

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ,
ДИЗАЙНА И ТЕХНОЛОГИИ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ
МАТЕРИАЛОВ

МАТЕРИАЛЫ XVI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ВУЗОВ РОССИИ

15-20 апреля 2024 г.



Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ,
ДИЗАЙНА И ТЕХНОЛОГИИ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ
МАТЕРИАЛОВ**

**МАТЕРИАЛЫ XVI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ ВУЗОВ РОССИИ**

Санкт-Петербург
2024

4. Iokhannes Itten «Iskusstvo tsveta». //M.: Dmitriy Aronov, 2021 – 96 s. 500 ekz – M. ISBN 978-5-94-056047-0 – Tekst : neposredstvennyy;
5. Paramonov A. A. Filosofiya nauki Ernsta Makha – M.: 2005. – Diss. na soisk. uch. step. k.f.n. po spets. 09.00.08 – filosofiya nauki i tekhniki. – 286 s. – Tekst neposredstvennyy;
6. Rozhkova G.I., Belokopytov A.V., Iomdina Ye.N Sovremennyye predstavleniya o spetsifike perifericheskogo zreniya cheloveka. Sensornyye sistemy. 2019. T. 33. № 4. S. 305-330. – Tekst : neposredstvennyy;
7. Fridlender M. Ob iskusstve i znatochestve.// M.: Andrey Naslednikov, 2020. 240s. – ISBN 978-5-90141-126-1– Tekst : neposredstvennyy;
8. E.Makh Poznaniye i zabluzhdeniye Ocherki po psikhologii issledovaniya //Moskva BINOM. Laboratoriya znaniy 2003 978-5-413-02081-4 – Tekst : neposredstvennyy;
9. Kassiya Sen-Kler Taynaya zhizn' tsveta //Izdatel'stvo: Bombora, 2020 g. –320 s. – ISBN Tekst : neposredstvennyy.

УДК 621.793.79

А. А. Корнеев, Э. А. Печерица

РГУ им. А.Н. Косыгина

119071, г. Москва, ул. Малая Калужская д. 1

Исследование возможности декорирования поверхности художественно-промышленных изделий из стекла и керамики металлическими покрытиями газодинамическим методом

© А. А. Корнеев, Э. А. Печерица, 2024

На сегодняшний день представляет интерес декорирование художественно-промышленных изделий из стекла и керамики металлическими покрытиями. Однако этот вопрос недостаточно изучен. В частности, не определены режимы нанесения металлического покрытия холодным газодинамическим методом на поверхность изделия из стекла и керамики, позволяющие сформировать объемный рисунок. Данная работа направлена на реализацию данной цели. Проведенные испытания показали, что напыление металлического покрытия на гончарную керамику не вызывает сложностей на различных режимах нанесения. Определено, что наибольшее влияние на массу напыляемого металла оказывает температура, а не время напыления.

В отличие от керамики силикатное стекло обладает более низкой термостойкостью и значительным отличием в коэффициенте теплового расширения материала покрытия и подложки. В связи с этим требуется специальный подход к формированию объемного покрытия (формирование покрытия в два слоя с охлаждением подложки перед нанесением второго слоя до комнатной температуры).

Полученные результаты будут интересны специалистам по декорированию художественно-промышленных изделий из силикатного стекла и гончарной керамики.

Ключевые слова: напыление покрытий; газодинамический метод; художественно-промышленные изделия; декорирование стекла и керамики

A. A. Korneev, E. A. Pecheritsa

Kosygin Russian State University

119071, Moscow, Malaya Kaluzhskaya str., 1

Investigation of the possibility of decorating the surface of artistic and industrial products made of glass and ceramics with metal coatings by the gas-dynamic method

Today, the decoration of artistic and industrial products made of glass and ceramics with metal coatings is of interest. However, this issue has not been sufficiently studied. In particular, the modes of applying a metal coating by a cold gas-dynamic method to the surface of a glass and ceramic product that allow forming a three-dimensional pattern have not been determined. Therefore, this work is aimed at achieving this goal. The tests have shown that spraying a metal coating on pottery ceramics does not cause difficulties in various application modes. It is determined that the temperature, rather than the spraying time, has the greatest influence on the mass of the sprayed metal.

Unlike ceramics, silicate glass has a lower temperature resistance and a significant difference in the coefficient of thermal expansion of the coating material and the substrate. In this regard, a special approach to the formation of a volumetric coating is required (the formation of a coating in two layers with cooling of the substrate before applying the second layer to room temperature).

