

УДК 666

**МОДИФИКАЦИЯ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ ПОРОШКОМ ОКСИДА  
ВОЛЬФРАМА**

**Чайка Т. В.**

*Старший преподаватель кафедры «Строительство и землеустройство»,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»*

*Севастополь, Россия*

**Гавриш В.М.**

*К.т.н., доцент кафедры «Автоматизация и технология машиностроения»,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»*

*Севастополь, Россия*

**Шагова Ю.О.**

*Старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»*

*Севастополь, Россия*

**Гавриш О.П.**

*Старший преподаватель кафедры «Химия и химические технологии»,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»*

*Севастополь, Россия*

**Аннотация**

В статье исследовано влияние высокодисперсного порошка оксида вольфрама ( $WO_3$ ), полученного методом рециклинга твёрдосплавных изделий, на физико-механические свойства цементных материалов. Установлено, что введение  $WO_3$  в количестве 1–2 мас. % способствует значительному снижению водопоглощения и пористости, а также повышению прочности цементных образцов при сжатии. Полученные результаты подтверждают перспективность использования вольфрамсодержащих порошков для улучшения эксплуатационных характеристик цементных композитов.

**Ключевые слова:** высокодисперсный порошок, цементный камень, модификация, карбид вольфрама, пористость, водопоглощение, прочность.

***MODIFICATION OF CEMENT MATRIX BY TUNGSTEN OXIDE POWDER***

***Chayka T.V.***

*Lecturer at the Department of Construction and Land Management,  
Sevastopol State University,  
Sevastopol, Russia*

***Gavrish V.M.***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation  
and Technology of Mechanical Engineering  
Sevastopol State University,  
Sevastopol, Russia*

***Shagova Yu.O.***

*Lecturer at the Department of Technosphere Safety,  
Sevastopol State University,  
Sevastopol, Russia*

***Gavrish O.P.***

*Lecturer at the Department of Chemistry and chemical technologies,  
Sevastopol State University,  
Sevastopol, Russia*

**Abstract**

The article examines the effect of ultrafine tungsten oxide (WO<sub>3</sub>) powder by recycling hard metal products, on the physical and mechanical properties of cement materials. It is found that the introduction of WO<sub>3</sub> in an amount significantly reduces water absorption and porosity, as well as increases the compressive strength of cement specimens. The obtained results confirm the promising

application of tungsten-containing powders to enhance the performance characteristics of cement composites.

**Keywords:** Highly dispersed powder, cement stone, modification, tungsten carbide, porosity, water absorption, strength.

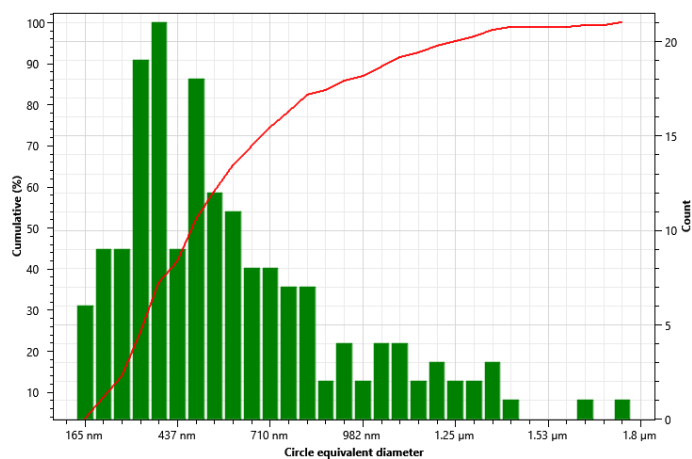
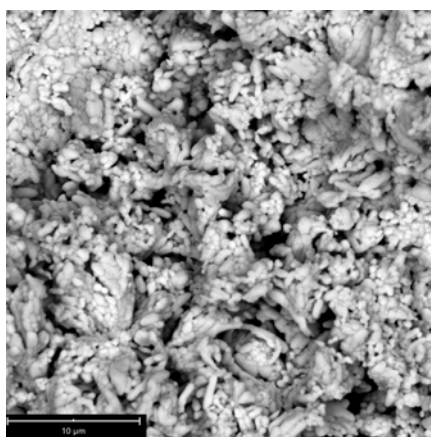
Цементные материалы являются одними из наиболее широко используемых строительных композитов, характеризующихся высокой механической прочностью и долговечностью. Однако их эксплуатационные свойства во многом зависят от микроструктуры и пористости, что обуславливает необходимость поиска эффективных методов их улучшения [1]. В последние годы особое внимание уделяется внедрению различных добавок и наполнителей, способных повысить плотность цементных систем, уменьшить пористость и как следствие увеличить их эксплуатационные характеристики [2-5].

