



ZESZYTY STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

Wybrane metody badań systemów malarskich

K. Bajc^a, K. Jędrzejczak^a, M. Juszczyk^a, T. Tański^b

^aStudent/ka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

^bPolitechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych,
email: tomasz.tanski@polsl.pl

Streszczenie: W artykule opisano wybrane metody badań systemów malarskich. Omówiono wpływ przygotowania, czystości i chropowatości podłoża na przyczepność powłoki. Scharakteryzowano badanie odporności na odwarstwienie od podłoża metodą siatki nacięć, badanie przyczepności metodą „pull-off” oraz metody oznaczania grubości powłok.

Abstract: The paper presents selected methods of testing paint systems. The influence of preparation, cleanliness and roughness of the substrate on the coating adhesion was discussed. Resistance to delamination from the surface using the cross-cut method, adhesion to the surface using the “pull-off” method and methods of coating thickness determination were characterized.

Słowa kluczowe: systemy malarskie, metoda siatki nacięć, badanie pull-off, grubość powłok.

1. WSTĘP

Powłoki malarskie, dzięki stosunkowo niskiej cenie, możliwościom nakładania na różne podłoża i bardzo dobrym właściwościom ochronnym, są jedną z najczęściej stosowanych i najłatwiejszych technik zabezpieczenia metali, betonu i drewna. Pełnią również funkcje dekoracyjne, zapewniając odpowiednie krycie, różne stopnie połysku i wyszukaną teksturę.

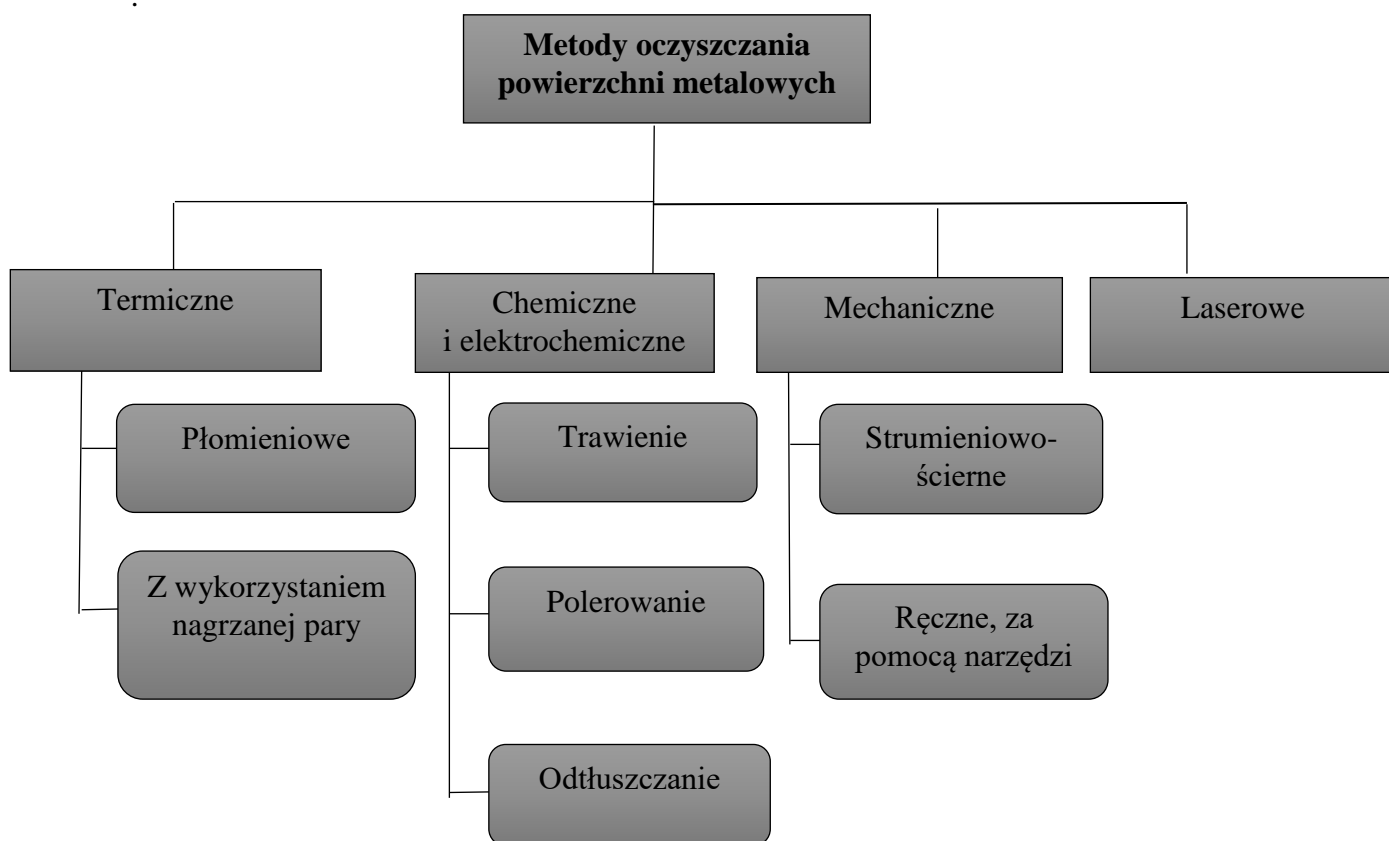
Wytwarzanie powłok malarskich polega na nakładaniu warstw farb, lakierów, żywic, czy emalii w postaci płynnej na powierzchnię przedmiotu, w celu osiągnięcia określonych właściwości fizykochemicznych. Do głównych składników materiałów malarskich można zaliczyć substancje powłokotwórcze, pigmenty, wypełniacze, rozcieńczalniki i środki pomocnicze. W zależności od zabezpieczanego podłoża i oczekiwanych właściwości dla danych warunków eksploatacyjnych, wyróżnia się systemy malarskie na bazie olejów, żywic epoksydowych, poliuretanowych, akrylowych, związków winylowych, czy pyłu cynkowego [1].

