

*д.т.н. Петрушов С.Н.,
к.т.н. Русанов И.Ф.,
Масляков Е.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ЗАЖИГАНИЕ ОДНОРОДНОЙ ПО КРУПНОСТИ ШИХТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Приведені результати дослідних спікань агломерату при запаленні однорідної по крупності шихти з використанням пиловугільного палива і його догоранні у верхньому шарі після запалення шихти.

***Ключові слова:** агломерація, пиловугільне паливо, однорідна за крупністю шихта, запалення шихти.*

Приведены результаты опытных спеканий агломерата при зажигании однородной по крупности шихты с использованием пылеугольного топлива и его догорании в верхнем слое после зажигания шихты.

***Ключевые слова:** агломерация, пылеугольное топливо, однородная по крупности шихта, зажигание шихты.*

Постановка проблеми в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. При спекании однородных по крупности шихт возникает проблема дополнительного, по сравнению с обычной технологией спекания неоднородных по крупности шихт, ввода в верхний слой тепла.

Дополнительное количество тепла может быть внесено в результате повышения температуры. Однако повышение температуры связано с увеличением расхода топлива, а, следовательно, и продуктов его горения. Увеличение объема продуктов горения ухудшает газодинамические условия спекания агломерата в начальный период процесса. К тому же увеличение температуры в газогорелочном устройстве выше допустимой приводит к оплавлению шихты верхнего слоя, что дополнительно снижает газопроницаемость слоя шихты и, как следствие, приводит к снижению производительности.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых технологий зажигания агломерационной шихты, которые позволяли бы без ухудшения газодинамических условий спекания агломерата обеспечивать верхний слой дополнительным теплом.

Одной из таких технологий является технология зажигания шихты с использованием пылеугольного топлива.

Анализ последних достижений и публикаций. В последних работах авторов вопрос применения пылеугольного топлива при зажигании агломерационной шихты освещен достаточно полно [1,2]. Однако при этом исследования были направлены на изучение возможности замены части газообразного или жидкого топлива пылеугольным (до 80 %).

В то же время, как показывают теоретические разработки авторов, при условии неполного сжигания пылеугольного топлива, или же при сжигании его в количествах больше необходимого для замены традиционных видов топлива возникает возможность подачи дополнительного тепла в верхний слой шихты после ее зажигания.

Особенно эффективным такой режим внешнего нагрева шихты может быть при спекании однородной по крупности шихты, окомкованной в рециркуляционном режиме [3].

Постановка задачи. В работе поставлена задача: на основе лабораторных спеканий агломерата установить влияние зажигания агломерационной шихты с избытком пылеугольного топлива на ход процесса спекания агломерата и качество полученного агломерата. А также, на основании опытных данных, разработать пути реализации такого зажигания в промышленных условиях.

Представление основного материала исследования. Опытные спекания агломерата проводилось на лабораторной установке ДонГТУ. Лабораторная чаша имела диаметр 150 мм и высоту 400 мм. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду чаша была теплоизолирована слоем асбеста и огнеупорной глины толщиной 10 мм.

Во всех опытных спеканиях шихта оставалась неизменной. Расход материалов (кг) в пересчете на тонну агломерата был следующий: концентрат - 750; руда - 187; известняк - 68; известь - 15; шлам - 94; топливо - 61.

В качестве твердого топлива для агломерации использовали смесь коксовой мелочи и антрацита марки АС в соотношении 50:50. В шихту также вводился возврат в количестве 18 % от общей массы шихты. Такая шихта обеспечивала получение агломерата основностью 1,33.

Составленную шихту смешивали, увлажняли до влажности 7,8 % и окомковывали в разработанном сотрудниками ДонГТУ окомкователе, в котором боковая поверхность рабочего органа являлась усеченным конусом. В таком окомкователе шихта окомковывается, как отмечалось ранее, в рециркуляционном режиме [3], и получаемая в результате окомкованная шихта сравнительно однородна по крупности. Если неоднородность ситового состава шихты при ее окомковании в барабане

окомкователе по обычной технологии характеризуется коэффициентом вариации размера кусков равным 0,6 - 0,65, то шихты окомкованной в рециркуляционном режиме – 0,3 - 0,35. Смешивание и окомкование шихты проводили при скорости вращения барабана равной 17 об/мин. Продолжительность смешивания составляла 2 мин, а окомкования – 10 мин.

Шихта загружалась в аглочашу ровным слоем без уплотнения. Высота слоя шихты в опытах составляла 300 мм

Зажигание шихты № 1 производилось без пылеугольного топлива, остальных – с вдуванием в факел угольной пыли крупностью < 0,063 мм.

Во время зажигания шихты продолжительностью 2 минуты разряжение в вакуум-камере поддерживалось на уровне 800 мм вод. ст. (7,8 кПа). Спекание агломератов производилось при разряжении 1000 мм вод. ст. (9,8 кПа).

