

Badanie powłok jako czynnika determinującego funkcjonalność maszyny

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

W artykule przedstawiono procedury badań powłok malarskich. Przyjęto, że są one jednym z istotnych czynników od których zależy funkcjonalność (niezawodność, trwałość i efektywność) maszyny. Wskazano najistotniejsze czynniki, które determinują jakość tych powłok. Przedstawiono także rezultaty przykładowych badań powłok malarskich powstałych w wyniku pokrycia elementu farbą proszkową. Badano przyczepność powłok do podłoża stalowego, a także odporność powłoki na uderzenia. Stwierdzono, że wyniki badań w takim zakresie mogą posłużyć także do oceny poprawności realizowanych procesów nanoszenia powłok.

Wstęp

W pierwszej fazie procesu wytwórczego maszyny każdy jej element poddawany jest obróbce kształtującej. Uzyskuje on w niej założone geometryczne cechy konstrukcyjne, a więc oczekiwaną postać konstrukcyjną i układ wymiarów, które ją opisują [1]. Kolejną fazą procesu jest montaż poszczególnych elementów w pary kinematyczne, podzespoły bądź zespoły, w zależności od złożoności struktury konstrukcyjnej maszyny, w której dany element występuje. Następnie, elementy pokrywane są powłokami, najczęściej spełniającymi funkcje estetyczne lub antykorozyjne. Niekiedy pokrywanie powierzchni elementu (wybranych lub wszystkich) powłokami następuje przed montażem, i wówczas spełniać one mogą bardzo zróżnicowane funkcje. Jak wykazały badania, to

czy na element powłoka jest nakładana przed montażem czy po nim ma istotne znaczenie dla cech użytkowych połączenia montażowego [3].

Celem niniejszego opracowania jest wskazanie istotnych zagadnień dla szeroko rozumianej problematyki powłok, w tym czynników, które warunkują właściwe realizowanie przez nie założonych zadań, a także przybliżenie procedur badawczych dotyczących takich powłok. Zagadnienie przedstawiono na przykładzie powłok malarskich wykonanych z farb proszkowych.

Jakość powłok malarskich, a więc stopień spełniania przez nie oczekiwanych funkcji, zależy od wielu czynników, przy czym jako szczególnie istotne uważa się przygotowanie powierzchni podłoża, właściwy dobór

farby oraz czystość środowiska w jakim są one nakładane [2].

Rodzaje powłok

W literaturze przedmiotu powłoki klasyfikuje się używając do tego celu wielu kryteriów. Jednym z nich jest struktura chemiczna powłoki i przy tym kryterium 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 ($850 \div 950^\circ\text{C}$);

* 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

• powłoki konwersyjne – powstają w wyniku reakcji chemicznej odpowiednio dobranego środowiska z powierzchnią.

Innym kryterium podziału powłok jest sposób ich nanoszenia. Przy tym kryterium można wyróżnić powłoki nakładane:

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

Ogniowe nanoszenie powłok odbywa się poprzez zanurzenie przygotowanego do tego procesu wyrobu w rozgrzanym metalu ochronnym. W tej metodzie najczęściej wykorzystuje się cynk. Wynikiem takiej kąpieli jest utworzenie grubej warstwy metalu (od

Procesy PVD i CVD, którymi nakładane są powłoki konwersyjne, różnią się od siebie mechanizmem, lecz mają podobny cel. Realizuje się je w celu wytworzenia cienkich warstw, o ściśle określonym składzie, modyfikujących fizyczne, chemiczne i/lub mechaniczne właściwości powierzchni obrabianego materiału. W celu zwiększenia efektywności tych procesów opracowano wiele ich modyfikacji, wspomagając procesy podstawowe, m.in.: laserem, polem magnetycznym, wiązką elektronów itp.

