

## **ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРИ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ СКЛА**

*В статті розглянута плазмова електротехнологія поверхневої обробки скла при атмосферному тиску. Наведена принципова схема плазмозахисного пристрою, використання якого дозволяє інтенсифікувати процес нанесення покриття та отримувати проникаючі покриття із відмінними від основи властивостями. Наведені результати експериментів з водними розчинами солей та сполук.*

Скло, як конструкційний матеріал, досить тривалий час звертає на себе пильну увагу людини при використанні його як у побуті, так і в промисловості. Вибір скла дуже залежить від впливу зовнішніх факторів на нього. Воно повинно відповідати певним фізико-хімічним або механічним властивостям. Так, хімічний лабораторний посуд (пробірки, стакани, колби, реторти й ін.) повинен бути стійким до впливу хімічних реагентів, легко відмиватися від забруднень, а матеріал його повинен бути термостійким і мати малий коефіцієнт теплового розширення; медичне скло, призначене для зберігання й упакування лікарських засобів, ін'єкційних і бактеріологічних розчинів повинне мати світлозахисні властивості й високу стійкість до стерилізації паром; високі вимоги пред'являються до термічної стійкості, коефіцієнтам переломлення, відбиття і розсіювання світлового потоку для світлотехнічних стекол, призначених для зміни напрямку й спектрального складу світла (лінзи для маяків, автомобільні фари, плафони й ковпаки світильників). Ці властивості не завжди доцільно забезпечувати по всій скломасі, починаючи від підготовки компонентів вихідної сировини до одержання готового продукту. Створення на поверхні скла тонких шарів із заданими властивостями шляхом відповідної обробки дозволяє значно зменшити економічні витрати при виробництві кольорового та спеціального скла.

Використання технологій, що знайшли сьогодні широке застосування в промисловості, не завжди відповідає вимогам кінцевого результату – одержання на поверхні матеріалу чи виробу властивостей, відмінних від основи і без додаткових витрат. Електрохімічні методи обробки скла та скловиробів характеризуються тривалим часом обробки, який складає 30 – 60 хвилин при температурі 450 – 600 °С, та дозволяють створювати на поверхні скла у більшості випадків лише непроникаючі покриття [1]. Обробка скла катодним розпиленням або за допомогою магнетронних систем дозволяє формувати плівки заданого хімічного складу певної товщини із задовільною для

експлуатації адгезією, однак ці методи вимагають наявності обмеженої у розмірах камери, у якій створюється вакуум у межах  $10^{-4}$  –  $10^{-1}$  Па, апаратів очищення і дозування газів, які подаються у камеру; спеціальної підготовки обслуговуючого персоналу для спостереження за технологічним процесом, що відрізняється високою енергоємністю [2–4].

Використання потоків низькотемпературної плазми дозволяє відмовитися від застосування складного та енергоємного вакуумного обладнання, однак формування декоративних непроникаючих покриттів, які сильно піддані механічним ушкодженням та неможливість зберегти при формуванні покриттів прозорість скла звужує галузь використання цих методів.

Застосування у плазмових методах поверхневої обробки вихідних матеріалів у вигляді порошків або дроту, коли в якості середовища, що утворює плазму, використовується аргон чи водень, або суміш цих газів [5, 6] не завжди відображає економічну доцільність.

Організація технологічного процесу з використанням іонно-плазмової обробки при атмосферному тиску дозволяє усунути зазначені недоліки й інтенсифікувати процес впровадження елементів у поверхню матеріалів, що обробляються повітряною плазмою. Матеріали впровадження можуть являти собою як чисті елементи (наприклад, мідь, марганець, хром), так і компоненти цих елементів або сплавів (мідь + кобальт, марганець + мідь, ніхром, карбонітрид титану й ін.), що дозволяє розширити спектр матеріалів, які використовуються і зменшити витрати на попередню підготовку матеріалів впровадження, оскільки вони можуть бути використані у виді агломератів, стружки, обпилювань, прутків.

