

Горение частиц титана в воздухе

Известно, что частицы диоксида титана TiO_2 (особенно в виде наночастиц в кристаллической модификации анатаз) обладают фотокаталитическими свойствами. Любые органические вещества на поверхности частиц окисляются с образованием H_2O , CO , CO_2 . Бактерии, вирусы, боевые отравляющие вещества и другие органические «загрязнители» атмосферы также могут быть подвергнуты фотокаталитической деструкции на частицах TiO_2 под действием солнечного света или ультрафиолетовой лампы с длиной волны $\lambda < 385$ нм. В 2005 году возникла идея использовать процесс горения частиц титана в воздухе для создания облака TiO_2 с целью нейтрализации локальных загрязнений атмосферного воздуха, рисунок 1.

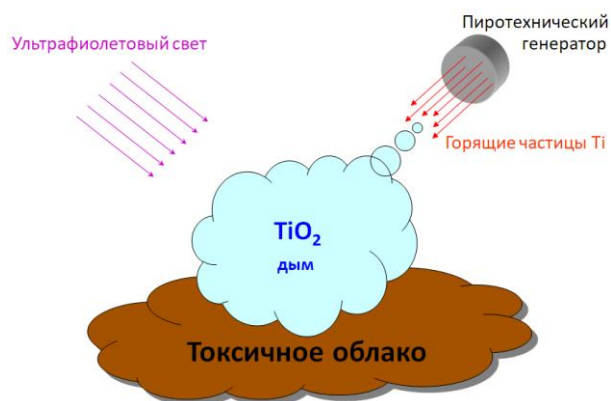


Рисунок 1 – Нейтрализация ядовитого облака фотокаталитическими частицами облака TiO_2

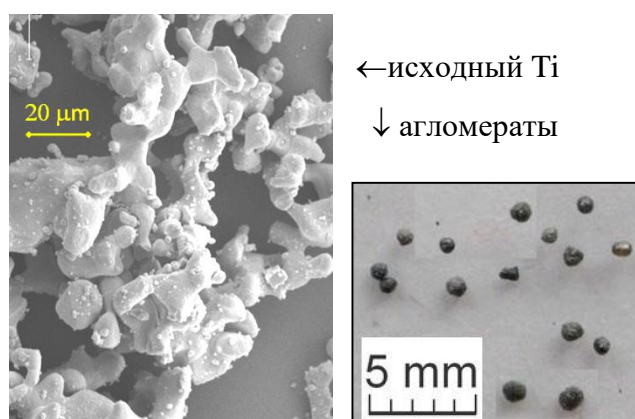


Рисунок 2 – В волне горения пиросостава исходный Ti превращается в агломераты

Технически идея может быть реализована как пиротехнический генератор горящих частиц титана, которые превратятся в частицы оксида в результате сгорания в воздухе. Однако, уже в первых экспериментах было обнаружено, что порошок Ti с частицами микронных размеров агломерирует и выходит с поверхности горящего пиросостава в виде частиц с размером до 1000 мкм, рисунок 2. Агломерацией здесь называем слияние в волне горения сотен и тысяч мелких начальных частиц металла в крупные агломераты. Для обеспечения эффективной трансформации Ti в высокодисперсный TiO_2 были изучены особенности горения титановых агломератов в воздухе (рисунок 3), включая времена горения и закономерности фрагментации. Впервые обнаружен и описан режим фрагментации «еловая ветвь». В этом режиме горящая частица на протяжении некоторого времени испускает множество мелких фрагментов, что отличает «ветвь» от ранее известного режима «звездообразный взрыв» (рисунок 4). Ключевым фактором, определяющим реализацию того или иного режима фрагментации, является размер горячей частицы. Режим «еловая ветвь» реализуется для частиц крупнее 280 мкм. Для образования высокодисперсного оксида предпочтителен режим «звездообразного взрыва», поэтому в настоящее время применительно к пиросоставам исследуются рецептурные факторы, влияющие на размер агломератов, с целью уменьшения размера агломератов ниже 280 мкм.



