

ОЦЕНКА УСИЛЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННОЙ СТАЛЬЮ

*Татаринovich Анна Васильевна, студентка 4-го курса
(Научный руководитель – Ходяков В.А., ассистент)*

Производство обычно портландцемента сопровождается высокими выбросами углерода и расходами энергии. В целях уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду в последние годы широко изучалось использование щелочно-активных материалов в качестве заполнителя. Этот тип материала обычно демонстрирует превосходные характеристики, такие как механические свойства, долговечность, термические свойства вместе с низким воздействием на окружающую среду по сравнению с портландцементом. На основе механизмов реакции исходных материалов можно классифицировать два типа связующих систем. Одна из них - система (Si+Ca), имеющая гель типа C-A-S-H с низким отношением Ca/Si и высокое включение Al в качестве основного продукта реакции. Другая - система (Si+Al), основным продуктом реакции является гель типа N-A-S-H в трехмерных сетях. Обе системы демонстрируют отличное поведение из-за различий в механизме реакции и характеристиках геля.

Недавние исследования, в которых основное внимание уделяется смешанным щелочным системам, дают многообещающее будущее для применения щелочно-активированных материалов из-за лучшего баланса между механическими свойствами и долговечностью при смешивании обогащенных кальцием прекурсоров с алюмосиликатами. Основными продуктами реакции в смешанной системе являются стабильно сосуществующие гели C-A-S-H и N-A-S-H. Кроме того, интенсивно исследовались влияния ключевых синтезирующих факторов на кинетику реакции, характеристики геля, механические свойства и долговечность. Недавнее понимание смешанных щелочных систем обеспечивает твердую теоретическую поддержку для дальнейших исследований. На практике уже реализовано несколько приложений, таких как высокие жилые здания, готовые конструкционные элементы, напольные плиты, стеновые панели и железнодорожные шпалы.

Однако, несмотря на то, что превосходные характеристики могут быть достигнуты с помощью смешанных щелочных систем, относительно высокая сушка усадки из-за природы как сырья, так и активаторов по-прежнему остается проблемой, которая ограничивает их применение в больших масштабах, поскольку она хорошо связана с тенденцией растрескивания, следовательно, свойств, связанных с долговечностью. С другой стороны, применение стального волокна в портландцементных системах доказало свои преимущества в улучшении прочности на изгиб, вязкости разрушения, ударе и устойчивости к усталости, а также эффективность уменьшения усадочной характеристики хрупкой матрицы. Случайно диспергированные волокна внутри матрицы уменьшают удлинение и рост микротрещин, обеспечивая пропускную

способность напряжения, благодаря которой генерируемое внутреннее напряжение может быть перенесено в другие устойчивые области матрицы. Кроме того, следует отметить, что стальные волокна различной длины играют определенную роль в ингибировании трещин, а именно коротких волокон в основном для перекрытия микротрещин, в то время как длинные волокна более эффективны в уменьшении макротрещин. Эти улучшенные свойства также могут указывать на потенциал использования стального волокна в щелочных активированных системах. Проводились исследования, в которых применяли стальное волокно с дозировками 40 и 120 кг/м³ в активированном шлаке из стекловолокна, результаты показали, что прочность на изгиб была в значительной степени улучшена, и при увеличении содержания волокон было снижено сопротивление сжатию; также уменьшались водопоглощение и проницаемость пористости. В другом исследовании использовали длинные и короткие стальные волокна с объемной долей до 2% в активированных стекловолокном шлако-кремнеземных смесях, и результаты показали, что по мере увеличения содержания волокон происходит снижение работоспособности и сушки; в то время как смеси с более высоким содержанием волокна и большей длиной демонстрируют более высокую прочность на сжатие и изгиб. Тем не менее, существует ограниченное изучение механизма и оценка эффективности воздействия гибридного стального волокна на смешанную щелочную систему.

Результаты показывают, что, применяя гибридное волокно вместе с подходом к конструкции упаковки частиц, прочность на сжатие около 100 МПа может быть достигнута при коэффициенте $w/p=0,4$. Добавление стального волокна немного уменьшает усадку и увеличивает пористость, но эффективно блокирует сушку при усадке и улучшает поведение при растяжении. Гибридное использование длинного и короткого волокна демонстрирует синергетический эффект и приводит к оптимальной прочности. Арматура из стального волокна выгодна для применения щелочно-активных материалов.

Литература:

1. Гао Х., Броуверс Х. Свойства щелочных активированных шлаковых смесей с добавлением известняка, 2015. – с. 119-128.
2. Гао Х., Броуверс Х. Характеристика щелочных активированных шлаковых смесей, содержащих нано-кремнезем, 2015. – с. 397-406.
3. Ши Си, Кривенко П.В., Рой Д.М. Щелочно-активированные цементы и бетоны, 2006.
4. Малолепжи Дж. Гидратация и свойства щелочно-активных шлаковых цементных материалов, 1989. – с. 7-125.
5. Гао Х., Броуверс Х. Оценка пористости и усадки щелочных активированных шлако-летучих зольных композитов, разработанных с использованием модели упаковки, 2016. – с. 175-184.