Ciągły rozwój technologii i wiedzy na temat inżynierii powierzchni pozwala na badanie i modyfikowanie powłok, w celu uzyskania lepszej adhezji powłoki do podłoża i osiągnięcia wyższych właściwości całego układu podłoże-powłoka. Dąży się do wzrostu dbałości

o środowisko, usprawniania procesu nakładania, poprawienia własności dekoracyjnych i eksploatacyjnych powłok. Istnieje szereg metod umożliwiających określenie własności i weryfikację poprawności stosowanych zabezpieczeń malarskich. Wyróżnia się między innymi metody mechaniczne, nieniszczące wizualnie. Niezwykle istotnym czynnikiem wpływającym na jakość i trwałość powłoki jest odpowiednie przygotowanie podłoża. Powierzchnia musi być pozbawiona wszelkich zanieczyszczeń i charakteryzować się dostateczną chropowatością, w celu zwiększenia przyczepności powłoki do podłoża. Do najczęściej stosowanych badań systemów malarskich zalicza się badanie grubości, odporności na korozję, przyczepności i odporności na rozwarstwienie.

2. WPLYW PRZYGOTOWANIA I CHROPOWATOŚCI PODŁOŻA NA PRZYZCZEPNOŚĆ POWŁOKI

Przygotowanie podłoża do malowania, polegające przede wszystkim na usunięciu zanieczyszczeń i nadaniu odpowiedniego stopnia chropowatości w celu zwiększenia powierzchni styku powłoki z podłożem, jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na jakość i trwałość powłoki. Jak wcześniej wspomniano, powłokami malarskimi pokrywa się różne materiały, w tym także stal i materiały metalowe, których metody oczyszczania przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Metody czyszczenia powierzchni metalowych[2]

Figure 1. Metal surface cleaning methods [2]

Oczyszczanie płomieniowe – metoda stosowana do powierzchni metalowych. W celu zniwelowania odkształceń stosuje się ją na elementy ścianek grubsze od 4 mm. Oczyszczanie polega na zastosowaniu palników acetylenowo - tlenowych lub acetylenowo – powietrznych na powierzchnię pokrytą starą farbą malarską, rdzą lub zgorzeliną (rysunek 2). Dzięki wysokiej temperaturze procesu zachodzi zwęglanie się starej powłoki, następnie ciepły metal pokrywa się granulującą warstwą w celu zabezpieczenia powierzchni przed powtórным odkształceniem metalu [2,3].