Одержувати проникаючі декоративні покриття і покриття з відмінними від основи фізико-хімічними і механічними властивостями, наприклад, з підвищеним коефіцієнтом відбиття – можливо і при використанні водяних розчинів хімічних сполук. Застосування водяних розчинів дозволяє інтенсифікувати процес впровадження матеріалу покриття і скоротити час обробки. Присутність у плазмовому струменю водню сповільнює процес окислювання впроваджуваних елементів і забезпечує одержання більш чистих і рівномірних покриттів. Принципова схема електротехнічного пристрою для іонно-плазмової обробки скла й скловиробів при атмосферному тиску з використанням парів води показана на рисунку 1.

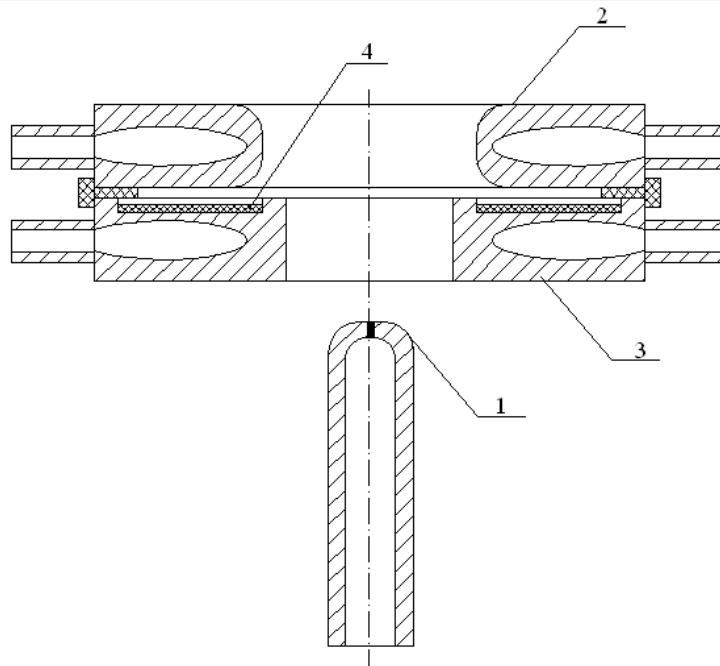


Рисунок 1. – Принципова схема електротехнічного пристрою для іонно-плазмової обробки скла й скловиробів при атмосферному тиску з використанням парів води:  
1 – катод; 2 – анод; 3 – безпотенційна вставка; 4 – пористий матеріал.

Попереднє випарування модифікуючого матеріалу робили за рахунок генерування плазмового дугового розряду (довжиною 45 мм, 140 В) між катодом плазмового пристрою постійного струму й вихідною сопловою частиною (анодом) плазмотрона. Вихрова (тангенціальна) подача плазмоутворюючого середовища (повітря) витратою  $G = 0,0006$  кг/с забезпечувала стабільне обертання прив'язок дугової плазми по поверхні анода. Додатково, магнітна стабілізація розряду в сопловій частині плазмового пристрою підвищувала швидкість переміщення опорних плям плазмової дуги й створювала, тим самим, рівнозначні умови для розвитку ерозійних процесів в області випарування модифікуючого матеріалу.

Під інтенсивним впливом електричної дуги вихідний матеріал покриття, що подається через пористу вставку, випарується, переводиться в збуджений та іонізований стан і переноситься плазмовим потоком до оброблюваної поверхні. Організація процесу іонно-плазмової обробки поверхні скла з застосуванням розробленого електродугового плазмового пристрою дозволяє здійснити рівномірне заповнення міжелектродного проміжку плазмою насичуючого середовища, виключаючи при цьому краплинний перенос речовини яка модифікує скло, а як робоче середовище можливе використання повітря.

