



In this article there are considered the problem of using of coke waste. There have been proposed to briquette coke waste with peat and use briquettes as the fuel for cupolas heating boilers and furnaces.

Н. А. СВИДУНОВИЧ, БГТУ, Н. В. КИСЛОВ, БНТУ, Ю. П. БОБРОВ, С. Ф. ЛУКАШЕВИЧ,
ОАО «МЗОО»

УДК 621.74

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФОКОКСОВЫХ БРИКЕТОВ ПРИ ПЛАВКЕ ЧУГУНА В ВАГРАНКЕ

В машиностроительном комплексе Республики Беларусь более чем 90 % чугунных отливок изготавливается из чугуна, выплавленного в вертикальных шахтных печах-вагранках. На сегодняшний день и ближайшие 20–30 лет, по прогнозам специалистов, вагранки останутся основным плавильным агрегатом в литейных цехах, позволяющим получать высококачественный металл с минимальными трудо- и энергозатратами. Топливом для вагранок служит литейный кокс. Автоматическое регулирование параметров процесса плавки и использование кондиционных шихтовых материалов позволяют получать на современных вагранках жидкий чугун с температурой до 1500–1550 °С на желобе, что дает возможность обрабатывать расплав перед заливкой различными присадками, повышающими эксплуатационные свойства чугуна, использовать в литниковых системах разнообразные типы фильтров, препятствующих попаданию в форму шлака и воздуха, захваченного металлом при заливке, и обеспечивать получение тонкостенных отливок.

В соответствии с требованиями существующих государственных стандартов литейный кокс должен иметь большую плотность, малую пористость, а, следовательно, низкую реакционную способность, низкое содержание летучих, высокую прочность при нормальной и повышенных температурах (теплостойкость), низкое содержание серы и золы. Стандартами установлены минимальный размер кусков кокса – 40 мм и содержание мелочи – не более 6 %. Качество кокса, который завозится в нашу республику в основном из России (как правило, производства Московского или Череповецкого коксо-химических комбинатов), далеко не соответствует требованиям стандартов. При среднем размере кусков кокса 40–60 мм количество мелочи (например, по данным заводов отопительного оборудования и автоматических линий) может достигать до 30 % [1]. Обилие мелких фракций в коксе ведет к суще-

ственному нарушению хода плавки в вагранках. Из-за увеличения аэродинамического сопротивления столба шихты в шахтах вагранок уменьшается как общее количество воздуха, проходящего через шихту для нормального горения кокса, так и его равномерное распределение по сечению шахты. Следует отметить, что существующие конструкции воздуходувок на вагранках не позволяют увеличить расход воздуха при возрастании сопротивления движению воздуха в шахтах. Поэтому использование кокса с наличием мелких фракций приводит к следующим отрицательным результатам:

- снижению температуры выпускаемого чугуна на 100–150 °С, что значительно увеличивает процент брака отливок, не позволяет в полной мере использовать преимущества обработки чугуна модифицирующими и легирующими присадками;
- уменьшению на 10–20 % производительности вагранок;
- сильному науглероживанию чугуна, в результате чего снижаются механические свойства отливок;
- увеличению на 20–30 % расхода топлива.

По имеющимся у нас сведениям, за рубежом (за исключением стран СНГ) нет проблемы использования некондиционного кокса при плавках чугуна в вагранках. Так, при посещении заводов КНР группой специалистов НП РУП «Институт «БелНИИлит» было отмечено, что, несмотря на использование вагранок устаревшей конструкции (подача воздуха осуществляется через одну фурму в подине), температура жидкого чугуна на желобе, как правило, не ниже 1400 °С, что является следствием использования качественного кокса: плотного, с размерами кусков 100–250 мм.

Попытки применять кокс перед подачей в вагранки с возможной в дальнейшем реализацией мелочи не получили развития, так как не на-

шлось потребителей отсева. Из-за того, что при сгорании кокса развиваются температуры значительно выше, чем при сгорании углей, использование коксовой мелочи в котельных или бытовых печах, как показала практика, неизбежно приводит к выходу из строя нагревательных устройств.

В вагранках коксовая мелочь сгорает лишь частично: основная масса ее выносится потоком газов из шахты и попадает в искрогаситель или накапливается на завалочной площадке, откуда периодически вывозится вместе с золой и пылью на свалки. На свалки вынуждены вывозить также и мелочь, которая накапливается в литейных цехах после просева кокса для засыпки холостой калоши.

