

*Гаган М.Р., магістр, Бутенко О.О., доктор філософії,  
Черниш О.В., к.т.н.*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

### **БЛИСКУЧЕ ХРОМОВЕ ПОКРИТТЯ**

***Анотація.** Хромове покриття є одним з найпопулярніших видів гальванічного покриття. Застосовується для захисту від корозії, амортизації та декорування поверхонь виробів. Хромове покриття має високий коефіцієнт відбиття світла, який поступається лише сріблу, високу хімічну стійкість і твердість. Тому декоративне хромоване покриття, незважаючи на відносно високу вартість, популярне фактично у всіх галузях промисловості.*

*Незважаючи на високу хімічну стійкість хромованих покриттів, вони мають високу пористість і без підшару (додатковий шар іншого металу, зазвичай – нікелю) не забезпечують надійного захисту від корозії металевих основ, оскільки в гальванічній парі «залізо-хром» залізо є анодом. Це часто спостерігається на корозійних декоративних деталях автомобілів і мотоциклів: покриття виглядає ніби ламіноване зсередини. Це відбувається через руйнування металу під покриттям.*

*Тому в тих випадках, коли виріб одночасно із захистом від корозії повинен мати високу зносостійкість, хромовані покриття наносять на попередньо нанесені шари міді та нікелю товщиною 10–30 мкм і 10–15 мкм відповідно. Таке тришарове покриття може служити кілька десятків років. Хром, який наноситься на поверхню блискучих мідних і нікелевих покриттів, незважаючи на малу товщину шару, значно підвищує їх корозійну стійкість і додає блискучій поверхні виробів благородний вигляд.*

***Ключові слова:** хром; блиск; зносостійкий; покриття; захист.*

***Hagan M.R., Butenko O.O., Chernysh J.V.***

*Kyiv National University Technologies and Design*

### **BRIGHT CHROME FINISH**

***Abstract.** Chrome coating is one of the most popular types of galvanic coating. It is used for protection against corrosion, depreciation and decoration of surface products. Chrome coating has a high coefficient of light reflection that concedes only to silver, high chemical resistance and hardness. Therefore, decorative chrome coating, despite of the relatively high cost, is popular in all industries in fact.*

*Despite of the high chemical resistance of chrome coatings, they have high porosity and without a sublayer (additional layer of another metal, usually – nickel) do not provide reliable protection against corrosion of metal bases, because in galvanic pair "iron-chromium" iron is an anode. This is often seen on corrosion decorative parts of cars and motorcycles: coating looks like laminated inside. This is due to the destruction of the metal under the coating.*

*Therefore, in cases when a product must have high wear resistance together with corrosion protection, chrome coating precipitate on the previously deposited layers of copper thickness of 10–30 microns and 10–15 microns of nickel. This three-layer coating can serve several decades. Chrome, which is coated on the surface of shiny copper and nickel coatings, despite of it's small layer thickness, significantly increases their corrosion resistance and adds a shiny surface of products a noble appearance.*

***Keywords:** chrome; gloss; wear-resistant; coating; protection.*

**Вступ.** Блискуче хромове покриття широко використовують для підвищення зносостійкості деталей приладів і машин, також таке покриття є лідером, як покриття для фурнітури елементів виробів для кухонь та ванн [1–3]. Ще одним застосуванням хромування є використання у виробництві відбивачів світла. Хоча коефіцієнт відбивання

світла у хрому нижче, ніж у срібла, але, на відміну від срібла, хром зберігає стійкість протягом тривалого часу, у той час як відбивання світла сріблом помітно знижується з часом. Також у порівнянні з нікелем, відбиваюча здатність у хрому вище, ніж у нікелю, коефіцієнт відбивання для хрому складає 65%, а для нікелю 55%. Якщо порівняти відбивання променів хромом та нікелем, то хром відбиває більше блакитних променів, ніж нікель, тому хромове покриття має блакитнуватий відтінок.