**"СВІТЛОТЕХНІКА Й ЕЛЕКТРОТЕХНІКА: ІСТОРІЯ, ПРОБЛЕМИ Й ПЕРСПЕКТИВИ"**

По закінченню проведених експериментів з такими водяними розчинами солей і сполук як: хлористий кобальт  $\text{CoCl}_2$ , перманганат калію  $\text{KMnO}_4$ , біхромат амонію  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , розчин сульфату алюмінію із сірчаною кислотою міддю відповідно були отримані прозорі зразки рожевих, блакитних, сірих, зелених, червоних відтінків із сонцезахисними властивостями. Насиченість кольорових відтінків залежить від витримки часу обробки, яка складала від 3 до 25 секунд.

Проведений аналіз показав, що після обробки іонно-плазмовим способом поверхня зразків являє собою шар скла, структурно модифікований впровадженими іонами металу, оброблені стекла здобувають сонцезахисні властивості. Отримані функції коефіцієнтів відбиття, пропускання представлені на рисунках 2 - 4.

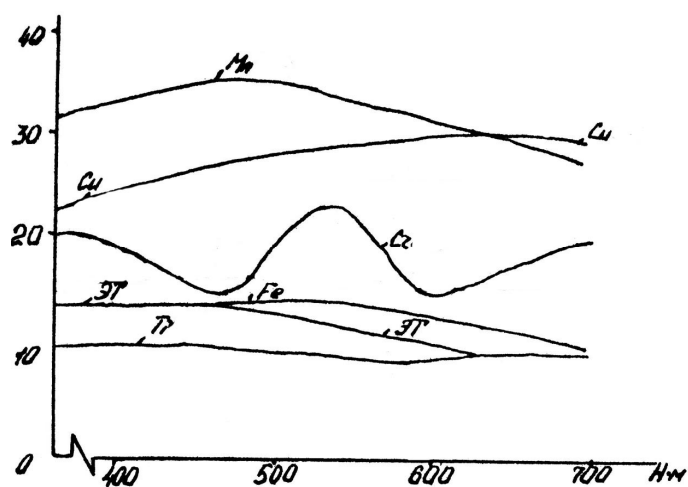


Рисунок 2. – Коефіцієнт відбиття (видимий спектр)

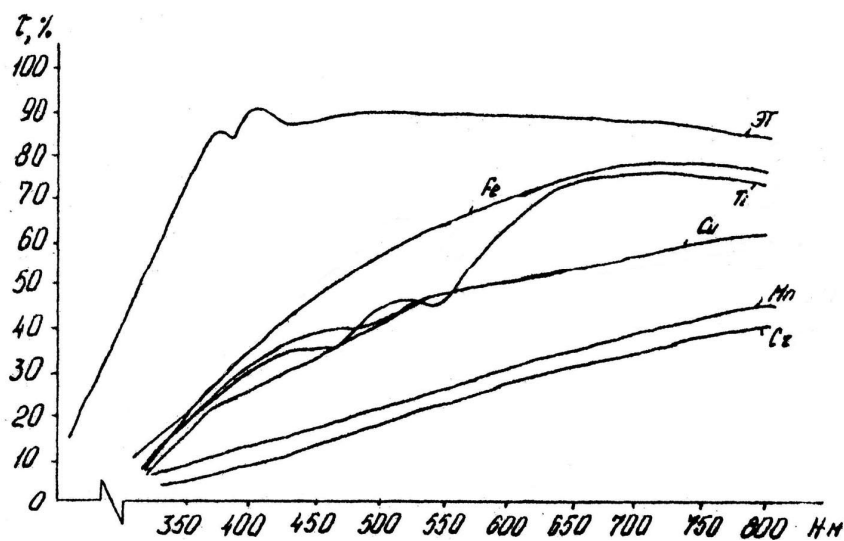


Рисунок 3. – Коефіцієнт пропускання (видимий спектр)

