

**Обоснование экономической целесообразности производства металлургического сырья  
на базе железорудных месторождений Республики Беларусь**

Магистрант Кузина М.А.  
Научный руководитель – Трусова И. А.  
Белорусский государственный университет  
г. Минск

Целью настоящей работы является анализ способов производства металлургического сырья на базе железорудных месторождений Республики Беларусь и оценка экономической целесообразности производства.

Актуальность рассматриваемой проблемы обусловлена тем, что при нынешних темпах производства и потребления железа в ближайшие 50 лет мировые запасы богатых железных руд начнут исчерпываться.

На сегодняшний день крупнейшим потребителем металлолома является БМЗ, объемы производства которого по жидкой стали в 2010 году достигнут 2,8 – 3,0 млн. тонн в год. Это потребует исходного сырья в виде металлолома на уровне 3,0 – 3,25 млн. т/год. В настоящее время основным поставщиком металлолома в нашу страну является Российская Федерация (более 2/3), остальная часть формируется на базе отечественных предприятий. В связи с изложенным и тенденцией роста цен (мировые цены на стальной лом показаны в таблице 1) представляется целесообразным рассмотреть вопросы разработки собственных месторождений железных руд.

Таблица 1 – Мировые цены на лом

Тип металлолома	Цена, \$/т
Средняя цена	298.57 - 323.21
Дробленый лом США (Восточное побережье)	315 - 340
Тяжелый стальной лом HMS1 (FOB Роттердам) - аналог марки 3А	305 - 315
Тяжелый стальной лом HMS1&2 (FOB Роттердам)	300 - 315
Экспорт из СНГ, FOB (Западные порты)	300 - 320
Экспорт из Санкт-Петербурга, франко-вагон	235 - 250
закупочная цена Северсталь, лом 3А, франко-вагон	250 - 280
закупочная цена НЛМК, лом 3А, франко-вагон	250 - 280
закупочная цена ММК, лом 3А, франко-вагон	250 - 285

В Республике Беларусь имеется два месторождения железных руд: Околовское и Новоселковское. На Околовском месторождении сосредоточено около 166 млн тонн балансовой руды. Удельное содержание железа в рудах этого месторождения составляет 24,3%, однако руды являются легко обогащаемыми. По результатам ранее проведенных технологических испытаний доказана возможность получения из этих руд магнетитового концентрата с извлечением железа до 95,2%. Из полученного концентрата изготовлены опытные образцы металлургических окатышей, отвечающие требованиям промышленной технологии БМЗ.

Новоселковское месторождение имеет запасы руды в объеме 175 млн тонн. Это также легко обогащаемые руды, которые, помимо железа (133,6 млн тонн) содержат около 5,7 млн тонн титановых и 205,7 тыс. тонн ванадиевых руд, что свидетельствует о необходимости их комплексного использования.

Использование собственных железных руд Белорусским металлургическим заводом потребует некоторой реконструкции предприятия. Разработка этих месторождений предполагает строительство горно-обогатительного комбината и рудников при уже имеющейся в районе месторождений развитой транспортной инфраструктуре и анализ путей использования исходного сырья.

**Обоснование и выбор конструкции печи для обжига извести применительно к РУП БМЗ**

Студент гр. 304124 Голышев В.В.  
Научный руководитель – Ратников П.Э.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Основным направлением в металлургии является сокращение затрат на выплавку стали и повышение качества готовой продукции. Устойчивый рост выпуска продукции требует увеличения производственных мощностей электросталеплавильного производства, но при этом растет потребность в основном

шлакообразующем и рафинирующим материале (свежеобожженной высокорективной извести). Частичная замена извести необожженными материалами (сырым доломитом и известняком) не решает проблемы, так как увеличение их доли и шихте приводит к снижению технико-экономических показателей работы дуговых сталеплавильных печей.