**Постановка завдання.** В цій статті детально розглядається, як отримати блискуче хромове покриття в якості декоративно-захисного, а також як такого, що здійснює надійний захист деталей виробів від корозії. Показано підбір електролітів та технологічних процесів для досягнення одержання якісного блискучого хромового покриття.

**Результати досліджень.** Хром відноситься до числа електронегативних металів ( $\varphi^0\text{Cr}/\text{Cr}^{3+} = -0,74\text{ В}$ ), проте має сильну схильність до пасивування, завдяки чому наближається за стійкістю в деяких середовищах до благородних металів. Так, органічні, кислоти, сірка, сірководень, сульфатна кислота, нітратна кислота, розчини лугів на нього не діють. Хром стійкий до вологої атмосфери і довгий час зберігає свій блиск, так як пасивна плівка окисів на його поверхні, яка володіє високою прозорістю, захищає покриття від потускніння [4–7]. Плівка захищає хром від швидкого окислення і тому в умовах високих температур (до 800 °С) він надійно захищає сталні вироби (рис. 1).

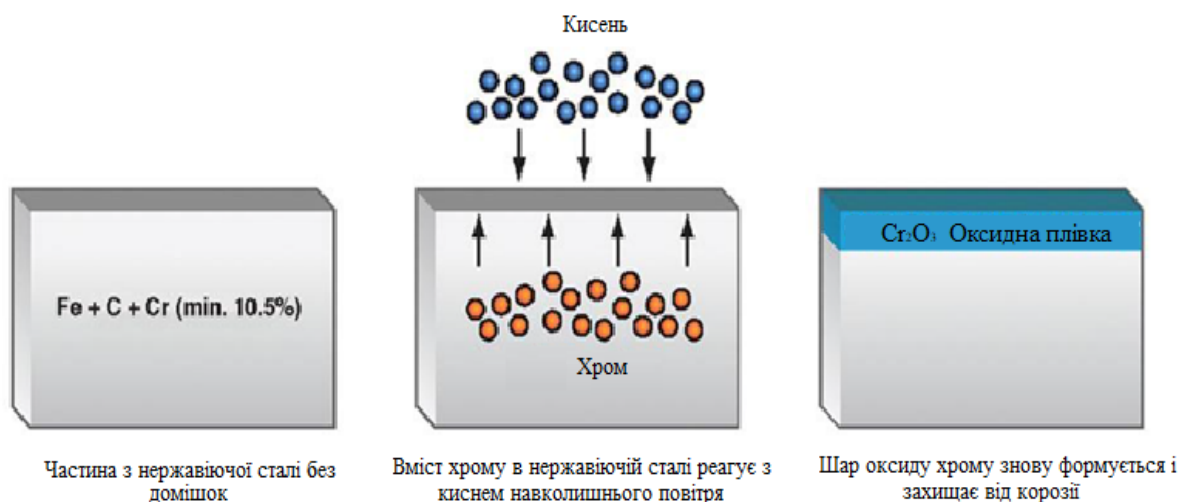


Рис. 1. Утворення пасивної хромової плівки

Хоча хромове покриття є досить хімічно стійким, воно відрізняється поруватістю (до товщини 25–30 мкм) і не створює надійного захисту активнішим металам від корозії, наприклад, залізу. Так як у гальванічній парі Fe/Cr останній є катодом (рис. 2).

Враховуючи цю обставину, перед хромуванням для зменшення поруватості наносять підшар міді і нікелю. Товщина шару при цьому може бути незначною (0,8–1 мкм).

Електролітичний хром має високу твердість. Твердість хрому, виражена у одиницях Бріннеля, досягає 1000–1100 кгс/мм<sup>2</sup> і перевищує твердість загартованих вуглецевих сталей. Він має також низький коефіцієнт тертя [8].

Висока твердість, низький коефіцієнт тертя, жаростійкість і висока хімічна стійкість забезпечує деталям, вкритим хромом, високу зносостійкість навіть у важких умовах експлуатації.

