

Technical descriptions of the electron-beam skull furnace, universal plasma-arc aggregate and experimental vacuum-arc furnace, which are used for the serial titanium alloys melting, are presented. The experiments of alloys getting showed, that the choice of melting aggregate for high-quality billets production is conditioned by weight, billets configuration, charge and cost of final output etc.

УДК 669.054.8

В. М. Соколов, Е. А. Жидков, В. Д. Бабюк

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Прямое использование биоотходов в качестве топлива в пирометаллургии*

Проанализирован опыт украинских и российских металлургов по применению некоторых видов биоотходов в производстве ферросплавов и сталеварении. Показано, что использование отходов лесного хозяйства является весьма эффективным при производстве высокочистых материалов, таких как ферросилиций с низким содержанием фосфора и металлургический кремний. При этом возрастают выход кремния и производительность процесса. Потребление коксового орешка и полукокса снижается. Показательным примером использования отходов сельского хозяйства является применение рисовой шелухи в сталеварении. Шелуха используется в качестве изоляционного материала для расплавленного металла в ковшах.

Ключевые слова: ферросплав, сталеварение, теплотворная способность, примесь, изолятор

Введение

Использование биоотходов [1, 2] (табл. 1) может сэкономить 5,78 млн. т угля, что составляет около 10 % угля, добываемого в Украине. Таким образом, оптимальное использование биоотходов в качестве топлива существенно снизит долю Украины в выбросах CO₂.

Однако широкое использование биоотходов в Украине в настоящий момент невозможно по ряду причин. Основная проблема здесь связана с ограниченным количеством имеющихся котлов и печей, в которых биотходы могут быть использованы в каче-

стве топлива. В то же время в Украине имеется хорошо развитое пирометаллургическое производство и определенный опыт в замене ископаемого топлива некоторыми видами твердого биотоплива.

Практика выявила несколько позитивных факторов, которые могут способствовать использованию биотоплива в пирометаллургии в Украине. Таковыми являются следующие:

– Наличие оборудования, работающего при повышенных температурах. Это снизит стоимость внедрения новых типов топлива.

– Твердые ископаемые виды топлива, в большинстве своем, содержат примеси, которые нежелательны для производства чистых металлов и сплавов. Очень часто твердое биотопливо не содержит такие примеси, это особенно характерно для отходов лесного хозяйства. Обычно при выращивании леса не применяются никакие неорганические удобрения, в том числе фосфатные. Поэтому отходы лесного хозяйства не содержат некоторые органические вещества и, прежде всего, фосфор.

Таблица 1

Потенциал Украины по отходам основных сельскохозяйственных зерновых культур и лесного хозяйства.

Вид отходов	Годовое количество образующихся отходов, млн. т	Теплотворная способность, кДж/кг	Потенциал для замены угля биоотходами, млн. т
Солома зерновых культур	6,17	10500	2,21
Стебли кукурузы	2,79	12500	1,19
Шелуха подсолнечника	0,66	16000	0,36
Отходы лесоповала и деревообрабатывающей промышленности	4,29	13800	2,02

*Авторы выражают признательность УНТЦ и НАН Украины за финансовую поддержку в рамках проекта № 4921 в проведении настоящих исследований

– Образование остаточного древесного угля. Этот уголь играет важную роль в восстановительных пирометаллургических процессах и может заменить некоторые дорогостоящие и редкие восстановители.

Настоящее исследование посвящено анализу опыта в использовании твердого биотоплива.

