

Ферритовые композиты против кислотной коррозии



Ежегодно промышленные предприятия теряют миллиарды долларов из-за коррозии оборудования. Особенно агрессивной средой для металлов являются кислотные растворы, используемые при химической очистке и травлении. Традиционные методы защиты, например токсичные ингибиторы на основе хроматов, эффективны, но наносят серьезный вред экологии. Сегодня научное сообщество ищет «зеленую» альтернативу — материалы, которые одновременно безопасны, стабильны и способны надежно экранировать сталь от разрушения.

Международный коллектив ученых, включая исследователей из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, предложил решение в работе, опубликованной в журнале RSC Advances (квартиль Q1). Специалисты синтезировали три типа наночастиц ферритов ($ZnFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$ и $SrFe_{12}O_{19}$) с помощью ультразвуковой обработки с использованием полиэтиленгликоля. Затем эти наночастицы интегрировали в матрицу биополимера хитозана, создав новые композитные покрытия.

Почему выбран именно такой подход? Ферриты сами по себе химически инертны и термически

стабильны, а наноразмерность усиливает их адгезию к металлу и барьерные свойства. Ультразвуковой синтез, в отличие от традиционных твердофазных методов, позволяет получить более чистые и гомогенные частицы с контролируемой морфологией. Хитозан, будучи возобновляемым природным полимером, обеспечивает экологичность системы.

Главный результат — подтвержден на практике. Авторы подвергли стальные образцы воздействию 1М соляной кислоты — одной из самых агрессивных сред. Используя комплекс электрохимических методов (потендиодинамическая поляризация, импедансная спектроскопия, частотная модуляция), они доказали: созданные композиты работают как ингибиторы смешанного типа, преимущественно замедляя катодный процесс выделения водорода. Эффективность защиты зависела от концентрации и состава: лучшие показатели продемонстрировал композит на основе $ZnFe_2O_4$. Уже при добавлении 400 ppm этого вещества защита достигала почти 99% (98.73% по данным PDP).

Авторы статьи провели детальное моделирование методом теории функционала плотности (DFT), которое позволило объяснить механизм на молекулярном уровне. Расчеты показали, что именно хитозан в системе с $CuFe_2O_4$ выступает донором электронов, в то время как в композитах на основе цинка и стронция роль донора-акцептора берет на себя сама наночастица. Анализ электростатических потенциалов подтвердил спонтанную адсорбцию композита на металле, что соответствует модели Ленгмюра — молекулы укрывают поверхность плотным мономолекулярным слоем.

Оригинал статьи: Ferrite-based materials for anticorrosion: comparative study of $ZnFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$, and $SrFe_{12}O_{19}$. RSC Advances, 2026, Volume 16, pp. 12737-12758.