

*д. т. н., проф. Петрушов С.Н.,
к. т. н., доц. Русанов И.Ф.,
ассистент Лупанов Д.В.,
студент Поливко И.В., студент Масляков Е.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЯ МАРКИ АС В АГЛОМЕРАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Встановлені закономірності подрібнення різних видів агломераційного твердого палива, досліджена сегрегація твердого палива і гранул шихти по висоті шару, а також сегрегація твердого палива по гранулах шихти різного розміру.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами.

Многие десятилетия основными видами твёрдого топлива в агломерации являлись коксовая мелочь и антрацитовый штыб. Физические, химические свойства этих материалов изучены довольно всесторонне. Практически все аглофабрики как у нас в стране, так и за рубежом работали и работают на смеси коксовой мелочи и антрацитового штыба. Однако, проблема подготовки и использования твёрдого топлива остаётся актуальной до настоящего времени.

Анализ исследований и публикаций. В последние годы в связи с дефицитом коксовой мелочи и её высокой стоимостью в агломерации началось использование углей, которые раньше не применялись. Так на Алчевском металлургическом комбинате в качестве топлива с мая 2005 г. Используется уголь марки АС, количество которого в топливной смеси с коксовой мелочью составляло 70 %, а с сентября 2005 г. и по настоящее время аглофабрика работает только на углях АС.

Постановка задачи. В связи с этим возникла необходимость в выборе оптимальной крупности угля АС на основе изучения закономерностей его дробления и влияния на качество агломерата и технико-экономические показатели его производства.

Изложение материала и его результаты. В таблице 1 приведены данные о крупности коксовой мелочи, антрацитового штыба и антрацитового семечка, поступавших на аглофабрику в период 2005-2006 г.г.

Антрацитовый штыб, поступающий на аглофабрику, является практически готовым агломерационным топливом. Фракций до 3 мм он

содержит более 60 %, в нём отсутствуют фракции более 10 мм. Коксовая мелочь и антрацитовое семечко значительно крупнее штыба (фракции менее 3 мм – 15,8 и 23,3 % соответственно). Количество крупных фракций более 10 мм они содержат 38,1 и 36,7 %. Поэтому технологии их измельчения должны быть различны. Предварительное дробление штыба можно и не проводить, а дробление в четырехвалковой дробилке осуществлять при минимальном прижатии нижних валков.

Таблица 1 – Гранулометрический состав различных видов топлива

Вид топлива	Размер кусков, мм								
	+15	15-10	10-7	7-5	5-3	3-1	-1	d _{cp}	v
Антрацитовый штыб	-	1,1	2,3	9,4	22,3	46,1	18,8	2,71	0,78
Коксовая мелочь	17,8	20,3	16,9	15,0	14,2	9,6	6,2	9,3	
Антрацитовое семечко	20,9	15,8	14,1	11,8	14,1	18,3	5,0	9,6	

Совместное дробление штыба и коксовой мелочи приводит к переизмельчению топлива (количество мелочи – 0,5 мм достигает 50 % и более).