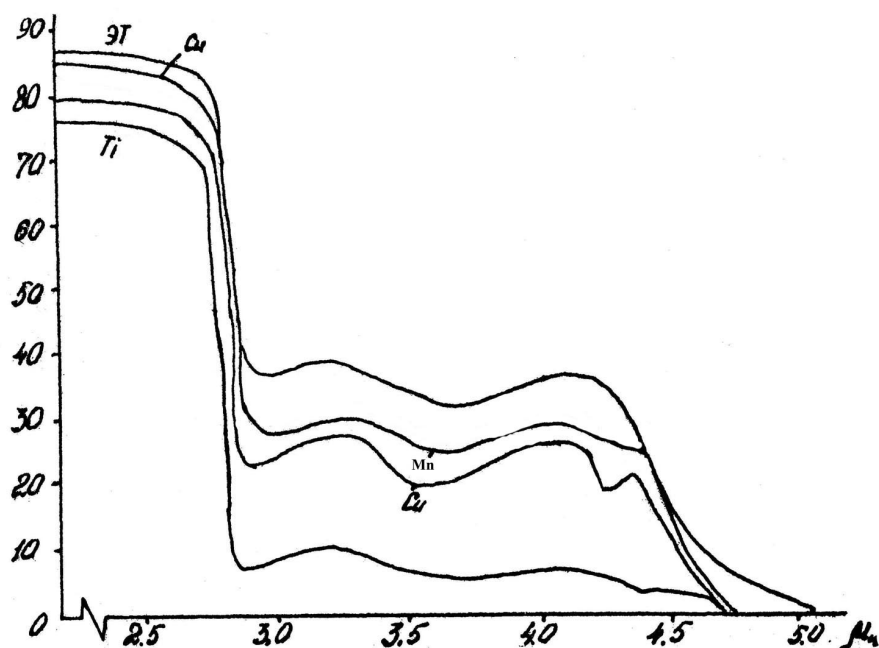


Рисунок 4. – Коефіцієнт пропускання (УФ)

Максимальний ефект збільшення відбиття у видимій області стосовно вихідного скла, виявляє скло з покриттями, отриманими з марганцю і міді. Збільшення коефіцієнта відбиття для покриття з цих матеріалів складає 15-20%. При цьому пропускання у видимій області складає 30-65% для зразків з покриттям з міді. Покриття з заліза збільшують відбиття на 4-10%. Пропускання у видимій області складає 35-75%.

В ультрафіолетовій області коефіцієнт пропускання всіх зразків із модифікованими поверхнями зменшується і наближається до його значення у вихідному склі. Так в області 5 мкм коефіцієнт відбиття для всіх модифікованих стекол не перевищує 3%. Зі збільшенням довжини хвилі різниця практично зникає.

Організація процесу іонно-плазмової обробки скла й скловиробів із застосуванням розробленого електродугового плазмотрона усуває необхідність у використанні порошкового матеріалу покриття певного гранулометричного складу і складного вакуумного устаткування, а рівномірне заповнення міжелектродного проміжку плазмою насичуючого середовища підвищує ефективний коефіцієнт її використання.

*The plasma electrotechnics of glass surface processing under atmospheric pressure allowing to intensify the process of the fixing covering and get penetrating covering with different characteristic from bases is considered in this article. The results of the experiments with water salt solutions and compounds are given.*

**Література**

1. А. с. №1799856, С03 С 17/25 А. Б. Аткарская, В. И. Борулько, В. Ю. Гойхман, Т. А. Дудник, Л. И. Маричева, С. А. Попович. Теплоотражающее покрытие для стекла.
2. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. Физическое распыление одноэлементных твердых тел: Перевод с англ. / Под ред. Р.Бериша. М., Мир, 1984. – 336 с.
3. Б. С. Данилин, В. К. Сырчин. Магнетронные распылительные системы., М., Р. и С., 1982. – 72 с.
4. А. с. №1831514, С23 С 14/34 А. Н. Руднев. Электродуговой испаритель А. Н. Руднева.
5. Крохин В. П. и др. Декорирование стекла и изделий из него методом плазменного напыления // Стекло и керамика. – 1999. №3. – с. 12 – 15.
6. Плазменное декорирование сортовой посуды / И. И. Немец, В. П. Крохин, В. С. Бессмертный и др. // Стекло и керамика – 1983. - №4. – С. 9 – 10.