

УДК 691.42

*Нигматов Улугбек Журакузиевич – старший преподаватель кафедры
«Производство строительных материалов, изделий и конструкций»*

Ферганского политехнического института, г. Фергана,

Республика Узбекистан

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Процесс самоочистки строительных материалов в основан на нанесении нанотитана на открытые наружные поверхности. Для достижения высокой эффективности самоочистки при наружном применении необходимо, чтобы нанотитан находился в форме анатаза, а размеры частиц находились в нанодиапазоне. Размер частиц и минералогический состав фотокаталитических слоев определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) и Рамановской спектроскопии.

Ключевые слова: фотокатализ; Рамановская спектроскопия; нанотитан; анатаз; диоксида титана.

*Nigmatov Ulugbek Zhurakusievich – senior lecturer of the department
"Production of building materials and structures" of the Fergana polytechnic
institute, Fergana, the Republic of Uzbekistan*

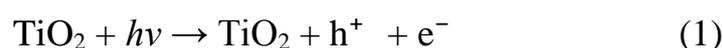
PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY OF CERAMIC BUILDING MATERIALS

Abstract. The self-cleaning process of building materials is based on the application of nanotitanium to exposed external surfaces. To achieve high self-cleaning efficiency in external applications, it is necessary that the nanotitanium be in the anatase form and that the particle sizes be in the nanorange. The particle size and mineralogical composition of the photocatalytic layers were

determined using a scanning electron microscope (SEM) and Raman spectroscopy.

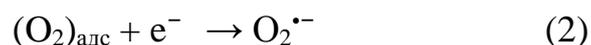
Keywords: photocatalysis; Raman spectroscopy; nanotitanium; anatase; titanium dioxide.

1. Введение. Для снижения затрат и улучшения долгосрочного эстетического вида открытых поверхностей строительных материалов можно наносить покрытия из нано-TiO₂ с фотокаталитическими и гидрофильными свойствами. Если TiO₂ освещается УФ-светом, жир и другие загрязнения органического происхождения разлагаются, а когда поверхность TiO₂ становится супергидрофильной, его высокое сродство к воде приводит к эффекту самоочистки, так как дождевая вода может удалять грязь с поверхности из-за его преимущественной адсорбции [1]. Начальный процесс фотокатализа состоит из генерации заряженных носителей, электроны и дырки после поглощения титаном эффективной энергии фотонов ($h\nu \geq E_g = 3.2 \text{ eV}$); e^- – электроны в зоне проводимости, а h^+ – электронная вакансия в валентной зоне полупроводника, такого как TiO₂.

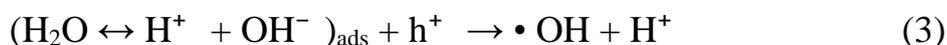


Разделенные e^- и h^+ могут рекомбинировать по объему или на поверхности частиц, образуя пары $e^- - h^+$ и вызывая дезактивацию фотокаталитической реакции.

При сохранении разделения зарядов e^- и h^+ могут мигрировать к поверхности частиц TiO₂, где они вступают в реакции с адсорбированной водой и кислородом образуя реакционноспособные радикалы. Последние затем реагируют с органическими молекулами и грязью; e^- участвует в реакции с окислителем, т.е. является молекулой-акцептором (кислородом из воздуха) для получения восстановленного продукта (ионы супероксида $\text{O}_2^{\cdot-}$, которые также обладают высокой реакционной способностью и способны окислять органические материалы);



h^+ (дырки) участвуют в реакции с адсорбированным донором (водой) с образованием продукта окисления (высокореакционноспособного гидроксильного радикала ($\bullet OH$));



Затем и супероксидные ионы, и гидроксильные радикалы начинают окислять адсорбированные органические молекулы. Например, жиры и масла могут быть полностью минерализованы до состояния углекислого газа и воды [2].

Цель работы, представленной в данной статье, состояла в том, чтобы подготовить фотокаталитические образцы в лаборатории и сравнить свойства покрытий из нанотитана после проведения процесса обжига в отношении размера, минералогической фазы и эффективности самоочистки [3].

2. Экспериментальная часть (фотокаталитические испытания).

Образцы сначала подвергали предварительному облучению в камере облучения, оснащенной двумя параллельными лампами УФ-А (40 Вт, Osram Eversun, $\lambda_{\text{max}} = 360$ нм, $10,0$ Вт/м²) для разложения любых возможно оставшихся органических загрязнителей путем фотокаталитического окисления. К каждому образцу с помощью силиконового клея прикрепляли стеклянную кювету цилиндрической формы с внутренним диаметром 40 мм. Поскольку подложки склонны адсорбировать молекулы красителя, предварительную адсорбцию поверхности проводили метиленовой синью (водный раствор с концентрацией 20 $\mu\text{моль/л}$). После завершения процесса адсорбции красителя адсорбционный раствор заменяли 40 мл испытуемого раствора (10 $\mu\text{моль/л}$) и образцы подвергали воздействию УФ-А света в камере облучения с использованием ламп Osram Eversun (40 Вт, $\lambda_{\text{max}} = 360$ нм, $10,0$ Вт/м²). Скорость разложения красителя под действием УФ-А излучения определяли путем измерения его максимального спектра поглощения при 664 нм с помощью

спектрофотометра UV/VIS (Ocean Optics Inc.) каждые 2 часа. Фотокаталитическую активность TiO_2 определяли как скорость фотодegradации красителя (т.е. скорость уменьшения концентрации красителя) и рассчитывали по уравнению [4]:

$$\text{Эффективность фотодegradации } (\eta) = \frac{A_0 - A_t}{A_0} 100\% \quad (4)$$

где A_0 – начальное поглощение красителя, A_t – поглощение красителя при заданном времени УФ-облучения.