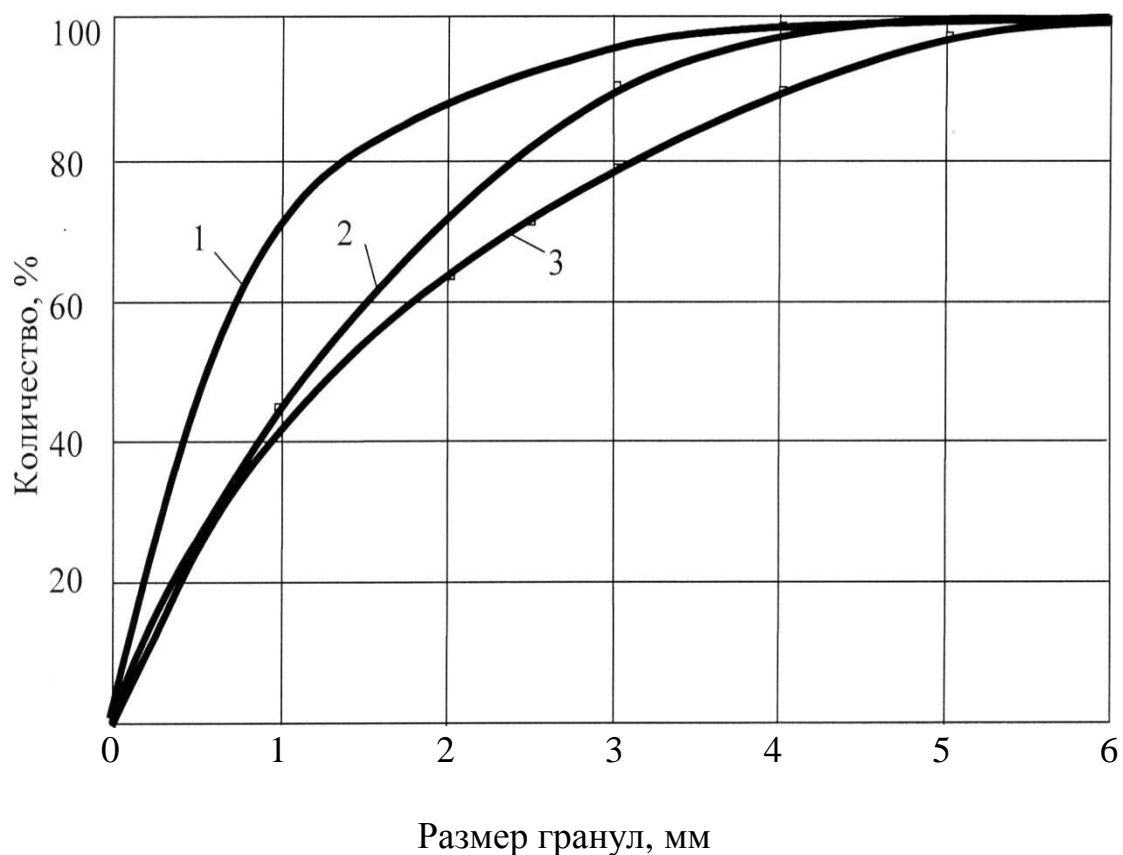
Учитывая, что раздельное дробление антрацитового штыба и коксовой мелочи затруднительно, была опробована технология дробления с проточкой нижних валков для образования щели между ними 3 мм. В этом случае основная масса штыба "просеивалась" между валками практически не разрушаясь. Усилие на разрушение коксовой мелочи также было уменьшено, что привело к уменьшению мелочи до 0,5 мм в смеси штыб-кокссовая мелочь (50:50) до 25-28 % и увеличению среднего диаметра топлива с 1,2 до 1,6 мм. Такая технология измельчения твердого топлива позволила снизить расход твердого топлива на 2 кг/т агломерата.

Следует учесть, что такая технология была предложена и опробована на аглофабрике в период подготовки и выполнения данной работы. Однако, начиная с мая 2005 года, антрацитовый штыб был заменен антрацитовым семечком (АС), а с сентября-октября 2005 г. аглофабрика полностью перешла на использование в качестве агломерационного топлива антрацитового семечка. Поэтому в дальнейшем изучались закономерности дробления антрацитового

семечка и распределение его в агломерационной шихте.

Первые промышленные опыты по измельчению АС показали, что, в связи с повышенной влажностью и наличием кусков крупностью более 15 мм, крупные куски проскальзывали в зеве верхних валков и с трудом захватывались ими, что снижало производительность дробилки и ее технологические показатели. Поэтому расстояние между верхними валками было увеличено до 12 мм. Усилие сжатия между нижними валками оставили практически неизменными.

Результаты измельчения различных видов топлива приведены на рисунке 1.



1 – смесь коксовой мелочи и АШ после дробления по обычной технологии;

2 – смесь КМ и АШ после дробления при новой технологии с проточкой валков;

3 – АС при дроблении по технологии, принятой в 2005 г.

Рисунок 1 – Гранулометрический состав различных топлив

Как указывалось ранее, смесь штыба и коксика, измельченная по обычной технологии, имеет очень много мелочи до 0,5 мм (около 50 %).