Таким образом, разработка технологии использования отходов кокса является в настоящее время актуальной проблемой, решение которой позволило бы снизить расходы и улучшить качество литья и в целом способствовало бы увеличению поставок продукции литейных цехов на экспорт. Решение проблемы утилизации коксовой мелочи может быть осуществлено путем изготовления из отходов кокса композиционных брикетов соответствующего размера, в состав которых, кроме кокса, должны входить добавки, обеспечивающие необходимую прочность брикетов при нагреве их в шахтах вагранок.

В данной работе при выборе материала, который должен выполнять роль связующего в составе композиционного брикета, был учтен опыт, накопленный в республике по изготовлению торфобрикетов, в которых торф, кроме топлива, использовался одновременно как связующий материал. Запасы торфа в республике позволяют применять его в качестве связующего материала практически без ограничений. Возможны варианты использования торфа в сочетании с другими доступными связующими материалами. Следует отметить практически полное отсутствие серы в торфе, что улучшает его потребительские свойства как связующего, так и топлива [2, 3]. В настоящей работе участвовали работники ОАО «МЗОО», сотрудники кафедры «Горные машины» Белорусского национального технического университета (БНТУ) и Белорусского государственного технологического университета (БГТУ), которые имеют опыт по изготовлению композиционных брикетов и плавке их в вагранках. Поскольку основной процесс при плавке чугуна — науглероживание металла твердым топливом зависит от качества кокса и является сложным физико-химическим процессом, где растворившийся в металле углерод частично вступает в химические реакции с составными частями металла, то разработка технологии композиционных брикетов на основе торфяного связующего потребовала теоретического решения задачи о влиянии

структуры композиционных брикетов на процесс науглероживания чугуна, термической стойкости и окисления брикетов в различных зонах вагранки.

Существенным для разрабатываемой технологии является подбор материалов для композиционных брикетов. Основное требование к выбранным материалам — приемлемые цены и изготовление из сырья, производимого на отечественных предприятиях. Была подобрана рациональная форма брикетов, препятствующая их разрушению в шахтах вагранок. Технологию приготовления композиционных брикетов разрабатывали применительно к выпускаемому в республике оборудованию для производства топливных брикетов из торфа. Это позволило сократить до минимума сроки разработки технологии изготовления композиционных брикетов. Для исследования и обработки параметров технологического процесса были использованы производственные цехи и лабораторные помещения ОАО «МЗОО», БНТУ, БГТУ и торфобрикетного завода «Березинский» (Минская обл.).

Предварительные расчеты показали экономическую целесообразность использования торфококовых брикетов на ОАО «МЗОО».

Исследование и подбор типа и вида торфа, пригодного для изготовления торфококовых брикетов, проводили на кафедре «Горные машины» БНТУ. Была изготовлена экспериментальная установка для получения торфококовых брикетов [4].

В соответствии с технологическим заданием теплотворная способность брикетов из отсева кокса в смеси с торфом должна была составлять 5750 — 6000 ккал/кг.

При исследовании технологического процесса получения брикетов установлено, что торфококовый брикет следует рассматривать как композиционный материал, в котором торф, выступая в качестве связующего, образует пористую матрицу, а кокс является его активным наполнителем. Определены требования, характеризующие крупность коксовой мелочи, которая заполняет поровое пространство между частицами торфа. Был выполнен анализ процесса прессования твердых топлив по получению топливных брикетов из торфа, каменного и бурого угля и их композиций. Проведены исследования по брикетированию композиций из отходов кокса в смеси с торфом. В результате экспериментов были получены торфококовые брикеты (торф — 70 %, кокс — 30 %) размером 180 x 70 x 40 мм, прочностью 2,8 МПа и массой 0,6–0,7 кг. Это отличалось от первоначально задуманных характеристик брикетов: кокса — 70 %, торфа — 30 %. Чтобы получить необходимую прочность, согласно ГОСТ 2787-63, пришлось увеличить количество связующего, т. е. торфа, до 70 %. Это повлияло в свою очередь на показатель теплотворной способности, которая составила фактически 3860 — 4100 ккал/кг

(16–17 МДж/кг). Это превышает показатели теплотворной способности торфа на 32–37 %, но ниже показателей по техническому заданию. Кроме того, такое высокое содержание торфа сыграло отрицательную роль при плавке брикетов в вагранке. Установленная теплотворная способность торфококсовых брикетов получилась при содержании в брикетах влаги торфа 15 % и влаги кокса не более 6 %. При этом размер частиц торфа составлял 5–7 мм, а кокса — не более 3 мм.

На ОАО «МЗОО» были проведены экспериментальные плавки в литейном цехе радиаторов и литейном цехе ковкого и серого чугуна с использованием брикетов в качестве заменителя части топлива при плавке.