Для оценки фотокаталитической эффективности образцов, покрытых TiO_2 , были также проведены измерения на инертном лабораторном стекле, который был обозначен как «пустой» образец [3].

3. Результаты испытаний. Образцы, приготовленные в лаборатории, а также приобретённые на рынке, были проанализированы в отношении морфологии покрытий из нанотитана и на наличие минералогической формы анатаза. Их фотокаталитическую эффективность определяли метиленовой синью (по изменению окраски).

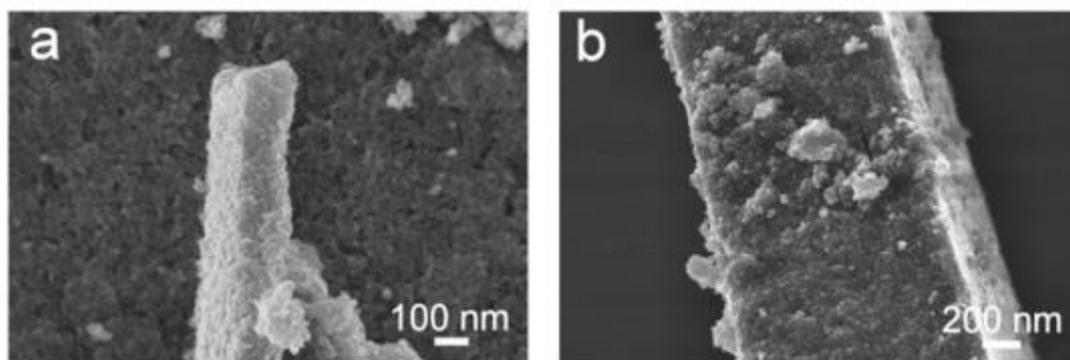


Рис. 1. Толщина слоя диоксида титана в случае нанесения (а) 1% и (б) 4% раствора нанотитана и после сушки при 100 °С [3].

Образец, приготовленный из 1% раствора нанотитана, имел более тонкий слой TiO_2 , чем образцы, приготовленные из 4% раствора. Толщина слоя TiO_2 определяли с помощью СЭМ, которую проводили на предварительно поцарапанной поверхности (рис. 1а и 1б). В случае нанесения 1% раствора толщина слоя составляла порядка 100 нм, тогда как в случае 4% раствора она составляла 1 микрон [3].

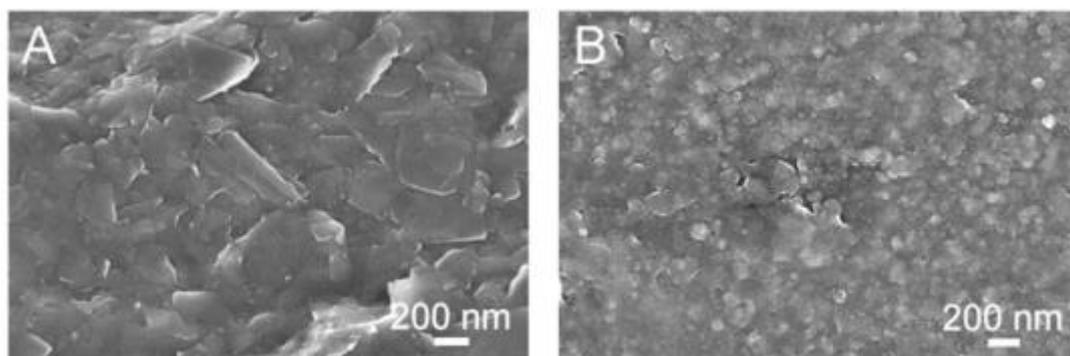


Рис. 2. СЭМ-изображения четырех различных коммерческих образцов: самоочищающейся керамической плитки (А, В) [3].

Исследование коммерческих образцов также подтвердило наличие на их поверхности наноразмерных частиц (рис. 2). Зерна легче всего различить на стеклянных поверхностях. На других поверхностях, особенно на керамической плитке (образцы **А** и **В**), видно, что частицы нанотитана частично покрыты глазурью [3].

Использованная литература

- [1] R. Benedix, F. Dehn, J. Quaas, M. Orgass, Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning building materials, *Lacer* 5 (2000) 157–168.
- [2] O. Carp, C.L. Huisman, A. Reller, Photoinduced reactivity of titanium dioxide, *Progress in Solid State Chemistry* 32 (2004) 33–177.
- [3] Vilma Ducman, Vladimira Petrovic, Sreco D. Skapin, Photo-catalytic efficiency of laboratory made and commercially available ceramic building products, *Ceramics International* 39 (2013) 2981–2987.
- [4] L. Andronic, A. Enesca, C. Vladuta, A. Duta, Photocatalytic activity of cadmium doped TiO₂ films for photocatalytic degradation of dyes, *Chemical Engineering Journal* 152 (2009) 64–71.