

УДК 622

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Хафизова А.Е., студент гр. ХНм-221, 2 курс  
Научный руководитель: Ченская В.В., к.х.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В строительной сфере широко используются разнообразные материалы, применение которых определяется их техническими характеристиками, эксплуатационными возможностями и экономической целесообразностью. Бетон считается самым распространенным материалом в строительстве, цемент в бетоне - наиболее важным компонентом. Производство цемента требует добычи не возобновляемых природных ресурсов и использования высоких температур, которые вызывают выбросы газов, загрязняющие атмосферу. Данная отрасль промышленности ответственна за 5–10% глобальных выбросов парниковых газов. В производстве цемента используются две основные руды: известняк, богатый  $\text{CaO}$ , и глина, богатая  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ . Обработка известняка является основной частью производства, при этом используются температуры от 1450 до 1550 °С. Чтобы смягчить воздействие на окружающую среду, промышленность включает в качестве вяжущих материалов отходы, богатые кремнеземом, глиноземом и алюмосиликатами, такие как микрокремнезем, доменный шлак, зола уноса [1,2].

Цементный раствор, состоит из цемента, обычного песка и воды. Эти простые компоненты образуют прочный материал с высокими физико-механическими свойствами. Однако из-за дороговизны самого цемента, и из-за того, что его производство является одним из основных источников загрязнения окружающей среды (выбросы большого количества парниковых газов, пыли и вредных, токсических веществ), активно развивается направление использования техногенных продуктов для улучшения свойств цементных растворов. Особенно часто применяются минеральные добавки с пуццоланическими и гидравлическими свойствами [3].

Пуццоланическая активность играет ключевую роль в обеспечении коррозионной стойкости, в то время как гидравлическая активность улучшает прочностные свойства, а добавки с такими свойствами реагируют с известью в цементе или бетоне, что приводит к увеличению прочности, водостойкости и долговечности материала. Гидравлические добавки обеспечивают дополнительную водостойкость и прочность при воздействии высоких температур.

Минеральные добавки в бетоне, как правило, не растворяются в воде. Они имеют мелкий размер зерен 0,16 мм. Эти добавки могут быть активными или инертными.

Активные, такие как зола-унос, микрокремнезем и металлургические шлаки, взаимодействуют с цементным раствором, образуя дополнительные вяжущие вещества, которые улучшают прочность и другие свойства бетона.

Инертные минеральные добавки, например, как доломитовая мука, не реагируют с цементным раствором, но могут улучшать свойства бетона за счет увеличения плотности и уменьшения пористости.

Минеральные добавки на основе промышленного сырья могут иметь различный состав и дисперсность, что влияет на их свойства и область применения. Они могут использоваться для улучшения свойств бетона, таких как прочность, стойкость к истиранию и усадке, а также для уменьшения тепловыделения при твердении.

Далее представлен сравнительный анализ наиболее распространенных модификаторов.

Таблица 1

Характеристики минеральных добавок.

	Фактор прочности	Размер частиц, Мкм	Удельная поверхность г - см <sup>2</sup>	Пуццолановая активность, %
Микрокремнезем	1,8 - 2	≤ 1	≥ 15000	85 - 98
Доменный шлак	0,9	≤ 50	4900 - 5200	≥ 55
Кремнистая зола - унос	0,8 - 1	1 - 100	1500 - 3000	≥ 70
Основная зола - унос	0,5 - 0,7	1 - 100	1500 - 3000	≥ 50
Портландцемент	1	1 - 100	2800 - 3500	

Микрокремнезем - это продукт, получаемый в результате производства кремнийсодержащих сплавов, таких как ферросилиций и кристаллический кремний. В отличие от других активных минеральных добавок характеризуется очень мелким размером частиц, как показано в таблице 1, а также высокой удельной поверхностью. Попадая в поры цементного камня, он способствует увеличению плотности, что приводит к ряду положительных свойств, таких как повышение прочности, непроницаемости и, главное, долговечности бетона [4].

Зола - это мелкодисперсный материал, который образуется на тепловых электростанциях в результате сгорания угля в котельных установках и собирается специальными устройствами для улавливания золы.

Основные преимущества добавления молотого доменного шлака в бетон включают:

1. Повышение прочности на сжатие и растяжение, что делает бетон более устойчивым к механическим нагрузкам и воздействию окружающей среды.
2. Увеличение долговечности и стойкости к коррозии, благодаря образованию гидросиликатов кальция.
3. Снижение усадки и ползучести бетона, что предотвращает растрескивание и разрушение конструкции в процессе эксплуатации.
4. Экономия средств на материалах за счет использования более дешевого сырья (доменный шлак) вместо традиционных минеральных добавок, таких как гранитный щебень или песок.

5. Уменьшение веса бетона, что снижает нагрузку на фундамент и облегчает монтаж конструкций.

6. Снижение уровня эмиссии углекислого газа, так как доменный шлак является возобновляемым сырьем и не требует дополнительной добычи.

Однако стоит отметить, что использование молотого доменного шлака может привести к некоторому снижению пластичности бетона и увеличению его хрупкости. Поэтому подбор оптимального соотношения между шлаком и другими компонентами бетона требует профессионального подхода и испытаний.

Как видно из представленной информации можно сделать вывод, что доменный шлак представляет собой добавку с высокой дисперсностью частиц, что способствует улучшению механических свойств цементного камня при более низкой концентрации. Являясь пуццолановым реактивом, шлак, в результате химической реакции с водой и известью в бетоне образуются гидросиликаты кальция, улучшающие прочность и долговечность бетона.

Список литературы:

1. Алексеенко А. А., Москвин Е. И., Птичников В. А. Улучшение характеристик бетонов путем ввода активной минеральной добавки — молотого доменного шлака // Молодой ученый. - 2015. - №24. - С. 80-85.
2. Интернет-гипермаркет строительных материалов [Электронный ресурс] -Режим доступа: <https://www.materik-m.ru/> - Цементные растворы: виды, применение, приготовление
- 3.Портал консалтинговой компании «ИНЭК» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ines.ru/> - Обзор российского рынка строительных материалов
4. Дрянин Р. А., Сехпосян Г. П., Ананьев С. В., Калашников В. И. Влияние содержания микрокремнезема на повышение прочности реакционно - порошковых бетонов // Молодой ученый. - 2014. - №13. - С. 44-47.