По содержанию крупных фракций оно соответствует требованиям технологической инструкции (фракции + 3 мм в нем содержится 5-6 %).

Смесь, измельченная по технологии с проточкой нижних валков, крупнее.

Количество мелких фракций снизилось до 25-30 % с одновременным увеличением фракции более 3 мм до 7-8 %.

Агломерационное топливо, применяемое в настоящее время, значительно крупнее, чем применявшееся ранее. Особенно возросло количество фракций более 4-5 мм. В результате измельчения антрацитового семечка, количество мелочи – 0,5 мм составило 22-25 %.

Средний диаметр топлива колеблется в пределах 1,63-1,68 и несколько больше, чем смеси коксовой мелочи и антрацитового штыба, измельченной по усовершенствованной технологии (1,57мм).

Резко увеличилось количество крупных фракций более 3 мм, которое достигает 20-21 % при наличии фракции более 5 мм – 3-4 %.

Известно, что определенной крупности шихты должна соответствовать определенная крупность топлива. Чем крупнее шихта, тем крупнее должно быть топливо. Причем, гранулы топлива распределяются в соответствующих гранулах шихты. Так, фракция топлива до 1 мм распределяется в основном в шихте крупностью до 1 мм, до 2 мм - в шихте 2-3 мм и т.д.

С целью изучения гранулометрического состава шихты и закономерностей её сегрегации отобраны пробы по высоте и ширине слоя на работающей агломашине. Высота слоя в момент отбора проб составляла 320 мм. Угол наклона лотка – 45°.

Результаты экспериментов приведены в таблицах 2, 3 и на рисунке 2.

Следует обратить внимание на то, что шихта, на которой работает аглофабрика сейчас, значительно крупнее, чем в 2003-2004 г.г. (6,0 против 4,1-3,8 мм). Если основной составляющей, определяющей крупность шихты, была фракция 3-1 мм, то сейчас – фракция более 7 мм, на долю которой приходится около 50 % от всей шихты. Количество мелких фракций размером до 1 мм сократилось вдвое и составляет 6-8 %.

Шихта стала более газопроницаемой и позволяет обеспечить процесс горения твердого топлива более быстро и полно, чем было раньше.

Установлены количественные зависимости степени развития сегрегации шихты от ее гранулометрического состава.

Наиболее заметно сегрегируют крупные гранулы более 7-10 мм.

Однако, если раньше крупных гранул в шихте было мало (5-10 %), их сегрегация на распределение твердого топлива по высоте слоя не

оказывала заметного влияния. Усиление сегрегации крупных гранул было целесообразно с точки зрения образования естественной газопроницаемой постели, содержащей небольшое количество топлива и предохраняющей колосниковую решетку от перегрева и прилипания к ней расплава.

Таблица 2 – Изменение гранулометрического состава шихты и содержания углерода в ней по высоте слоя при различных углах наклона загрузочного лотка (данные 2003-2004 г.г.)