Отходы лесного хозяйства в производстве ферросилиция и кремния

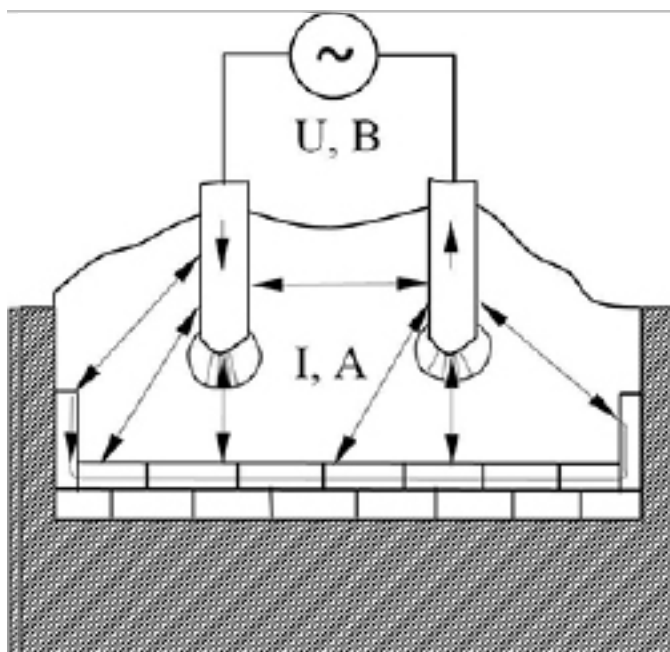
Наибольшей проблемой в использовании твердых биоотходов является повышенное содержание горючих летучих веществ. Например, в шелухе подсолнечника содержится 76,4 % таких веществ [3]. Способ, посредством которого твердое биотопливо вводится в шихту, имеет большое значение с точки зрения достижения максимально возможной степени утилизации тепла, производимого при сжигании топлива. Установлено, что одним из оптимальных является процесс производства ферросплава (ферросилиция) в печи с погруженной дугой (рис. 1).

Слой шихты достаточной толщины обеспечивает, в основном, оптимальное условие для использования горючих летучих веществ, которые образуются, главным образом, в нижней части печи. В то же время замена части кокса отходами лесного хозяйства предотвращает агломерацию верхнего слоя шихты. В результате создаются благоприятные условия для циркуляции газа в процессе плавки. Еще одним положительным моментом является увеличение электропроводности шихты, что упрощает операцию плавления [4]. Этот подход был реализован при производстве ферросилиция (специальных марок 65 и 75) с пониженным содержанием фосфора. Результаты опытных плавов приведены в работе [5]. Предварительно измельченная шихта содержала отходы лесного хозяйства (размер частиц до 30 мм) и такие традиционные вещества, как кварцит (размер частиц 20-90 мм), коксовый орешек и полукокс (размер частиц 5-20 мм), и стальная стружка. Ферросилиций марки 65 был выплавлен в герметичной печи с погруженной дугой мощностью 22,5 МВ·А. Ферросилиций марки 75 был выплавлен в открытой печи с погруженной дугой мощностью 20 МВ·А.

Наиболее значимые результаты были получены в герметичной печи. Количество биоотходов в качестве заменителя кокса варьировалось от 50 до 100 кг/т произведенного ферросилиция. Поток шихты, поступающей в ванну расплавленного металла, становился менее стабильным по мере увеличения содержания отходов, что выражалось в локальной приостановке перемещения шихты вплоть до внезапного прекращения ее перемещения. Однако это явление почти не влияло на стабильность электрических режимов в расплаве, а также на глубину погружения электродов. В то же время образующийся шлак становился более текучим, поскольку в нем увеличивалось содержание оксидов щелочных металлов, которые поступали из пепла, образовавшегося от биоотходов. Вследствие этого количество карбида кремния и фрагментов ферросплава в шлаке уменьшалось. Этот эффект, а также более эф-



а



б

Рис. 1. Печь с погруженной дугой: печь РК316.5 для производства ферросилиция (а); распределение электрического тока (б)

фективная циркуляция газового потока в верхней части шихты и поглощение газообразной окиси кремния остаточным древесным углем, образующимся из биоотходов, приводили к увеличению выхода кремния на 5-10 %. Как следствие, потребление кварцита снизилось на 4-8 %. Удельный расход электроэнергии на производство кремния также снизился на 3-5 %. В целом производительность процесса изготовления ферросплава возросла, и была получена экономия кокса в количестве 20-50 кг/т продукции. Антиокислительные свойства летучих веществ из биоотходов оказались также весьма полезными.