На Белорусском металлургическом заводе для производства извести используется две шахтные печи с годовым производством 52 000 и 40 000 т, которые обеспечивают выпуск около 2 090 000 т стали в год в двух электросталеплавильных цехах, при среднем фактическом расходе 44 кг на 1 т выплавляемой стали. Этого объема для потребности ЭСПЦ-1,2 не хватает, так как норма составляет 50 кг/т. Поэтому завод восполняет дефицит известняком, доломитом и другими дорогостоящими шлакообразующими материалами, стоимость которых составляет около 400 долларов США за тонну, ежемесячно для восполнения дефицита извести закупается 1000т материала.

Стоимость 1 тонны извести, производимой двумя известково-обжигательными печами, составляет около 190 000 руб., поэтому экономически целесообразно строительство дополнительной печи, которая позволит отказаться от дорогих покупных материалов, обеспечить растущее производство и соответственно увеличить удельный расход извести до 55-60 кг/т стали.

Расчет потребления извести с учетом выплавки 3 000 000 т/год в условиях РУП «БМЗ» (при расходе извести 55кг/т) показан на рисунке 1.

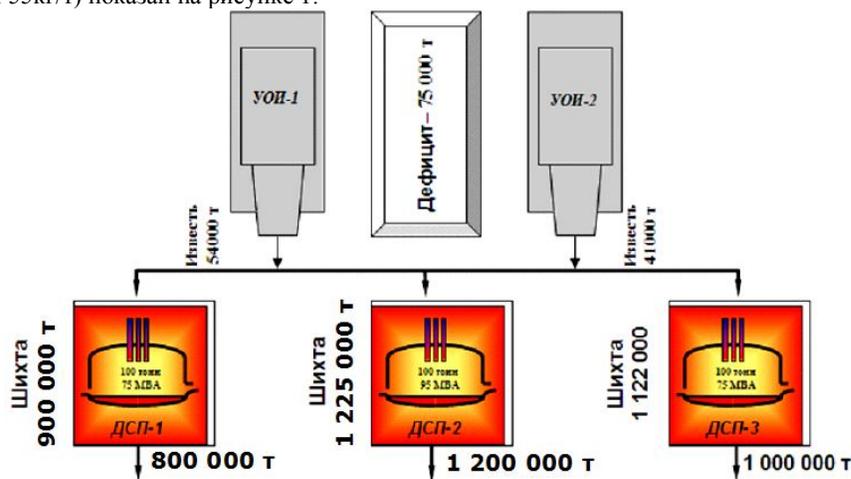


Рисунок 1 – Структура производства стали и извести в условиях электросталеплавильного производства РУП «БМЗ»

Исходными материалами для производства извести являются многие разновидности известково-магнезиальных карбонатных пород (известняки, мел, доломитизированные известняки, доломиты и др.). В состав известняков входят углекислый кальций  $\text{CaCO}_3$ , и небольшое количество различных примесей (глина, кварцевый песок, доломит, пирит, гипс и др.).

Теоретически карбонат кальция состоит из 56%  $\text{CaO}$  и 44%  $\text{CO}_2$ . Он встречается в виде двух минералов – кальцита и арагонита.

Обжиг – основная технологическая операция в производстве извести. При этом протекает ряд сложных физико-химических процессов, определяющих качество продукта. Цель обжига – возможно более полное разложение (диссоциация)  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , на  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{CO}_2$  и получение высококачественного продукта с оптимальной микроструктурой частичек и их пор.

Для обжига извести в основном применяют шахтные, вращающиеся печи. Используют также установки для обжига извести во взвешенном состоянии, в кипящем слое, на специальных решетках. Выбор типа печи для обжига извести определяется производительностью завода, физико-механическими свойствами и химическим составом известняка, видом топлива и требуемым качеством извести.

Вращающиеся печи для обжига извести позволяют получать мягкообожженную известь высокого качества из известняка и мягких карбонатных пород в виде мелких кусков. Вращающиеся печи допускают возможность полной механизации и автоматизации процесса обжига. Наконец, в них можно применять все виды топлива - пылевидное твердое, жидкое и газообразное. Недостатки вращающихся печей - большой расход металла на 1 т мощности, повышенные капиталовложения и значительный расход электроэнергии. С увеличением длины печей производительность их возрастает, а расход топлива снижается.

