

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕПАРИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ СЖИГАНИЯ ТБО

Майстренко О.Ф. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина*)

Приведены исследования и сравнительный анализ физико-химических свойств сепарированных и в общей массе продуктов сжигания твердых бытовых отходов (ТБО) четырех отечественных заводов по термической переработки отходов. Оценена возможность и выбраны основные направления использования таких материалов в строительстве.

Исследования проводились для твердых продуктов сжигания ТБО заводов Днепропетровска, Киева, Севастополя и Харькова, укомплектованных оборудованием ЧКД «Дукла». Бытовые отходы после сжигания в общей массе представляют собой неоднородную золошлаковую смесь. Крупные фракции этой смеси состоят в основном из негорючей части отходов: стекло, керамика, камни, шлак, мелкие металлические включения, кости и т.п. Основным поставщиком мелких фракций являются бумажные отходы. В связи с различными условиями мест накопления и различным происхождением компонентов отходов физико-химические свойства продуктов сжигания не стабильны из-за неоднородности структуры горючей части отходов. Негорючая часть отходов при сжигании практически изменений не претерпевает.

Химический состав продуктов сжигания в общей массе зависит от компонентов сжигаемых ТБО, технологического режима и конструкции печи. Показатели химического состава золы-унос и золошлаковой смеси различных термических заводов будут различные. Для Крымского термического завода химический состав продуктов сжигания ТБО определяли по временам года в течение нескольких лет. По каждому времени года брали средние значения показателей из 4 проб, а затем среднегодовые (табл. 1, 2). Результаты определений показывают значительные сезонные колебания состава золы-унос и золошлаковых смесей по отдельным показателям [1].

Таблица 1

Показатели химического состава золошлаковой смеси по временам года

Показатели, %	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее
П.п.п.	16,8	15,7	15,6	17,3	16,3
SiO ₂	29,2	33,3	21,7	14,7	21,7
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	23,0	19,2	19,7	13,1	18,7
в том числе Fe ₂ O ₃	0,2	10,9	1,0	-	4,0
CaO	15,1	18,3	21,8	29,0	21,0
MgO	4,8	5,6	4,4	7,8	5,6
Na ₂ O + K ₂ O	4,6	1,2	6,0	1,6	3,3
Сера общая, SO ₃	5,2	9,2	4,4	5,6	6,15
Сера сульфатная, SO ₃	1,0	2,0	0,9	1,3	1,3
Растворимость	4,2	3,5	6,7	10,0	6,1
Растворимых хлоридов	0,25	0,1	0,6	1,1	0,5
Растворимых сульфатов, SO ₃	0,5	0,7	0,5	0,9	0,6

Таблица 2

Показатели химического состава золы-унос по временам года

Показатели, %	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее
П.п.п.	9,9	8,0	8,6	11,1	9,4
SiO ₂	18,1	26,1	21,1	28,8	23,5
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	19,6	22,8	17,0	14,8	18,6
в том числе Fe ₂ O ₃	4,8	10,5	4,0	0,9	5,0
CaO	24,3	25,8	24,4	23,6	24,5
MgO	5,3	5,6	7,3	9,4	6,9
Na ₂ O + K ₂ O	8,1	2,1	3,5	2,0	3,9
Сера общая, SO ₃	11,2	9,2	9,8	7,2	9,3
Сера сульфатная, SO ₃	6,1	4,0	5,7	6,0	5,4
Растворимость	17,5	8,1	19,7	24,4	17,4
Растворимых хлоридов	2,7	1,4	3,2	5,8	3,3
Растворимых сульфатов, SO ₃	4,4	1,6	3,9	5,4	3,8

Таблица 3

Химический состав продуктов сжигания ТБО по фракциям

Показатели, %	Размеры фракций, мм									
	20...40	10...20	5...10	2,5...5	1,25...2,5	0,63...1,25	0,63...0,315	0,14...0,315	менее 0,14	
SiO ₂	40,3	37,2	34,6	30,5	26,3	23,6	20,8	18,4	24,7	
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	14,5	15,3	15,9	16,4	18,7	21,6	19,2	15,0	18,6	
в т.ч. Fe ₂ O ₃	5,7	6,7	9,3	10,4	12,4	9,0	10,2	8,2	5,0	
CaO	15,4	16,6	17,5	17,5	22,2	25,2	25,8	26,8	24,5	
MgO	3,5	3,8	3,6	3,7	4,0	4,9	4,5	4,8	6,9	
Na ₂ O	2,0	2,2	4,1	5,2	4,4	3,6	2,9	2,1	3,9	
P ₂ O ₅	0,3	0,4	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	1,6	
Общая сера, SO ₃	2,8	3,1	3,9	5,3	6,3	7,8	8,5	9,6	9,3	
Сульфаты, SO ₃	0,4	0,5	0,9	1,2	1,5	1,5	2,1	2,4	5,4	
Cu	0,17	0,17	0,16	0,16	0,13	0,11	0,12	0,12	-	
Cd	0,0066	0,0068	0,0071	0,0072	0,0075	0,0078	0,0076	0,0076	-	
Ni	0,69	0,67	0,62	0,46	0,46	0,47	0,46	0,43	-	

