**ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Гришин П.В., Петровнина М.С., Катнов В.Е., Катнова Р.Р.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия, 420029, Казань, Сибирский тракт, 12 к Е.*

[*allnotbad@ya.ru*](mailto:allnotbad@ya.ru)

Царапины на поверхности материалов — это распространенное и весьма неприятное явление, часто приводящее к порче внешнего вида качественных и дорогих изделий, поэтому долговечная защита от разрушения под действием механических воздействий и сохранение декоративных свойств материалов имеют первостепенное значение. Для обеспечения этих свойств целесообразно применение прозрачных высокоглянцевых лакокрасочных покрытий, которым необходимо придать повышенную стойкость к истиранию для увеличения их времени службы [1]. Такие системы позволяют достаточно долго сохранять внешний вид и качество обрабатываемого материала.

На высокоглянцевых покрытиях истирание часто проявляется в виде царапин, из-за которых поверхность становится частично матовой или бороздчатой. При этом свет, который ранее отражался под определенным углом, частично диффузно преломляется.

При введении наночастиц [2] в состав лаковых полимерных Пк и их равномерном распределении по объему, можно до определенного содержания дисперсной фазы улучшать физико-механические свойства без изменения внешнего вида, чего нельзя достичь при использовании микроразмерных наполнителей. Это связано с тем, что при размере частиц дисперсной фазы меньше длины волны проходящего света, светорассеивание в сравнении с аналогичными частицами микронных размеров изменяется, а именно, свет не может отразиться от поверхности частиц и проходит, минуя их.

Одним из наиболее эффективных способов получения наноразмерных объектов [3], применяемых в современных и перспективных композиционных материалах является синтез нанопорошков в высокочастотной индукционной плазме [4]. Данный способ позволяет получать, в отличие от диспергирующих методов, наночастицы с узким размерным распределением.

Основным условием получения высокодисперсных порошков этим методом, является высокая скорость образования зародышей новой фазы при малой скорости их роста. При плазмодинамическом синтезе используется низкотемпературная (4000-8000 К) азотная, гелиевая, аргоновая плазма высокочастотного разряда, в качестве исходного сырья применяют доступные порошки с более крупным размером частиц.

Получение нанопорошков осуществляется путем пропускания исходного вещества с потоком рабочего газа через высокочастотное электромагнитное поле, в результате чего газ образует плазму, при взаимодействии с которой обрабатываемое вещество переходит в газообразное состояние и при дальнейшей конденсации оседает на стенках реактора в виде нанодисперсного порошка с размером частиц менее 100 нм.

Применение наноразмерных наполнителей при получении полимерных композитов сопряжено со значительным увеличением доли полимерной матрицы, свойства которой могут улучшаться под воздействием высокоразвитой поверхности дисперсной фазы [5]. Полимерное покрытие, содержащее такие наполнители, приобретает улучшенные эксплуатационные свойства, менее подвержено истиранию, при этом сохраняет первоначальный внешний вид.

В работе проводится изучение изменения физико-механических свойств полимерных покрытий, формируемых из водных дисперсий при различном наполнении наноразмерным диоксидом кремния, синтезированного в высокочастотной индукционной плазме.

В ходе выполнения работ было проведено исследование влияния содержания наноразмерного диоксида кремния (SiO2) на физико-механические свойства и оптические характеристики полиакрилатных и полиуретановых покрытий. В качестве пленкообразующей системы использовали смеси водной полиакрилатной дисперсии Лакротэн и водных полиуретановых дисперсий Аквапол с водной наносуспензией SiO2.

Дисперсность и распределение по размерам частиц золя SiO2 определяли при помощи различных устройств, в частности, лазерного дифракционного анализатора Malvern Zetasizer Nano ZS производства фирмы Malvern instruments. Данные свидетельствовали, что частицы нанодисперсий имели достаточно узкое распределение по размерам частиц в диапазоне 20-40 нм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Распределение частиц SiO2 в водной наносуспензии по размерам, полученное при помощи прибора Malvern Zetasizer Nano ZS

Подтверждением этому являются данные, полученные при помощи спектрометра PhotoCor Complex (Россия) (рисунок 2) и спектрофотометрическим методом. Это, соответственно, 35 и 33 нм. Поэтому использованная наносуспензия SiO2 соответствует объектам, применяемым в нанотехнологии.