Rysunek 2. Oczyszczanie płomieniowe [4]

Figure 2. Scarfing [4]

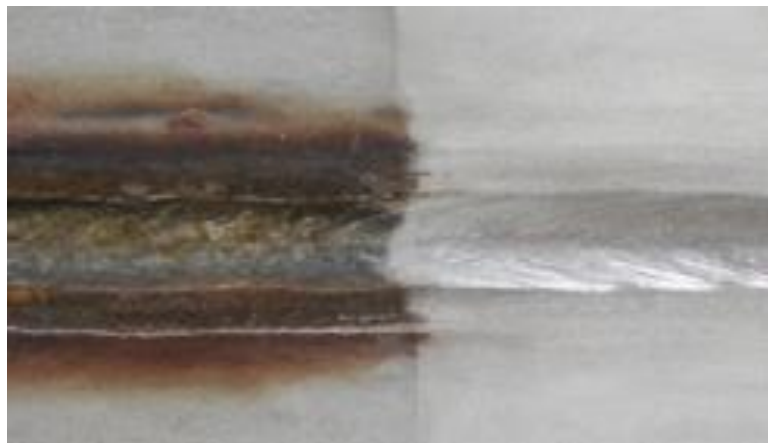
Oczyszczenie z wykorzystaniem nagrzanej pary – jest to nowoczesna metoda wykorzystywana w mechanice budowlanej i renowacji starych powłok, polegająca na skoncentrowaniu strumienia wody pod wysokim ciśnieniem na powierzchnię metalową (rysunek 3). Czyszczenie z wykorzystaniem pary jest o wiele bardziej skuteczne niż metoda płomieniowa, gdyż skutecznie rozpuszcza substancje trudne do usunięcia, bez efektu wpływu ciepła, wpływającego niekorzystnie na strukturę [5].



Rysunek 3. Oczyszczanie z wykorzystaniem nagrzanej pary [6]

Figure 3. Cleaning with the use of heated steam [6]

Trawienie – polega na eliminacji z warstwy wierzchniej przebarwień, tlenków oraz zanieczyszczeń. Pozostawienie zanieczyszczeń na powierzchni powoduje procesy korozyjne, które prowadzą do zniszczenia materiału wyjściowego. Trawienie jest dobrym sposobem oczyszczenia powierzchni po spawaniu lub usuwania pozostałości takich jakolej czy smar. Do trawienia używa się między innymi kwasu azotowego, fluorowodorowego oraz mieszaniny kwasów, rozpuszczalników organicznych (np. Scalpex NW). Przed procesem trawienia oczyszcza się powierzchnię wodą oraz za pomocą preparatów odłuszczejących. Proces trawienia materiału metalowego przed i po pokazano na rysunku 4 [7].



Rysunek 4. Trawienie powierzchni metalowej [8]

Figure 4. Digestion of metal surface [8]

Polerowanie – polega na nadaniu odpowiedniej gładkości oraz połysku przedmiotom obrabianym, wykorzystując do tego metody obróbki ścierniej, chemicznej lub elektrochemicznej (rysunek 5). Polerowanie chemiczne odbywa się bez udziału zewnętrznego źródła prądu i polega na rozpuszczaniu nierówności. W wyniku polerowania elektrochemicznego otrzymuje się metaliczny połysk, a chropowatość powierzchni obrabianego przedmiotu ulega zmniejszeniu [9].



Rysunek 5. Polerowanie metodą obróbki ścierniej [10]

Figure 5. Polishing by abrasive machining [10]

Odtłuszczenie – polega na usuwaniu m.in. wszelkich zanieczyszczeń tłuszczowych stanowiących pozostałości np. po ochronie antykorozyjnej, po obróbce skrawaniem itp. Proces ten może być realizowany różnymi metodami z wykorzystaniem odpowiednich środków odtłuszczających i za pomocą wielu urządzeń, między innymi odtłuszczenie emulsyjne polegające na zastosowaniu emulsji na zanieczyszczoną powierzchnię (rysunek 6) [11].



