

О.А. БЕЛЫЙ, канд.техн.наук,
В.М. КОРОЛЕВ, канд.техн.наук,
С.Н. ЛЕКАХ, канд.техн.наук (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ БРИКЕТИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ В ВАГРАНКЕ

Как показали исследования взаимодействия металлизированных окатышей с ваграночными газами, содержащими значительное количество двуокиси углерода, при плавке наблюдается значительное окисление восстановленного продукта. Одним из способов защиты окатышей от окисления является их предварительное брикетирование.

Наиболее рациональным является брикетирование металлизированного продукта со связующими. Применение связующего позволяет осуществить брикетирование при давлении 10–24 МПа, что в 5–10 раз ниже давлений, необходимых для холодного брикетирования окатышей без связки.

С целью довосстановления окислов железа в состав брикета вводили дешевый и обычно неиспользуемый в литейных цехах отсев кокса. В качестве связки использовали жидкое стекло. Для десульфурации чугуна и повышения прочности брикетов в их состав дополнительно вводили молотый известняк. После прессования брикеты подвергались тепловой сушке при 200 °С в течение 2 ч.

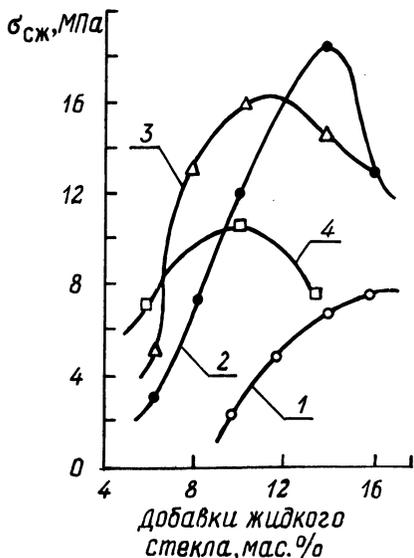


Рис. 1. Влияние добавки жидкого стекла на прочность брикетов, содержащих 0, 30, 50, 70 % металлизированных окатышей (соответственно 1, 2, 3, 4), коксовая мелочь — остальное.

На рис. 1 показано изменение прочности брикетов с различным соотношением в них окатышей к коксовой мелочи с увеличением добавок жидкого стекла. Давление прессования составляло 20 МПа. При увеличении добавки окатышей в брикетах снижается содержание жидкого стекла. На основании проведенных исследований был разработан следующий состав брикета (мас. %): 70 % металлизированные окатыши; 30 % коксовая мелочь; 8–10 % жидкое стекло; 3 % известняка свыше 100 %.

При термических испытаниях было установлено, что прочность брикетов заметно снижается, а в интервале температур 1000–1100 °С наблюдается переход от хрупкого характера разрушения к пластическому, что связано с размягчением огнеупорной связки. Предел огнеупорности брикетов разработанного состава не превышает 1100 °С.

Т а б л и ц а 1. Влияние температуры на химический состав окатышей

Вид окатышей						
науглероженные (№ 1)				ненауглероженные (№ 2)		
температура опыта, °С	степень металлизации	Fe мет, %	С, %	степень металлизации, %	Fe мет, %	С, %
1	2	3	4	5	6	7
Исходные окатыши	84	75,1	2,5	70	56,8	0,28
600	87	77,5	1,94	69,5	53,0	0,20
800	89	79,2	1,01	68,4	52,0	0,15
1000	92	81	0,65	70	56,5	0,1
1100	94	82,5	0,1	76,2	61	0,05

В табл. 1 приведены данные об изменении химического состава двух видов металлизированных окатышей в зависимости от температуры испытаний при изотермической выдержке в течение 30 мин в газовой атмосфере, состоящей из 11 % CO₂, 15 % CO, остальное — азот.

Несмотря на окислительный характер газовой атмосферы, в брикетах наблюдается восстановление металлизированных окатышей. Применение известняка в составе брикетов позволяет уменьшить насыщение металлизированного продукта серой из кокса.