Наибольшее распространение получили шахтные печи. Эти печи характеризуются непрерывностью действия, пониженным расходом топлива и электроэнергии, а также простотой в эксплуатации. Строительство их требует относительно небольших капиталовложений.

Имеется два основных типа вертикальных шахтных печей – одношахтные печи с противоточным нагревом и многошахтные печи с параллельнопоточным нагревом.

В зависимости от вида применяемого топлива и способа его сжигания различают шахтные печи, работающие:

– на короткопламенном твёрдом топливе, вводимом обычно в печь вместе с обжигаемым материалом; т.к. известняк и кусковое топливо при этом загружают в шахту перемежающимися слоями, то иногда такой способ обжига называют пересыпным, а сами печи – пересыпными;

– на любом твёрдом топливе, газифицируемом или сжигаемом в выносных потоках, размещаемых непосредственно у печи;

– на жидком топливе;

– на газовом топливе, естественном или искусственном.

Противоточное движение обжигаемого материала и горячих газов в шахтной печи позволяет достаточно полно использовать теплоту отходящих газов на прогрев сырья, а теплоту обожженного материала – на подогрев воздуха, идущего в зону обжига. Поэтому для шахтных печей характерен низкий расход топлива. Расход условного топлива в этих печах составляет примерно 13-16% массы обожженной извести или 3800 - 4700 кДж на 1 кг.

Анализ преимуществ и недостатков различных конструкций печей для обжига извести позволил сделать вывод, что в условиях БМЗ целесообразно эксплуатировать печи шахтного типа из-за низкого расхода топлива, либо использовать сочетание шахтной и вращающейся печей. При этом мелкокусковой фракционированный известняк необходимо обжигать на 80% в шахте с применением кокса и окончательно - во вращающейся печи. Суточная производительность подобной установки может составлять 400 - 500т.

УДК 669

#### **Применение метода двухстадийного углеродного раскисления легированных сталей с целью управления составом и количеством неметаллических включений**

Студент гр. 304124 Гольшев В.В.  
Научный руководитель – Румянцева Г.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Одной из основных проблем при производстве стали является выбор оптимальной технологии внепечной обработки с целью минимизации загрязненности стали неметаллическими включениями, а также исключения дефектов макроструктуры заготовки.

Оксидные неметаллические включения в среднеуглеродистых легированных марках стали по своей природе условно можно разделить на два основных типа:

- шлаковые включения, близкие по своему составу к печному шлаку  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ;
- продукты реакций раскисления  $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO-MnO-SiO}_2$ .

Хорошо деформируемые при температурах горячей прокатки включения оказывают наименее вредное воздействие на свойства стали, что связано с их пластичностью при температурах деформации металла и более прочной связью с металлической матрицей. Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  во включениях в значительной мере определяет склонность включений к деформации и не должно превышать 15 – 20 %. Это хорошо согласуется с областями тройных легкоплавких эвтектик на шлаковых диаграммах состояния  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$ . Составы деформируемых включений, отличающихся невысокими температурами плавления, лежат вблизи области эвтектики между анортитом и псевдоволластонитом на диаграмме  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , спессартитом для диаграммы  $\text{SiO}_2\text{-MnO-Al}_2\text{O}_3$ , и волластонитом на диаграмме  $\text{CaO-MnO-SiO}_2$ . Согласно тройным диаграммам данные неметаллические включения имеют различную температуру плавления - от 1380 до 2050 °С. Включения данного состава при нагреве металла в методической печи не расплавляются, а в результате прокатки заготовки подвергаются разрушению и вытягиваются в направлении проката. Такие включения представляют большую опасность, так как они служат местом концентрации напряжений и способствуют разрушению изделий.

С целью управления составом и количеством неметаллических включений эндогенного характера предложена технология предварительного двухстадийного углеродного раскисления металла на выпуске применительно к легированным сталям. Данный метод раскисления сводит до минимума количество включений, являющихся продуктами раскисления данной стали. Принцип данной технологии заключается в проведении процесса раскисления стали на выпуске с использованием в первую очередь углеродосодержащих материалов.