Rysunek 6. Odtłuszczenie emulsyjne [12]

Figure 6. Emulsion degreasing [12]

Oczyszczanie strumieniowo – ściernie – polega na skierowaniu strumienia specjalnie przygotowanego ścierniwa na powierzchnię materiału, który ma zostać oczyszczony (rysunek 7). Obecnie do tej techniki wykorzystuje się nie tylko piasek kwarcowy, ale też korund czy też szlakę pomiedziową. Obróbka może odbywać się na mokro bądź na sucho, jest skuteczną metodą przygotowania elementów metalowych, betonowych. Odtłuszczona i matowa powierzchnia w doskonały sposób wchłania farby podkładowe i powłoki, co przyczynia się do zwiększenia wytrzymałości i żywotności materiału [13].



Rysunek 7. Oczyszczanie strumieniowo – ściernie podłoża metalowego [14]

Figure 7. Metal substrate abrasive blasting [14]

Czyszczenie ręczne za pomocą narzędzi – czyszczenie powierzchni odbywa się za pomocą młotków do odpryskiwania rdzy i innych zanieczyszczeń, szczotek drucianych, szpatulek, papierów ściernych, skór ściernych, siatek drucianych, szmergla i skrobaków oraz wielu innych (rysunek 8) [15].



Rysunek 8. Narzędzia do ręcznego oczyszczania stali [16]

Figure 8. Tools for manual steel cleaning [16]

Czyszczenie laserowe – polega na usuwaniu impuls po impulsie zanieczyszczeń, tlenków, czy powłok z powierzchni materiału za pomocą lasera (rysunek 9). Proces ten opiera się na zjawisku ablacji laserowej, w której wysokoenergetyczne kwanty promieniowania laserowego wywołują obniżenie energii wiązań pomiędzy cząsteczkami, powodując odparowanie warstwy wierzchniej materiału. Proces czyszczenia laserowego może być wykonywany w procesach „na sucho” lub „na mokro”. Technologia ta jest bezkontaktowa, precyzyjna, przyjazna dla środowiska i nie wymaga użycia dodatkowych mediów, czy środków chemicznych [17].



Rysunek 9. Czyszczenie laserowe powierzchni metalowej [17]

Figure 9. Metal surface laser cleaning [17]

Przyczepność powłok do podłoża określa się za pomocą badania chropowatości oraz oceny czystości powierzchni. Obie te metody opisano poniżej.

Chropowatość powierzchni – cecha mierzalności warstw powierzchniowych. Do pomiaru stosuje się najczęściej metodę stykową stosując diamentowy stożek, szczególnie materiałów niejednorodnych strukturalnie, są to kompozyty o osnowie metali lekkich takich jak Al, Mg, Ti i polimerów lub powłok polimerowych, np. PTFE. Istotą pomiaru chropowatości (zgodnie z normą PN-EN ISO 8503-1:2012) metodą stykową jest przemieszczanie się diamentowego ostrza po badanej powierzchni. Ostrze to wywiera wyznaczony nacisk na powierzchnię. W sytuacji gdy naciski ostrza są większe niż naciski dopuszczalne dochodzi do plastycznych deformacji podłoża. Mimo małych sił nacisków (ok. 1mN) podczas przeprowadzania pomiarów chropowatości metodą stykową, igła plastycznie odkształca badany materiał i pozostawia wyraźny ślad, a głębokość śladu rośnie odpowiednio do spadku twardości badanego materiału [18].

W celu zapewnienia odpowiedniej przyczepności powłoki do podłoża oraz aby zwiększyć powierzchnię styku z podłożem, należy osiągnąć żądaną chropowatość, używając wzorca profilu powierzchni typu G (rysunek 9) [18].