Древесные опилки были также использованы при производстве металлургического кремния в качестве замены древесного угля и нефтяного кокса [4]. Реакции, очень похожие на те, которые протекают при производстве ферросилиция, имеют место и в электрической печи [6]. Потребление опилок составило 200 кг/т произведенной продукции. Производительность процесса возросла на 1,7 %. Расход электроэнергии снизился на 864 МДж/т.

Рисовая шелуха в производстве стали

Необычная возможность возникает, если использовать рисовую шелуху в производстве стали. При выращивании риса в Украине и России фосфатные удобрения не применяются. Как следствие этого, рисовая шелуха практически не содержит фосфор (табл. 2) [7].

Как правило, фосфор является чрезвычайно вредной примесью для большинства сортов стали. Очень часто полностью удалить фосфор, растворенный в жидкой стали, не представляется возможным. При горении рисовой шелухи практически нет пламени, а имеет место лишь постоянное ее тление. Вследствие этого при контакте шелухи с жидкой сталью происходит непрерывное долговременное выделение тепла. Все указанные выше факторы



Рис. 2. Производство стали в кислородном конвертере

Таблица 2

Содержание примесей в рисовой шелухе из разных регионов, %

Регионы	Al	B	Ca	Fe	Mg	Mn	Na	P	Ti	Cu	Zn
Украина, Херсонская обл.	0,0009	0,0004	–	0,02	0,0001	0,01	0,002	0,00001	0,00001	0,0005	0,00001
Россия, Кубань	0,0200	0,0010	0,04	0,09	0,3000	0,15	0,020	следы	0,00200	0,0020	–

свидетельствуют в пользу использования шелухи в качестве изолятора поверхности ванны жидкой стали. Высокое содержание кремнезема придает изолирующую способность также и образующемуся пеплу.

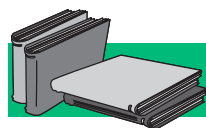
Годовое количество рисовой шелухи в Украине оставляет около 100 тыс. т. Этого количества вполне достаточно, чтобы обеспечить отечественную сталелитейную промышленность высокочистым экзотермическим изолирующим материалом. Рисовую шелуху используют, главным образом, в качестве изолирующего материала в течение нескольких часов в ковшах емкостью до 350 т на сталелитейных заводах, где применяются кислородные конвертеры, и емкостью до 120 т при непрерывной разливке (рис. 2).

Благодаря выделению тепла при тлении рисовой шелухи уменьшается необходимость в использовании природного газа для разогрева ковшей. Также отсутствует накопление фосфора и других вредных примесей в расплаве стали.

Выводы

Украина имеет развитые сельское и лесное хозяйства. При этом образуется огромное количество

биоотходов, которые могут быть использованы для получения тепла. Около 10 % угля, добываемого в Украине, можно заменить биоотходами. Самый простой путь в реализации этой возможности – замена ископаемого топлива в пирометаллургических процессах, которые протекают при высоких температурах. Отходы лесного хозяйства могут эффективно заменить кокс при производстве ферросилиция и металлургического кремния в электропечах. Кроме того, можно эффективно использовать также тепловые и защитные свойства горючих летучих веществ, выделяющихся из отходов. В результате можно достичь существенной экономии сырья и повысить продуктивность производства. Полученный при этом металл имеет низкое содержание фосфора, благодаря низкому его содержанию в используемой рисовой шелухе. Указанный фактор, а также традиционно высокое содержание кремнезема стимулируют использование рисовой шелухи в качестве изолирующего материала в сталеварении. Шелуху применяют также и для выдержки жидкого металла в течение нескольких часов в ковшах конвертеров и при непрерывной разливке. При сжигании шелухи тепло выделяется вследствие ее тления, что позволяет снизить потребление природного газа.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровин В. О., Корчемный М. О. и др. Биоотходы (технологии, машины и оборудование) // Киев: ЦТИ Энергетика и электрификация. – 256 с.