В литейном цехе радиаторов исходные данные для плавки были следующие.

	%	кг
1. Металлозавалка – чугун передельный		
ПЛ-1, ПЛ-2	34,0	780
Лом чугуна	33,0	760
Возврат собственного производства	33,0	760
Итого	100	2300
Ферросилиций (ЛФС-10, ЛФС-45)	>100	–
2. Топливо:		
2.1. кокс КЛ-1	16,5	380
2.2. кокс КЛ-1	16,5	340
торфококсовые брикеты	10	40

Согласно технологическому регламенту испытаний, плавку проводили в два этапа.

Этап первый (2 ч): плавка по варианту топливной колоши 2.2, т. е. кокс с брикетами в соотношении 90:10 %.

Этап второй (2 ч): плавка по варианту топливной колоши 2.1, т. е. кокс — 100 %.

Во время проведения экспериментальной плавки измеряли температуру металла на «желобе», количество выплавленного металла и выбросы ваграночных газов. Были получены следующие результаты.

1. Количество выплавленного металла:
при плавке по варианту 2.1 (без брикетов) — 380 ковшей (23,2 т),
при плавке по варианту 2.2 (с брикетами) — 387 ковшей (24,0 т).

2. Температура жидкого металла:
по варианту 2.1 (без брикетов) по 9 измерениям — 1362 °С,
по варианту 2.2 (с брикетами) по 9 измерениям — 1328 °С.

3. Выбросы ваграночных газов:
концентрация по угарному газу (СО), ингредиентам (пыль, NO_x, SO₂, углеводороды нефти) во время плавки по варианту 2.2 не изменилась.

Во время плавки с брикетами наблюдался повышенный выброс СО в 3,2 раза по сравнению с обычной работой вагранки. Концентрация долго не падала, вплоть до завалки металла. Было

высказано предположение о том, что количество торфококсовых брикетов увеличено по сравнению с обычным режимом по регламенту.

После проведения экспериментальной плавки в цехе радиаторов были сделаны следующие выводы:

- ход плавки в вариантах 2.1 и 2.2 равномерный, без простоев;
- средняя температура в варианте 2.2 (с брикетами) снижалась на 34 °С по сравнению с вариантом 2.1 (без брикетов);
- при увеличении количества брикетов во время завалки кокса более 10 % наблюдался повышенный выброс угарного газа (СО).

После проведения опытной плавки с брикетами в литейном цехе ковкого и серого чугуна были сделаны следующие выводы:

- ход плавки на этапе с использованием торфококсовых брикетов проходил неравномерно, несколько раз металл сливали из ковшей из-за пониженной температуры;
- средняя температура снизилась на 43 °С на этапе с использованием брикетов;
- наблюдалось повышение содержания шлака, которое затрудняло нормальный ход плавки.

Одновременно в лаборатории испытательной техники ОАО «МЗОО», в БелТЭИ проводили испытания торфококсовых брикетов как топлива для бытовых отопительных котлов. Была установлена пригодность торфококсовых брикетов для котлов. Средние значения теплопроизводительности при этом соответствовали показателям котла «Немига», работающем на каменном угле. Торфококсовые брикеты рекомендованы комиссией по испытаниям ОАО «МЗОО» для использования в бытовых печах и котлах.

В результате анализа данных, полученных при испытании брикетов в вагранках, установлено, что:

1) высокий процент (70) торфа в брикетах хоть и позволил достичь необходимой прочности (2,8 МПа), но зато понизил теплотворную способность (с 6000 до 4100 ккал/кг), что уменьшило его ценность как заменителя кокса;

2) сам торф как связующее также нуждался в своем связующем, без которого в интервале температур 150–200 °С наступил его (торфа) пиролиз в вагранке, в результате чего торф разложился, утратил роль как связующего и не смог сопроводить брикеты до зоны горения.

На торфопредприятии «Березинский» составлен акт внедрения технологического процесса изготовления торфококсовых брикетов.

Экономический эффект от использования торфококсовых брикетов в бытовых печах и котлах определяется на основе данных, полученных в ходе проведенной работы, как разница стоимости тепловой энергии от сжигания торфяных и торфококсовых брикетов [5].

Исходные данные:

теплотворная способность

торфококсовых брикетов, МДж/кг 16–17

теплотворная способность

торфяных брикетов
(на 32–37 % ниже), МДж/кг 12,3

стоимость 1 т торфяных
брикетов, руб. 32800

стоимость 1 т отходов
кокса, руб. 74000

стоимость 1 т торфококсовых
брикетов (из расчета 70 % торфа
и 30 % кокса в брикете), руб. 45160

количество (в среднем)
выпускаемого торфа по республике
в год, млн т 2,3

Годовой экономический эффект от внедрения
торфококсовых брикетов получен при расчете как

разница стоимости тепловой энергии 1 т торфо-
коксовых брикетов и 1 т торфяных брикетов,
умноженной на годовое количество производимо-
го в республике торфа и составит 306 600 тыс.
руб.