Среди перспективных добавок выделяются высокодисперсные порошки металлов и неметаллов, способные улучшить физико-механические свойства материала, структуру пор, а также ускорить процессы гидратационного твердения. Внедрение наноразмерных добавок, таких как нанокремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) [2], углеродные нанотрубки [3], диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ) и другие соединения [4], в матрицу цементных композитов демонстрирует существенное повышение их прочности, долговечности и устойчивости к воздействию агрессивных сред. Кроме того, наноматериалы позволяют разрабатывать "умные" строительные материалы, например, самовосстанавливающиеся покрытия или материалы с регулируемой теплопроводностью, что способствует повышению энергоэффективности зданий и снижению эксплуатационных затрат [5].

В данной работе исследуется влияние высокодисперсного порошка оксида вольфрама  $\text{WO}_3$ , полученного методом рециклинга твердосплавных изделий, на физико-механические свойства цементных образцов.

В качестве исходного вяжущего вещества был использован портландцемент ЦЕМ II/A-П 42,5Н (ОАО «Верхнебеканский цементный завод»).  
Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

В качестве исследуемого модификатора цементных систем был применен высокодисперсный порошок оксида вольфрама ( $WO_3$ ) (размер частиц 100 – 700 нм) (рис.1). Данный порошок получен методом рециклинга твердосплавных изделий типа ВК по технологии, описанной в патенте [6], с последующим нагреванием при температуре до 750 °С.



а)

б)

Рис. 1 – Микроструктура порошка оксида вольфрама (а) и гистограмма распределения частиц по размерам (б)

Доля замены вяжущего вещества порошком оксида вольфрама варьировалась в пределах 0-5 мас. %. Испытания проводились на образцах цементного камня размером 20×20×20 мм в возрасте 28 суток. Водопоглощение определялось по методике, описанной в ГОСТ 12730.3-2020, пористость – согласно требованиям, ГОСТ 12730.4-2020. Испытания физико-механических характеристик образцов осуществлялось на универсальной машине ТРМ-500 «Tochline».

Влияние различного количества частиц  $WO_3$ , на физико-механические свойства цементирующих образцов представлено на рис. 2 и 3.

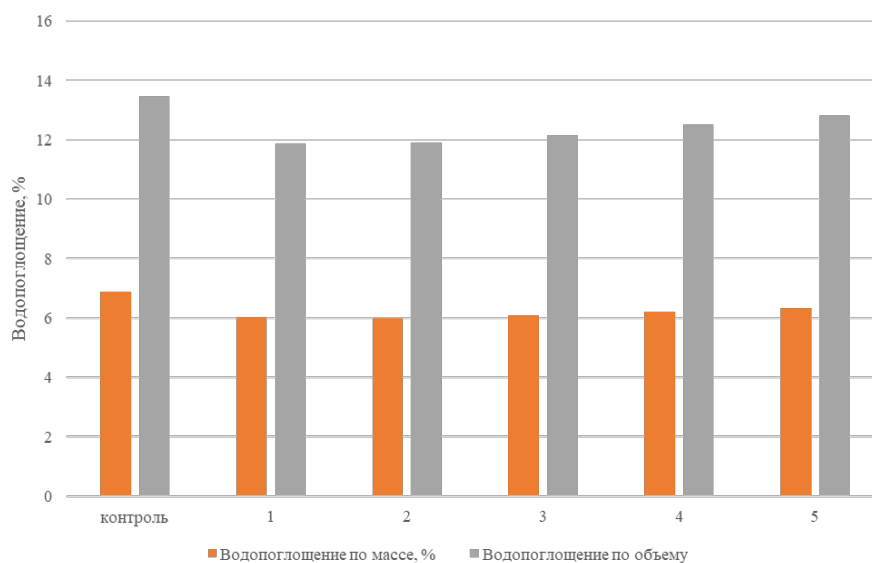


Рис. 2 – Водопоглощение по массе и по объему цементных образцов с добавлением порошка оксида вольфрама

Введение порошка оксида вольфрама в цементную матрицу приводит к снижению водопоглощения материала. Экспериментально установлено, что при содержании WO<sub>3</sub> в количестве 2% достигается максимальное снижение водопоглощения: по массе на 13% и по объему на 12%.

