

Р а з д е л т р е т и й
ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.7. Аналитические материалы

3.7.9. Зола котлов с ЦКС – производство и утилизация

Я. Хицнар, ECOCOAL Consulting Center, Катовице, Польша

АННОТАЦИЯ

Внедрение котлов с кипящим слоем (КС) на электрических и теплофикационных станциях создало условия для эффективного обессеривания дымовых газов и повышения КПД тепловых процессов при одновременной возможности использования, кроме традиционных видов топлива, также низкоэнергетических отходов и биомассы. Если сравнивать процесс сгорания с использованием пылеугольных и слоевых топков с процессом сгорания в низких температурах в присутствии известняка, то последний влияет также на качество получаемых твердых продуктов сгорания. Образованная тогда зола кипящего слоя (далее — зола КС) существенно отличается по физическому и химическому составу от традиционной золы.

Проведенные исследования и реализованные внедрения показали высокую ценность золы КС как сырья, в частности для производства строительных материалов, проведения инженерных работ и для шахтной профилактики, что подтверждает их массовая утилизация.

Оптимизацию использования золы КС обеспечивает ее предварительное гранулирование. Получаемый тогда материал является более нейтральным для окружающей среды, который можно складировать и в дальнейшем подвергнуть утилизации, а также непосредственно использовать для производства заполнителей.

1. ПРОИЗВОДСТВО ЗОЛЫ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Спецификой сгорания в кипящем слое является очень высокая насыщенность кислородом зерен сгораемого топлива, эффективный тепловой обмен, низкие температу-

ры сгорания (ниже 950 °С) и прочность связи оксидов серы с соединениями кальция, что позволяет использовать не только традиционные твердые и жидкие топлива, но также биомассу, низкокалорийные отходы и материалы с большим содержанием серы. Развитие техники и технологии сгорания в кипящем слое позволило повысить КПД, начать строительство блоков высокой мощности с одновременным обессериванием топочных газов. В условиях сгорания топлив в присутствии кальция образуются побочные продукты в виде летучей золы и донной золы (шлака).

В Польше работает более десяти мощных энергоблоков с ЦКС, в том числе введен в эксплуатацию в последнее время самый большой в мире блок мощностью 460 МВт, (КПД ≈ 45 %) [1,2]. В качестве топлива используются каменный и бурый угли, угольный шлак и биомасса. В последние годы в энергетических котлах с КС получили более 1млн т. побочных продуктов сгорания (ППС) (табл.1).

2. СВОЙСТВА ЗОЛЫ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Зола КС значительно отличается от получаемой в котлах с пылеугольной и слоевой топками, так как ее количество увеличивается за счет соединений кальция, получаемых в процессе декарбонизации известняка и реакции с соединениями серы.

Таблица 1. **Баланс производства и использования в Польше ППСУ в 2000 г.¹[3]**

Спецификация	Продукты сгорания угля			Зола котлов с КС при сжигании угля			
	всего	каменного	бурого	каменного	бурого	всего	
Производство, тыс. т	16 621,0	10 196,0	6 425,6	418,4	368,0	786,4	
Использование	тыс. т	12 143,0	8 297,0	3 846,0	409,5	368,0	777,5
	%	73,0	81,4	59,8	97,9	100,0	98,9
Направления использования, тыс. т							
- производство цемента;	1 373,0	1 373,0	0,0	14,0	0,0	14,0	
- строительные материалы;	3 452,0	952,0	2,5	23,2	0,0	23,2	
- кирпич и керамика;	506,0	506,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
- легкие заполнители;	101,0	101,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
- строительство дорог и инженерные работы	232,0	232,0	0,0	1,4	0,0	1,4	
- горное дело;	6 135,0	3 525,0	2610,0	291,0	0,0	291,0	
- восстановительные работы и макронивелиция	2 220,0	1 014,0	1205,5	78,9	368,0	446,9	
- другие	455,0	427	28,0	0,0	0,0	0,0	
- временное складирование	167,0	167	0,0	1,0	0,0	1,0	
Количество ППСУ, размещенных на ЗШХ	тыс. т	4 478,0	1 899,0	2 579,7	—	—	—
	%	27,0	18,6	40,2	—	—	—