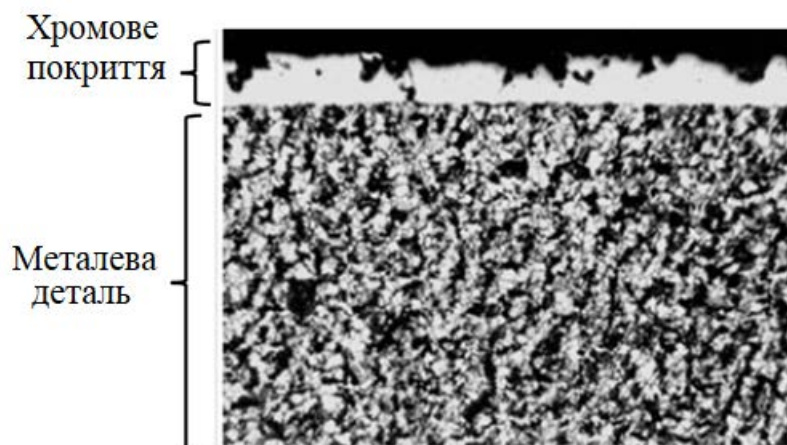
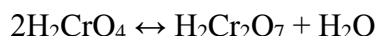


Рис. 2. Мікроструктура звичайного хромового покриття на зразку металу (збільшення у 200 разів)

Осадження хрому проводиться на практиці із електроліту, що містить як основний компонент не сіль хрому, як у більшості процесів електроосадження, а хромовий ангідрид –  $\text{CrO}_3$ . Цей ангідрид при розчиненні у воді утворює суміш поліхромових кислот, в основному  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  та  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , що знаходяться у стані хімічної рівноваги:



Тому у електроліті можна виділити чотири види аніонів:  $\text{HCrO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  і  $\text{HCr}_2\text{O}_7^-$ . При збільшенні концентрації хромового ангідриду  $\text{CrO}_3$  рівновага зміщується в напрямку утворення  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , а зі зменшенням концентрації в напрямку утворення  $\text{CrO}_4^{2-}$ .

У хромовому ангідриді валентність Хрому – VI. Також можливе осадження хрому із розчинів його розчинних солей, де Хром проявляє валентність – III (наприклад, сульфатів), однак використання таких електролітів не отримало широкого застосування. Електроліз із розчинів, що містять хромовий ангідрид  $\text{CrO}_3$  відбувається при використанні нерозчинних анодів, свинцевих чи зі сплавів свинця із сурьмою, так як вони вирізняються більшою твердістю та підвищеною хімічною стійкістю у розчинах електролітів.

Щодо використання розчинних анодів із металічного хрому, то використання таких анодів не бажане, так як такі аноди розчиняються, при цьому утворюються йони різної валентності, а це впливає на роботу гальванічної ванни. Також слід зазначити, що анодний вихід за струмом у 6 – 8 разів більше катодного, а це викликає накопичення йонів хрому у зазначеному електроліті.

Для отримання блискучого хромового покриття у якості захисно-декоративного найчастіше обирають електроліт наступного складу (у г/л):

$\text{CrO}_3$ .....250  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....2,5

Процес осадження хрому відбувається при температурі 45–55 °С. Катодна густина струму складає 25 – 55 А/дм<sup>2</sup>, а вихід за струмом при цьому становить до 13%.

З метою збільшення розсіювальної здатності такого електроліту зазвичай додають борну кислоту концентрацією 10–15 г/л [9–11]. Механізм дії борної кислоти досить складний. Використовують такий електроліт для отримання декоративного хромового покриття на рельєфних виробах. Основний електроліт для осадження хрому містить два

компоненти:  $\text{CrO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Співвідношення по масі між цими компонентами повинне бути 100 : 1. При такому співвідношенні досягається найбільш високий вихід по струму.

Звичайний вміст  $\text{CrO}_3$  лежить в межах 150–300 г/л. Електроліт, де концентрація хромового ангідриду складає 220–250 г/л, є стандартним.

Для нанесення блискучого хромового покриття доцільно обрати таку технологічну схему (рис. 3).