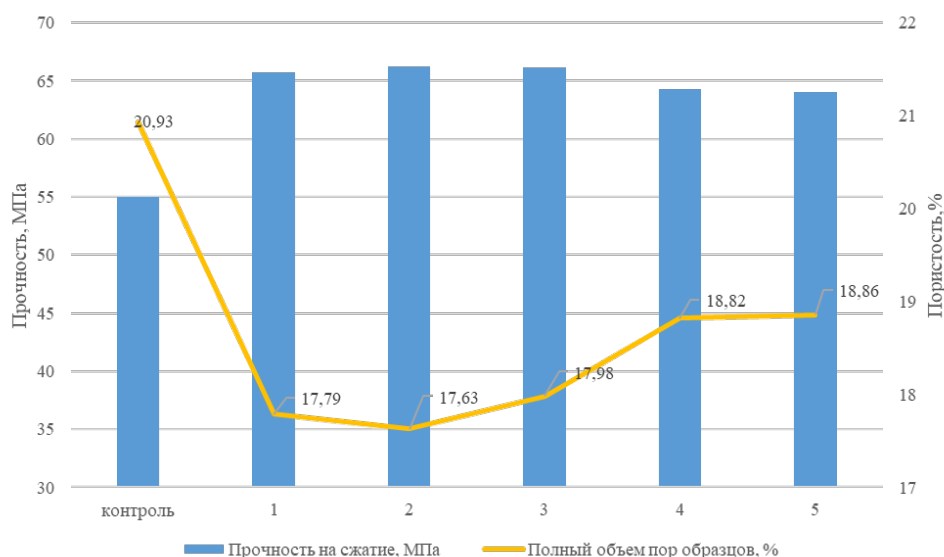


Рис. 3 – Прочности при сжатии и пористость цементных образцов с добавлением порошка оксида вольфрама

Пористость модифицированных образцов снизилась на 10–15% по сравнению с контрольным. Минимальная полная пористость отмечена у образца

с содержанием  $WO_3$  2 масс.%. Прочность при сжатии образцов возросла на 16–21%, при этом максимальное увеличение наблюдается при содержании 1-3 мас.% порошка  $WO_3$ .

В результате исследования установлено, что введение высокодисперсного порошка оксида вольфрама ( $WO_3$ ) в Л существенно снизить пористость и водопоглощение, а также повысить прочность при сжатии. Это может быть обусловлено заполнением порового пространства частицами высокодисперсной добавки и их функционированием в качестве центров гетерогенной нуклеации, что способствует формированию более плотной структуры цементной матрицы. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения высокодисперсного  $WO_3$  В модифицирующей добавки для повышения эксплуатационных характеристик цементных композитов.

### Библиографический список

1. Чайка Т.В., Гавриш В.М., Павленко В.И., Черкашина Н.И. Влияние высокодисперсного порошка смеси  $WC$  и  $TiC$  на свойства композиционных материалов // Нанотехнологии в строительстве. 2023. Т.15, № 1. С. 14–26. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-1-14-26>.

2. Брыков, А. С. Модификация цементных систем добавками на основе наночастиц. История применения, текущее состояние, перспективы / А. С. Брыков // Цемент и его применение. – 2021. – № 4. – С. 56-62.

3. Cui K, Chang J, Feo L, Chow CL and Lau D (2022) Developments and Applications of Carbon Nanotube Reinforced Cement-Based Composites as Functional Building Materials. *Front. Mater.* 9:861646. doi: 10.3389/fmats.2022.861646

4. Балыков А.С., Чугунов Д.Б., Кяшкин В.М., Давыдова Н.С. Наноструктурированные фотокатализаторы на основе диоксида титана для самоочищающихся бетонов. Оценка влияния фазового состава

на фотокаталитическую активность  $\text{TiO}_2$ . Нанотехнологии в строительстве. 2025;17(3):307–324. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-3-307-324>.

5. Инновации в отрасли строительных материалов. Часть 2 / О. Л. Фиговский, А. З. Штейнбок, Д. И. Шуваев, А. В. Волокитина // Химия, физика и механика материалов. – 2021. – № 1(28). – С. 54-83.

6. Патент на изобретение «Способ получения нанодисперсных порошков» 2763814 С1, 11.01.2022. Заявка № 2021102205 от 29.01.2021