

*д. т. н., проф. Петрушов С.Н.,
к. т. н., доц. Русанов И.Ф.,
студент Бардин А.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

СРАВНЕНИЕ УСЛОВИЙ ВНЕШНЕГО НАГРЕВА АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ РАЗЛИЧНЫМИ ТЕПЛОЭНЕРГОНОСИТЕЛЯМИ

Наведені результати порівняння умов зовнішнього нагріву та запалювання агломераційної шихти при використанні різних палив: природного газу, суміші коксового та доменного газу, пиловугільного палива та мілко дробленого пластику.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Ход процесса агломерации и качество агломерата в значительной мере определяется количеством тепла, которое получает спекаемый слой шихты в период ее зажигания.

В настоящее время на большинстве отечественных металлургических предприятиях предпочтение отдается технологии с внешним нагревом агломерационной шихты для ее зажигания продуктами сгорания природного газа ввиду его высокой теплотворной способности. При этом затраты природного газа, например, в условиях Алчевского металлургического комбината (АМК) составляют 5,6-5,8 м³ на тонну агломерата. Всего на производство агломерата в условиях комбината расходуется 53,5-54,0 единиц условного топлива, и доля природного газа в нем составляет около 12 %. На первый взгляд расход природного газа в аглоцехе невелик, однако за год его затраты на агломерацию составляют около 30 млн. м³. При нынешних ценах на газ комбинат должен затратить на его закупку более 20 млн. гривен. В этих условиях естественно возникает проблема замены природного газа другими более дешевыми теплоносителями.

Решение этой проблемы позволит снизить или полностью исключить применение природного газа при производстве агломерата.

Анализ исследований и публикаций.

В практике агломерационного производства известно применение для внешнего нагрева агломерационной шихты смесей природного газа

и доменного, коксового и доменного газов, а также продуктов сгорания твердого топлива.

В качестве гипотетического теплоносителя могут рассматриваться также отходы пластиков, количество которых непрерывно увеличивается, а степень утилизации низка. Однако сравнительный теоретический анализ применения известных теплоносителей для внешнего нагрева агломерационной шихты не проводился.

Постановка задачи.

В работе поставлена задача: учитывая основные требования, предъявляемые к внешнему нагреву агломерационной шихты в период ее зажигания, провести сравнение тепловых и газодинамических условий зажигания агломерационной шихты при использовании всех возможных теплоносителей.

Изложение материала и его результаты.

При зажигании агломерационной шихты должен быть решен ряд задач.

Прежде всего, необходимо создать в горне высокую температуру, которая обеспечила бы устойчивое воспламенение частиц твердого топлива в поверхностном слое шихты. При этом в продуктах горения теплоносителя должен присутствовать свободный кислород в количестве свыше 5 %. Эти задачи решаются путем сжигания топлива при избытке воздуха ($\alpha = 1,6-2,0$) в количестве обеспечивающем необходимую плотность (интенсивность) теплового потока (количество тепла в единицу времени, отнесенное к 1 м² поверхности слоя, находящейся под горном).

Кроме того, количество образующихся в горне газов не должно быть чрезмерно большим, чтобы они просасывались сквозь слой с оптимальной скоростью, обеспечивая высокий нагрев и качественное зажигание твердого топлива шихты. При этом необходимо обеспечить:

- быстрое воспламенение и интенсивное выгорание частиц твердого топлива в поверхностном слое шихты под горном;
- формирование прочного спека в верхней части слоя;
- максимальное сохранение газопроницаемости слоя шихты (минимальную усадку слоя шихты);
- поддержание давления в горне близкого к атмосферному (без выбивания пламени из горна и подсосов в горн наружного холодного воздуха).

Согласно многочисленным исследованиям, которые обобщены авторами работы [1], рациональный режим внешнего нагрева и зажигания агломерационной шихты обеспечивается при интенсивности

теплового потока в горне равной 30-50 МДж / м²·мин. При этом температура в горне должна быть не ниже 1100-1200 °С. Создание таких условий для нагрева шихты и ее зажигания обеспечивается применением газовых смесей с теплотворной способностью Q_H^P не ниже 13 Мдж/м³.