¹ производство золы КС: 2002 г. — 1044 тыс. т; 2005 г. — 1304 тыс. т

Основное различие, обусловленное реакцией продуктов сгорания с соединениями кальция и процессом сгорания в низких температурах (850...950 °С), относится к:

химическому составу минеральной части, содержанию соединений кальция, минералогическому составу, морфологии и гранулометрическому составу, а также хими-

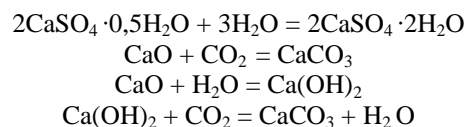
ческой реактивности (связывающие свойства – гидравлические и пуццолановые). Зола КС принадлежит к кальциевому типу и она по своим свойствам близка к некоторым золам кальциевого типа получаемых в процессе сгорания бурого угля [4].

Существующее количественное и качественное различие между ППС обуславливают рост количества золы КС, а также ее отличие по составу, физическим и химическим свойствам. Такое положение затрудняет, а иногда делает невозможным, непосредственное использование полученного до сих пор опыта работы с золой и шлаком из пылеугольных и слоевых топок. Часче всего оптимизация освоения золы КС требует применения индивидуальных методов складирования и утилизации. Зола КС, с точки зрения физико-химических свойств близка к золе кальциевого типа.

Для складирования и утилизации важным параметром является водорастворимость золы КС, результаты исследований которой представлены на рис. 1. В рас-

сматриваемом примере водорастворимость золы КС в сравнении с традиционной золой выше и в зависимости от принятого метода испытаний она для летучей золы от 4,6 до 4,9, а для шлака от 6,5 до 11 раз выше.

Присутствие в золе КС активных соединений кальция (CaO, CaSO₄) и алюмосиликатов предопределяет их гидравлические и пуццолановые свойства, связанных в частности со следующими химическими реакциями:



Обычно донная зола характеризуется более высокой активностью по сравнению с летучей золой. Вяжущие свойства золы КС можно интенсифицировать путем их активирования: механического (домальвание); гидро-термического и химического (СО₂, добавка вяжущих).