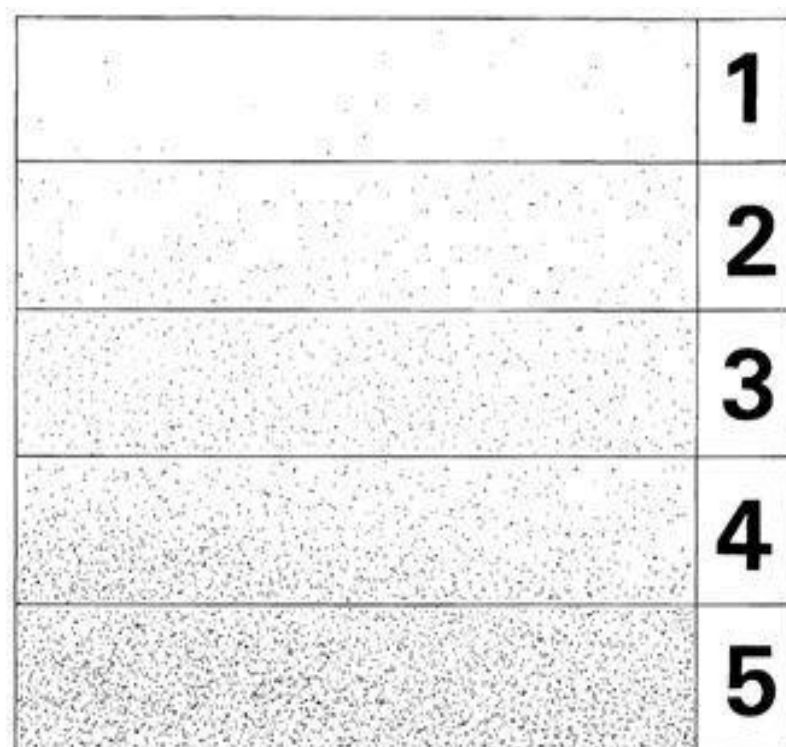


Rysunek 10. Wzorzec chropowatości typu G [19]

Figure 10. G roughness pattern [19]

Ocena czystości powierzchni – zgodnie z normą PN-EN ISO 8502-3:2017-03 określa wielkość i ilość cząstek kurzu na powierzchni. Przeprowadzana jest w celu ustalenia stanu wierzchniej części materiału. Zanieczyszczenia w postaci pyłu i kurzu muszą być usunięte z podłoża przygotowanego do dalszych czynności.

Należy stwierdzić obecność pyłu przez przetarcie powierzchni czystą białą szmatką. Ocena skuteczności odpylenia przeprowadza się przy pomocy paska taśmy samoprzylepnej o długości około 150mm. Pasek nakleja się na badaną powierzchnię, trzykrotnie przesuwając po nim kciukiem, kolejno nakłada się na kontrastowe podłoże i porównuje z rysunkiem wzorcowym, zobrazowanym na rysunku 11 [20].



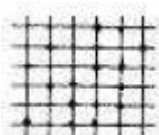
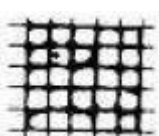
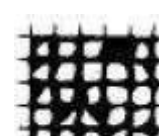
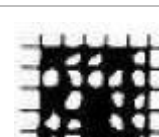
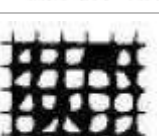
Rysunek 11. Rysunek wzorcowy odpowiadający stopniom oceny ilości kurzu [21]
Figure 11. Model drawing corresponding to the degree of dust assessment [21]

3. BADANIE ODPORNOŚCI NA ODWARSTWIENIE OD PODŁOŻA METODĄ SIATKI NACIEĆ

Badanie metodą siatki nacięć przeprowadza się poprzez wykonanie serii nacięć równoległych na odcinku około 20 mm, a następnie drugą serię pod kątem prostym do pierwszej serii w celu uzyskania siatki nacięć. Po wykonaniu siatki nacięć delikatnie oczyszcza się powierzchnię powłoki miękką szczoteczką lub chusteczką aby usunąć wszelkie luźne płatki powłoki. Nóż powinien być prowadzony jednym zdecydowanym ruchem jednostajnym o stałym nacisku tak dobranym, aby przeciąć powłokę aż do podłoża. Na siatkę nacięć nakleja się taśmę klejącą. Odrywanie rozpoczynamy po 5 minutach od przyklejenia taśmy pod kątem 60 stopni (wg normy ISO 2409). Po oderwaniu taśmy porównujemy widok siatki nacięć z wzorcami określającymi stopień przyczepności zawartymi w normie (Tab. 1). Możliwe jest również policzenie pól, które odpadły i odniesienie ich ilości do całkowitej ilości pól (100) [22].