В таблице 1 приведены средние по всем металлургическим предприятиям Украины составы газов применяемых для нагрева и зажигания аглошихты, а в таблице 2 - полученные при расчете характеристики их горения при коэффициенте расхода воздуха равном 1,6.

Таблица 1 - Составы газов

Газ	Содержание компонентов в сухой массе, %						
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	N ₂	CO	H ₂
природный	94,7	0,90	0,04	0,6	3,76	-	-
кокосовый	26,7	2,4	-	2,9	2,5	7	58,5
доменный	0,3	-	-	18,5	49,2	26,3	5,7

Таблица 2 - Характеристики горения газов

Газ	Q_H^P Мдж/м ³	$V_6^\alpha V$ м ³ /м ³	V_2^α м ³ /м ³	$t_{теор}$ °С	$t_{дейст}$ °С	O ₂	ρ_{1200} кг/м ³
природный	34,444	14,63	15,63	1693	1227	7,37	0,232
кокосовый	17,648	6,90	7,55	1753	1271	7,19	0,229
доменный	3,864	1,20	2,05	1356	983	4,61	0,257

Приведенные результаты расчетов горения газов свидетельствуют о том, что природный и коксовый газы, несмотря на существенное различие в их теплоте сгорания, практически идентичны по своим теплотехническим свойствам. При коэффициенте расхода воздуха равном 1,6 в продуктах горения природного газа содержится кислорода на 0,18 % больше, чем в продуктах горения коксового газа, однако при горении последнего действительная температура в горне будет выше на 44 °С.

Для обеспечения интенсивности теплового потока в горне равной 30-50 МДж / м²·мин расход природного газа должен быть 0,87-1,45 м³ в минуту, а коксового - в 1,95 раза больше. При этом расход воздуха

необходимый для горения коксового газа в 1,09 раз ниже, и продуктов горения образуется в 1,06 меньше. Последнее оказывает благоприятное влияние на газодинамические условия процесса агломерации.

Учитывая сказанное, а также, то, что природный газ в 10 раз дороже коксового, следует по возможности отказываться от применения для нагрева и зажигания аглошихты природного газа.

Проведенные расчеты также подтверждают общее мнение агломератчиков, что применение доменного газа как самостоятельного топлива для нагрева и зажигания аглошихты невозможно. Однако, как следует из данных расчетов приведенных на рисунке, использование доменного газа в смеси с коксовым или природным газами позволяет создать нормальные условия для нагрева и зажигания аглошихты, если его доля не превышает 50-60 %.

