

Корнеева Е. В., канд. техн. наук  
Сибирский государственный индустриальный университет

## БЕСЦЕМЕНТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

corn@rdtc.ru

*В статье освещены вопросы создания бесцементных строительных композитов на основе шлаков сталеплавильного производства. Представлены результаты исследования процессов структурообразования полученного материала.*

**Ключевые слова:** бесцементный строительный композит, структура, матрица, активация, сталеплавильные шлаки.

В настоящее время традиционные строительные материалы уже не всегда или не вполне отвечают потребностям современной инженерной практики.

Цель создания композиционных материалов – объединение схожих и разнородных компонентов для получения материала с заданными свойствами и характеристиками.

Композиты – это объемное монолитное сочетание разнородных по форме и свойствам двух и более материалов (компонентов), с четкой границей раздела, использующее преимущества каждого из компонентов и проявляющее новые свойства, обусловленные граничными процессами [1]. Основные компоненты композита: защитный слой, включение (армирующее волокно), матрица (компонент, обладающий непрерывностью по всему объему), межфазная граница (граница раздела между матрицей и включением). Возможность регулирования структуры композита позволяет создавать новые материалы с различным спектром требуемых свойств.

В зависимости от целевого назначения композиционных материалов и технологий производства изделий на их основе выделены следующие основные типы структур:

- чисто матричная структура (матрица – включение, связующая часть композита): матрица, заполненная зёрнами крупного и мелкого наполнителей или смесью различных по составу наполнителей;

- переходная матричная структура: при изменении состава композита матрица может переходить во включение, а включение в матрицу;

- матричная структура с двумя и более взаимопроникающими матрицами: все составляющие композита в структурном отношении равноправны;

- статическая механическая смесь: каждая из составляющих композита в структурном отношении, за исключением размера и формы зёрен, равноправна с другими составляющими;

- слоистая структура: чередующиеся слои составляющих композита могут варьироваться по толщине;

- прожилковатая (армированная) структура: матрица композита заполнена включениями в виде одинаково ориентированных в пространстве продольных элементов.

Экологическая безопасность и экономическая целесообразность различных производств требует привлечения эффективных и долговечных строительных композиционных материалов функционального назначения. В настоящее время имеется огромное количество разработок по совершенствованию традиционных и внедрению новых технологий, производится большая номенклатура строительных композитов, отличающихся по составам и свойствам. Современные композиционные материалы производятся как на традиционных цементных матрицах, так и на полимерных.

Технология создания каркасных строительных материалов, получаемых посредством пропитки подготовленного каркаса из крупного заполнителя связующем позволяет на стадии проектирования выработать критерии для оптимизации структуры каркаса и связующего композитов, что обеспечивает получение материала с заданными свойствами на основе различных компонентов, в том числе малосовместимых. На основе системного подхода предложен метод синтеза строительных материалов вариативно-каркасной структуры: проведена декомпозиция критериев качества, выделены основные управляющие рецептурно-технологические факторы, разработан алгоритм создания материалов и методики выбора компонентов [2].

Применение физической модели сферолитно-решеточной структуры цементного камня позволило прогнозировать прочность цементных композитов с учетом фактора неоднородности строения матричного компонента. Предложены математические основы учета неоднородности строения поровой структуры матричного компонента, на основе которых можно опреде-

лить предел эффективности снижения В/Ц при получении высокопрочных бетонов [3].

Одной из основных задач при конструировании строительных композиционных материалов является выбор наиболее эффективной и экономичной технологии изготовления композита. Важная роль в решении этой научно-технической проблемы - использование промышленных отходов. Отходы металлургических предприятий - шлаки сталеплавильного производства, (объемы которых с каждым годом увеличиваются) являются перспективным видом потенциальных сырьевых материалов для строительных композитов.

Одним из способов повышения активности техногенных продуктов для применения в качестве сырья является активация. Современное научное направление в области изучения и использования физико-химических процессов, обусловленных диспергированием, создано трудами ряда ведущих ученых: В. В. Болдырева, Б. В. Дерягина, Н. А. Кротовой, В.Д. Кузнецова, П.А. Ребиндера, А. Н. Фрумкина, Е. Д. Щукина и других. Их исследования положены в основу современных научных представлений об особых свойствах веществ, обусловленных дисперсным состоянием.

При исследовании закономерностей управления процессами механохимической активации



Рис. 1. Структура композита на основе мартеновского шлака

сталеплавильного шлака с изучением структуры и свойств композитов на его основе, рецептурно-технологических параметров, разработаны составы и технология получения бесцементных мелкозернистых строительных композитов исключительно из вторичных минеральных ресурсов [4]. Совместно со сталеплавильными шлаками исследовались другие техногенные продукты: горелая порода и шлам (электролит кислотных аккумуляторов после нейтрализации известию) с целью возможности их использования в качестве сульфатных активаторов.

Перестройка структуры вторичных минеральных ресурсов – яркий пример физических процессов, инициированных измельчением. В процессе измельчения компонентов разработанного бесцементного вяжущего происходит механохимическая активация составляющих и взаимодействие аморфного кремнезема с  $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ .