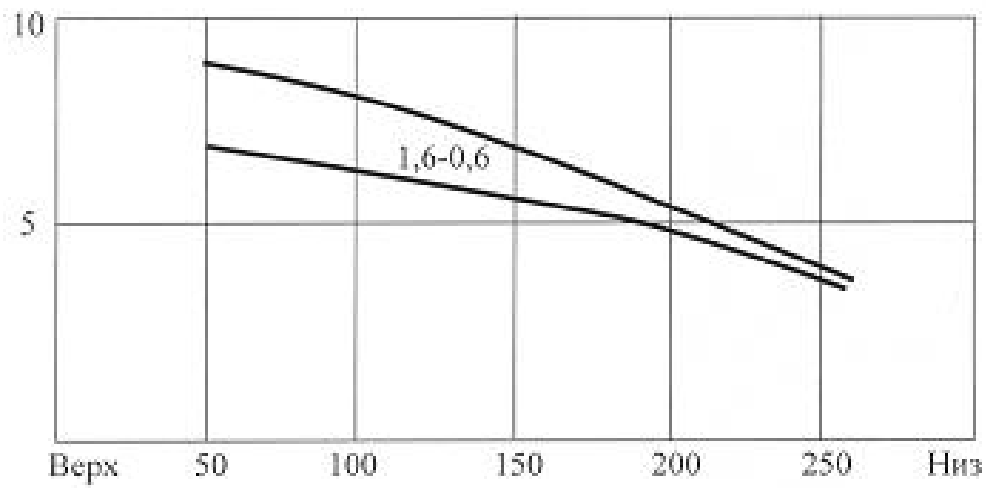
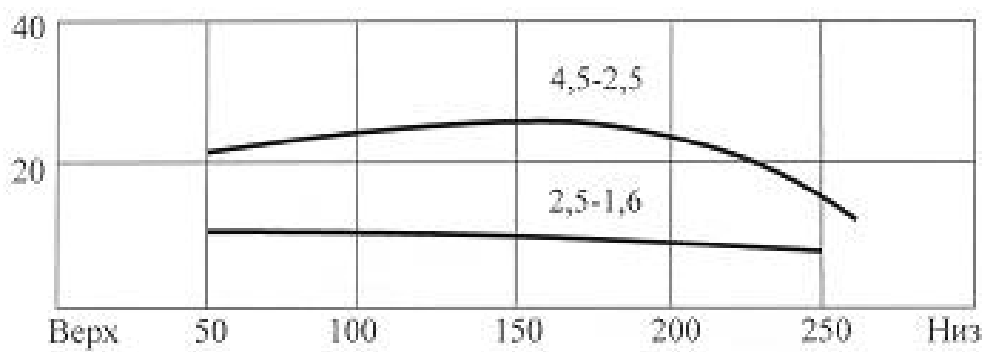
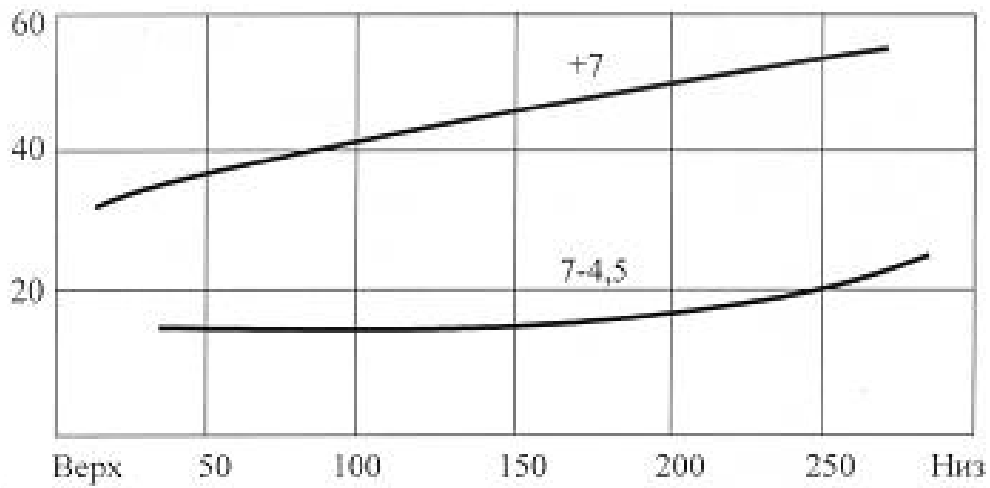
Высота слоя	Угол ф, град.	Место отбора пробы	Содержание (%) фракций, мм						(1, мм	V, гранул	C, %
			- 10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0			
0,33	45	Верх	1,4	2,4	8,4	12,6	58,6	16,8	2,74	0,739	5,66
		Середина	3,6	5,8	16,9	17,2	43,0	13,5	3,59	0,754	4,44
		Низ	14,0	11,0	18,8	16,4	32,7	7,1	5,15	0,710	3,79
		Среднее	6,3	6,4	14,7	15,4	44,7	12,5	3,81	0,764	4,41
0,35	50	Верх	1,7	3,0	12,1	14,8	55,2	13,2	3,06	0,694	4,82
		Середина	4,3	5,8	16,8	17,5	46,2	9,4	3,76	0,674	4,41
		Низ	12,5	10,5	19,3	14,2	36,7	6,8	4,94	0,695	3,89
		Среднее	6,2	6,4	16,1	15,5	46,0	9,8	3,91	0,707	4,37

В существующих условиях крупные гранулы шихты являются определяющей фракцией – их около 50 %. Поэтому в случае минимального содержания твердого топлива в этих гранулах распределение топлива по высоте слоя будет близким к оптимальному, то есть в нижних горизонтах его будет минимальное количество, в верхних – максимальное.