The results obtained will undoubtedly be of interest to specialists in the decoration of artistic and industrial products made of silicate glass and pottery ceramics.

Keywords: coating spraying; gas dynamic method; art and industrial products; decoration of glass and ceramics

Введение. В традиционном значении под декорированием художественно-промышленных изделий понимается процесс внешнего украшения его поверхности. Все процессы декорирования принято разделять на две группы. К первой группе относят процессы, при которых декор получается в процессе формообразования (художественное литье, штамповка и др.). Ко второй группе относят процессы, при которых декор получается самостоятельно, как правило, на финишных операциях обработки.

На сегодняшний день представляет интерес декорирование художественно-промышленных изделий из стекла и керамики металлическими покрытиями. Такие изделия за счет комбинации различных материалов выглядят очень интересно и выразительно.

Можно выделить следующие технологические методы нанесения металлических покрытий на стекло и керамику: химическая металлизация, вакуумная металлизация, нанесение металлизированных красок, спекание, напыление и др. В большинстве своем эти методы позволяют получить на поверхности тонкую металлическую пленку. Получить объемный металлический рисунок достаточно затруднительно.

Из всех известных технологических методов данную задачу под силу решить разве что методом холодного газодинамического напыления.

Это относительно новая технология нанесения порошковых покрытий, которую начали изучать в нашей стране в конце прошлого века учёными Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

Сущность исследуемого метода состоит в формировании покрытий в результате предварительного ускорения напыляемых частиц до сверхзвуковой скорости и их соударения с материалом-подложкой с последующей пластической деформацией [1], [2]. При этой технологии металлические покрытия формируются при температурах, существенно меньших, чем их температуры плавления.

Такие параметры метода холодного газодинамического напыления, как кинетическая энергия, скорость напыляемых частиц, форма сверхзвуковой части сопла, состав и сила давления газа-носителя, состав напыляемых материалов, в связи с их важностью являются основными объектами для исследований в данном научном направлении.

Однако, в большинстве публикаций по данной теме не упоминаются исследования или их результаты по напылению объемных металлических декоративных покрытий на неорганическое стекло и керамику. В основном рассматриваются технологии нанесения покрытия на металлическую подложку в машиностроении [3]-[5] и при изготовлении художественно-промышленных изделий [6], [7]. Это связано со сложностью работы со стеклом и керамикой. Во-первых, стекло и керамика являются хрупкими материалами –

следовательно обладают низкой ударной вязкостью. Как результат – поверхность подложки разрушается при напылении. Во-вторых, разница в коэффициентах температурных расширений материала покрытия и подложки приводит к тому, что покрытие не держится на поверхности изделия (или разрушается подложка).

На данный момент в открытых источниках не представлены оптимальные режимы напыления и последовательность технологических операций, благодаря которым материал подложки мог бы выдержать нагрузки, оказываемые при создании объемных покрытий.

Цель исследования – определить режимы нанесения металлического покрытия холодным газодинамическим методом на поверхность изделия из стекла и керамики, позволяющие сформировать объемный рисунок.

Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать и обосновать материалы и методы исследования
2. Определить влияние режимов напыления на стойкость подложки
3. Разработать способ снижения влияния разницы коэффициентов температурных расширений материалов на качество покрытия
4. Определить влияние режимов напыления на массу наносимого покрытия.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследования в качестве материалов для изготовления подложек для напыления были выбраны силикатное стекло и гончарная керамика. Эти материалы часто применяют для изготовления художественно-промышленных изделий.

В качестве материала для напыления покрытия был выбран металлический порошок под номером А-20-10. Это смесь мелкодисперсного порошка алюминия и цинка. В качестве газа-носителя использовался воздух.

В качестве оборудования для нанесения покрытия использовалась установка для газодинамического напыления ДИМЕТ 404.

Методика исследования заключалась в определении разрушающего воздействия напыляемого порошка при различных режимах нанесения покрытия на подготовленные подложки; выявление оптимальных параметров и условий режимов напыления, а также определение влияния параметров напыления на массу формируемого объемного покрытия.

В качестве переменных были взяты время напыления и температура нагрева воздуха. Было выбрано 5 температурных режимов, соответствующих следующим показателям: 200, 300, 400, 500 и 600 °С.

При каждом режиме напылялось по три образца каждого материала. Образцы закреплялись в струбине перпендикулярно плоскостью для напыления к соплу под вытяжкой. Расстояние от сопла до поверхности было 25 мм. Давление подаваемого воздуха соответствовало 6 атмосферам.

