

## **ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕРЫ**

**Тихонова А.Ю., Шушкевич И.П.**

**научный руководитель канд. техн. наук Шевченко В.А.**

***Сибирский федеральный университет***

Соединения серы по отрицательному воздействию на окружающую среду занимают одно из первых мест среди загрязняющих веществ. Около 96% серы поступает в атмосферу в виде  $SO_2$ , остальное количество приходится на долю сульфатов и других соединений. Помимо негативного экологического воздействия, элементарная сера в виде пыли раздражает органы дыхания, слизистые оболочки, а также вызывает экземы. Практически вся сера (более 90 %) производится сегодня как побочный продукт нефте- и газопереработки и цветной металлургии. В Красноярском крае основным поставщиком серы является Норильский горно-металлургический комбинат. Полностью переработать объемы серы в Норильском регионе не представляется возможным, поэтому основным потребителем потенциально могут являться южные регионы края, куда сера доставляется речным транспортом.

Одним из направлений использования технической серы является получение на ее основе различных строительных композиций для последующего использования в бетонах.

На рынок сера чаще всего представляется в комовой, гранулированной и жидкой форме. Сера в жидкой форме первична по отношению к другим формам. Однако издержки связанные с хранением, транспортировкой, разгрузкой, а также с накоплением статического электричества в ходе перевозок, довольно высоки. В то же время, чистота продукта в случае пребывания серы в жидком состоянии значительно выше относительно других товарных форм.

Комовая сера производится путем розлива и затвердевания жидкой серы с последующим размалыванием полученных блоков. В результате рыхления и хранения комовой серы возможны потеря массы, загрязнение и увлажнение продукта, что и является основным недостатком данной товарной формы вещества. Безопаснее и удобнее всего хранить гранулированную серу. Затратным в данном случае является сам процесс гранулирования, будь то воздушное, водяное или гранулирование в кипящем слое.

Целью настоящей работы являлась разработка композиций для получения заполнителя – серощебня, который можно было бы использовать в качестве заполнителя в цементных бетонах для замены природного заполнителя и сохранения невозможных природных ресурсов, а также для расширения областей применения серы и сокращения объемов ее выбросов в окружающую среду.

Для разработки композиций были использованы: сера – попутный продукт Норильского горно-металлургического комбината и отходы теплоэнергетики в виде золы-уноса Красноярских ТЭЦ и ТЭЦ 2.

Зола-унос выполняла функцию наполнителя для придания серным композициям максимальной прочности и плотности

Химический состав и физико-механические характеристики золы приведены в табл. 1 и 2.

Заполнитель был получен путем расплавления серы с наполнителем, формования из расплава монолитной плиты, которую впоследствии дробили в щековой дробилке с зазором 8 – 10 мм (из условия последующего использования в мелкозернистых бетонах).

Таблица 1

## Химический состав золы-унос Красноярских ТЭЦ

Оксиды	Проба золы	
	ТЭЦ-1	ТЭЦ-2
SiO <sub>2</sub>	54,44	32,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,43	7,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,79	6,0
CaO	21,02	32,76
MgO	5,53	9,74
SO <sub>3</sub>	0,38	2,74
Na <sub>2</sub> O	0,34	0,5
K <sub>2</sub> O	0,37	0,14
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,42
CaO <sub>св</sub>	4,56	9,18
ППП	3,72	6,96

Таблица 2

## Физико-механические свойства золы-унос

Место отбора золы	Удельная поверхность, см/г <sup>2</sup>	Остаток на сите № 008, %	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч. – мин.		Предел прочности, МПа			
				начало	конец	при изгибе, сут		при сжатии, сут	
						1	28	1	28
ТЭЦ-1	2756	13,8	33,25	0 - 38	1 - 23	-	0,75	-	2,8
ТЭЦ-2	2584	15,1	23,0	0 - 15	0 - 20	2,1	2,6	6,5	8,85

Исследования свойств серощебня проводились на определение следующих показателей: насыпная и истинная плотность, пустотность, стойкость структуры против силикатного и железистого распада, прочность по дробимости.

Для сравнения указанные характеристики были определены на пробе щебня фракции 10-20 мм из природного камня. Результаты испытаний представлены в табл. 3 - 5. Полученные данные показывают, что искусственный серощебень стойкости структуры соответствует требованиям ГОСТ, но по прочности уступает природному плотному заполнителю и имеет марку 200. Однако это является допустимым для использования в бетонах общестроительных невысоких марок.

Таблица 3

## Физико-механические свойства заполнителей на основе технической серы

Вид заполнителя	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %	D <sub>max</sub>
Серный с золой-унос ТЭЦ-1	1036	1560	33,6	10
Серный с золой-унос ТЭЦ-2	1222	1930	36,7	10
Традиционный щебень	1650	2720	39,3	10

Таблица 4

## Стойкость структуры заполнителей на основе технической серы

Вид заполнителя	Стойкость к силикатному распаду (потеря массы), %		Стойкость к железистому распаду (потеря массы), %	
	Фактический	Требования ГОСТ	Фактический	Требования ГОСТ
Серный с золой-унос ТЭЦ-1	3	≤ 8	4,6	≤ 5
Серный с золой-унос ТЭЦ-2	4,1	≤ 8	3,9	≤ 5
Традиционный щебень	1,8	≤ 8	1,1	≤ 5

Таблица 5

## Дробимость заполнителя на основе технической серы

Вид заполнителя	Остаток на сите после испытаний, %		Марка по дробимости
	фактический	по требованиям ГОСТ	
Серощебень с наполнителем золой-унос ТЭЦ 1	34,6	28 - 35	200
Серощебень с наполнителем золой-унос ТЭЦ 2	34,2	28 - 35	200
Щебень на основе природного камня	8,7	≤ 10	1000

В целом по результатам испытаний заполнителей на основе технической серы было установлено следующее:

- зерновой состав серощебня можно регулировать режимами его дробления для получения разных фракций;
- по плотности серный щебень относится к плотным, имеющим значения плотности более 1500 кг/м<sup>3</sup>;
- по стойкости структуры против железистого и силикатного распадов серный щебень соответствует требованиям ГОСТ;
- по дробимости серощебень имеет марку 200 и может использоваться для бетонов общестроительных марок от 50 до 200, а при условии дополнительного использования эффективных химических добавок – для более высоких марок.

По основным физико-механическим серощебень можно отнести к заполнителям, получаемым на основе отходов промышленности, например, шлаков металлургического производства (ГОСТ 5578-94) и шлаков тепловых электростанций (ГОСТ 26644-85).