Полученные результаты исследования были проверены при плавке брикетированного металлизированного продукта в экспериментальной вагранке. Замена стального лома небрикетированными окатышами приводила к повышенному угару углерода, кремния, марганца, увеличению концентрации серы в чугуне, снижению температуры жидкого металла и производительности плавильного агрегата. Применение в составе шихты окатышей того же состава в виде брикетов уменьшило угар элементов. При этом производительность вагранки и температура жидкого металла несколько превышала значения, достигнутые на традиционной шихте. Соотношение давления и расхода дутья при использовании брикетов соответствовало исходным значениям, что свидетельствовало о достаточной термостойкости брикетированной шихты. Некоторое повышение температуры чугуна и производительности вагранки связано, по-видимому, с интенсивным горением коксовой мелочи в кислородной зоне, а также высокой жидкоподвижностью шлака, обогащенного продуктами разложения жидкого стекла.

Разработанная технология холодного брикетирования окатышей позволяет вводить в состав шихты различные ферросплавы, в том числе склонные к повышенному угару.

В работе опробованы металлизированные окатыши, брикетированные совместно с ФС 75 %. Указанные брикеты вводились взамен 20 % литейного чугуна. При этом наблюдалось высокое и стабильное усвоение кремния чугуном. Показатели плавки (производительность печи, температура металла) возрастали по сравнению с использованием традиционной шихты. Материальный баланс плавки показал, что при использовании брикетированных металлизированных окатышей до 95 % железа из окислов переходит в металл.

Таким образом, исследование взаимодействия металлизированных окатышей с ваграночной атмосферой показали необходимость защиты металлизированного продукта от окисления и довосстановления остаточных окислов железа при плавке. Разработанный процесс плавки в вагранке брикетированных металлизированных окатышей, наряду с известными преимуществами металлизированной шихты, позволяет снизить угар железа, сократить расход ферросплавов и кокса и повысить технико-экономические показатели работы плавильного агрегата.

УДК 621.365.62

Н.А. СВИДУНОВИЧ, д-р.техн.наук (БТИ)

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕ

Предполагается, что в высокотемпературном потоке плазмы частица проходит 4 стадии: нагрев, плавление, перегрев жидкой фазы и испарение. Все теплофизические свойства частицы и потока плазмы известны. Требуется найти распределение температуры по координатам x , y , z внутри частицы в любой момент времени для четырех стадий и определить закон изменения толщины расплавленной и испарившейся фазы во времени. Для прикладных расчетов эту задачу можно решить приближенными методами, основанными на исключении из дифференциальных уравнений некоторых переменных [1]. Температурное поле частицы конечных размеров, когда ее температура есть функция четырех переменных координат x , y , z и времени, связано с решением дифференциального уравнения теплопроводности. Основная трудность решения данной задачи состоит в том, что граничные условия с учетом сложной конфигурации частицы относят ее к плану нелинейных задач. Так как частицы дисперсных материалов имеют сложную конфигурацию, то под микроскопом изучались площади, проекции объемов, размеры частиц порошкообразных материалов; было установлено, что критерий конфигурации изменяется в пределах от 1,5 до 3. При решении задачи о распределении температуры в частице сложной конфигурации необходимо учитывать форму частиц, умножая коэффициент теплообмена a на критерий конфигурации A [1]. Данный прием позволяет в расчетах теплового режима частиц сложной конфигурации перейти к частице классической формы — к шару. Теплофизические параметры частицы принимаем постоянными, не зависящими от температуры. Распределение температуры в твердой частице в любой момент времени можно определить из решения дифференциального уравнения. Расчеты, проведенные для различных материалов, показывают, что кинетика нагрева частицы существенно зависит от ее радиуса. Эта зависимость с достаточной степенью точности описывается параболическим уравнением, показатель степени которого будет определять характер кривой.

Для инженерных расчетов нужны простые формулы, чтобы определять время нагрева порошкообразных материалов до температуры плавления, в процессах плавления и испарения с учетом граничных условий III рода.