

Образование: исследовано в мире 2002. - N2 9

3. Матушанский, г.У., Фролов, А.Г. Проектирование моделей подготовки и профессиональной деятельности преподавателей высшей школы/ Educational Technology & Society. 2000. - № 3(4) - ISSN 1436-4522, pp.183-192

4. Растуноу, А.Ц. Мадэль спецыяліста з вышэйшай адукацыяй і прынцыпы яе фарміравання/ Адукацыя і выхаванне. 1997. -.№ 4. - С.72-80.

УДК 621.793

### **Особенности формирования вакуумно-плазменных покрытий на стекле и керамике**

Иващенко С.А., Голушко В.М., Самаль А.М.

Белорусский национальный технический университет

Благодаря своей универсальности вакуумный электродуговой способ осаждения покрытий используется в различных отраслях промышленности как для упрочнения рабочих поверхностей деталей, так и для придания им соответствующего внешнего вида. Столь широкое внедрение защитно-декоративных покрытий на деталях стало возможным во многом благодаря фундаментальным научным исследованиям технологии формирования покрытий, их эксплуатационных и физико-механических свойств [1,2,3]. Однако в подавляющем большинстве опубликованных работ исследования свойств покрытий проводились применительно к металлической основе изделий. Вместе с тем, защитно-декоративные покрытия находят все большее применение на изделиях из таких материалов как стекло, керамика, ситаллы (оптическое производство, микроэлектроника, товары народного потребления).

Поскольку качественные характеристики вакуумно-плазменных покрытий (адгезия, величина и знак остаточных напряжений, шероховатость, пористость и ряд других) во многом определяются состоянием и физико-механическими свойствами материала основы, результаты исследований, полученные для металлических материалов нельзя автоматически перенести на неметаллические материалы. Сравнительный анализ физико-механических свойств стекла керамики и сталей приведен в таблице.

Как следует из приведенных в таблице данных, наиболее существенно отличаются теплофизические характеристики метал-

лических и неметаллических материалов – теплопроводность и коэффициент линейного (термического) расширения. Указанные отличия должны существенным образом влиять как на технологию предварительной (внекамерной) подготовки поверхности стеклянных и керамических изделий так и на сам процесс формирования защитно-декоративных покрытий.

#### Физико-механические характеристики

Материал	Коэффициент линейного расширения, $\alpha_l \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Плотность, $\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	Предел прочности на растяжение, МПа
Стекло	0,5 – 1,5	2,2 – 8	0,7-15	30-90
Керамика	1 - 12	1,8 - 5	3,4-10	100-260
Стали углеродистые	11,09 – 12,18	7,65-7,85	46	1000 - 1120

Внекамерная подготовка деталей из металлических материалов заключается в предварительной механической обработке упрочняемой поверхности (шлифование до шероховатости поверхности порядка Ra 0,63..0,02 мкм и последующее механическое полирование), очистке ее от механических загрязнений (протирка спиртом и т.д.) [3]. Для изделий из стекла и керамики указанная технология неприменяема. При предварительной обработке стекло и керамика не подвергаются воздействию масел и других загрязнений, а их исходная шероховатость находится в пределах Ra 0,005...0,01 мкм. Вместе с тем керамические материалы имеют достаточно высокую пористость, поэтому взаимодействие таких материалов с жидкостями нежелательно. Изделия из стекла и керамики, технология изготовления которых исключает жировое загрязнение поверхностей – на практике для предотвращения соприкосновения поверхности изделий с руками оператора на всех этапах внекамерной подготовки используются хлопчатобумажные перчатки - перед загрузкой в вакуумную камеру достаточно протереть бязью, смоченной спиртом. Если поверхности, подвергаемые нанесению покрытия, имеют жировые загрязнения, то перед установкой в вакуумную камеру изделия следует очистить с использованием универсальных моющих средств, промыть в проточной воде. В некоторых типах вакуумных установок отсутствуют источники для внутрикамерной обработки поверхности изделий ускоренными частицами инертных газов. В этом случае, а

также для повышения производительности изделия до установки в вакуумную камеру целесообразно подвергнуть дополнительной термической обработке – нагреву до температуры порядка 200...300<sup>o</sup>C. Такая обработка обеспечивает удаление влаги с поверхности изделия и дополнительную активацию поверхности.