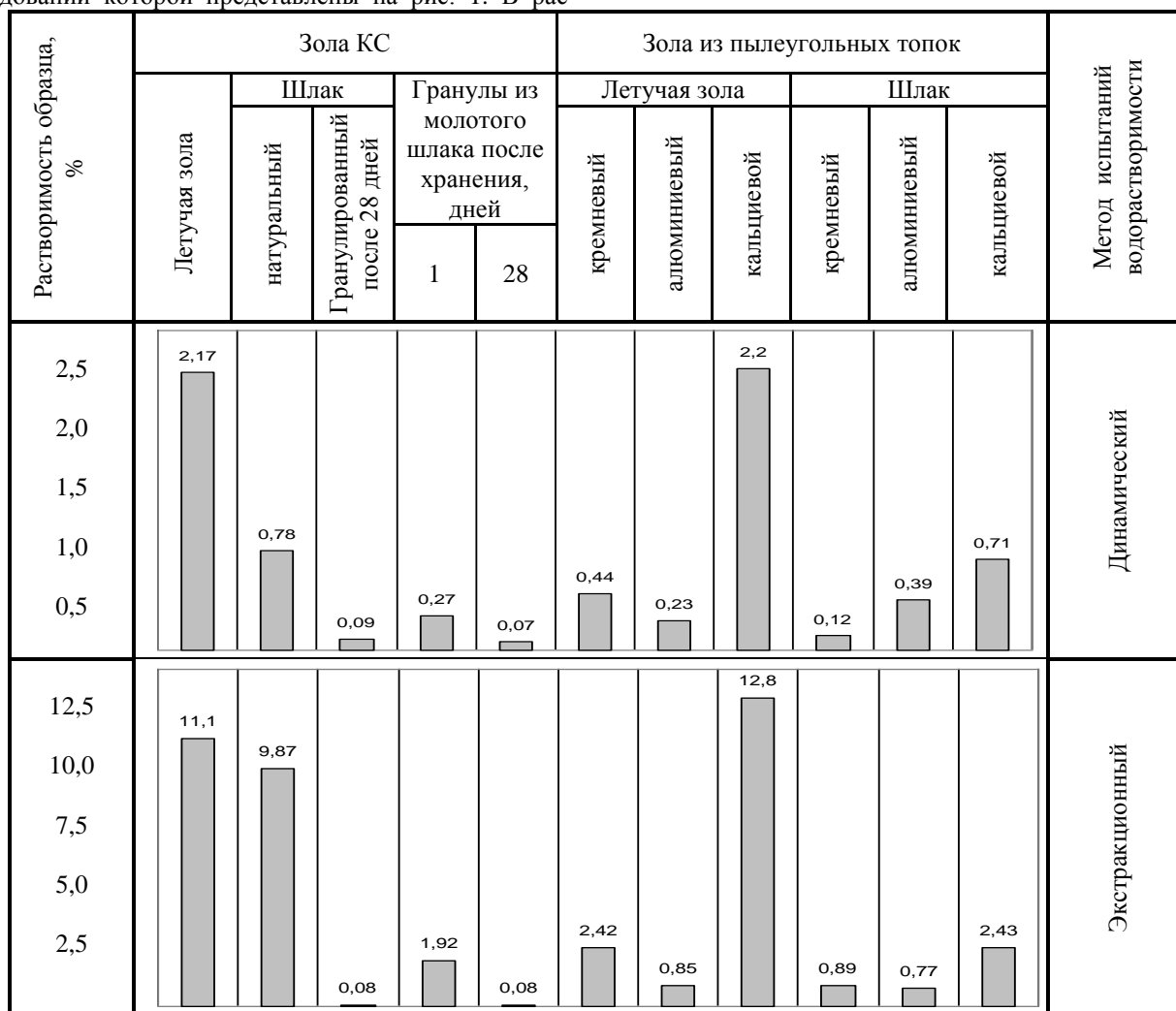


Рис. 1. Сравнение водорастворимости продуктов сжигания каменного угля в котлах с КС и в пылеугольных котлах [1].

Добавка летучей золы к донной золе (шлаку) вызывает ухудшение вяжущих свойств смеси, однако она целесообразна для получения материалов, стойких к действию воды и ветров.

Проведенные исследования гранул, полученных из смеси летучей золы и шлаков сжигания твердых топлив в кипящем слое, показали тенденцию к линейной зависимости прочности на сжатие гранул от содержания соединений кальция (рис. 2).

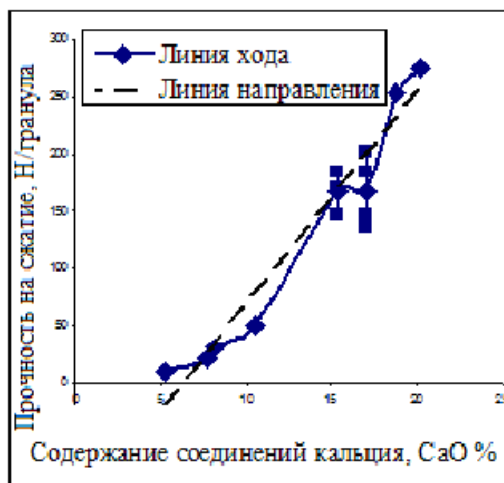


Рис. 2. Влияние содержания соединений кальция на прочность на сжатие гранул

Способность связывания структуры золы КС с определенной добавкой воды влияет не только на их прочностные параметры (ударная прочность, прочность на сжатие и изгиб), но также на их стойкость против водяной (рис. 1) и ветровой эрозии (устранение пыления).

3. НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛЫ КС

Физико-химический состав золы КС позволяет ее осваивать в следующих направлениях:

- увеличения эффективности использования топлива и известняка;
- в качестве основы минерального сырья;
- для повышения гидравлической и пуццолановой активности вяжущих и способствует ее лучшему приспособлению к безопасному складированию.

Путем повторной подачи в топочную камеру высокоугольных золных фракций получаем увеличение степени использования топлива. Обычно по этой схеме повторно подают донную золу для более полного использования несвязанного известняка. С целью увеличения степени превращения часто использованную повторно золу подвергают предварительной механической активизации. Эти решения увеличивают эффективность использования топлива и известняка, а также уменьшают количество и стабилизируют свойства золы КС.