По завершении спеканий полученный агломерат разгружался на металлический противень, охлаждался до комнатной температуры, взвешивался и определялся его гранулометрический состав. Выход годного определялся по количеству в агломерате фракции размером больше 10 мм.

Результаты исследований влияния пылеугольного топлива на процесс спекания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты спекания окомкованной в рециркуляционном режиме шихты с использованием пылеугольного топлива для ее зажигания

№ опыта	Расход ПУТ, кг	Скорость спекания, мм/мин	Выход годного агломерата, %	Производительность кг/мин	
				по спеку	по годному
1	0	20,0	66,9	0,29	0,19
2	0,01	21,4	75,6	0,30	0,23
3	0,02	20,0	78,5	0,29	0,23
4	0,03	18,8	75,7	0,25	0,19
5	0,04	21,4	71,4	0,30	0,21

Как следует из анализа полученных результатов, зажигание шихты с использованием пылеугольного топлива на скорость спекания, а значит и на производительность установки, существенного влияния не оказывает. При средней скорости спекания во всех опытах равной

20,3 мм/мин, в отдельных спеканиях она менялась неопределенным образом. Среднеквадратичное отклонение скорости спекания в отдельных опытных спеканиях составило 1,1 мм/мин.

В то же время выход годного агломерата при зажигании шихты с применением пылеугольного топлива возрос во всех опытах. В среднем во всех опытных спеканиях выход годного увеличился на 8,4 %. При этом установить зависимость увеличения выхода годного от расхода пылеугольного топлива в проведенном исследовании не удалось. Связано это с тем, что при вдувании в пламя горелки пылеугольного топлива практически невозможно добиться того, чтобы на поверхности слоя сгорала строго определенная его часть. Для решения этой задачи необходимо разработать специальное устройство для подачи ПУТ в факел или на поверхность слоя.

В таблице 2 приведен ситовый состав полученных агломератов и рассчитанные для него обобщенные характеристики (d_{cp} – средне-взвешенный размер куска, ν – коэффициент вариации размера кусков).

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что зажигание шихты с использованием пылеугольного топлива способствует формированию более крупного и более однородного агломерата. Средняя крупность кусков агломерата возросла на 0,34 - 1,1 мм. При этом коэффициент вариации размера кусков уменьшился на 0,04 - 0,01.

Таблица 2 – Ситовый состав полученных агломератов и его обобщенные характеристики

№ опыта	Содержание, % фракций, мм				d_{cp}	ν
	+10	10-5	5-3	3-0		
1	68,68	12,41	11,47	7,45	11,80	0,42
2	75,60	12,74	10,83	0,83	12,74	0,32
3	78,52	8,31	12,24	0,92	12,91	0,32
4	75,70	11,83	6,36	6,11	12,59	0,35
5	71,43	10,90	14,53	3,15	12,16	0,38

Следует отметить, что улучшение ситового состава агломератов было достигнуто не за счет улучшения условий спекания в верхнем слое. Характеристики ситового состава верхнего слоя, согласно данным, приведенным в таблице 3, при зажигании шихты с применением ПУТ ухудшились. Очевидно, несгоревшие частицы пыли, подаваемой в факел, догорали не в поверхностном слое, а на некотором расстоянии от поверхности. Тем самым на более низких горизонтах улучшались усло-

вия спекания агломерата, что и привело к общему улучшению качества агломерата.

Для улучшения условий спекания шихты в верхнем слое необходимо усовершенствовать подачу пыли в факел, подобрать оптимальный ситовый состав пыли и обеспечить ее горение в необходимом режиме.

Таблица 3 – Ситовый состав поверхностного слоя агломератов

№ опыта	Содержание, % фракций, мм				d_{cp}	ν
	+10	10-5	5-3	3-0		
1	89,63	4,88	1,22	4,27	13,92	0,24
2	44,08	28,93	22,04	4,96	9,74	0,51
3	50,24	31,40	14,13	4,24	10,52	0,45
4	70,72	16,51	8,41	4,36	12,25	0,36
5	53,23	31,45	11,29	4,03	10,85	0,43

Технологию зажигания шихты с применением пылеугольного топлива предлагается реализовать следующим образом.

При зажигании и внешнем нагреве шихты за счет сжигания над ее слоем газообразного или жидкого топлива, часть этого топлива заменяется пылеугольным, количество которого колеблется от 20 до 80 % от расхода естественного или других видов топлива. При этом часть пылеугольного топлива сжигают вместе с газообразным или жидким топливом, а часть на поверхности шихты.

Количество твердого топлива, которое сжигается на поверхности шихты, составляет до 40% общего количества твердого топлива.

