



*The way of cast iron production in cupola-furnace using coke and anthracite in composition of fuel bed is examined. Using of anthracite provides raise of temperature of cast iron and economy of coke.*

С. Ф. ЛУКАШЕВИЧ, В. К. ФИЛИПЧИК, Л. З. ПИСАРЕНКО, В. А. ХАЦКЕВИЧ,  
ОАО «МЗОО»

УДК 621.74

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА В ВАГРАНКАХ

В настоящее время вагранка все еще является основным плавильным агрегатом для получения серого чугуна. В качестве топлива для выплавки чугуна используется каменноугольный кокс. Коксохимическая промышленность выпускает в основном металлургический и литейный кокс. Металлургический кокс используется в доменном процессе, где он является источником тепла и СО для создания восстановительной атмосферы при получении железа из его оксидов, т.е. из руды. Металлургический кокс отличается большой пористостью и его горение происходит внутри куска. Поэтому такой кокс обладает большой реакционной способностью, т.е. быстрее сгорает и при недостатке кислорода образуется СО.

Литейный кокс должен иметь высокую прочность при любой температуре, низкую сернистость, малую зольность; отличается от металлургического большей плотностью и малой реакционной способностью, что достигается соответствующим подбором шихты и режимом коксования. Плотный малопористый литейный кокс дает сосредоточенный пояс плавления, поэтому в ваграночном процессе горения идет до образования  $\text{CO}_2$ , т.е. это процесс окислительный.

Таким образом, чем больше пор в коксе, тем больше его реакционная способность, поэтому плавка чугуна в вагранке на высокорекреационном коксе сопряжена с высоким расходом топлива и чугун получается холодным. В связи с этим для выплавки чугуна в вагранке необходимо использовать высококачественный литейный кокс с теплотой сгорания 6620 ккал/кг и выше, который обеспечивает получение температуры чугуна на желобе вагранки в среднем 1400°C.

В последнее время в силу различных причин отмечается ухудшение качества кокса из-за большого количества мелочи, большой зольности и т.д., что снижает теплоту его сгорания. Для получения необходимой температуры чугуна происхо-

дит перерасход дорогостоящего кокса. В связи с этим была поставлена задача поиска альтернативных видов топлива для вагранок, имеющих более высокую теплоту сгорания. Известно [1, 3], что для плавки чугуна в вагранке используют антрацит и термоантрацит. Антрацит является самым «зрелым» углем. Если бурые угли только на 59–75% состоят из углерода, то каменные угли отличаются более высокой степенью обугленности (78–95%). Наибольшее значение по этому показателю имеет антрацит, который почти полностью (до 98%) состоит из углерода.

Антрацит характеризуется большим постоянством состава, но обладает различной термостойкостью. Литейный антрацит должен иметь достаточную термостойкость, механическую прочность и раковистый излом. Проверку его качества производят огневой пробой либо производственным опробованием. Антрацит характеризуется следующими показателями, мас. %: С – 85–90; летучие – 1,5–5,0; влага – 2–4; сера – 1,0–2,5; пористость – 1–20, теплота сгорания – 6800–7500 ккал/кг.

Антрацит содержит много серы, для удаления которой требуется повышенное количество шлака. Сера в антраците находится в виде пирита и легко удаляется с газами, поэтому степень перехода серы в чугун из антрацита меньше, чем из кокса, в котором остается сульфитная и сульфатная сера и которая переходит в чугун. Однако содержание серы в антраците более 2% нежелательно.

В силу непостоянства термостойкости литейный антрацит подвергают термической обработке с целью повышения термостойкости и получают термоантрацит. В результате термообработки повышается термостойкость, удаляются влага, сернистые соединения. Термоантрацит имеет низкую реакционную способность и теплоту сгорания 6500–7500 ккал/кг. При использовании термоантрацита в количестве 15–20% к коксу темпера-

тура чугуна повышается на 15–20 °С. Таким образом, термоантрацит является отличным топливом для вагранок. Однако промышленность прекратила его выпуск или выпускает в ограниченных количествах.

В настоящее время для использования стал доступен антрацит с высокой механической прочностью и термической устойчивостью. Такой антрацит в 3–4 раза дешевле кокса, что открывает возможность его эффективного использования в комбинированных по составу топливных калошах, включающих кокс и антрацит, при выплавке чугуна в вагранках.

Имеются данные о том, что антрацит в составе топливной калоши используется в количестве от 25 до 100% сверх 100 мас.% кокса [2]. Однако наши расчеты показали несостоятельность такого использования антрацита. Как видно из табл. 1, теплота сгорания топливных калош, содержащих

100 мас.% кокса и дополнительно от 25 до 100 мас.% антрацита, увеличивается примерно в 1,3–2,0 раза. Расчетные значения температур металла при использовании антрацита сверх 100% кокса достигают нереальных величин по температуре, для компенсации которой требуется существенное увеличение массы металлических калош от 127 до 206%. Так, например, при использовании 25 мас.% антрацита сверх 100 мас.% кокса температура чугуна по расчету может повыситься до 1774 °С, что, с одной стороны, в практике маловероятно, а с другой – требует увеличения массы металлозавалки, например, с 650 до  $650 \times 1773 / 1400 = 830$  кг. Это может вызвать излишки выплавленного металла при установившемся его почасовом расходе в условиях массового производства, с остановкой дутья для уменьшения количества выплаваемого чугуна, что приводит к нарушению хода ваграночного процесса.