Tablica 1. Klasyfikacja wyników badań metodą siatki nacięć [22]

Table 1. Classification of test results using the grid method [22]

Wygląd powierzchni	Klasyfikacja	Opis
-	0	Brak oderwania kwadratu z siatki nacięć.
	1	Niewielkie oderwanie płatków powłoki na krawędziach siatki nacięć. Powierzchnia uszkodzeń nie jest większa niż 5%.
	2	Wzdłuż linii cięcia siatki uwidacznia się odpadanie niewielkich płatków powłoki, widoczne małe oderwania powłoki oraz pęknięcia. Powierzchnia uszkodzeń większa od 5%, ale mniejsza niż 15%
	3	Powłoka odpada płatkami w całości bądź częściowo. Powierzchnia uszkodzeń większa niż 15%, ale nie przekracza 35%.
	4	Powłoka odpada płatkami częściowo lub w całości i/lub odpada w postaci długich wstążek, a wartość procentowa jest większa niż 35%, ale nie przekracza 65%.
	5	Stopnie powłoki, które nie mogą być zaliczone do 4

4. BADANIE PRZYCZEPNOŚCI METODĄ PULL-OFF ORAZ SCRATCH TESTU

Badanie przyczepności powłok malarskich często jest przeprowadzane metodą odrywową (tzw. pull-off) zgodnie z normą PN-EN ISO 4624:2004. W metodzie pull-off wyznaczana jest siła odrywająca obszar powłoki od podłoża. Badanie adhezji powłok malarskich polega na przyklejeniu do badanej powierzchni tzw. stempla pomiarowego, a następnie oderwaniu go przy wzroście naprężenia (Rys.12). Klej służący do przyklejenia stempla zazwyczaj jest na bazie żywic epoksydowych bądź poliestrowych. Po oderwaniu stempla ocenie podlega stan badanej powłoki oraz stempla, w celu ustalenia rodzaju oderwania. Badanie przyczepności powłok malarskich wykonuje się w temperaturze pokojowej ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) przy wilgotności powietrza $50 \pm 5\%$. Badanie adhezji przeprowadzane jest w warunkach laboratoryjnych,

a także w terenie w warunkach atmosferycznych. Zaleca się wykonanie co najmniej sześciu prób adhezji powłok malarskich [23-25].



Rysunek 12. Uchwyt stosowany w badaniu przyczepności powłok metodą pull-off [24]
Figure 12. Handle used in pull-off method of coating adhesion testing [24]

5. OZNACZANIE GRUBOŚCI POWŁOK

Jednym z ważniejszych kryteriów branych pod uwagę, przy ocenie jakości powłok malarskich jest ich grubość, która decyduje o tym czy dana powłoka spełni swe określone założenia czy też nie. Od grubości powłoki zależy przede wszystkim jej odporność korozyjna oraz mechaniczna. Badanie oznaczania grubości powłok wykonuje się zgodnie z normą PN-EN ISO 2808:2008. Wśród metod oznaczania grubości rozróżnia się metody badań mokrej oraz suchej powłoki malarskiej [26].

Badanie grubości mokrej powłoki malarskiej najczęściej wykonuje się na pomocą przyrządu grzebieniowego (Rys. 13). Badanie to polega na prostopadłym ułożeniu płaskiej płytki z zębami (tzw. grzebienia) na mokrej powierzchni i odczytaniu wartości między ostatnim mokrym, a pierwszym suchym zębem przyrządu [26, 27]



Rysunek 13. Grzebień pomiarowy grubości mokrej powłoki malarskiej [28]
Figure 13. Wet coating thickness measuring comb [28]

Inną metodą stosowaną przy badaniu mokrej powłoki malarskiej jest badanie przy pomocy krążka składającego się z trzech wystających pierścieni, równo oddalonych od siebie (Rys. 14). Metoda ta polega na dotknięciu mokrej powłoki pierścieniem środkowym, w wyniku którego powstaje odcisk wskazujący grubość powłoki malarskiej. Tego typu metoda wykorzystywana jest przy zakrzywionych powierzchniach [26, 27].