Внутрикамерная обработка поверхности изделий при формировании вакуумно-плазменных покрытий состоит из двух этапов: первый – подготовка поверхности; второй – нанесение покрытия. При обработке металлических материалов на первом этапе происходит разогрев детали за счет ее бомбардировки ускоренными ионами материала катода. При бомбардировке также происходит частичное распыление поверхностного слоя материала изделия и удаление адсорбированных молекул. Такая обработка обеспечивает активацию поверхности и создает благоприятные условия для конденсации покрытия. Температура нагрева зависит от режимов процесса бомбардировки, а также от состояния напыляемой поверхности. Следует отметить, что чем выше температура предварительного нагрева, тем лучше адгезия покрытия с поверхностью основы. Оптимальная температура нагрева находится в пределах 500-600<sup>o</sup>C. [3]

Вследствие низкой теплопроводности стекла и керамики использование бомбардировки поверхности ускоренными ионами материала катода приводит к растрескиванию материала подложки из-за большого температурного градиента.

Для внутрикамерной обработки стекла и керамики, очевидно, следует использовать бомбардировку обрабатываемой поверхности ионами инертных газов (азот, аргон, гелий). С этой целью установки, реализующие электродуговой способ нанесения покрытий, оснащаются дополнительным источником ионов инертных газов.

Как показывают результаты предварительных экспериментальных исследований бомбардировка ионами инертных газов поверхности из стекла и керамики обеспечивает эффективную очистку и нагрев обрабатываемой поверхности. При этом несколько изменяется исходная шероховатость обрабатываемой поверхности.

Второй этап внутрикамерного формирования вакуумно-плазменных покрытий – собственно нанесение слоя покрытия требуемой толщины, цвета и твердости. Технология нанесения зависит от типа покрытия и определяется материалом эродируемого катода и составом плазмообразующего газа, напускаемого в вакуумную камеру. Для упрочнения металлических изделий наибольшее распро-

странения получили покрытия из нитрида титана толщиной 3...5 мкм [3]. Процесс нанесения защитно-декоративных покрытий на изделия из стекла и керамики имеет ряд отличий.

Во-первых, толщина защитно-декоративных покрытий весьма незначительна – до 1 мкм. Это связано с низкой адгезией покрытия к основе. Для увеличения адгезии на поверхность изделия следует нанести специальный присоединительный подслои для снижения уровня остаточных напряжений в поверхностном слое после осаждения защитно-декоративного покрытия, а также увеличить энергию взаимодействия частиц материала основы с частицами покрытия. Во-вторых, режимы нанесения вакуумно-плазменных покрытий на изделия из стекла и керамики с учетом теплофизических свойств материала основы изделий должны существенно отличаться от режимов нанесения покрытий на металлические изделия.

Таким образом, технология формирования вакуумно-плазменных покрытий на металлические и неметаллические материалы существенно отличается, поэтому проведение комплексных научных исследований по изучению основных закономерностей формирования защитно-декоративных покрытий на неметаллические материалы является весьма актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество покрытий на неметаллических материалах.

## **Литература**

1. Верещака, А. С., Третьяков, И. П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.
2. Вершина, А. К., Агеев, В. А. Ионно-плазменные защитно-декоративные покрытия. – Гомель: ИММС НАНБ, 2001. – 172 с.
3. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами/ С. А. Иващенко, И. С. Фролов, Ж. А. Мрочек – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 236 с.

УДК 159.9.

### **Мотивы выбора профессии как компонент становления личности**

Каминская Т.С.

Белорусский национальный технический университет

В основе современной формирующейся концепции личностно-ориентированного обучения лежит признание категории «лич-