

Analiza czynników determinujących jakość powłok malarskich na elementach maszyn

MICHAŁ STYP-REKOWSKI, MACIEJ MATUSZEWSKI, IVAN L. OBORSKI *

Powłoki elementów maszyn, w tym także malarskie, spełniają wiele różnorodnych funkcji. Są więc czynnikiem poprawiającym ich cechy funkcjonalne, np.: zmniejszenie tarcia, zmniejszenie intensywności procesów korozyjnych, czego efektem jest zwiększenie trwałości, a także niezawodności maszyn i urządzeń, w których strukturze występują. Powłoki, zwłaszcza malarskie, spełniają także funkcje dekoracyjne (estetyczne), bardzo ważne w aspekcie marketingowym. W opracowaniu wskazano czynniki, które stwarzają warunki zapewniające powłokom malarskim spełnianie oczekiwanych funkcji, z których jednym z ważniejszych jest właściwa obróbka powierzchni pokrywanych.

Wprowadzenie

Operacje nakładania powłok realizowane są najczęściej w końcowej fazie procesów wytwarzania maszyn i ich

elementów. Do jakości powłok przykłada się zatem dużą wagę, gdyż determinują one efektywność wszystkich działań podejmowanych wcześniej w procesach wytwórczych. W zależności

od tego jaką funkcję ma spełniać powłoka, przewiduje się różne poprzedzające operacje technologiczne – obróbka elementów dobrana odpowiednio do spełnianej funkcji.



Rys. 1. Funkcje najczęściej spełniane przez powłoki

Celem niniejszego opracowania jest wskazanie czynników, które stwarzają warunki zapewniające powłokom malarskim spełnianie oczekiwanych funkcji. Czynniki te w sposób zasadniczy determinują techniki, metody i sposoby stosowane do obróbki powierzchni pokrywanych.

Rodzaje powłok

W technice, powłoki znajdują liczne zastosowania i w zależności od nich stosuje się różne ich rodzaje. Spełniane funkcje to jedno z kryteriów wg jakich klasyfikuje się powłoki. Przykładowy podział powłok przy tym kryterium przedstawiono na rys. 1.

* prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski, Bydgoska Szkoła Wyższa, dr hab. inż. Maciej Matuszewski, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, matus@utp.edu.pl, prof. I.L. Oborski – Narodowy Uniwersytet Technologii i Wzornictwa, Kijów, Ukraina

Najczęściej powłoki stosuje się w celu poprawy cech użytkowych (funkcjonalnych) poszczególnych par kinematycznych.