Время, затраченное на напыление, замерялось с помощью секундомера. Масса покрытия измерялась на электронных весах с точностью до второго знака после запятой.

Контроль качества покрытия после напыления был визуальным. Результаты испытаний обрабатывались по ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

Результаты и их анализ

Для того, чтобы определиться с оптимальными режимами нанесения покрытия, были проведены предварительные эксперименты по его нанесению на образцы из силикатного стекла. Нанесение покрытия проводилось до начала разрушения образцов. Результаты исследований можно увидеть на *рисунке 1*.

Как видно из результатов эксперимента с увеличением температуры напыления образцы из стекла начинают очень быстро разрушаться. Причиной этому является низкая термостойкость данного материала. В связи с этим было принято решение о невозможности напыления покрытий при высоких температурах (600 °С).

Для определения влияния режимов нанесения на количество напыляемого металла газодинамическим способом была сделан двухфакторный эксперимент по получению математической модели, связывающей массу наносимого покрытия на образцы от времени и температуры напыления.

Функция отклика – масса, m , г. Факторы: время напыления (сек) и температура напыления ($^{\circ}\text{C}$).

Исследования были сделаны в следующем диапазоне варьирования факторов: время напыления от 5 до 10 сек., температура напыления от 200 до 500 $^{\circ}\text{C}$.

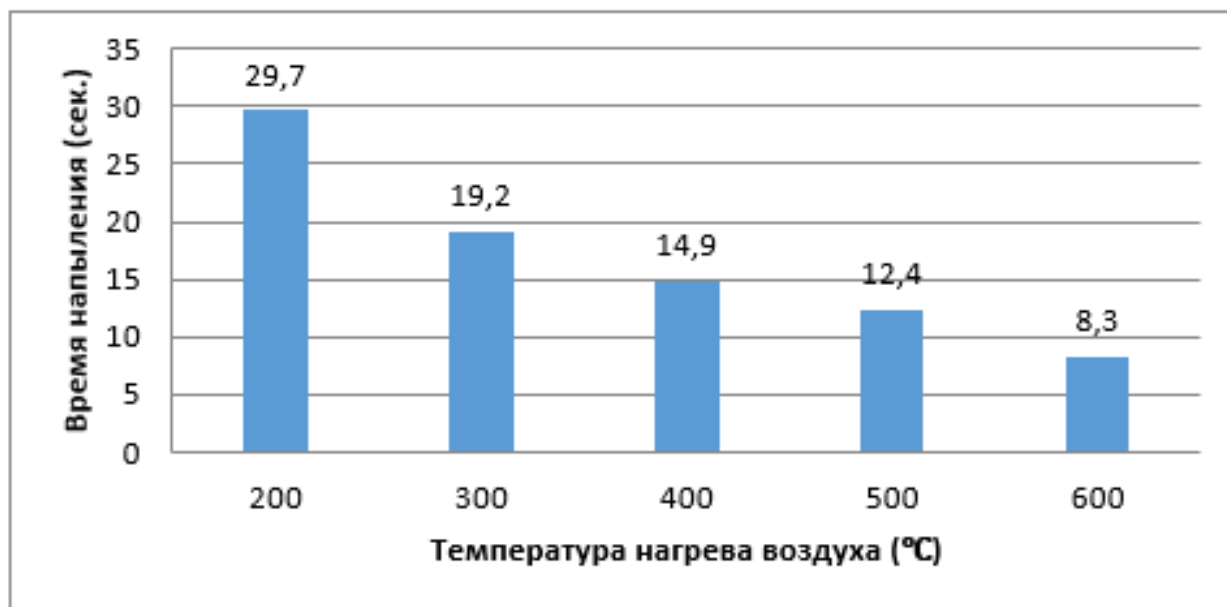


Рисунок 1. Зависимость влияния температуры напыления на время разрушение образцов из силикатного стекла

Figure 1. Dependence of the influence of the deposition temperature on the time of destruction of silicate glass samples

В результате было получено следующее уравнение зависимости массы напыляемого металла от времени напыления и температуры:

$$m = 0,283327 - 0,0546648 \cdot T - 0,001273 \cdot t + 0,0003752 \cdot T \cdot t, \text{ г.} \quad (1)$$

где T – время напыления, сек;

t – температура напыления, $^{\circ}\text{C}$

На *рисунке 2* представлен график зависимости массы напыляемого металла от времени напыления и температуры. Он представляет собой неполный полином второй степени.