Рисунок 2 – Распределение частиц SiO2 в водной наносуспензии по размерам, полученное при помощи прибора PhotoCor Complex

Пленкообразователи лакокрасочных композиций, исследуемых в данной работе, т.е. водная полиакрилатная дисперсия Лакротен и полиуретановые дисперсия Аквапол, также были охарактеризованы различными методами.

Композиции готовили смешением расчетных количеств компонентов при помощи лабораторного перемешивающего устройства. Формирование Пк проводили на стеклянной подложке (толщина 4 мм) при помощи щелевого ракеля (250 мкм) в несколько слоев с промежуточной сушкой в течение 1 ч и окончательной в течение 4 часов. Оптические характеристики Пк оценивали по изменению блеска (Б) и отражения (R, при длине волны λ=550 нм) на белом фоне. Для оценки физико-механических свойств Пк использовали методы определения твердости по Кнупу и по Персозу, проводимые шариковом твердомером ШТ-1 (ИСО 6441) и на маятниковом приборе соответственно, и стойкость к износу, определяемую по потере массы покрытия при абразивном воздействии.

Смешение золя SiO2 и пленкообразующей дисперсии проводили до образования однородной смеси, при этом расслоения или других изменений внешнего вида композиции не наблюдалось. Спектры пропускания, которые были получены сразу же после смешения компонентов, показали их высокую стабильность при различных соотношениях. Причем в полученных композициях наблюдается одновременное существование частиц различного размера, т.е. частиц SiO2 и полимерной дисперсии. Так, при использовании полиакрилатной дисперсии, размеры частиц диоксида кремния и латекса составляли 35 и 150 нм соответственно (рисунок 3).



Рисунок 3 – Распределение частиц композиции, содержащей золь SiO2 и полиакрилатную дисперсию в соотношении 1:9, по размерам, полученное при помощи прибора Malvern Zetasizer Nano ZS

Обобщение данных измерения рассеянного отражения Пк, содержащих в своей структуре различное количество SiO2, от длины волны падающего света и концентрационных зависимостей блеска полученных Пк свидетельствовали, что до 30 %-го содержания SiO2 не наблюдается заметного изменения этих величин. Превышение этого уровня наполнения вызывает резкое ухудшение данных свойств, что, вероятнее всего, обусловлено появлением шероховатости поверхности и снижением светопропускания наполненной полимерной пленки.

Анализ данных показал, что в интервале содержания нано-наполнителя, соответствующем практической неизменности оптических свойств Пк, происходит значительное увеличение их твердости и износостойкости.

При наполнении выше определенного содержания SiO2 наблюдается снижение данных эксплуатационных характеристик. На основании полученных результатов был определен критический уровень наполнения, превышение которого отвечает появлению дефектов в объеме и, как следствие, ухудшению физико-механических характеристик Пк.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности улучшения физико-механических характеристик полимерных покрытий без ухудшения оптических свойств при введении в них наноразмерных оксидов.

Данные модифицированные лакокрасочные материалы предпочтительны к использованию в системах, где требуется повышенная износостойкость при сохранении эксплуатационных характеристик.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Катнов, В.Е. Покрытия на основе водных полиакрилатных дисперсий, наполненные наноразмерным оксидом кремния // В.Е. Катнов, С.Н. Степин, Катнова, Р.Р. Мингалиева, П.В. Гришин // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ, 2012. - №7. - С. 95–96.
2. Шевердяев О.Н. Нанотехнологии и наноматериалы. – М., 2009. – 111 с.
3. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов: Учебное пособие. — М.: ИКД «Академкнига», 2006. - 309 с.: ил.
4. Катнов, В.Е Получение ультрадисперсных частиц SiO2 в реакторе ВЧИ-разряда //В.Е. Катнов, Е.В. Петрова, С.Н. Степин, А.Ф. Дресвянников, И.Г. Гафаров// Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ, 2011. - №14. - С. 220–223.
5. Индейкин, Е.А. Пигментирование лакокрасочных материалов / [Е.А. Индейкин](http://elibrary.ru/author_items.asp?refid=157760142&fam=%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D0%BA%D0%B8%D0%BD&init=%D0%95+%D0%90), [Л.Н. Лейбзон](http://elibrary.ru/author_items.asp?refid=157760142&fam=%D0%9B%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D0%BD&init=%D0%9B+%D0%9D), [И.А. Толмачев](http://elibrary.ru/author_items.asp?refid=157760142&fam=%D0%A2%D0%BE%D0%BB%D0%BC%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%B2&init=%D0%98+%D0%90). -Л.:Химия, 1986. -160 с.