Рисунок 3 – Кадры видеозаписи процесса горения частицы-агломерата в свободном падении в воздухе. Вверху виден образец, испускающий горящий агломерат. Светящиеся отрезки соответствуют расстоянию (около 5 см), которое проходит горящая частица за время экспозиции кадра 1/25 с. Рамкой помечены события *начало фрагментации, окончание фрагментации и окончание горения частицы*

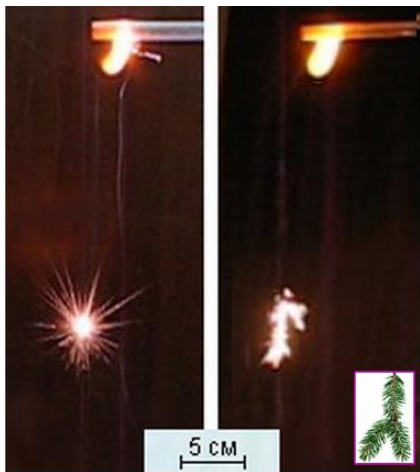


Рисунок 4 – Два режима фрагментации горящих частиц титана – «звездообразный взрыва» и «еловая ветвь»

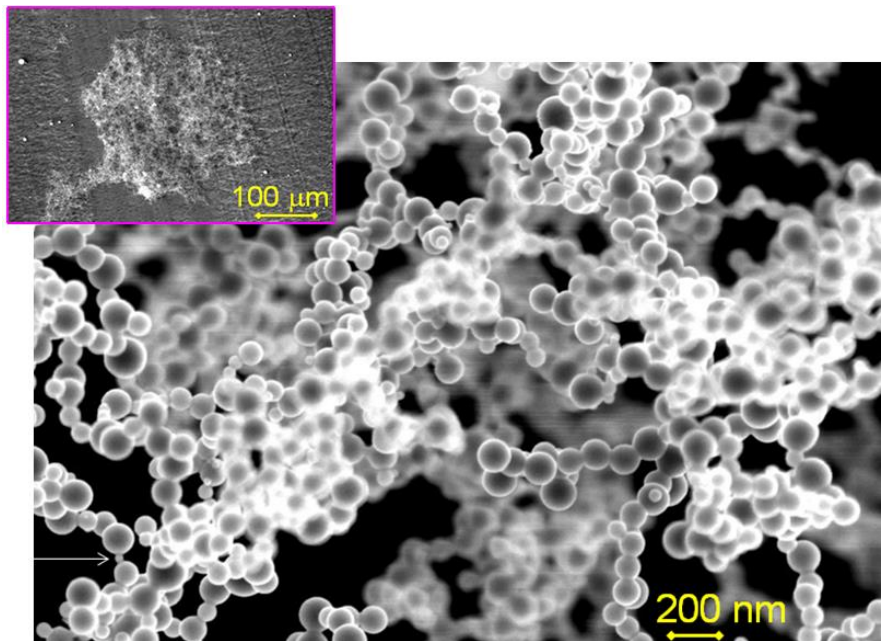


Рисунок 5 – Вверху на врезке – круглое аэрогелевое облако («застывший дым» TiO_2) диаметром около 0.4 мм на подложке из фольги. Внизу – структура облака при большом увеличении

Установлено, что целевой продукт – наноразмерный TiO_2 – образуется в форме круглых или продолговатых кометообразных аэрогелевых облаков – макроскопических объектов, состоящих из первичных оксидных наночастиц – *сферул*, рисунок 5. Максимальная зарегистрированная длина продолговатых облаков достигала 13 миллиметров, при этом размер сферул составляет 25...100 нм. *Планируемые работы* будут направлены на оптимизацию рецептов пиросоставов с целью повышения массового выхода наноразмерных продуктов горения и на исследования их фотокаталитической активности.