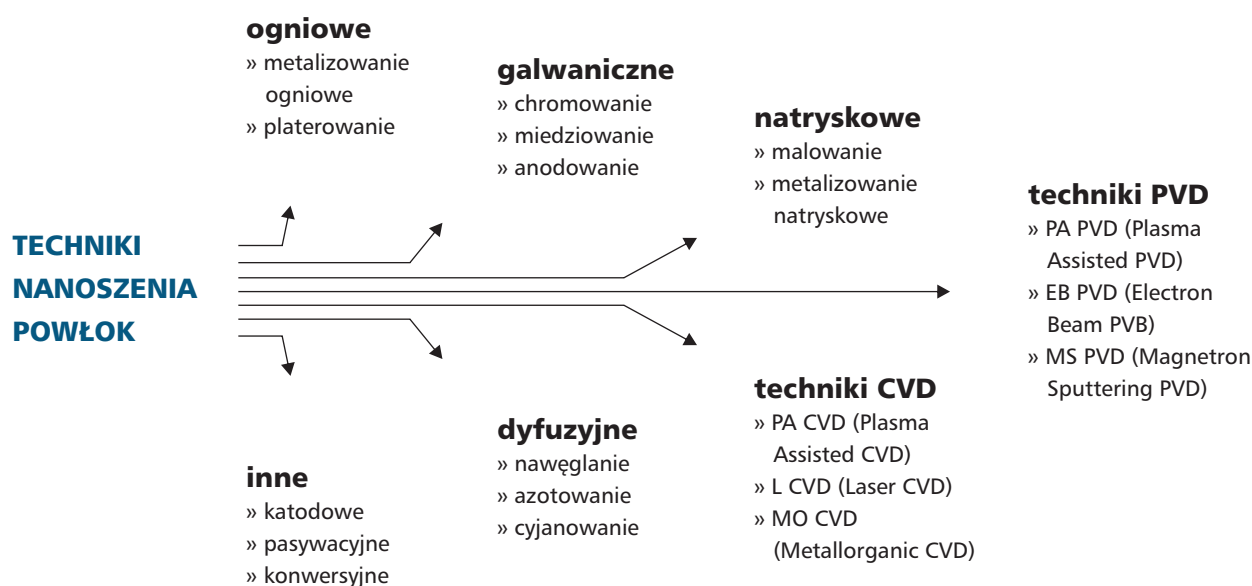


tycznych, a tym samym – całych maszyn. W tym zbiorze zawierają się na przykład powłoki przeciwтарыowe lub regeneracyjne. Znane są także liczne przykłady powłok spełniających funkcje ochronne, np.: antykorozyjne, przeciwogniowe. Równie liczne są przykłady zastosowania powłok w celu nadania przede wszystkim maszynom, lecz także i ich elementom, właściwych cech estetycznych [6]. W każdej z tych grup występują różne, ale powtarzające się rodzaje powłok.

grzanym metalu ochronnym. W tej metodzie najczęściej wykorzystuje się cynk (cynkowanie ogniowe). Wynikiem kąpieli jest utworzenie stosunkowo grubej powłoki metalu (od 40 do 110 μm), zarówno na powierzchniach zewnętrznych jak i wewnętrznych.

Powłoki galwaniczne uzyskuje się wykorzystując proces elektrolizy. Charakteryzują się one gładką, jednolitą, ale przy tym bardzo cieniutką od 3 do 6 μm powłoką cynkową. Z tego powodu

Metody PVD i CVD, którymi nakładane są powłoki konwersyjne, różnią się od siebie mechanizmem. Powłoki PVD – osadzane są z fazy gazowej przy wykorzystaniu zjawisk fizycznych, natomiast powłoki CVD – są osadzane z fazy gazowej przy wykorzystaniu reakcji chemicznych między materiałem podłoża a powłoką. Podobny jest natomiast cel ich nakładania którym jest najczęściej: wytworzenia cienkich warstw, o ściśle określonym składzie oraz modyfikowanie fizycznych, che-



Rys. 2. Techniki, metody i sposoby nanoszenia powłok

Innym kryterium, wg którego klasyfikowane są powłoki jest sposób ich nanoszenia. Klasyfikację powłok przy użyciu tego kryterium przedstawiono schematycznie na rys. 2.

Można wśród nich wyróżnić powłoki nanoszone:

- ogniowo,
- galwanicznie,
- natryskowo,
- dyfuzyjnie,
- PVD,
- CVD.

Ogniowe nanoszenie powłok odbywa się poprzez zanurzenie przygotowanego do tego procesu wyrobu w roz-

najczęściej pokrywa się je dodatkowo powłokami malarskimi nanoszonymi natryskowo.

Natryskowe nanoszenie powłok to liczny zbiór metod. Powłoki nanoszone tą metodą mają różne funkcje: od estetycznych (głównie malarskich), poprzez ochronne po regeneracyjne (metalizowanie natryskowe).

Powłoki dyfuzyjne otrzymywane są jako wynik dyfuzji atomów substancji chroniącej do chronionego metalu. Są to metody obróbki powierzchniowej bardzo często stosowane w szeroko pojętej budowie maszyn, w dużym stopniu poprawiające cechy tribologiczne współpracujących powierzchni elementów [2].

micznych i/lub mechanicznych właściwości powierzchni materiału. W celu zwiększenia efektywności tych metod opracowano wiele ich modyfikacji, wspomagając procesy podstawowe, m.in.: laserem, polem magnetycznym, wiązką elektronów itp.

