

УДК 669.21

**Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, Р.А. Тимохин, А.К. Смоляков**

Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток

### **УТИЛИЗАЦИЯ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ**

Важнейшими задачами современности являются снижение энергоемкости получения эффективных строительных композитов, улучшение экологической обстановки, оптимизация системы «человек-материал-среда обитания».

В результате деятельности предприятий металлургии образуются крупнотоннажные отходы доменного шлака. Представляется необходимым оптимизация процессов структурообразования бетонных смесей за счет использования промышленных отходов, что позволит повысить прочностные характеристики и значительно снизить проницаемость композитов. Использование техногенного сырья в производстве строительных материалов способствует решению следующих основных задач: энерго- и ресурсосбережению; утилизации отходов; улучшению экологической обстановки в регионах. Доменный шлак является эффективным сырьем для производства активных минеральных и тонкодисперсных добавок.

Оптимизация процесса структурообразования обеспечивается в результате полидисперсности составляющих композита. Высокодисперсные сферические частички шлака, измельченного до удельной поверхности  $550-600 \text{ м}^2/\text{кг}$  выступают в качестве центров кристаллизации, и выполняют роль наполнителя на нано- и микроуровне. В совокупности с более крупными частицами минерального компонента происходит более плотное заполнение межзернового пространства в цементной структуре бетона с уменьшением количества пор и микротрещин.

Структура цементного камня, полученного в результате затворения водой смеси из портландцемента, доменного шлака и известняка [1-3] представляет собой очень плотную упаковку мелких зерен в общей массе кристаллических новообразований. Дополнительное количество гидратных кристаллических фаз способствуют заполнению пустот на микроуровне в кристаллической матрице гидросиликатов кальция на границе контактной зоны, повышая степень адгезии вяжущего с наполнителем.

Наличие большего количества гидросиликатных соединений подтверждается снижением гелевой пористости в кристаллической связке на молекулярном уровне

модифицированных композитов при максимальном ее уменьшении более чем в 5 раз. Несмотря на максимальную прочность оптимального состава вяжущего 77,3 МПа (при измельчении до  $S_{уд}=550 \text{ м}^2/\text{кг}$ ), гелевая пористость этого композита снизилась почти в 2 раза. В данном случае достижение высокой прочности связано с комплексным влиянием: сокращением капиллярной пористости за счет интенсификации процессов роста первичных кристаллических гидросиликатных фаз, возможной перекристаллизацией и образованием вторичных кристаллов; заполнением ими пространства на микро-, субмикроуровне структурной организации композита и в сочетании со снижением технологической пористости на 17% за счет формирования плотной упаковки зернового состава на макроуровне при участии сферических мелкодисперсных составляющих доменного шлака и отсева дробления известняка.

За счет варьирования процента введенного шлака можно управлять количеством и размером кристаллов этtringита, что в дальнейшем определяет свойства цементов и бетонов. Карбонаты же имеют плотные контакты с цементным камнем, что объясняется возникновением эпитоксических связей между продуктами гидратации цемента и известняком. В структуре модифицированного вяжущего наблюдается рост кристаллов игольчатой и «стеблевидной» морфологии предположительно низкоосновных гидросиликатов, присутствуют также пластинчатые кристаллы предположительно гидрокарбоалюминатов кальция.

Синтез этих соединений является результатом взаимодействия выделяющегося при гидратации клинкерных минералов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с активными минеральными составляющими доменного шлака и известняка. Рост игольчатых кристаллов способствует армированию структуры композита на нано- и микроуровне, снижению пористости и повышению прочности композита.

### Список литературы

1. Федюк Р.С. Повышение непроницаемости фибробетонов на композиционном вяжущем // Вестник ТГАСУ. – 2016. – № 2. – С. 154-163.
2. Лесовик В.С., Урханова Л.А., Федюк Р.С. Вопросы повышения непроницаемости фибробетонов на композиционном вяжущем // Вестник ВСГУТУ. – 2016. – № 1(58). – С. 5-11.
3. Федюк Р.С. Исследование водопоглощения мелкозернистого бетона на композиционном вяжущем // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2-2. – С. 303-307.