перемешивание ванны, показатели качества металла.

Эффективная работа мощной дуговой сталеплавильной печи требует решения проблемы рациональной шихтовки плавки для быстрого и экономичного расплавления загруженной шихты. Особое значение имеют соотношение долей легко- и тяжеловесного лома в шихте, количество лома, чугуна, кокса и металлизированных окатышей, рациональная подготовка лома к плавке.

Для выплавки стали в дуговых печах в настоящее время используют следующие виды металлолома:

- 1) тяжеловесный лом, образующийся непосредственно на металлургических предприятиях (обрезь прокатных цехов, прежде всего обжимных и толстолистовых станов);
- 2) лом машиностроительных предприятий (обрезь при штамповке, стружка при механической обработке и т.д.);
- 3) легковесный амортизационный лом.

Наиболее качественным ломом является обрезь прокатных цехов металлургических предприятий. Такой лом имеет высокую насыпную плотность ( $> 1,5 \text{ т / м}^3$ ), практически не содержит примесей цветных металлов и неметаллических примесей, примерный состав его обычно известен. При разливке стали в изложницы доля прокатной обрезки составляет 20–30 % от массы слитков. Недостаток такого лома заключается в длительном расплавлении.

Переход на непрерывную разливку стали в водоохлаждаемый кристаллизатор резко снижает количество прокатной обрезки (до 5–10 %), поэтому с увеличением количества металла, разливаемого на МНЛЗ, доля высококачественного тяжеловесного лома, используемого в отечественном электросталеплавильном производстве, будет уменьшаться.

К сожалению, амортизационный лом имеет обычно небольшую насыпную плотность (0,8–1,0 т / м<sup>3</sup>), сильно загрязнен всевозможными примесями (цветные металлы, пластмассы, резина, мусор), химический состав его, как правило, неизвестен.

Амортизационный лом отличается повышенным содержанием серы и меди. Для рационального использования требуется специальная подготовка такого лома, вследствие чего повышается его стоимость. Лом машиностроительных предприятий в значительной степени перерабатывается в литейных цехах этих предприятий, но часть его попадает и на металлургические заводы. Качество такого лома также невысоко: металлическая стружка загрязнена масляной эмульсией, химический состав лома, как правило, неизвестен. Для рационального использования в сверхмощных дуговых печах такого лома также требуется специальная подготовка лома (брикетирование стружки и т.д.).

Перерабатывают амортизационный лом методом фрагментации (измельчение лома в роторном дробителе молоткового типа с последующей магнитной сепарацией и сортировкой дробленого металла). Извлечение цветных металлов из дробленного лома дает возможность уменьшить загрязнение стали вредными примесями, особенно медью. Это имеет большое значение, так как за последние годы содержание меди в углеродистых сталях отечественного производства увеличилось более, чем вдвое (с 0,10–0,12 до 0,25–0,27 %) и значительно приблизилось к предельно допустимому (0,4 %).

Лом, подготовленный методом фрагментации, содержит намного меньше меди (< 0,25 %), очищен от неметаллических примесей, усреднен по составу и размерам (25–100 мм), имеет большую насыпную плотность (1,0–1,5 т/м<sup>3</sup>) и более высокое качество.

Чугун традиционно применяется в электросталеплавильном производстве для повышения содержания углерода в шихте. Чугун можно считать высококачественным железосодержащим шихтовым материалом. Содержание серы и фосфора в нем сравнительно невелико, и практически не содержится примесей цветных металлов. В связи с высокой (по сравнению с ломом) стоимостью чугуна его использование в электросталеплавильном производстве значительно уменьшилось. В качестве науглероживателя шихты обычно используют кокс и другие дешевые углеродсодержащие материалы. В настоящее время чугун в электроплавке стали применяют обычно для разбавления некачественного лома (понижения содержания вредных примесей в расплаве) [1].

Металлизированное сырье является очень чистым, высококачественным материалом. Использование металлизированного сырья в электроплавке стали имеет следующие достоинства: химический состав металлизированного сырья точно известен, однороден, отсутствуют нежелательные примеси. Постепенно растет производство электростали на таком сырье, которое на практике показывает высокую эффективность использования окатышей.

Обычно металлизированные окатыши получают и используют диаметром 3–20 мм; реже – в виде брикетов с размерами, не превышающими 70 мм. Металлизированные окатыши обычно содержат 2–8 % пустой породы с основностью 0,3, остальное – железо (металлическое и в виде оксидов). Степень металлизации окатышей ( $Fe/FeO_{\text{общ}}$ ), как правило, колеблется в пределах 0,90–0,97.