1 – ванна реверсного електрохімічного знежирювання (використовуються сталеві аноди з шаром нікелю. Ванна електрохімічного знежирювання складається із вентиляції, нагріву, футерівки корпусу, теплоізоляції, перемішування); 2 – ванна каскадної промивки; 3 – ванна травлення (процес травлення здійснюють в ванні, де є пластикова або вінілпластова футерівка, бортова вентиляція, барботер); 4 – ванна холодної промивки; 5 – ванна міднення; 6 – ванна каскадної промивки; 7 – ванна нікелювання; 8 – ванна каскадної промивки; 9 – ванна хромування; 10 – ванна вловлювання; 11 – ванна холодної промивки; 12 – ванна гарячої промивки; 13 – сушка.

*Рис. 3. Технологічна схема ванн для захисно-декоративного покриття нікель-мідь-хром*

Після здійснення гальванічної обробки всі деталі обов'язково мають пройти контроль якості покриття. При цьому здійснюється контроль зовнішнього вигляду, товщини, поруватості, міцності зчеплення з основним металом, корозійної стійкості покриття.

При здійсненні контролю зовнішнього вигляду значну увагу приділяють таким параметрам: колір покриття, відсутність чорних точок, повітряних пухирців та інших явних дефектів. Такий контроль мають проходити усі виготовлені вироби.

Також на всіх виробах здійснюють контроль товщини покриття. При цьому для вимірювання товщини покриття застосовують неруйнівні методи контролю. Методом неруйнівного контролю, що широко застосовується є індукційний магнітний метод.

При цьому вимірюють магнітний потік, який проходить через феромагнітне осердя електромагніту. При здійсненні контролю товщини немагнітного покриття на габаритних сталевих деталях виробів використовують прилади, принцип дії яких заснований на зміні магнітного потоку в ланцюгу.

**Висновок.** Після застосування такого алгоритму дій у результаті отримуємо деталь з якісним блискучим хромовим покриттям. «Блискучий хром» є найбільш міцним і зносостійким покриттям, якому притаманний дзеркальний блиск. Хромове покриття має високу зносостійкість, жаростійкість, низький коефіцієнт тертя, погану змочуваність, низьку пластичність. Технологія електролітичного нанесення хрому на деталі вимагає врахування особливостей електроосадження хрому та застосування певних режимів електролізу для продуктивної роботи з отриманням покриттів із певними характеристиками.

#### Список використаної літератури

1. Солодкова Л. Н., Кудрявцев В. Н. Электролитическое хромирование. М.: Глобус, 2007. 192 с.

2. Богорад Л. Я. Хромирование. Л.: Машиностроение, 1984. 97 с.
3. Peschek G. Verschleis technologien. *Galvanotechnik*. 2005. № 8. P. 1844–1846.
4. 1694710 СССР, МКИ С25D15/00. Способ получения композиционных покрытий на основе хрома. А. И. Шебалин, В. Д. Губаревич, П. М. Брыляков и др. Заявл. 14.04.1986; Оpubл. 30.11.1991, Бюл. № 44.
5. Вячеславов П. М., Шмелева Н. М. Методы испытаний электролитических покрытий. Л.: Машиностроение, 1977. 88 с.
6. Черкез М. Б. Хромирование. Под ред. П. М. Вячеславова. Л.: Машиностроение, 1971. 112 с.
7. Михайлов Б. Н., Михайлов Р. В. Экологические и ресурсосберегающие аспекты хромирования. *Вестн. ИрГТУ*. 2013. № 10 (81). С. 228–225.
8. Михайлов Б. Н., Михайлов Р. В. Исследование процесса хромирования. *Вестн. ИрГТУ*. 2011. № 12 (59). С. 203–206.
9. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990. С. 133.
10. Молчанов В. Ф. Эффективность и качество хромирования. Киев: Техника. 1979. С. 53.
11. Кузнецов В. В., Анисимов С. М. Стабилизация процесса хромирования из электролитов на основе хлорида хрома (III). *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2004. Т. 12. № 2. С. 34–38.