Фракции до 1,6 мм в шихте менее 10 %, несмотря на заметную сегрегацию по высоте и учитывая существующую крупность антрацитового семечка, существенного влияния на распределение топлива она оказывать не должна.

Остальные гранулы шихты (7-4,5 мм, 2,5-1,6 мм) сегрегируют плохо, равномерно распределяясь по высоте слоя.

Для точного определения распределения топлива по гранулам шихты, а соответственно и высоте слоя, отобраны пробы из верхнего, среднего и нижнего участка слоя.



Цифры у кривых - размеры гранул, мм

Рисунок 2 – Распределение гранул шихты по высоте слоя

Таблица 3 – Гранулометрический состав шихты и содержание углерода в гранулах

Фракции шихты, мм	Весь слой		Верх слоя		Середина слоя		Низ слоя				
	Масс. доля углерода, %		Количество фракций, %	Масс. доля углерода, %		Количество фракций, %	Масс. доля углерода, %				
	$S_{\text{нел}}$	$S_{\text{карб}}$		$S_{\text{нел, абс. отн.}}$	$S_{\text{карб, абс. отн.}}$		$S_{\text{нел, абс. отн.}}$	$S_{\text{карб, абс. отн.}}$			
+7	2,16	1,51	38,71	$\frac{0,84}{27,1}$	$\frac{0,58}{29,14}$	40,01	$\frac{0,86}{30,94}$	$\frac{0,6}{30,16}$	52,68	$\frac{1,13}{40,79}$	$\frac{0,8}{42,78}$
4,5-7	2,45	2,05	16,81	$\frac{0,42}{13,62}$	$\frac{0,35}{17,59}$	16,65	$\frac{0,41}{14,74}$	$\frac{0,34}{17,08}$	20,38	$\frac{0,5}{18,05}$	$\frac{0,41}{21,92}$
2,5-4,5	3,23	2,7	20,68	$\frac{0,66}{21,31}$	$\frac{0,56}{28,14}$	23,84	$\frac{0,49}{17,63}$	$\frac{0,64}{32,16}$	12,95	$\frac{0,42}{15,16}$	$\frac{0,35}{18,71}$
1,6-2,5	4,65	2,43	9,97	$\frac{0,46}{14,84}$	$\frac{0,24}{12,06}$	7,9	$\frac{0,37}{13,31}$	$\frac{0,19}{9,55}$	6,02	$\frac{0,28}{10,11}$	$\frac{0,15}{8,02}$
0,6-1,6	7,36	2,41	4,98	$\frac{0,37}{11,9}$	$\frac{0,12}{6,03}$	5,56	$\frac{0,41}{14,74}$	$\frac{0,13}{6,54}$	3,71	$\frac{0,27}{9,75}$	$\frac{0,09}{4,81}$
-0,6	4,0	1,57	8,85	$\frac{0,35}{11,23}$	$\frac{0,14}{7,04}$	6,04	$\frac{0,24}{8,64}$	$\frac{0,09}{4,81}$	4,26	$\frac{0,17}{16,14}$	$\frac{0,07}{3,76}$
Итого			100	$\frac{3,1}{100}$	$\frac{1,99}{100}$	100	$\frac{2,78}{100}$	$\frac{1,99}{100}$	100	$\frac{2,77}{100}$	$\frac{1,87}{100}$
			$d_{\text{cp}}=5,8$ мм.			$d_{\text{cp}}=6,1$ мм.			$d_{\text{cp}}=7,2$ мм.		