Металлизированное сырье практически не содержит цветных примесей и имеет довольно низкое содержание серы (0,005–0,025 %) и фосфора (0,011–0,035 %) [2].

В таблице 1 приведены данные о среднем содержании остаточных элементов в скрапе и металлизированном сырье на заводах США.

Таблица 1

Процентное содержание (по массе) остаточных элементов  
в различных видах железосодержащих материалов

Вид материала	Содержание, %		
	Cu	Sn	S
Металлизированное сырьё	0,005	0,002	0,010
Заводские отходы и пакеты	0,060	0,005	0,025
Покупные пакеты	0,120 – 0,480	0,016 – 0,060	0,040 – 0,100
Скрап: переработанный фракционированный	0,210	0,027	0,040
	0,050	0,020	0,030

Содержание углерода в металлизированном сырье может колебаться в широких пределах (0,2–2,0 %), оно определяется технологией процесса металлизации. Насыпная плотность металлизированных окатышей достаточно высока (1,2–1,5 т/м<sup>3</sup>) и близка к насыпной плотности лома, специально подготовленного для мощных электропечей. Металлизированные окатыши обладают магнитными свойствами, это облегчает их транспортировку, перегрузку и подачу в печь.

Вследствие большой удельной поверхности металлизированное сырье имеет большую склонность к вторичному окислению при длительном хранении или перегрузках, особенно при повышенной влажности атмосферы, что значительно усложняет транспортировку и хранение такого сырья.

Ниже приведены показатели качества металлизированных окатышей, используемых в электросталеплавильном цехе ОЭМК:

Содержание железа, % (не менее):

- общего – 88;
- металлического – 79.

Содержание, % (не более):

- фосфора – 0,015;
- серы – 0,010;
- кремнезема – 0,5.

Количество окатышей диаметром до 3 мм не более 0,5 %.

Степень металлизации 90 %.

Содержание углерода в окатышах, %:

- 1-го класса – 0,9–1,7;
- 2-го класса – 1,71–2,3;
- 3-го класса – 2,3 [3].

Проведение плавки с применением металлизированного сырья имеет некоторые особенности.

С середины 60-х годов двадцатого века, когда были разработаны и реализованы новые эффективные способы прямого восстановления железа и основные идеи технологии электроплавки с непрерывной загрузкой металлизированных материалов, получила распространение выплавка электростали с использованием железа прямого восстановления.

Опыт показал, что мощная дуговая печь лучше других агрегатов подходит для передела металлизированного сырья в высококачественную сталь.

Использование металлизированных окатышей увеличивает производительность печи, при плавлении меньше шума, допускается расширение производства при минимальных капитальных затратах. Неоднородное (неравномерное) размещение лома в печи вызывает большие колебания мощности при плавлении, непрерывные изменения длины дуги. Увеличивается электрическое сопротивление печной установки, снижается эффективная мощность.

Плавление непрерывно загружаемого металлизированного сырья происходит при более устойчивом горении дуг, полезная мощность печи увеличивается (на 10–14 %). Акустический шум снижается на 10–15 дБ и обычно не превышает 89–92 дБ.

Железо прямого восстановления как шихтовый материал имеет ряд специфических особенностей, определяющих и особенности технологии электроплавки с его применением. Содержание оксидов железа в окаты-

шах составляет 3–12 %. Большое количество кислой пустой породы и оксидов железа в металлизированном сырье значительно повышает кратность шлака при выплавке стали в дуговой печи и приводит к увеличению расхода энергии на плавку. Но вместе с тем при высоком содержании оксидов железа в окатышах ускоряется их плавление. Это наряду с увеличением количества шлака улучшает службу футеровки стен электропечи.

Низкое содержание примесей в металлизированном сырье дает возможность использовать такое сырье при производстве стали в двух направлениях: получение металла очень высокого качества при большой доле металлизированного сырья в шихте или применение дешевого скрапа низкого качества в шихте для получения стали обычного качества, но при более низкой ее стоимости. В настоящее время используют оба направления.

Содержание серы в металле обычно составляет не более 0,010 %, а часто даже не более 0,006 %, что позволяет отказаться от десульфурации металла в ковше с использованием дорогих сплавов кальция, циркония и РЗМ [3].

Длительное интенсивное перемешивание ванны в результате ее кипения дает возможность получать к концу плавки с использованием металлизированного сырья сталь, практически чистую от неметаллических включений, содержащихся в ломе. Для получения высококачественного готового металла большое значение имеет выбор рациональной схемы окончательного рафинирования расплава: раскисления и внепечной обработки.