При времени напыления 7,5 сек и температуре 350 $^{\circ}\text{C}$ (центр плана, оба фактора на основном уровне), масса напыляемого материала составляет 0,283327г (равна коэффициенту b_0).

Наибольшее влияние на массу напыляемого металла оказывает температура напыления (по абсолютной величине коэффициент $b_2 > b_1$).

Наблюдается взаимовлияние время и температуры напыления на массу напыляемого металла (коэффициент b_{12} значим).

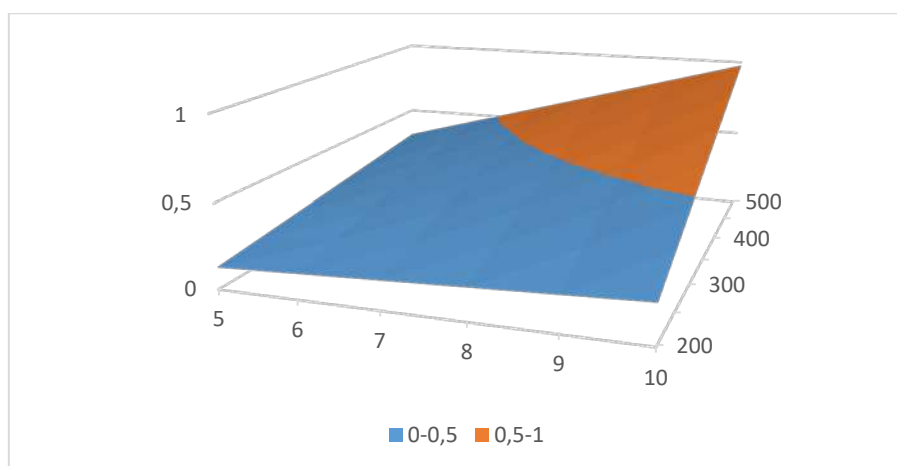


Рисунок 2. График уравнения зависимости массы напыляемого металла от времени напыления и температуры

Figure 2. Graph of the equation of the dependence of the mass of the sprayed metal on the spraying time and temperature

В процессе проведения экспериментов было выявлено, что нанесенное толстое металлическое покрытие в процессе остывания разрушает поверхность стеклянного образца из-за высокой разницы в коэффициентах температурных расширений данных материалов.

Для снижения влияния этой разницы было принято решение внести изменение в технологию напыления. Вначале формировался тонкий металлический слой при низкой температуре напыления (200 °C). Далее образец охлаждался естественным путем до комнатной температуры. После чего наносился второй слой до необходимой толщины покрытия. На *рисунке 3* представлен образец с нанесенным покрытием через металлический трафарет по данной методике.



Рисунок 3. Образец из силикатного стекла с нанесенным покрытием

Figure 3. A sample of coated silicate glass

При напылении покрытия на поверхность образцов из гончарной керамики не были выявлены значимые проблемы при любых параметрах напыления. Покрытие наносилось толстым слоем с высокой адгезионной прочностью. Был выявлен незначительный износ керамической подложки в процессе напыления, что, однако не сильно повлияло на качество покрытия. На *рисунке 4* представлен образец с нанесенным покрытием через металлический трафарет.



Рисунок 4. Образец из гончарной керамики с нанесенным покрытием

Figure 4. A sample of coated pottery

Обсуждение результатов. Результаты экспериментов доказали, что художественно-промышленные изделия из стекла и керамики можно декорировать с помощью объемных покрытий, нанесенных методом холодного газодинамического напыления. Наиболее подходящая установка по соотношению «цена-качество» для этого процесса – это ДИМЕТ-404, а напыляемый материал – металлический порошок под номером А-20-10. Анализ результатов напыления на гончарную керамику не показал существенных проблем с качеством покрытия. Наибольшее влияние на массу напыляемого металла оказывает температура, а не время напыления. Причем наблюдается взаимовлияние время и температуры напыления на массу напыляемого металла.

В отличие от керамики силикатное стекло обладает более низкой термостойкостью и значительным отличием в коэффициенте теплового расширения материала покрытия и подложки. В связи с этим требуется специальный подход к формированию объемного покрытия (формирование покрытия в два слоя с охлаждением подложки перед нанесением второго слоя до комнатной температуры).

Полученные результаты будут интересны специалистам по декорированию художественно-промышленных изделий из силикатного стекла и гончарной керамики.