Rysunek 14. Przyrząd krążkowy służący do badania grubości mokrej powłoki malarskiej [28]
Figure 14. A disk device for testing the thickness of a wet paint coating [28]

W przypadku badania grubości suchej powłoki malarskiej wykorzystuje się metodę mechaniczną oraz metodę prądu wirowego. W metodzie mechanicznej grubość powłoki malarskiej oblicza się jako różnicę między całkowitą grubością podłoża wraz z powłoką, i grubością samego podłoża. Do tego typu pomiaru wykorzystuje się śrubę mikrometryczną bądź przyrząd tarczowy. Metoda wykorzystująca prądy wirowe wykorzystywana jest do mierzenia grubości powłok nieprzewodzących na metalowych podłożach niemagnetycznych. Przyrząd do badania grubości metodą prądów wirowych zawiera elektromagnes, który wywołuje zmienne pole elektromagnetyczne o wysokiej częstotliwości. Pomiar odbywa się na podstawie różnicy przewodności elektrycznej powłoki oraz podłoża [26,27].

Oznaczanie grubości przez nacięcie klinowe znajduje zastosowanie we wszystkich układach powłoka-podłoże i należy do niszczących metod oznaczania grubości suchej powłoki. Pomiar polega na zaznaczeniu kontrastowym flamastrem pola pomiarowego i wykonaniu pod ustalonym kątem nacięcia przecinakiem wyposażonym w narzędzie tnące w taki sposób, aby nacięcie wnikało w podłoże. Za pomocą mikroskopu o powiększeniu około 50x należy zmierzyć rzut połowy szerokości wykonanego nacięcia i obliczyć grubość za pomocą równania [26]:

$$t = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (5.1)$$

gdzie:

t – grubość powłoki,

b – rzut połowy szerokości nacięcia (od krawędzi do podłoża), oznaczony za pomocą mikroskopu,

α – kąt nacięcia.

Inną metodą pomiaru grubości jest metoda magnetyczna. Jej zaletą jest nieniszczący charakter oraz możliwość wykonywania badań poza warunkami laboratoryjnymi. Do pomiaru grubości powłoki stosuje się miernik działający na zasadzie przyciągania magnetycznego (Rys. 15). Grubość wyznacza się z siły, z jaką magnes odciągany jest od podłoża. Im mniejsza siła odciągania magnesu, tym większa grubość powłoki [26, 27].



Rysunek 15. Magnetyczny miernik pomiaru grubości suchej powłoki malarskiej [28]
Figure 15. Magnetic meter for measuring the thickness of dry paint coating [28]

6. PODSUMOWANIE

Wybór właściwego systemu malarskiego jest niezwykle istotnym elementem projektowania i zależy od takich czynników jak:

- rodzaj zabezpieczanego podłoża – w zależności od zastosowanego materiału podłoża, należy dobrać odpowiedni system malarski i grubość powłoki. Przed malowaniem konieczne jest określenie chropowatości i czystości powierzchni, w celu dobrania najlepszej powłoki malarskiej,
- oczekiwany czas trwałości – aby uniknąć częstych renowacji, należy wybrać system malarski o jak najwyższej trwałości. Wyróżnia się systemy malarskie o trwałości krótkiej (2-5 lat), średniej (5 do 15 lat) i długiej (powyżej 15 lat),
- rodzaj środowiska eksploatacyjnego – konieczne jest ustalenie w jakich warunkach system malarski będzie użytkowany, określenie wpływu czynników atmosferycznych i stopnia agresywności korozyjnej środowiska,
- sposób i czas aplikacji – w zależności od miejsca nakładania powłoki, umiejętności osoby wykonującej pracę i dostępnego sprzętu, należy dobrać system malarski, który będzie odpowiedni dla warunków nakładania.

