

Боросодержащие материалы для защиты от нейтронов

В.Б. Гетманов

Московский государственный строительный университет, Россия

Практически на всех действующих в мире ускорителях осуществляется модернизация с целью улучшения параметров пучков или расширения экспериментальной базы. Жесткий дефицит свободных площадей диктует необходимость максимально возможного уменьшения габаритов защитных конструкций, зачастую с требованием увеличения кратности ослабления флюенса нейтронов. В таких случаях становится неизбежным использование в защитных конструкциях высокоэффективных, но дорогостоящих материалов.

В ряде случаев в полях с характерным низкоэнергетическим нейтронным излучением весьма эффективны материалы с содержанием бора. В практике сооружения ядерных установок известны случаи использования борированных бетонов и борированного полиэтилена, однако эти материалы не нашли широкого применения ввиду их высокой стоимости.

Для изготовления борированных бетонов нами использовался в качестве заполнителя шлак ферробора, являющийся побочным продуктом производства на Ново-Липецком металлургическом комбинате. Химический состав гранулированного шлака ферробора приведен в табл.1.

Таблица 1: Химический состав шлака ферробора.

Содержание соединений, % по массе					
SiO_2	CaO	MgO	FeO	Al_2O_3	B_2O_3
3,98	8,23	5,42	4,61	64,3	13,46

Таблица 2: Технологический и химический состав борированного бетона с максимальным содержанием бора.

Технологический состав, кг/м ³	Плотность бетонной смеси Плотность сухого бетона, кг/м ³	Содержание химических элементов, кг/м ³									
		H	O	B	Mg	Si	S	Ca	Al	Fe	Σ
Шлак FeB 1500	2370	12,88	1050,53	64,32	55,88	104,0	5,8	334,1	535,83	72,6	2235,9
Цемент 580	2236										
Вода 250											

Учитывая широкий диапазон возможного применения борированного бетона в защите ускорителей как в барьерной геометрии, так и для облицовки стен туннелей и лабиринтов, мы провели работу по подбору технологических составов с целью получить максимально возможное содержание бора в бетоне.

Приведенный в табл.2 состав борированного бетона может быть рекомендован для изготовления защитных конструкций или отдельных блоков в условиях нормального твердения бетонов. При термовлажностной обработке образцов обнаружена некоторая деформация,

вспучивание образцов на открытой плоскости формы, что требует дополнительных исследований для объяснения и устранения обнаруженного эффекта.

Ориентировочная стоимость такого бетона в ценах 1984 года примерно в два раза выше обычного строительного бетона на известняковом заполнителе и в 6 ÷ 8 раз меньше традиционных борированных бетонов.

В качестве альтернативы дорогостоящему полиэтилену нами разработан материал, состоящий из регенерированной резины в виде плит размером $\sim 700 \times 700 \times 25$ мм [1]. Одним из преимуществ данного материала является то, что в процессе его изготовления возможно ввести в его состав различные мелкофракционные инертные заполнители. Этот материал получил название “реззон”. Введение в состав реззона мелкоизмельченного шлака ферробора в количестве 31,7% весовых частей позволило получить борированный реззон, химический состав которого приведен в табл.3.

Таблица 3: Химический состав борированного реззона.

Плотность, кг/м ³	Содержание химических элементов, кг/м ³									
	H	O	B	C	Mg	Al	Si	S	Ca	Fe
1353	34,78	429,27	37,88	371,4	29,57	309,5	38,35	15,43	53,44	32,60

Ориентировочная стоимость этого материала составила $\sim 0,6$ от стоимости обычного полиэтилена и \sim в 10 раз меньше борированного полиэтилена.

Расчетные исследования [2], проведенные в ОРИ ИФВЭ, показали хорошую защитную и экономическую эффективность указанных борированных материалов. В связи с тем, что защитная эффективность борированных материалов находится в очень жесткой зависимости от спектрального состава полей нейтронного излучения, мы провели расчетные исследования влияния количества бора в данных материалах на улучшение их защитных свойств для двух характерных спектров [3].

Расчеты показали:

1. Увеличение содержания бора в бетоне от 0 до 64,3 кг/м³ и в реззоне от 0 до 37,9 кг/м³ не изменяет их защитные характеристики в спектре деления Cf-252.
2. Для спектра, характерного нейтронному излучению на поверхности стальной защиты, оптимальное содержание бора в бетоне составляет 16,1 кг/м³, а для борированного реззона — 2,6 кг/м³.

В связи с тем, что введение шлака ферробора в бетон и реззон не представляет технических сложностей, эти материалы могут быть выполнены с необходимым процентом борирования в соответствии с конкретными расчетными данными.

Список литературы

- [1] Бабкин В.Н., Гетманов В.Б., Игнатов В.А. — В сб.: Всесоюзная научная конференция по защите от ионизирующих излучения ядерно-технических установок. Тезисы докладов. — Протвино, 1989, с.153.
- [2] Гетманов В.Б., Крючков В.П., Лебедев В.Н., Суманев О.В. — В сб.: XIII Сопещание по ускорителям заряженных частиц. Аннотации докладов. — ОИЯИ, Дубна, 1992, с.189.
- [3] Ажгирей О.Б., Бабкин В.Н., Гетманов В.Б., Кузнецов А.А. — В сб.: Тезисы докладов, Москва, ИТЭФ, 1990, с.249.