Metodyka badania powłok malarskich

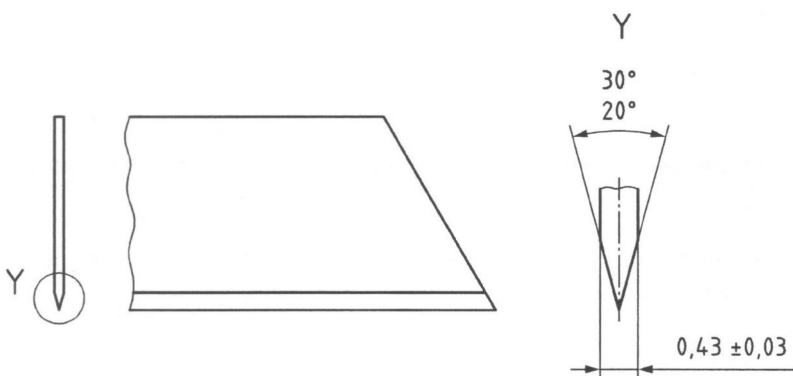
Badanie powłok malarskich odbywa się zgodnie z ściśle określonymi w normach procedurami. Rozróżnia się przy tym powłoki naniesione na podłoża magnetyczne [5] i niemagnetyczne [4], co ma związek przede wszystkim

- działanie sztucznych warunków atmosferycznych,
- działanie naturalnych warunków atmosferycznych.

Szczegółowa procedura każdego z wymienionych badań zawarta jest w normach przedmiotowych, przy czym potrzeba wykonywania poszczególnych badań zależna jest od funkcji jaką powłoka ma spełniać. Poniżej opisano szerzej procedury badań na przyczepność powłoki i na odporność na uderzenia. Przedstawiono także rezultaty przeprowadzonych w tym zakresie badań. Wybrano dwie ww. cechy gdyż zdaniem autorów mają one wpływ na największą liczbę funkcji spełnianych przez powłoki malarskie.

Badania przyczepności powłok

Przyczepność powłok badano metodą siatki nacięć zgodnie z normą [6]. Wykorzystując nóż o geometrycznych cechach pokazanych na rys.1, wykonano sześć równoległych nacięć w odległości 2 mm od siebie i drugie sześć nacięć prostopadłych do tych pierwszych, także co 2 mm – rys. 2.



Rys. 1. Nóż, którym wykonywano nacięcia

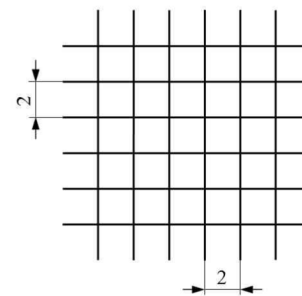
40 do 110 μm) zarówno na powierzchniach zewnętrznych jak i wewnętrznych.

Powłoki galwaniczne uzyskuje się wykorzystując proces elektrolizy. Charakteryzują się one gładką, jednolitą, ale przy tym bardzo cienką – od 3 do 6 μm – powłoką cynkową. Z tego powodu najczęściej pokrywa się je dodatkowo powłokami malarskimi nanoszonymi natryskowo.

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

z metodą badania grubości powłoki. Powłoki badane są w licznych aspektach, a więc ich:

- barwa,
- połysk,
- przyczepność,
- tłoczność,
- odporność na:
 - zginanie,
 - uderzenia,
 - zaprawę,
 - wilgoć,
 - mgłę solną,
 - dwutlenek siarki,
 - korozję nitkową,



Rys. 2. Schemat usytuowania nacięć powłoki

Na tak utworzoną siatkę nacięć naklejano taśmę samoprzylepną, którą po 5 minutach odklejało od powierzchni. Rezultat tych działań obserwowano za pomocą lupy o powiększeniu 5 \times .