Wymagania stawiane powłokom malarskim to między innymi łatwość i szybkość nakładania, wysokie własności kryjące, niski koszt i wysoka odporność na czynniki środowiska. W celu zapewnienia oczekiwanych własności, niezbędne są kontrole materiałów i procesów. W niniejszej pracy przedstawiono wybrane metody badania powłok malarskich, które pozwalają na określenie stanu podłoża i jakości nakładanych powłok, co przyczynia się do

dobrania najlepszego i najbardziej trwałego systemu malarskiego, w zależności od zastosowanego podłoża.

LITERATURA

1. P. Kula, Inżynieria warstwy wierzchniej, Łódź, 2002.
2. Kotnarowska D., Wojtyniak M., Metody badań jakości powłok ochronnych, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 2007
3. <http://bc.pollub.pl/Content/13007/PDF/przygotowanie.pdf> dostęp dnia 03.04.2020
4. http://plasmappoint.pl/wp-content/files/GCE_Palniki_podgrzewanie.pdf dostęp dnia 03.04.2020
5. <https://www.teknos.com/globalassets/teknos.pl/przewodnik-po-antykorozyji-pl.pdf> dostęp dnia 04.04.2020
6. http://zut-trocki.pl/?page_id=219 dostęp dnia 04.04.2020
7. <https://instalcompact.pl/pl/trawienie-stali-pasywacja-stali> dostęp dnia 04.04.2020
8. <https://www.chimimeca.pl/index.php?id=pl-trawienieipasywacja134809> dostęp dnia 04.04.2020
9. <http://pspaw-new.wip.pw.edu.pl/index.php/pspaw/article/view/577/583> dostęp dnia 04.04.2020
10. <http://www.sea-line.eu/pl/polerowanie-i-odnowienie-powierzchni/> dostęp dnia 04.04.2020
11. https://www.imbigi.pl/sites/default/files/projekty/2010_03s36.pdf dostęp dnia 05.04.2020
12. <https://farbyspecjalistyczne.pl./odtluszczanie-powierzchni-metalowych-przed-malowaniem/> dostęp dnia 05.04.2020
13. <https://www.teknos.com/globalassets/teknos.pl/przewodnik-po-antykorozyji-pl.pdf> dostęp dnia 05.04.2020
14. <https://zawiercie.lento.pl/piaskowanie-czyszczenie,1981332.html> dostęp dnia 15.04.2020
15. Praca zbiorowa, Ochrona przed korozją. Poradnik, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1986
16. <https://pl.wiktionary.org/wiki/mlotkowac> dostęp dnia 05.04.2020
17. T. Burakowski, J. Marczak, W. Napadłek, Istota ablacyjnego czyszczenia laserowego materiałów, PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, 2006
18. http://gliwice.impib.pl/images/wydawnictwa/Przetwstwo/PDFy/PT_18/PT2-18/PT2-18_38-46.pdf; dostęp dnia 06.04.2020
19. <https://www.lakiernictwo.net/dzial/158>; dostęp dnia 13.04.2020
20. <https://www.rafil.pl/kontrola-przygotowania-powierzchni-do-malowania/> dostęp dnia 10.04.2020
21. <https://docplayer.pl/52702637-Anna-rudawska-przygotowanie-powierzchni-do-klejania-wybranych-materialow-konstrukcyjnych.html> ;dostęp dnia 06.04.2020
22. PN-EN ISO 2409:2013-06 Farby i lakiery - Badanie metodą siatki nacięć
23. PN-EN ISO 4624:2004 Farby i lakiery. Próba odrywania do oceny przyczepności
24. D. Kotnarowska, M. Sirak, Metoda oceny adhezji powłoki akrylowej do stalowego podłoża, Badania 12/2015
25. Agencja Anticorr Gdańsk, Badanie grubości powłok malarskich konstrukcji stalowej narażonej na działanie agresywnego środowiska morskiego
26. PN-EN ISO 2808:2008 Farby i lakiery - Oznaczanie grubości powłoki

27. <https://www.lakiernictwo.net/dzial/143-artykuly-branzowe/artykuly/pomiary-grubosci-powlok-malarskich,1617/1> (dostęp 14.04.2020)
28. <https://anticorr.pl/krazek-pomiarowy-grubosci-powlok-na-mokro,p,542,182.html>