Перед разработчиками технологии стояла задача оптимизировать состав топливной калоши для эко-

Таблица 1. Показатели по использованию антрацита сверх 100 мас.% от расхода кокса

Но- мер при- мера	Состав топливной калоши, мас. %			Теплота сгорания, ккал/кг кокс – 6620, антрацит – 7072	Температура чугуна, °С	Расход топлива, %	Увеличение массы металлической калоши, %
	кокс	антрацит	всего				
1	100	0	0	6620	1400	0	100
2	100	25	125	8388	1774	18,3	127
3	100	50	150	10156	2148	22,7	153
4	100	100	200	13692	2895	30,6	206

номии дорогостоящего кокса с обеспечением температуры чугуна в технологически необходимых пределах и сохранения массы металлозавалки в соответствии с установившимся постоянным отбором металла. Ставилась также задача использовать мелкий некачественный кокс, достигнуть быстрого повышения температуры чугуна после простоев вагранки, исключить зашлаковывание ствола и образование настывлей на фурмах вагранок.

Для решения поставленных задач были проведены технологические расчеты (табл. 2) по использованию кокса, кокса с антрацитом в состав топливных калош в соотношении, мас. %: кокс – 50–90 и антрацит – 10–50. Показано, что при постоянной металлозавалке использование менее 10% антрацита в составе топливной калоши малоэффективно, так как повышение температуры чугуна весьма незначительно и составляет около 4 °С.

Таблица 2. Показатели по использованию антрацита до 100 мас.% от расхода кокса

Но- мер при- мера	Состав топливной калоши, мас. %			Теплота сгорания, ккал/кг кокс – 6620, антрацит – 7072	Температура чугуна, °С	Экономия кокса, %	Изменение массы металлической калоши, %
	кокс	антрацит	всего				
1	100	0	100	6620	1400	0	100
2	95	5	100	6642	1404	5,3	100
3	90	10	100	6665	1409	10,8	100
4	85	15	100	6687	1414	19,3	100
5	80	20	100	6710	1419	24,9	100
6	75	25	100	6733	1424	31,9	100
7	70	30	100	6735	1428	37,2	100
8	65	35	100	6778	1433	42,5	100
9	60	40	100	6800	1438	47,2	100
10	55	45	100	6823	1442	53,1	100
11	50	50	100	6846	1448	67,7	100
12	40	60	100	6891	1457	74,3	100
13	30	70	100	6936	1467	84,9	100
14	20	80	100	6981	1476	85,4	100
15	10	90	100	7023	1485	93,6	100
16	0	100	100	7072	1495	100	100

Использование более 50% антрацита нецелесообразно из-за сверх нормативного повышения температуры чугуна. Кроме того, антрацит, имея малую пористость, при большом содержании в топливной калоше может нарушить ход плавки в вагранке, поэтому в составе топливной калоши предпочтительно использовать антрацит фракции 70–150 мм. С повышением содержания антрацита в составе топливной калоши от 10 до 50% обеспечивается увеличение температуры от 1410 до 1450 °С. При этом, как показывают расчеты, достигается экономия кокса от 10 до 67% при

постоянной металлозавалке. Однако оптимальной следует считать добавку антрацита 10–20%, при этом температура чугуна повышается на 10–20 °С, а экономия кокса – на 10–25%, что подтверждается при проведении плавки чугуна с использованием антрацита во всех литейных цехах завода.

Необходимо также отметить положительное влияние добавок антрацита при нарушении хода ваграночного процесса из-за некачественного кокса. Результаты плавки, проведенных в литейном цехе котлов на вагранке  $Q=5$  т/ч, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики хода плавки при использовании некачественного кокса

Номер примера	Металлозавалка – 650 кг, топливная калоша – 100 кг		Характеристика качества кокса	Характеристика хода плавки в вагранке	Температура чугуна на желобе, °С
	Состав топливной калоши, %				
	кокс	антрацит			
1	70	30	30% от объема кокса, фракция 20 мм и менее (без отсева мелких фракций)	Через 1 ч после добавки 30% антрацита началась стабилизация хода плавки	1412
2	50	50	То же	Через 1 ч после увеличения добавки антрацита расплавились настывы на фурмах, полностью нормализовалась работа вагранки. Жидкоподвижность шлака увеличилась. При осмотре выбитой вагранки – ствол чистый, настывы на фурмах отсутствуют (во всех случаях использования антрацита)	1440
3	100	–	>>	После 1 ч с начала плавки началось зашлаковывание входа в фурмы со стороны холостой калоши, что сократило подачу дутья. Шлак густой, холодный, плохо истекает со шлаковой летки. Металл холодный, 1360°С на желобе. Добавка 10% антрацита результата не дала	1360

Способ выплавки чугуна с использованием в составе топливных калаш антрацита защищен евразийским патентом и внедрен с 2004 г. во всех литейных цехах ОАО «МЗОО». Завод получает ежегодную существенную прибыль за счет экономии дорогостоящего кокса, снижение брака литья по вине металла.

ОАО «МЗОО» может оказать консультацию и помощь во внедрении на заводах РБ эффективной ресурсосберегающей технологии.

Контактные телефоны:

Директор 203-12-25  
Технический директор 204-42-03  
Отдел главного металлурга 204-61-92

#### Литература

1. Развитие ваграночного процесса. М.: Машгиз, 1961.
2. Бидуля П.Н. Технология литейного производства. М.: Metallurgizdat, 1954.
3. Носова Е.М., Кугель А.В., Кузнецов Н.А. Справ. литейщика. Киев: ТИТЛУ, 1955. С. 93, 97, 98.