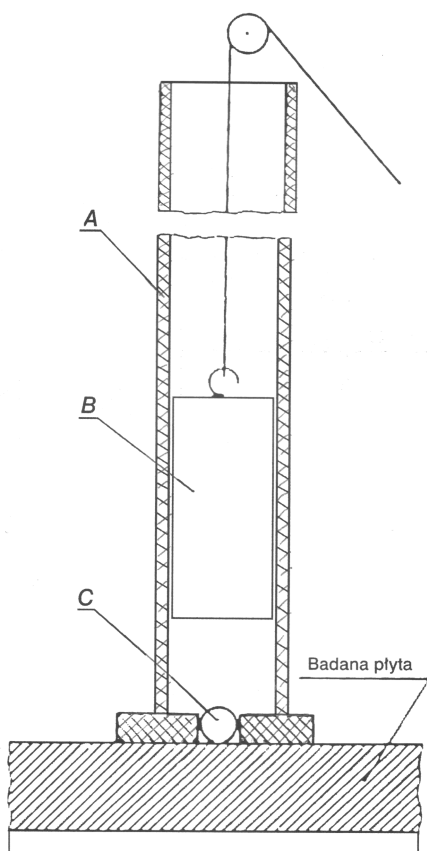
Przyczepność klasyfikowana jest według sześciu klas: od 0 (najlepsza) do 5 (najgorsza). Najlepsza przyczepność (0) charakteryzuje się całkowicie gładkimi brzegami nacięć i brakiem oderwań kwadratów siatki. Do najgorszej klasy (5) zalicza się natomiast powłoki, dla

których ponad 65% kwadratów uległo całkowitemu lub częściowemu oderwaniu.

Badania odporności na uderzenia

Odporność na uderzenia powłok malarskich badano zgodnie z normą [7]. W badaniach posłużono się przyrządem składającym się z rury o średnicy wewnętrznej $\phi = 40$ mm, wykonanej z PVC zakończoną krążkiem o grubości 8 mm, także z PVC, w którym był otwór o średnicy $\phi = 14$ mm. W otworze tym umieszczano kulką żyzyskową o średnicy 17/32 cala, w którą uderzał spadający z różnych wysokości ciężarek. Schematycznie przyrząd taki przedstawiono na rys. 3.

Rezultaty badań oceniane są w 5-stopniowej skali: klasa 5 – najlepsza (powłoka najbardziej odporna), klasa 1 – najgorsza (powłoka najmniej odporna). Opis uszkodzeń klasyfikujących do poszczególnych klas oraz ich obraz zawarto w Tabeli 1.



Rys. 3. Przyrząd do badania odporności powłok na uderzenia: A – rura 40/1,9, B – ciężarek stalowy o masie 500 g, C – kulka o średnicy 17/32 cala

Tabela 1. Opis zmian w wyniku uderzenia dla poszczególnych klas i ich obraz

Klasa	Opis uszkodzeń	Obraz uszkodzeń
5	Brak widocznych uszkodzeń	
4	Brak pęknięć na powierzchni lecz ślad uderzenia jest widoczny podczas dobrego oświetlenia	
3	Drobne pęknięcia na powierzchni, zwykle jedno lub dwa koliste pęknięcia w obszarze śladu uderzenia	
2	Średnie do dużych pęknięcia w obszarze śladu uderzenia	
1	Pęknięcia wychodzące poza ślad uderzenia lub łuszczenie powłoki	

Wykonano po pięć prób dla każdej z 6 wysokości z jakich spadał obciążnik, a więc z wysokości: 10, 25, 50, 100, 200 i 400 mm. Za ocenę końcową przyjęto liczbę całkowitą najbliższą średniej arytmetycznej pięciu indywidualnych ocen dla każdej wysokości.

Obiekt badań

Badano powłoki malarskie nanoszone na meble medyczne produkowane przez firmę TRIBO z Nowej Wsi Wielkiej. Pokrywane elementy mebli wykonane były z blachy stalowej gatunku 1.0037 cynkowanej ogniowo. Powłoki były wykonane z poliestrowej farby proszkowej firmy Frei Lacke o symbolu PF 1003ARG113 i miały grubość $90 \pm 3 \mu\text{m}$.

Rezultaty badań

Wyniki badań zestawiono poniżej w dwóch grupach tematycznych, dotyczących przyczepności powłok i odporności na uderzenia.

Wyniki badań przyczepności powłok

Przeprowadzone badania dla powłok wykonanych z trzech rodzajów farb proszkowych dały zbliżone wyniki. Przykład próbki z siatką nacięć po badaniach (po odklejeniu taśmy) przedstawiono na rys. 4.