Присутствие в золе КС активных химических соединений позволяет ее применять в качестве заменителя или/и сырья для производства вяжущих веществ, строительных материалов, сорбентов и ионообменников, а также для отвердевшей закладки, что иллюстрируют данные в табл. 1. Самое большое количество золы КС используют при проведении инженерных работ и в горном деле, чаще всего как одну из составляющих смесей применяемых для конкретных целей (воду и газонепроницающие слои, отвердевшая закладка, ит.д.). В последние годы наблюдается рост использования золы КС для производства вяжущих веществ, без и с малой добавкой цемента, применяемых в основном при строительстве дорог. На основе золы КС производить искусственный заполнитель с использованием низкотемпературной технологии.

За рубежом золу КС применяют также для деактивации почвы загрязненной тяжелыми металлами и для из-

весткования почвы, а также для нейтрализации кислых сточных вод и промышленных отходов.

Не утилизированная зола КС подлежит складированию. Учитывая большое содержание составляющих растворимых в воде, зола КС требует особого внимания. Ее чаще всего смешивают с традиционной золой, а затем складировать. В Канаде применена технология образования зольно-водяной суспензии, с которой не выделяется избыток воды. Вода разлитая на складской площадке полностью поглощается.

С точки зрения обеспечения безопасных условий складирования и возможного использования в будущем золы КС большое значение имеет технология ее гранулирования. В результате действия центробежных и адгезионных сил, а также протекающих химических реакций в присутствии определенного количества воды, образуются гранулы с новой физической характеристикой и практически прежним химическим составом. Упаковка зерен в гранулах и происходящие процессы способствуют снижению вымывания составляющих растворимых в воде (рис. 1) и одновременно повышению прочности гранул на сжатие (табл. 2).

Таблица 2. Прочностная характеристика гранул из смеси

Состав образца, % масс.		Прочность на сжатие, Н/гранула после дней			
Летучая зола	Шлак	3	7	14	28
0	100	18,5	55,2	133,5	167,7
100	0	0,1	0,1	2,0	1,8
95	5	0,0	10,3	16,6	19,3
90	10	0,0	15,0	28,9	36,7
85	15	3,1	16,0	33,4	41,8
80	20	5,6	18,4	39,6	48,5
75	25	2,9	28,8	68,5	83,3
70	30	9,7	32,0	76,9	97,7

Проведенные испытания и опыты показали, что гранулирование золы КС позволяет:

- увеличить возможности ее полезного применения;
- уменьшить загрязнение окружающей среды;
- рассматривать складированную золу как сырье для ряда технологий и как нейтральный материал для окружающей среды.

4. РЕЗЮМЕ

Внедрение котлов с ЦКС на электрических и теплотехнических станциях создало условия для эффективного обессеривания топочных газов и повышения КПД тепловых процессов, одновременно с возможностью использования кроме традиционного топлива также отходов топлив и биомассы.

Отличие процесса сгорания в кипящем слое по сравнению со сгоранием в пылеугольных и слоевых топках (в частности более низкая температура сгорания, присутствие известняка) влияет также на качество получаемых твердых продуктов сжигания. Зола КС значительно отличается по химическим и физическим свойствам от традиционной золы.

Проведенные исследования, опыты и внедрения показали высокую сырьевую ценность золы КС, что привело к ее массовой утилизации.

Для оптимизации освоения золы КС очень выгодно ее гранулирование, в результате которого получаем нейтральный материал для окружающей среды в случае складирования с возможностью последующего его утилизации, а также позволяет непосредственно производить крошку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нуснар J.J.:** Czynniki wpływające na właściwości fizykochemiczne i użytkowe stałych produktów spalania

paliw w paleniskach fluidalnych. Wydawnictwo Górnicze. Katowice 2006.

2. **Саламов А.А.:** Котлы с циркулирующим кипящим слоем. Теплоэнергетика 2007, № 6.

3. **"EMITOR"** Agencji Rynku Energii 2002.

4. **Нуснар J.J., Szczygielski T.:** Stan i perspektywę zagospodarowania popiołów lotnych i żużli rodzaju wapniowego. Karbo 2007, nr. 1.

Я. Хицнар. Зола котлов с ЦКС – производство и утилизация // Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 53 – 56.