Анализ результатов исследований химического состава продуктов сжигания ТБО по фракциям (табл. 3) и в общей массе (табл. 1, 2), подтвердили предположение, что показатели качества фракций существенно отличаются. С увеличением размеров фракций снижаются потери при прокаливании, примерно в два раза возрастает содержание соединений кремния, снижается содержание соединений кальция, магния, фосфора. Серосодержащие соединения распределяются по фракциям также неравномерно: с увеличением размеров фракций количество общей и сульфатной серы снижается в 2...6 раз. Изменения содержания тяжелых металлов (медь, никель, кадмий) не имеют закономерности. Возможно, это наблюдается потому, что анализировались фракции крупнее 0,14 мм, тогда как, для более мелких фракций, судя по литературе, должна проявляться определенная корреляция между размером фракции и содержанием тяжёлых металлов.

Ниже приведены показатели основных физических свойств на основании проведенных нами исследований проб продуктов сжигания ТБО в общей массе Крымского термического завода, после извлечения из смеси металла. Крупные зерна состоят в основном из негорючей части бытовых отходов: стекло, керамика, кости, шлак, мелкие металлические включения [1].

Физические свойства золошлаковой смеси:

Истинная плотность, кг/м ³	2050...2450
Насыпная плотность, кг/м ³	800...1100
Средняя плотность крупных включений, кг/м ³	1400...2650
Показатель пустотности, %	55...61

На основании проведенных исследований нами установлено, что одним из методов стабилизации состава продуктов сжигания ТБО может быть разделение их на фракции. Механизм стабилизации заключается в том, что близкие по происхождению компоненты отходов после сжигания образуют частицы с близкими геометрическими параметрами. Например, сгоревшая бумага, дерево, ткань образуют мелкие фракции (зола, зола-унос), а стекло, керамика, камни, кости, шлак и т.п. составляют средние и крупные фракции, в зависимости от исходных размеров. В результате разброс показателей физико-химических свойств каждой из полученных фракций уменьшается, стабилизируется состав. Колебание объема составляющих ТБО для каждой из полученных фракций продуктов сжигания существенно не влияет на показатели свойств, так как эти показатели зависят не от объема составляющих бытовых отходов, или их доли в отходах, а от качественных характеристик составляющих.

В табл. 4 приведены физико-технические характеристики сепарированных продуктов сжигания ТБО.

Таблица 4

Физико-технические характеристики сепарированного шлака

Показатели	Единица измерений	Размеры фракций, мм		
		20...40	10...20	5...10
Насыпная плотность	кг/м ³	1000...1100	900...1000	850...950
Пустотность	%	12...52	21...57	25...59
Водопоглощение	%	19	21	22,5
Содержание пылевидных частиц	%	4,82	5,15	6,31
Содержание металлических включений	%	5,5	2,6	1,2
Содержание пластинчатых и игловатых зерен	%	12	16	21

Разделение на фракции продуктов сжигания ТБО даёт возможность получить заполнители с более стабильными химическими и физико-техническими показателями свойств, что позволит найти применение каждой фракции в производстве строительных материалов с учетом требований нормативных документов [2,3].

Вывод. Таким образом, используя результаты исследований характеристик сепарированных продуктов сжигания ТБО, можно выбрать основные направления использования их в строительстве. Шлаковый песок и золошлаковую смесь рекомендуется применять в качестве формовочных смесей в производстве стеновых материалах, строительных растворов на минеральных вяжущих, мелкого заполнителя для бетонов, гипсобетонов и асфальтобетонов. Щебень шлаковый – для использования в качестве крупного заполнителя в тяжелых и легких бетонах, а также для устройства различных слоев подсыпок и отсыпок. Золу-унос и золошлаковую смесь можно использовать в качестве отощающих и выгорающих добавок при производстве керамических изделий.

Литература

1. Использование продуктов сжигания твердых бытовых отходов в строительстве / Дорофеев В.С., Жудина В.И., Майстренко О.Ф. Одесса: Город мастеров, 2002. - 134 с.
2. ДСТУ Б А. 1.1-5-94. Загальні фізико-технічні характеристики та експлуатаційні властивості будівельних матеріалів. Термін та визначення.
3. ДСТУ Б А. 1.1-49-94. Відходи промисловості для будівельних виробів. Термін та визначення.