Например, согласно технологической инструкции по агломерационному производству ПАО «АМК», внешний нагрев шихты должен производиться продуктами сгорания газовой смеси, состоящей из 38-44 % природного с теплотой сгорания 32,8 МДж/м³ (7832 ккал/м³) и 62-56 % доменного газов с теплотой сгорания 3,56 МДж/м³ (852 ккал/м³). При этом теплота сгорания газовой смеси должна быть 14,6-16,3 МДж/м³ (3500-3800 ккал/м³).

Количество подаваемого в горн воздуха должно находиться в пределах 5 - 10 тыс. м³/час и газовой смеси – 0,6 - 1,5 тыс. м³/час.

Расчетные расходы газовой смеси и пылеугольного топлива, необходимые для обеспечения работы горна в соответствии с требованиями технологической инструкции, при содержании природного газа в смеси 38 %, приведены в таблице 4.

Как следует из приведенных в таблице данных, при замене газообразного топлива угольной пылью, расход смеси газов может быть

снижен практически до нуля. В то же время поверхностный слой спекаемой шихты получает достаточно значительное количество теплоты.

Таблица 4 – Распределение пылеугольного топлива между факелом и поверхностью при различных режимах внешнего нагрева шихты в условиях ПАО «АМК»

Параметр	Расход газовой смеси, тыс. м ³ /час		Расход пыли, % к массе газовой смеси		Снижение расхода смеси, тыс. м ³	
	0,6	1,5	20	80	20	80
Количество тепла, МДж/час	9986,4	24966	-	-	-	-
Расход пыли, кг/час, при расходе смеси, тыс. м ³ :						
0,6	-	-	131	523	-	-
1,5			327	1309		
Сгорает пыли на поверхности шихты 40 %, кг/час при расходе смеси, тыс. м ³ :						
0,6	-	-	26	209	-	-
1,5			65	524		
То же в факеле, кг/час, при расходе смеси, тыс. м ³ :						
0,6	-	-	105	314	-	-
1,5			262	785		
Количество тепла, выделяемое при сгорании пыли в факеле, МДж/час						
0,6	-	-	3142	9426	0,19	0,57
1,5			7855	23566	0,47	1,42
Количество тепла, выделяемое при сгорании пыли на поверхности, МДж/час						
0,6	-	-	780	6270	-	-
1,5			6890	15720		

Количество тепла, получаемое слоем в результате сгорания на поверхности слоя шихты при выбранных краевых условиях в пересчете на тонну агломерата, эквивалентно теплу сжигания топлива в количестве 0,25 - 5,0 кг. Учитывая, что в верхнем слое нехватка топлива составляет 1,0 - 1,3 кг, при вдувании в горн пылеугольного топлива создаются условия не только для спекания качественного агломерата, но и для снижения расхода топлива на агломерацию в целом.

Подачу пылеугольного топлива в зажигательный горн по разработанной технологии целесообразно осуществлять двумя потоками. Схема подготовки и подачи пыли в горн приведена в ранее опубликованной работе авторов [1].

Организация работы зажигательного горна в предложенном режиме должно соответствовать основным положениям, изложенным в работах [1,2].

Предложенная технология опробована в аглоцехе ПАО «АМК». В результате опробования установлено, что дополнительный нагрев поверхностного слоя шихты за счет тепла полученного от сжигания пылеугольного топлива на показатели процесса спекания агломерата отрицательного влияния не оказывает. Напротив, качество агломерата верхнего слоя по визуальной оценке улучшается. В полной мере оценить влияние угольной пыли на аглопроцесс в производственных условиях пока не удалось из-за отсутствия соответствующего оборудования.

Выводы и направление дальнейших исследований. Выполненный анализ показал, что при спекании однородной по крупности шихты в верхний слой необходимо вводить дополнительное количество тепла.

Наиболее рационально вводить тепло путем неполного сжигания в горне пылеугольного топлива.

Библиографический список

Петрушов С.Н. Особенности подготовки и подачи пылеугольного топлива в зажигательный горн агломерационной машины / С.Н. Петрушов, И.Ф. Русанов, Н.И. Русанова // Сборник научных трудов ДонГТУ. – 2009. – № 28. – С. 151-158.

Пат. 28309 Україна, МПК С22В 1/16. Спосіб агломерації залізрудних матеріалів/ С.М. Петрушов, І.Ф. Русанов, Д.В. Лупанов, І.В. Плівко, Є.С. Масляков. № 200705557; заявл. 21.05.2007; опубл. 10.12.2007. бюл. № 20, 2007.

Пат. 53966 Україна, МПК С22В 1/00. Огрудкувач шихти / Є.В. Дорогий, Г.М. Попов, В.М. Дорофєєв, В.А. Козачишен. № 201004245; заявл. 12.04.2010; опубл. 25.10.2010. Бюл. № 20, 2010.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А.М.