

Олександренко В.П.¹
Свідерський В.П.¹
Кириченко Л.М.¹
Степанець О.В.¹
Квасницький А.О.¹

НАНОМОДИФІКОВАНІ ФТОРОПЛАСТОВІ ПОКРИТТЯ, НАНЕСЕНІ НА МЕТАЛЕВІ ПОВЕРХНІ

¹Хмельницький національний університет

Анотація

Розроблена технологія створення наномодифікованих фторопластових покриттів на основі фторполімеру Ф-30П. Досліджено вплив складу і температурно-часових умов формування багатошарових фторопластових покриттів на їх властивості. Запропоновані рекомендації з застосування результатів виконаних досліджень для отримання наномодифікованих фторопластових покриттів з високою адгезією до металевих поверхонь ґрунтувального шару і зносостійкістю зовнішнього шару.

Ключові слова: металева поверхня, адгезія, наномодифіковані фторопластові покриття, електроосадження, абразивостійкість.

Фторопластові матеріали унікальні завдяки поєднанню таких властивостей: висока хімічна стійкість, теплостійкість, морозостійкість та триботехнічних, антиадгезійних і електроізоляційних характеристик. Це зумовлює їх використання в машинобудуванні, електроніці, приладобудуванні, харчовій промисловості та інших галузях в якості покриттів і футеровок різного призначення. Недоліком фторопластових покриттів є їх низька адгезійна міцність і недостатньо висока зносостійкість. Крім того, в зв'язку з діелектричними властивостями цього матеріалу виникають певні проблеми при нанесенні багатошарових покриттів на електропровідну поверхню.

Мета роботи полягала в тому, щоб розробити технологію створення фторопластового покриття ґрунтувального шар якого має високу адгезію до металевої поверхні, а зовнішній – зносостійкість і відпрацювання технології нанесення електроосадженням фторопластового покриття на основі фторполімеру Ф-30П.

Розроблена технологія попередньої підготовки металевої поверхні для нанесення фторопластового покриття, що містить знежирення і механічне очищення поверхні з наступним створенням проміжного шару. Для сталевих поверхонь доцільно застосовувати фосфатування. Завершальними операціями підготовки поверхні є промивка і пасивація хромовими сполуками з наступним висушуванням.

Встановлено, що фторполімер Ф-30П доцільно застосовувати в якості ґрунтувального шару сталевих поверхонь оскільки він містить водень і здатний окислюватись з утворенням полярних груп. Причому процес окислення каталізується матеріалом підложки. При збільшенні вмісту графіту С-1 у покритті на основі фторопласту Ф-30 П до 15 мас. % адгезійна міцність зростає в 2,5 рази. Доцільно також ґрунтувальні шари оплавлювати за більш жорстких температурно-часових режимів (температура оплавлення 260 °С, тривалість 2 години) для забезпечення більш високої адгезійної міцності. Встановлено, що на 10–15 % збільшити адгезійну міцність фторопластового покриття на основі Ф-30 П можна за рахунок додаткового його нагріву при температурі 240 °С на протязі двох годин.

Після оплавлення виконують охолодження покриттів з порошків фторполімерів. Ця стадія технологічного процесу є важливою для забезпечення оптимальних захисних властивостей покриттів з полімерів, що кристалізуються, до яких відносять фторполімери. Для більшості покриттів з фторполімерів застосовується природне охолодження. Для отримання фторполімерних покриттів з високою еластичністю, стійкістю до ударів і з метою зменшення внутрішніх напружень їх піддають загартуванню: різкому охолодженню у холодній воді.

Встановлено, що для підвищення адгезії фторопластового покриття до металевої поверхні необхідно створювати ґрунтувальний шар до складу якого входять промотори адгезії: графіт С-1 – 25 мас.%, високодисперсний аміноорганокремнезем на основі аеросилу – 3 мас. %. Відпрацьована технологія (температурно-часові режими) нанесення ґрунтувального шару [1].

Розроблена технологія нанесення ґрунтувального шару фторопластового покриття електроосадженням на металеву поверхню: напруженість електростатичного поля повинна складати $E = 50 \text{кВ}$.

Виконані дослідження технології нанесення багат шарового фторопластового покриття електроосадженням. Електростатичний метод нанесення полімерних покриттів є найбільш поширений внаслідок можливості формування рівномірного покриття, товщину якого можна регулювати в широких межах. Метод нанесення тонкошарових полімерних покриттів в електростатичному полі оснований на осіданні заряджених частинок полімеру на поверхні деталі, що має протилежний заряд. Нанесення фторопластових покриттів здійснювали за допомогою установки "Optima-01С" (м. Запоріжжя, Україна, «Елем»). Стійка робота установки забезпечується при вологості дисперсного матеріалу менше 3% і дисперсності частинок від 30 до 80 мкм. Ефективність осадження дисперсних матеріалів залежить від ємності системи електрод – виріб і може регулюватись в широких межах. Так, при одній і тій же напруженості електростатичного поля максимально можлива кількість осаджуваного матеріалу залежить від відстані між електродами. Причому зі зменшенням відстані для забезпечення постійності напруженості на заряджаючий електрод подається суттєво менший потенціал.