Раскисление металла обычно проводят в ковше во время выпуска, в качестве способов внепечной обработки используют продувку металла в ковше аргоном или вакуумную обработку в порционном вакууматоре. При использовании описанной схемы реальным результатом применяемых способов внепечного рафинирования является интенсивное перемешивание металла для выравнивания температуры и состава металла, регулирования температуры, удаления неметаллических включений.

В настоящее время стоимость металлизированного сырья в 2–2,5 раза выше стоимости подготовленного лома, поэтому металлизированное сырье в больших количествах экономически и технически целесообразно применять лишь тогда, когда необходимо существенное улучшение качества металла или требуется получение стали со специальными свойствами.

Тем не менее, и с экономической точки зрения рациональное применение металлизированного сырья возможно. В случае высокого качества металлизированного сырья, рациональной шихтовки плавок, применения рациональной технологии производительность мощной печи превышает производительность печей, работающих на ломе [2].

Влияние металлизированного сырья на качество и свойства стали проявляется по-разному. Прежде всего, применение металлизированного сырья приводит к улучшению пластических свойств, вследствие снижения содержания примесей цветных металлов, серы и фосфора в стали, обу-

словленного малым количеством этих примесей в металлизированных окатышах. Специфическая технология плавки при использовании металлизированных окатышей (длительное интенсивное кипение ванны под толстым слоем окисленного шлака сравнительно невысокой основности, имеющего малую газопроницаемость) и низкое содержание азота в окатышах позволяют получать сталь с очень низким содержанием газов, особенно азота. Имеются сведения об использовании металлизированного сырья специально для производства стали с низким содержанием азота. По данным исследовательской работы улучшение качества стали при использовании металлизированного сырья достигается благодаря низкому содержанию в ней серы, фосфора, азота и обычных сопутствующих (цветных) примесей.

В условиях отечественных заводов наибольший экономический эффект от применения металлизированного сырья может быть получен в дуговых печах при выплавке высококачественных сталей с жесткими требованиями по содержанию неудаляемых примесей, серы и азота. Металлизированное сырье рационально применять для выплавки в электропечах следующих групп высококачественной электростали:

- 1) пружинно-рессорных сталей с повышенным пределом усталости, пониженной склонностью к хрупкому разрушению;
- 2) конструкционных сталей с гарантированной прокаливаемостью, размером зерна, низкой загрязненностью неметаллическими включениями, высокой пластичностью, пониженной склонностью к хрупкому и вязкому разрушению.

При работе на 100 % металлизированного сырья в шихте можно получить в готовой стали не более 0,001 % азота и добиваться получения низкого (0,01 %) содержания серы, что обеспечивает уменьшение размеров сульфидных строчек в готовой стали. Выпуск плавки из печи в ковш с остатками окислительного шлака обеспечит отсутствие сложных шлаковых глобулярных включений в металле. Рациональное раскисление металла, тщательное перемешивание продувкой аргоном и при порционной вакуумной обработке должны привести к уменьшению конечного содержания кислорода в металле и снижению размеров и количества оксидных строчечных включений. Внепечное вакуумирование приведет к снижению содержания водорода и уменьшению склонности к флокенообразованию. Разливка металла на МНЛЗ в водоохлаждаемый кристаллизатор резко уменьшит ликвацию серы и кислорода в металле, что также способствует получению стали с небольшими оксидными и сульфидными строчечными включениями.

Использование металлизированного сырья повышает характеристики готового металла: относительное удлинение, усталостную прочность, ударную вязкость, обрабатываемость, свариваемость, изотропию свойств, качество поверхности слитков и заготовок [1].

Все вышеперечисленное позволяет электрометаллургическим производствам, не имеющим своего стабильного качественного сырья, с большой долей уверенности определить свою стратегию, ориентированную на производство качественных сталей, в направлении вертикальной интеграции в части производства металлизированных окатышей.

### Библиографический список

1. Поволоцкий, Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов: учебник для вузов / Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Рошин, Н.В. Мальков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Metallurgy, 1995. – 592 с.
2. Борнацкий, И.И. Производство стали / И.И. Борнацкий, В.Ф. Михневич, С.А. Яргин. – М.: «Metallurgy», 1991. – 400 с.
3. Рябов, А.В. Внепечная обработка стали: учебное пособие / А.В. Рябов, И.В. Чуманов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 43 с.