Полученный бесцементный мелкозернистый шлаковый композит - изотропная гетерогенная среда плотной матричной структуры, однороден в макромасштабе и неоднороден в микромасштабе.

На рис. 1, 2 представлены снимки структуры разработанного композита, сделанные при помощи электронного микроскопа ЭУМВ – 100К (увеличение  $3000\times$ ).

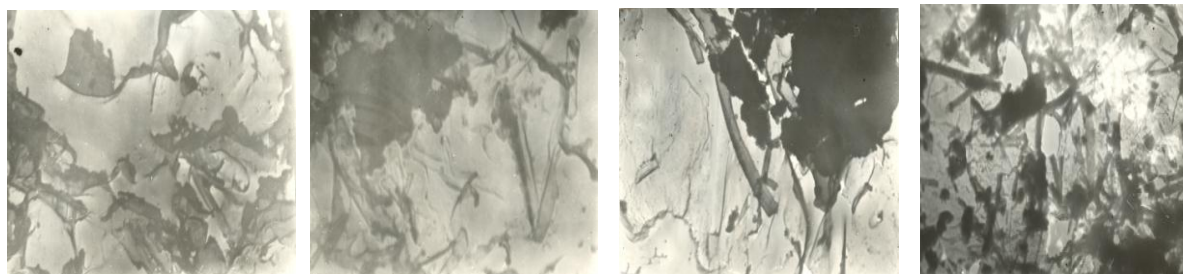


Рис. 2. Структура композита на основе конверторного шлака

Микроструктура материала упрочненная (в матрице равномерно распределены упрочненные частицы с размером более 1 мкм. - 20-25 %). В качестве упрочненных частиц выступают тонкие пластинчатые кристаллы гидросульфата алюмината кальция (эттрингита) длиной до 15 мкм (рис.1).

На снимке структуры композита на основе конверторного шлака (рис. 2) упрочненные частицы гидросульфата алюмината кальция (эттрингита) образуют хаотически ориентированные скопления столбчатых кристаллов длиной 5 – 15 мкм, толщиной 0,2 – 0,5 мкм.

Прочность и плотность, важнейшие физико-механические характеристики разработанного шлакового композита. Основным механизмом упрочняющего действия связан с повышением сопротивляемости матрицы деформациям под действием нагрузок. Величина возрастания прочностных характеристик материала относительно невелика.

В результате исследования активации компонентов композита в планетарных мельницах (для определения оптимальных условий процесса) установлено, что при уменьшении удельной поверхности армирующих волокон прочность заметно возрастает. Армирующие волокна, являясь носителями активных центров, при протяженной структуре и равномерном распределении в объеме композита обеспечивают многоуровневую компоновку структуры, запуская механизм самоармирования.

Межфазное взаимодействие оказывает непосредственное влияние на прочность связи компонентов композита, от которой существенно зависят такие его характеристики, как прочность, вязкость разрушения, модуль упругости, общая пористость и др. Исследования этого процесса и управление им являются важным звеном в формировании свойств композиционного материала.

За счёт использования разработанного бесцементного композиционного материала [5] в качестве закладочной смеси на наиболее рентабельном горнорудном предприятии региона - Таштагольском месторождении ОАО «Евразруда» расчетный экономический эффект составит до 22 млн. руб. в год при объеме производства 395000 м<sup>3</sup>/год. Предлагаемый к внедрению шлаковый композит позволит решить комплекс экологических и технологических задач, расширить область применения твердеющей закладки, как при добыче ценных полезных ископаемых, так и при расконсервации запасов угля в охранных целиках под охраняемые объекты.

Изучение структурообразования композита, выбор компонентов, уточнение существующих и введение новых характеристик, позволяющих прогнозировать влияние рецептуры на свойства композита, имеют важное научно-практическое значение и способствуют развитию теории композиционных строительных материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов В.В. Материаловедение и технология композиционных материалов / В.В. Леонов, В.В. Артемьева, О.А., Кравцова Е.Д. // Презентации к курсу лекций. Красноярск: ФГОУ ВПО Сибирский Федеральный ун-т. – 2007. ([http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/312/u\\_presentation.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/312/u_presentation.pdf)).
2. Королев Е.В. Строительные материалы вариативно - каркасной структуры: монография / Е.В. Королев, Ю.М. Баженов, В.А. Смирнов. – М.: МГСУ, 2011.-316 с.
3. Королев А.С. Применение физической модели сферолитно-решеточной структуры при прогнозировании прочности цементного камня и бетона [Текст] / А.С. Королев // Челябинск Вестн. ЮУрГУ. Сер. Строительство и архитектура. – 2008 - Вып. 7. – С. 9-15. - Библиогр.: с. 56.
4. Бетонная смесь [Текст]: пат. 2377215 Рос. Федерация: МПК С 04 В 28/08, С 04 В 11/20/ Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Сибирский гос. индустр. ун-т. - № 2008151257/03; заявл. 23.12.08; опубл. 27.12.09, Бюл. № 36 – С.954.
5. Состав закладочной смеси [Текст]: пат. 2348814 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 18/14/ Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Сибирский гос. индустр. ун-т. - №2007133023/03; заявл. 03.09.07; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7 – С.1066.