Zbiór przytoczonych na schemacie – rys. 2, innych metod jest tylko przykładowy. Oprócz wymienionych istnieją bowiem liczne metody hybrydowe, łączące cechy wcześniej wymienionych metod elementarnych.

Przy kolejnym podziale, stosując jako kryterium rodzaj materiału pokrycia, wyróżnia się powłoki:

- organiczne,
- nieorganiczne.

Pierwsze z nich to głównie powłoki malarskie oparte na spoiwie organicznym, głównie epoksydowym lub poliesterowym. Ich składnikami mogą być komponenty nieorganiczne, np. dodatki różnych metali. Powłoki na spoiwie nieorganicznym to powłoki oparte np. na krzemianach alkalicznych lub etylokrzemianie.

Powłoki nieorganiczne to m.in.:

- emalie ceramiczne i wykładziny szklane (krzemionka SiO_2 + boraks $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$; wypalane są one w wysokich temperaturach ($850 \div 950^\circ\text{C}$);
- powłoki konwersyjne – powstają w wyniku reakcji chemicznej odpowiednio dobranego środowiska z powierzchnią

Funkcje powłok malarskich

Z powyższego zestawienia wynika, że zbiór różnych powłok jest bardzo liczny i zróżnicowany. Wybór właściwego elementu z tego zbioru w wielu przypadkach decyduje o skuteczności przyjętego wariantu. Dokonując wyboru należy, m.in. dokładnie zdefiniować funkcję jaką dana powłoka ma spełniać. Poniżej dokonano syntezy potencjalnych funkcji jakie mogą spełniać powłoki. Ze względu na obszerność zagadnienia ograniczono ją do powłok malarskich.

Jak już wcześniej stwierdzono, powłoki malarskie najczęściej spełniają funkcje estetyczne, w której pierwszorzędne znaczenie ma kolor powłoki. Należy jednak pamiętać, że pojęcie „kolor” zawiera w sobie trzy czynniki:

- barwę, zależną od długości fali światła,
- nasycenie, oznaczające czystość koloru,
- jasność, zależną od amplitudy fal światła.

Znane są jednak liczne przykłady, w których spełniają one inne zadania, m.in.: zwiększanie odporności na oddziaływanie środowiska korozyjnego i wysokich temperatur.

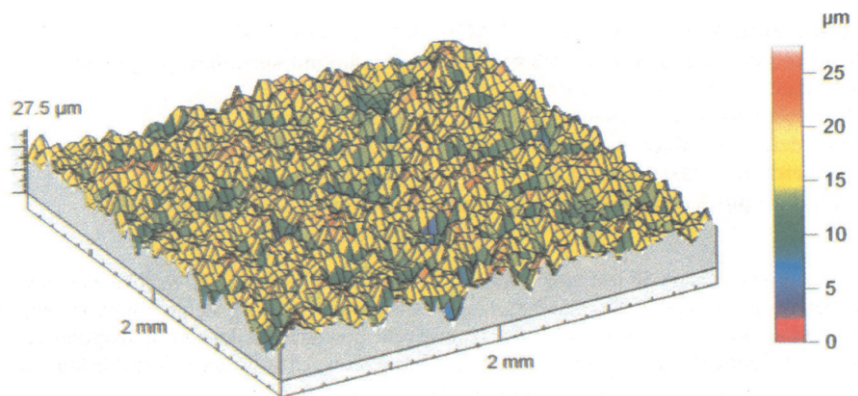
Pierwsza z tych funkcji realizowana jest w wyniku ograniczania lub utrudnienia

dostępu do powierzchni środowiskowych składowych, inicjujących lub przyspieszających reakcje korozyjne. Stosuje się je zarówno do elementów stalowych jak również wykonanych z innych metali narażonych na korozję. Farby antykorozyjne do stali oraz metali nieżelaznych mają szerokie zastosowanie w zabezpieczaniu maszyn technologicznych dla różnych gałęzi przemysłu oraz konstrukcji stalowych, np.: masztów, mostów, kominów, rurociągów itd. Tworzą na nich trwałą powłokę zapewniając ochronę anty-

się czas osiągnięcia temperatury krytycznej stali, dzięki czemu stateczność konstrukcji stalowej jest skutecznie chroniona, a ludzie mają czas na ewakuację.