Традиционно средний размер гранул шихты на аглофабрике ОАО АМК составлял 3,0-3,2 мм. Причём крупных фракций более 7 мм в шихте было около 20 %, а фракций более 3 мм – 60-65 %. Шихта была весьма неоднородной, однако, учитывая, что в твёрдом топливе было много мелочи до 0,5 мм (около 50 %), основная его часть содержалась в мелких гранулах и при организации сегрегации шихты при укладке её на агломашину добивались распределения топлива по высоте слоя близкого к оптимальному.

Однако мелкая шихта, её большая неоднородность, усиливающаяся по высоте за счёт сегрегации, ухудшали газодинамику слоя и в конечном счёте не позволяли работать агломашинам с высокой производительностью. Кроме того, наличие большого количества пылевидных фракций в твёрдом топливе приводило к закатыванию его в гранулы шихты и ухудшению доступа кислорода к нему, а в итоге к неполному сгоранию и наличию до 1 % углерода в готовом агломерате и возврате.

Переход на использование угля марки АС резко изменил соотношение крупности гранул топлива и шихты. Крупность топлива

увеличилась, а шихты осталась на прежнем уровне. Поэтому при переходе аглофабрики на использование в качестве агломерационного топлива угля марки АС была изменена технология подготовки шихты в барабанном окомкователе: увеличено время окомкования, изменена система подачи воды на увлажнение, а также режим окомкования.

В результате этих мероприятий средняя крупность гранул шихты увеличилась до 7 мм. Причём количество гранул более 7 мм возросло до 40-50 %.

Около 60 % гранул шихты имеют размер более 5 мм. Шихта стала однородной по грансоставу, мелких фракций размером до 0,6 мм – 4-6 % (табл. 3).

В результате проведенных мероприятий соотношение крупности топлива и шихты установилось на новом качественном уровне.

Основным носителем углерода стали крупные гранулы шихты. В гранулах более 7 мм сосредотачивается более 30 % топлива шихты, а в мелких (менее 1,6 мм) – около 20-22 %.

Анализ результатов промышленных экспериментов показал, что сегрегация гранул шихты и топлива подчиняется иным закономерностям, чем в традиционных условиях. Средний диаметр гранул шихты в верхней части слоя составил 5,8 мм, а в нижней – 7,2 мм. Изменение среднего диаметра происходит в основном за счёт сегрегации крупных (более 7 мм) и мелких (менее 0,6 мм) гранул.

Топливо по высоте слоя сегрегирует очень слабо и практически равномерно распределяется по высоте слоя. Можно предположить, что слабая связь между сегрегацией топлива и гранул шихты объясняется тем, что крупность частиц основной массы топлива составляет более 2,5 мм. Топливо такой крупности не участвует в окомковании, а сосредотачивается на поверхности крупных гранул шихты или в межгранульном пространстве. Такое расположение топлива позволяет за счёт улучшения процессов горения в слое увеличить тепловой уровень процесса спекания и улучшить образование блоков спека. Такая организация использования твёрдого топлива приводит к значительному снижению расхода твёрдого топлива и улучшению качества спека.

Использование крупного твёрдого топлива обеспечивает подвод тепла к крупным гранулам в необходимом количестве для расплавления их и образования прочной структуры агломерата.

Следует обратить внимание на факт, что переход на спекание крупной шихты выровнял основность по высоте спека. $C_{\text{карб}}$ по высоте находится на уровне 1,9 % и не зависит от места отбора пробы по высоте слоя.

Выводы и направление дальнейших исследований. Использование в шихте крупного топлива должно сопровождаться

увеличением крупности гранул шихты. В этом случае показатели процесса спекания улучшаются.

Замена традиционных видов твёрдого топлива углём марки АС целесообразна и обеспечивает снижение расхода топлива на 10-12 %.

Установлены закономерности измельчения различных видов твёрдого топлива, исследована сегрегация твёрдого топлива и гранул шихты по высоте слоя, а также сегрегация твёрдого топлива по гранулам шихты различного размера.

The investigation results of changing the grain-size composition of various solid fuel on the track of its preparation to agglomeration process, were presented, wick conformed the utility of AC coal rank using as the agglomeration fuel.

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