Rys.4. Przykładowy obraz rezultatów badania przyczepności powłoki malarskiej

Na podstawie obserwacji, w których wykorzystano lupę o powiększeniu 5x nie stwierdzono oderwania fragmentów płatek na skrzyżowaniu nacięć. Na tej podstawie badane powłoki zakwalifikowano do klasy 0 pod względem przyczepności.

Odporność powłok na uderzenia

Rezultaty badań dotyczących odporności powłok na uderzenia zestawiono w Tabeli 2. Zgodnie z procedurą poda-

ną w normie PN-ISO 4211-4 zawarto w niej także średnicę śladu uderzenia i ocenę końcową stanowiącą zaokrąglenie średniej arytmetycznej indywidualnych ocen.

Wszystkie powłoki były naniesione na ocynkowaną blachę ze stali 1.0037. Rezultaty przeprowadzonych badań wskazują na to, że były one naniesione poprawnie gdyż nie stwierdzono praktycznie pęknięć powłok w wyniku uderzeń, co powoduje, że kwalifikują

się one do klasy 4, a przy uderzeniach z małych wysokości nawet do klasy 5.

Podsumowanie

Na podstawie zrealizowanych badań stwierdzono, że analizowane powłoki naniesione na podłoża ferromagnetyczne wykazują bardzo dobre cechy użytkowe. Wskazują na to:

- dobra przyczepność do podłoża,
- duża odporność na uderzenia.

Uzyskane w badaniach wartości parametrów wykorzystywanych jako miary oceny poszczególnych cech powłok mogą być wykorzystywane również do oceny poprawności realizowania operacji technologicznych. Dobra lub bardzo dobra ocena tych cech będzie jednocześnie świadczyła o właściwej realizacji procesu technologicznego, dzięki czemu produkowane meble są niezawodne i bezpieczne w użytkowaniu.

Literatura

- [1] Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa 1985.
- [2] Jelonek A.: Wpływ zanieczyszczeń w malarni na jakość powłok proszkowych. Lakiernictwo Przemysłowe nr 5/2018, s. 52-56.
- [3] Lonkwick P., Usyduś I.: Wpływ stanu powierzchni na wytrzymałość połączenia elementów blaszanych metodą klinczowania. Obróbka Metalu nr 4/2018, s. 37-41.
- [4] Norma PN-EN 12206-1:2005 – Farby i lakiery. Powłoki na aluminium i na stopy aluminium dla budownictwa. Część 1: Powłoki z farb proszkowych.
- [5] Norma PN-EN 13438:2013 – Farby i lakiery. Organiczne powłoki z farb proszkowych do ocynkowanych zanurzeniowo lub szperadzowanych wyrobów stalowych do celów konstrukcyjnych.
- [6] Norma PN-EN ISO 2409:2013 – Farby i lakiery. Badanie metodą siatki nacięć.
- [7] Norma PN-ISO 4211-4:1999 – Meble. Badanie powierzchni. Ocena odporności na uderzenie.

Tabela 2. Ocena śladów uderzeń zaobserwowanych na powłoce

Wysokość uderzenia mm	Numer próbki	Średnica śladu uderzenia mm	Ocena (klasa)	
			indywidualna	końcowa
10	1	0	5	5
	2	0	5	
	3	0	5	
	4	0	5	
	5	0	5	
25	1	1,0	4	4
	2	1,0	4	
	3	0,5	4	
	4	1,0	4	
	5	0,5	4	
50	1	1,0	4	4
	2	1,0	4	
	3	1,5	4	
	4	1,5	4	
	5	1,0	4	
100	1	1,0	4	4
	2	1,5	4	
	3	1,0	4	
	4	1,0	4	
	5	1,5	3	
200	1	2,5	4	4
	2	2,0	4	
	3	2,5	4	
	4	2,5	3	
	5	2,0	4	
400	1	3,0	4	4
	2	3,5	3	
	3	3,5	4	
	4	4,0	3	
	5	3,5	4	