Jakościowe kryteria powłok malarskich

Kryteria jakie powinny spełniać powłoki malarskie w zasadzie nie zależą od funkcji jakie mają one realizować. Zróżnicowana natomiast jest waga kryteriów w poszczególnych zastosowa-



Rys. 3. Topografia powierzchni po obróbce strumieniowo-ścierniej [7]

korozyjną w najbardziej wymagających kategoriach korozyjności. Zabezpieczone w ten sposób metalowe elementy mogą być stosowane wewnątrz pomieszczeń i na zewnątrz obiektów, w warunkach oddziaływania różnych czynników środowiskowych i zróżnicowanej kategorii korozyjności środowiska.

Druga z wymienionych funkcji powłok malarskich polega na zabezpieczaniu elementów metalowych przed oddziaływaniem wysokich temperatur, co następuje w wyniku zwiększenia podczas pożaru objętości powłoki nawet 50-krotnie. Z tego powodu farby używane do tego celu nazywane są farbami pęczniejącymi. Farby te, przede wszystkim służą do ochrony stalowych elementów strukturalnych obiektów budowlanych. Wytwarzając ochronną pianę, farby przyczyniają się do wolniejszego nagrzewania elementów, w wyniku czego wydłuża

waniach powłok. Podstawowym kryterium, bardzo istotnym dla powłok jest przyczepność do podłoża, zwłaszcza w warunkach oddziaływania obciążeń zmiennych co do kierunku i towarzyszących im odkształceniach. Związane jest ono ze szczelnością powłoki, która w wyniku oddziaływania czynników eksploatacyjnych może ulegać pękaniu. Kryterium to ma zasadnicze znaczenie (duża wartość wagi) dla malarskich powłok antykorozyjnych.

Bardzo istotnym kryterium jakościowym powłok jest trwałość ich koloru w czasie i w zmiennych warunkach użytkowania. Z kryterium tym wiąże się kolejne, a mianowicie odporność na warunki eksploatacji. Pod wpływem wymuszeń eksploatacyjnych powłoki nie powinny zmieniać swojej barwy, określonej według wzornika RAL, a także struktury i stanu powierzchni. Nie powinny także wcho-



dzić w reakcje z otoczeniem. To kryterium ma dużą wartość wagi dla powłok dekoracyjnych. Jest także istotne dla powłok antykorozyjnych i ognioochronnych.

Istotnym kryterium dla powłok malarskich jest także trwałość w czasie ich cech wytrzymałościowych, takich jak np.: elastyczność, odporność na pęknięcie.

Sposoby zapewnienia wybranych cech jakościowych

Jak wyżej stwierdzono, podstawowym kryterium powłok malarskich jest przyczepność warstwy do podłoża. Można ją uzyskać wieloma sposobami, przy czym podstawowym jest odpowiednie ukształtowanie mikrogeometrii powierzchni, na którą nałożona ma być powłoka. Powierzchnie te przygotowuje się stosując najczęściej obróbkę strumieniowo-ścierną, np. piaskowanie lub obróbkę wibro-ścierną (elementy o niewielkich gabarytach). Uzyskuje się w ten sposób powierzchnie o stosunkowo dużych wartościach parametrów chropowatości i o strukturze izotropowej [3, 7, 9]. W wyniku realizacji tych obróbek uzyskuje się powierzchnię o rozwiniętej mikrostrukturze – rys. 3, która łącznie z dobrymi właściwościami adhezyjnymi stosowanych farb, stwarza warunki dużej przyczepności nakładanych powłok.