Заключение. Таким образом, проведенная работа показала возможность нанесения металлического покрытия на основе алюминия и цинка на художественно-промышленные изделия из силикатного стекла и гончарной керамики. Сложность получения качественного покрытия на стекле решается нанесением покрытия в два слоя. Дальнейшие исследования необходимо направить на расширения спектра наносимых металлических покрытий на другие неметаллические материалы.

Литература

1. Научные основы технологии холодного газодинамического напыления (ХГН) и свойства напыленных материалов/ А. П. Алхимов, В. Ф. Косарев, А. В. Плохов // НГТУ. – 2006. – 280 с.
2. Холодное газодинамическое напыление покрытий (обзор) / И. А. Козлов, К. А. Лещев, А. А. Никифоров, С. А. Демин // Труды ВИАМ. – 2020. – № 8(90). – С. 77-93.
3. Использование металлопорошковой композиции системы цинк-алюминий для нанесения защитного покрытия методом холодного газодинамического напыления / И. А.

Козлов, А. А. Никифоров, С. А. Демин, А. И. Вдовин // Труды ВИАМ. – 2022. – № 7(113). – С. 89-98.

4. Балданов, К. П. К расчету параметров холодного газодинамического напыления деталей машин с использованием установки ДИМЕТ-405 / К. П. Балданов, М. К. Бураев, П. Г. Рязанов // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 1(72). – С. 69-73.

5. Голубев, А. П. Исследование возможности формирования многофункциональных покрытий газодинамическим напылением / А. П. Голубев, А. А. Корнеев // Информационно-технологический вестник. – 2017. – № 4(14). – С. 191-199.

6. Дудник, М. Г. Колористические свойства декоративных медных покрытий, нанесенных методом холодного газодинамического напыления / М. Г. Дудник // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2022. – Т. 55, № 1. – С. 132-137.

7. Дудник, М. Г. Эстетические свойства медных порошковых покрытий, нанесенных методом холодного газодинамического напыления / М. Г. Дудник, Л. Т. Жукова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2019. – № 4(56).

References

1. Nauchnye osnovy tehnologii holodnogo gazodinamicheskogo napylenija (HGN) i svojstva napylenykh materialov/ A. P. Alhimov, V. F. Kosarev, A. V. Plovov // NGTU. – 2006. – 280 s

2. Holodnoe gazodinamicheskoe napylenie pokrytij (obzor) / I. A. Kozlov, K. A. Leshhev, A. A. Nikiforov, S. A. Demin // Trudy VIAM. – 2020. – № 8(90). – S. 77-93.

3. Ispol'zovanie metallopорошковой kompozicii sistemy cink-aljuminij dlja nanesenija zashhitnogo pokrytija metodom holodnogo gazodinamicheskogo napylenija / I. A. Kozlov, A. A. Nikiforov, S. A. Demin, A. I. Vdovin // Trudy VIAM. – 2022. – № 7(113). – S. 89-98

4. Baldanov, K. P. K raschetu parametrov holodnogo gazodinamicheskogo napylenija detalej mashin s ispol'zovaniem ustanovki DIMET-405 / K. P. Baldanov, M. K. Buraev, P. G. Rjazanov // Vestnik VSGUTU. – 2019. – № 1(72). – S. 69-73.

5. Golubev, A. P. Issledovanie vozmozhnosti formirovanija mnogofunkcional'nykh pokrytij gazodinamicheskim napyleniem / A. P. Golubev, A. A. Korneev // Informacionno-tehnologicheskij vestnik. – 2017. – № 4(14). – S. 191-199.

6. Dudnik, M. G. Koloristicheskie svojstva dekorativnykh mednykh pokrytij, nanesennykh metodom holodnogo gazodinamicheskogo napylenija / M. G. Dudnik // Izvestija vysshix uchebnykh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2022. – Т. 55, № 1. – S. 132-137.

7. Dudnik, M. G. Jesteticheskie svojstva mednykh poroshkovykh pokrytij, nanesennykh metodom holodnogo gazodinamicheskogo napylenija / M. G. Dudnik, L. T. Zhukova // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2019. – № 4(56).

УДК 684.492

В. Д. Котляр, Н. В. Тарханян

Донской государственный технический университет

344000 г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162. ауд. 23-217

Эстетические решения и технология производства гримерного деревянного зеркала

© В. Д. Котляр, Н. В. Тарханян, 2024

В данной статье поднимается вопрос о технологии создания настенного гримерного зеркала с циклической подсветкой в эко-стиле и его применении в интерьере.