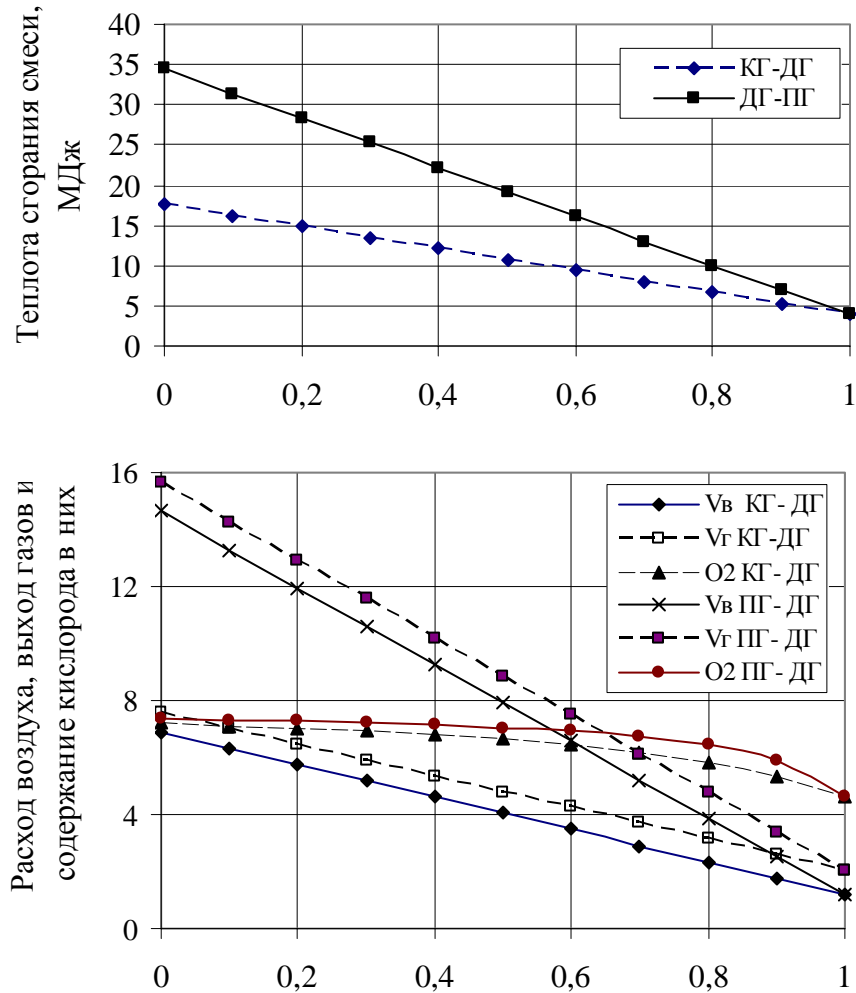
С целью определения возможности применения угольной пыли для нагрева и зажигания агломерационной шихты сделаны расчеты горения различных углей Донецкого бассейна, составы которых взяты из справочника [2] и приведены в таблице 3. Результаты расчета характеристик горения этих углей при коэффициенте избытка воздуха равном 1,6 приведены в таблице 4.

Таблица 3 - Состав углей Донецкого бассейна

Марка угля	W^P	A^P	S_K^P	S_{op}^P	C^P	H^P	N^P	O^P	$W_{гипр}$
ДР	13	21,8	1,5	1,5	49,3	3,6	1,0	8,3	4,5
Д, отсев	14	25,8	2,5	1,4	44,8	3,4	1,0	7,1	4,5
ГР,ГМ	8	23,0	2,0	1,2	55,2	3,8	1,0	5,8	3,0
Г, отсев	11	26,7	1,9	1,2	49,2	3,4	1,0	5,6	3,0
Г, промпродукт	9	34,6	2,0	1,2	44,0	3,1	0,8	5,3	2,5
ЖР	6	21,1	1,9	0,8	60,5	3,8	1,1	4,8	1,5
КР, отсев	6	21,1	2,0	0,7	63,4	3,5	1,1	2,2	1,5
ОСР, отсев,	4,5	20,5	1,4	0,7	66,4	3,4	1,1	2,0	1,0
Ж, К, ОС, промпродукт	9	35,5	1,9	0,6	45,5	2,9	0,9	3,7	1,3
ТР	5	23,8	2,0	0,8	62,7	3,1	0,9	1,7	1,5
АШ, АСШ	8,5	22,9	1,0	0,7	63,8	1,2	0,6	1,3	2,5
Кокс	3,4	9,6		1,7	83,8	0,4	0,8	0,3	

Полагая, что состав угольной пыли такой же, как и крупного угля, и анализируя приведенных результатов расчетов можно сделать

закключение: применение угля любой марки позволяет обеспечить необходимые условия для зажигания аглошихты. При этом выход горновых газов в расчете на 1 МДж будет практически такой же, как и при сжигании коксового газа.