Trwałość barwy w czasie, stanowiąca kolejne kryterium, zapewniona będzie jeżeli do utworzenia powłoki użyte zostaną farby zawierające pigmenty najlepszej jakości. Istotne również jest jednoznaczne zdefiniowanie barwy, do czego najlepiej użyć międzynarodowych wzorców RAL.

Trwałość cech użytkowych i wytrzymałościowych – kolejne kryteria jakościowe, jest natomiast zależna od wielu czynników. Jednym z nich jest czystość i to w skali mikro, a więc czystość powierzchni, na którą nakładana jest powłoka jak również w skali makro, a więc czystość środowiska, w którym jest ona tworzona [4]. Warto zwrócić uwagę na to, że zapewnienie czystości, a więc stworzenie warunków do spełniania tego kryterium, nie generuje

dotychczas kosztów, przynosząc jednocześnie wymierne korzyści.

Bardzo istotnym czynnikiem zapewniającym trwałość wyżej wymienionych cech jest właściwy dobór farby tworzącej powłokę. Przy wyborze należy uwzględnić wszystkie czynniki, na jakie powłoka może być narażona w procesie eksploatacji. Przykładem reprezentatywnym odpowiedniego doboru powłoki jest katedra Opactwa Westminster w Londynie – rys. 4. Jej zakończona niedawno renowacja dała bardzo pozytywne estetyczne rezultaty



Rys. 4. Efekty naniesienia powłok renowacyjnych na katedrze Opactwa Westminster w Londynie [5]

taty. W tym przypadku nie można jeszcze oceniać zmian w czasie, znając jednak materiały powłok można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że także w tym zakresie wyniki będą zgodne z oczekiwaniami.

Podsumowanie

Cechy użytkowe maszyn w dużej mierze zależą od stanu współpracujących powierzchni elementów poszczególnych par kinematycznych tworzących strukturę konstrukcyjną całych maszyn [1]. Stan tych powierzchni jest niekiedy modyfikowany przez naniesienie odpowiednich powłok. Po to, aby te działania przyniosły oczekiwane

rezultaty należy przede wszystkim dobrać odpowiedni do funkcji rodzaj powłoki, uwzględniając przy tym materiał powłoki, a także metody i sposoby obróbki powierzchni poprzedzających ich nałożenie. W celu realizowania oczekiwanych funkcji, powłoki muszą być wykonane w odpowiedniej fazie procesu wytwórczego gdyż – jak wykazały badania – ma to również wpływ na efektywność realizowania założonych funkcji [6, 8].

Literatura

- [1] Dietrych J.: System i konstrukcja. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985.
- [2] Dobrzański L.A.: Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [3] Gołąbczak A., Woźniak K., Gołąbczak M., Skowron M., Konstantynowicz A.: Wpływ charakterystyki kształtek poliestrowych na topografię powierzchni ze znanu obrobionych w wygładzarce rotacyjno-kaskadowej. Mechanik nr 10/2016, s. 1392-1393.
- [4] Jelonek A.: Wpływ zanieczyszczeń w malarni na własności powłok proszkowych. Lakiernictwo Przemysłowe nr 5/2018, s. 52-56.
- [5] Kapica K.: Prawdziwe gwarancje na powłoki proszkowe. Lakiernictwo Przemysłowe nr 5/2018, s. 39-42.
- [6] Lonkwic P., Usyduś I.: Wpływ stanu powierzchni na wytrzymałość połączenia elementów blaszanych metodą klinowania. Obróbka Metalu nr 4/2018, s. 37-41.
- [7] Oczko K.E., Lubimow W.: Struktura geometryczna powierzchni. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2003.
- [8] Styp-Rekowski M., Matuszewski M., Oborski I.L.: Badanie powłok jako elementu funkcyjnego w maszynie. Obróbka Metalu nr 1/2019, s. 12-15.
- [9] Woźniak K.: Obróbka elementów w wygładzarkach pojemnikowych. WNT, Warszawa 2017.