2. Geletukha G. G., Zhelyezna T. A. Overview on Renewable Energy in Agriculture and Forestry in Ukraine. German-Ukrainian Agricultural Policy Dialogue, Kyiv. – 2006. – 59 p.
3. Ooi Tze Chean, Ewan B. C. R. The study of sunflower seed husks as a fuel in the iron ore sintering process // MEI Conferences: Pyrometallurgy 07 Falmouth Beach Resort Hotel, Falmouth, UK. – 2007.
4. Рысс М. А. Производство ферросплавов // М.: Металлургия. – 1975. – 336 с.
5. Любкин Ю. Е., Руденко В. А. и др. Возможности использования отходов лесного хозяйства в плавке ферросилиция // Сталь. – 1979. – № 3 – С. 191-192.
6. Рагулина Р. И., Емлин Б. И. Электротермия кремния и силумина // М.: Металлургия. – 1972. – 240 с.
7. Марончук И. Е., Масенко Б. П. Производство кремния методом восстановления продуктов пиролиза рисовой шелухи // Технология и конструирование в электронике. – 2003. – № 1. – С. 42-43.
8. Boateng A. A., Hicks K. B., et al. Pyrolysis of hull-enriched byproducts from the scarification of hulled barley // B. V. Elsevier (eds.). – 2006.

Анотація

Соколов В. М., Жидков Є. А., Бабюк В. Д.

Пряме використання біовідходів в якості палива в пірометалургії

Проаналізовано досвід українських та російських металургів по застосуванню деяких видів біовідходів у виробництві феросплавів та у сталеварінні. Показано, що використання відходів лісового господарства є дуже ефективним при виробництві високочистих матеріалів, таких як феросилицій з низьким вмістом фосфору та металургійний кремній. При цьому зростає вихід кремнію і продуктивність процесу. Використання коксового горішку і напівкоксу знижується. Наявним прикладом використання відходів сільського господарства є застосування рисової лузги в сталеварінні. Лузга використовується в якості ізоляційного матеріалу для розплавленого металу в ковшах.

Ключові слова

феросплав, сталеваріння, теплотворна здатність, домішок, ізолятор

Summary

Sokolov V., Zhydkov E., Babyuk V.

Direct use of bio-waste as a fuel in pyrometallurgy

The experience of Ukrainian and Russian metallurgists in use of some types of bio-waste in ferroalloys production and steel making has been analyzed. The use of the forestry waste was shown to be rather efficient in production of high pure materials such as the ferrosilicon with low phosphorus content and the metallurgical silicon. In this case, the silicon yield and the process efficiency increase. The consumption of coke nut and coal char decreases. The indicative example of utilization of agriculture waste is use of rice husk in steel making. The husk is used as an insulation material for melted metal in ladle.

Keywords

ferroalloy, steel making, calorific value, impurity, insulator

Поступила 31.08.10

Вниманию авторов!

В соответствии с требованиями ВАКа все статьи, поступающие в редакции научных журналов, должны обязательно проходить **рецензирование**, иметь ключевые слова, аннотации, название статьи, фамилию, имя, отчество авторов на 3-х языках – русском, украинском и английском.

Объем статьи – не более 10 стр., рисунков – не более 5.

Статьи в редакции должны поступать на бумажном (с подписями всех соавторов) и электронном носителях.

Для текстовых материалов желательно использовать формат **doc**. Для графических материалов – формат **jpeg**. Графики и чертежи должны быть **черно-белыми**, четкими и контрастными. Фотографии и рисунки с разрешением, как минимум, 300 dpi.

Также необходимо прилагать контактную информацию (e-mail, телефон, адрес, факс) и сведения об авторах.