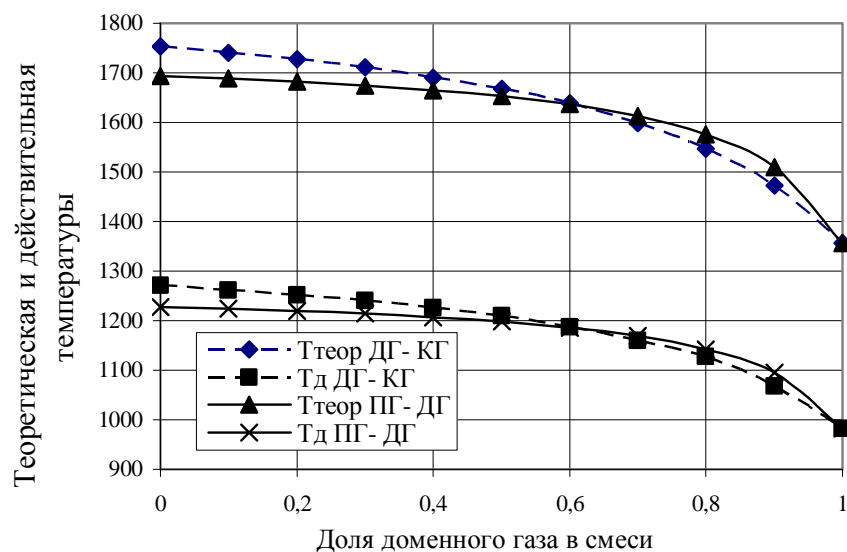


Рисунок - Характеристики горения 1 м³ смеси доменного газа с природным и коксовым газами

Таблица 4 - Характеристики горения углей Донецкого бассейна

Марка угля	Q_H^p Мдж/кг	V_8^α м ³ /кг	V_2^α м ³ /кг	$t_{теор}$ °C	$t_{дейст}$ °C	O ₂	ρ_{1200} кг/м ³
ДР	19,524	8,07	9,16	1610	1167	6,94	0,243
Д, отсев	17,996	7,49	8,48	1606	1165	6,95	0,242
ГР,ГМ	22,151	9,20	10,09	1656	1200	7,18	0,243
Г, отсев	19,640	8,18	9,06	16,39	1188	7,12	0,243
Г, пром-продукт	17,661	7,345	8,14	1639	1180	7,11	0,244
ЖР	24,053	10,00	10,82	1674	1214	7,28	0,244
КР, отсев	25,011	10,483	11,11	16,95	1229	7,43	0,244
ОСР, отсев,	25,919	10,85	11,45	1702	1234	7,46	0,244
Ж, К, ОС, промпродукт	18,061	7,56	8,23	1657	1201	7,23	0,243
ТР	24,452	10,26	10,81	1702	1234	7,47	0,244
АШ, АСШ	22,704	9,57	10,03	1701	1233	7,52	0,247
Кокс	28,864	12,138	12,47	1731	1255	7,67	0,249

Учитывая, что все угли пригодны для использования при нагреве и зажигании аглошихты выбор угля должен производиться с учетом его физико-химических характеристик и механической прочности, которые

определяют температуру и время его зажигания, и дисперсность пылеугольного топлива.

Температура воспламенения угольных частиц даже для одной марки угля колеблется в значительных пределах. Так широко применяемый в теплоэнергетике антрацитовый штыб крупностью менее 0,05 мм при коэффициенте расхода воздуха α от 1 до 3 воспламеняется при температуре 960-1260 °С. Температура воспламенения донецкого тощего угля - около 900 °С [3]. С увеличением выхода летучих температура воспламенения резко снижается, - при выходе летучих 30,% она равна 650-700 °С.