Для нанесення шару більшої товщини вдавались до повторного електроосадження матеріалу на попередній оплавлений шар. Ефективність такого осадження залежала від електрофізичних властивостей підшару. Товщина полімерного шару залежить від часу електроосадження, опору полімерних частинок і напруженості електростатичного поля. Для кожного матеріалу при певній напруженості електричного поля існує гранична товщина шару частинок, що осідають.

При нанесенні на ґрунтувальний шар зовнішніх шарів напруженість електростатичного поля повинна складати – 60...70 кВ.

Встановлено, що введення наномодифікатора $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3 (500 \text{ }^\circ\text{C})$ сприяє інтенсивному структуруванню матриці, оскільки наночастинки можуть створювати ансамблі за типом кластерів [2]. В результаті створюється армована полімерна система, що відрізняється підвищеними міцнісними і триботехнічними характеристиками. Так, стійкість до пошкодження шкрябанням тришарового фторопластового покриття на основі Ф-30П до складу зовнішнього шару якого входить аміноорганокремнезем на основі аеросилу (1 мас. %), наномодифікатор $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3 (500 \text{ }^\circ\text{C})$ в кількості 2 мас. % і 17 мас. % графіту С-1 збільшилась у 8,5 разів в порівнянні з немодифікованим фторопластовим покриттям Ф-30 П.

Для забезпечення високого рівня експлуатаційних властивостей фторопластового покриття розроблені оптимальні технологічні параметри: гранулометричний склад, температура опалення, тривалість термообробки.

Розмір частинок порошкової композиції в значній мірі впливає на процес отримання композицій та їх якість. Дослідження показали, що в складі порошкової композиції оптимальний розмір частинок складає 40–80 мкм.

Дослідження на стійкість до стирання розроблених фторопластових покриттів показали, що при введенні до складу зовнішнього шару тришарового фторопластового покриття на основі Ф-30 П 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 2 мас. % $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3 (500 \text{ }^\circ\text{C})$ абразивостійкість покриття зростає у 1,38 рази.

Запропоновані фторопластові покриття дають можливість підвищити якість продукції, рентабельність виробництва і збільшити термін використання технологічного інвентарю та оснащення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив складу і технологічних факторів на адгезійну міцність фторопластових покриттів до металевих поверхонь / В.П. Олександренко, В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, В.В. Єфіменко. // Вісник ХНУ : Технічні науки . – 2021. – № 5. – С. 45-51, DOI 10.31891/2307-5732-2021-301-5-45-51
2. Розробка і дослідження властивостей наномодифікованих фторопластових покриттів, нанесених на металеві поверхні / В.П. Олександренко, В.П. Свідерський, Л.М. Кириченко, І.А. Даніленко, В.В. Єфіменко. // Вісник ХНУ : Технічні науки . – 2022. – № 6, т. 1, – С. 153–162, DOI 10.31891/2307-5732-2022-315-6-153-162

Олександренко Віктор Петрович – д.т.н., професор, декан факультету інженерії, транспорту та архітектури. Хмельницький національний університет. e-mail: oleksandrenkovp@gmail.com

Свідерський Владислав Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства. Хмельницький національний університет. e-mail: svidersky.vladyslav@gmail.com

Кириченко Людмила Мефодіївна – старший науковий співробітник науково-дослідного сектору. Хмельницький національний університет. e-mail: kirichenko47@ukr.net

Степанець Олексій Віталійович – студент групи АПІ-21-1, Хмельницький національний університет. e-mail: stiepaneo@gmail.com

Квасницький Антон Олександрович – студент групи АТ-20-1, Хмельницький національний університет. e-mail: com.mazila@gmail.com

NANOMODIFIED FLUOROPLASTIC COATINGS APPLIED ON METAL SURFACES

Abstract

The technology for creating nanomodified fluoroplastic coatings based on F-30P fluoropolymer was developed. The influence of the composition and temperature-time conditions of the formation of multi-layer fluoroplastic coatings on their properties was studied. Recommendations on the application of the results of the performed studies for the production of nanomodified fluoroplastic coatings with high adhesion to metal surfaces of the primer layer and wear resistance of the outer layer are suggested

Key words: metal surface, adhesion, nanomodified fluoroplastic coatings, electrodeposition, abrasion resistance.

Oleksandrenko Viktor - Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Engineering, Transport and Architecture. Khmelnytsky National University. e-mail: oleksandrenkovp@gmail.com

Svidersky Vladislav - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Tribology, Automotive and Materials Science. Khmelnytsky National University. e-mail: svidersky.vladyslav@gmail.com

Kyrychenko Lyudmyla - is a senior researcher in the research sector. Khmelnytsky National University. e-mail: kirichenko47@ukr.net

Stepanets Oleksiy – student of group АPI-21-1. Khmelnytsky National University, e-mail: stiepaneo@gmail.com

Kvasnytskyi Anton – student of group АТ-20-1. Khmelnytsky National University, e-mail: com.mazila@gmail.com