Литература

1. Дудецкий Б. Ф. Исследование и разработка про-
цессов изготовления и использования коксовых брикетов при
плавке чугуна в вагранке: Дис. ... канд. тех. наук. Мн., 1980.
2. Горная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия,
1987. Т. 3.
3. Лазарев А. В., Лынин Б. Г., Демьянов Е. С. и
др. Технология производства торфяных брикетов. М.: Недра,
1984.
4. Семенский Е. П. Технический анализ торфа. М.:
Энергоиздат, 1958.
5. Отчет о НИР «Разработать энергосберегающую тех-
нологию изготовления и использования брикетов из отхо-
дов торфа и кокса». Мн.: БНТУ, 1999.



ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Непрерывная разливка стали в мире

	1999 г.	2000 г.	2001 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.		1999 г.	2000 г.	2001 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
	(млн. т)			(%) ¹⁾				(млн. т)			(%) ¹⁾		
Всего²⁾	668,7	728,0	734,4	84,8	85,9	86,4	Канада	15,6	15,9	16,2	97,6	97,8	97,6
Страны ЕС	149,4	157,2	152,6	96,3	96,2	96,2	Турция	14,0	14,1	14,9	98,0	98,7	98,9
ФРГ	40,5	44,7	43,0	96,3	96,3	96,3	Мексика	14,2	14,6	12,5	92,6	93,5	93,9
Италия	23,9	25,8	25,6	95,9	96,3	96,1	ЮАР	7,7	8,3	8,7	97,9	98,2	98,2
Франция	19,3	19,9	18,3	95,4	95,0	94,7	Австралия	8,1	7,1	7,0	98,6	99,6	99,5
Испания	14,4	15,3	15,9	96,6	96,5	96,5	Иран	6,1	6,6	6,9	100,0	100,0	100,0
Великобритания	15,6	14,5	13,0	95,9	95,5	96,2	Украина	5,4	6,2	6,6	19,5	19,6	19,8
Бельгия	10,9	11,6	10,7	99,8	98,8	98,9	Польша	6,3	7,6	6,4	71,0	72,4	72,4
Нидерланды	5,9	5,5	5,9	97,9	97,2	97,8	Чехия	3,8	5,4	5,5	67,9	87,1	87,1
Австрия	5,0	5,5	5,7	96,5	96,2	96,4	Аргентина	3,7	4,4	4,0	98,0	98,1	98,0
Швеция	4,5	4,6	4,9	88,1	87,2	89,1	Словакия	3,5	3,7	3,9	99,0	99,3	99,4
Финляндия	3,9	4,1	3,9	99,5	99,5	99,4	Венесуэла	3,3	3,8	3,8	100,0	100,0	100,0
Люксембург	2,5	2,5	2,6	97,1	97,5	97,2	АРЕ	2,5	2,8	3,7	95,2	96,9	97,4
КНР	95,9	106,1	132,6	77,4	83,4	87,1	Сауд. Аравия	2,6	2,9	3,4	100,0	100,0	100,0
Япония	91,5	103,6	100,1	97,2	97,3	97,3	Румыния	2,6	3,1	3,2	59,9	65,3	65,5
США	93,4	98,1	87,3	95,9	96,4	96,9	Таиланд	1,5	2,1	2,0	100,0	100,0	100,0
Респ. Корея	40,5	42,5	43,2	98,7	98,6	98,5	Венгрия	1,8	1,9	1,9	99,9	100,0	100,0
Россия	25,7	29,4	30,0	49,8	49,7	50,9	Белоруссия	1,3	1,5	1,5	92,2	98,5	98,3
Бразилия	22,1	25,1	24,5	88,2	90,2	91,6	Молдавия	0,8	0,9	0,9	99,2	99,3	99,3
Индия	13,3	16,4	17,3	54,6	60,9	63,3	Ливия	0,9	1,1	0,8	97,8	100,0	100,0
Тайвань	15,3	16,8	17,1	99,4	99,8	99,5	Н. Зеландия	0,8	0,8	0,8	100,0	100,0	100,0

1) Доля стали, получаемой на МНЛЗ, в общей ее разливке. 2) По данным
Международного института чугуна и стали.

БИКИ 15.IV.2003 ВИ