Механическая прочность топлива является одной из важнейших его характеристик, которая определяет способ помола угля с целью получения пыли. В условиях производства агломерата специальный помол углей или кокса не требуется, так как пыль в значительном количестве образуется в ходе дробления агломерационного топлива. Например, как установлено в результате проведенных на АМК исследований при дроблении коксовой мелочи образуется пыль крупностью менее 0,1 мм в количестве 1,0-1,5 % или 0,01-0,015 кг на кг топлива. При расходе топлива 60 кг / т агломерата выход пыли составляет 0,6-0,9 кг / т агломерата. Потребность же в пыли для нагрева и зажигания аглошихты составляет 0,75-0,80 кг / т агломерата, что меньше чем пыли образуется при дроблении.

Важным аргументом в пользу перехода на нагрев и зажигание агломерационной шихты сжиганием в горне пыли образующейся при дроблении топлива на аглофабрике является то, что, во-первых, наличие пыли в топливе отрицательно сказывается на процессе спекания агломерата, а во вторых, значительное ее количество поднимается в воздух, тем самым загрязняя атмосферу.

Применение отходов пластиков для нагрева и зажигания аглошихты привлекательно, но и проблематично. В последние годы резко возросло использование пластиков как в производстве, так и в быту. Повторное их использование для производства товарной продукции в большинстве случаев невозможно из-за того, что под воздействием солнечных лучей и при повторном нагреве структура пластиков изменяется и они становятся токсичными. Выбрасывание же пластиков на мусорные свалки приводит к загрязнению окружающей среды. В связи с этим, в настоящее время во многих странах мира ведутся активные исследования по применению пластмасс в агломерационном и доменном производствах.

Проблематичность использования пластмасс для нагрева и зажигания аглошихты связана с трудностями их дробления и особенно истирания.

Пластмассы по своим теплоэнергетическим характеристикам либо не уступают, либо превосходят известные теплоносители. Состоят они на 75-80 % из углерода и на 10-15 % водорода. Теплота сгорания пластмасс - 38-45 МДж / кг.

Расчет показывает, что при сжигании пластмасс в зажигательном горне агломашины достигаются такие же температуры и содержание свободного кислорода в отходящих газах, как и при сжигании коксовой пыли. Расход пластмасс при этом не превышает 0,5 кг / т агломерата.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Из проведенного анализа следует, что наилучшие условия нагрева и зажигания аглошихты обеспечиваются при сжигании в зажигательном горне агломашины природного или коксового газа. В тоже время, с целью снижения себестоимости агломерата могут применяться смеси природного или коксового газа с доменным. Содержание доменного газа в смеси может быть не более 50-60 %. Перспективным является использование для нагрева и зажигания аглошихты угольной пыли и отходов пластмасс. При этом не только могут быть обеспечены требуемые условия зажигания шихты при улучшении условий труда на аглофабрике и снижении загрязнения окружающей среды.

В дальнейшем необходимо разработать технологию сбора угольной пыли по всему тракту подготовки топлива к агломерации и ее вдувания в зажигательный горн, а также разработать эффективный способ измельчения пластмасс. Следует также всесторонне изучить в лабораторных условиях особенности нагрева и зажигания аглошихты с использованием угольной пыли и пластмасс.

Приведены результаты сравнения условий внешнего нагрева и зажигания агломерационной шихты при использованные разных топлив: природного газа, смеси коксового и доменного газа, пылеугольного топлива и мелко дробленого пластика.

Results of comparison of external heating and sinter burden are resulted at use of different kinds of fuel: natural gas, mix of coke and top gas, coal dust fuel and finely crushed plastic.

Библиографический список.

1. Сигов А.А. *Агломерационный процесс* /А.А. Сигов, В.А Шурхал-К.: “Техніка”, 1969, -232 с.

2. *Теплотехнические свойства топлив и шихтовых материалов черной металлургии. Справочник.* / Бабочкин В.М. и др. - М.: Металлургия, 1982, -152 с.

3. Мадоян А.А. *Эффективное сжигание низкосортных углей в энергетических котлах* / А. Мадоян, В.Н. Балтян, А.Н. Гречаный - М.: Энергоатомиздат, 1991, - 200 с.

*Рекомендовано к печати
к. т. н., проф. Луценко В.А.*