

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Pewne aspekty badania powłok antykorozyjnych elementów maszyn na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego SaMASZ Białystok

KAROLINA SOSNA¹, ANGELIKA MIKUTOWICZ¹, KRZYSZTOF KRYSZOSIAK², JERZY JAROSZEWICZ³

¹WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ, KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ, ²WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ,

³STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE WYNAŁAZCZOŚCI I RACJONALIZACJI WYDZIAŁU INŻYNIERII ZARZĄDZANIA POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ, KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Słowa kluczowe: malowanie proszkowe, kataforeza, ubytki korozyjne, procesy technologiczne

STRESZCZENIE:

W pracy zaprezentowano wybrane aspekty badań powłok antykorozyjnych elementów maszyn na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego SaMASZ Białystok. Omówiono główne metody nanoszenia powłok lakierniczych, którymi są malowanie proszkowe oraz kataforeza. W pracy zebrano informacje na temat metod badania ubytków korozyjnych oraz procesów technologicznych kataforezy i malowania proszkowego. Przedstawiono wyniki pomiarów grubości powłok lakierniczych naniesionych metodą malowania proszkowego na badane próbki elementów maszyn, które wykazały znaczne różnice ich grubości, od ok. 100 μm aż do prawie 160 μm . Przeprowadzono symulację skrócenia czasu utrwalaania farby o 10 minut dla jednej suszarki eksploatowanej w trybie pracy dwuzmianowej, z której wynika, że pomimo skrócenia czasu pracy suszarki z 30 do 20 minut zachowane zostają założone parametry jakościowe powłok. Wykazano, że kataforeza jest skuteczniejsza pod względem antykorozyjnym niż malowanie proszkowe i może być stosowana do pokrywania powłokami lakierniczymi powierzchni niewidocznych (wewnętrznych).

Certain aspects of the testing of corrosion protection coatings for machine elements, for example by the SaMASZ Białystok production company

Keywords: powder coating, cataphoresis, corrosion defects, technological technologies

ABSTRACT:

In this paper, certain aspects of the test of anticorrosion coating of machine elements were presented on the example of SaMASZ Białystok production company. The main methods of painting are powder coating and cataphoresis. In this paper we will find information on the methods of corrosion loss testing as well as on the technological processes of cataphoresis and powder coating. The results of paint coating thickness measurements in the tested samples and machine components are presented, which showed significant differences ranging from approx. 100 μm up to almost 160 μm . The simulation of shortening the time of paint fixation by 10 minutes was performed, for one dryer operating in two-shift mode, from which it follows that by shortening the dryer's working time from 30 to 20 minutes saved time maintaining the assumed quality parameters of the coating. It has been shown that cataphoresis is more effective against corrosion than painting powder and can be used to coat non-visible surfaces with paint coatings (internal).

1. METODY NANOSZENIA POWŁOK LAKIERNICZYCH NA ELEMENTY MASZYN

Malowanie proszkowe polega na nakładaniu naelektryzowanych cząstek (od ok. 20 do ok. 100 μm) farby proszkowej na powierzchnię przewodzącą, np. metalu. Osadzona warstwa proszku utrzymuje się na powierzchni malowanego detalu dzięki siłom elektrostatycznym [1, 4-6, 12].

Do takiego rodzaju zabezpieczeń stosuje się różne odmiany farb. Najbardziej popularne to:

- epoksydowe – dają one powłokę twardą, odporną na zarysowania, uderzenia itp. oraz są odporne na działanie czynników chemicznych,
- poliestrowo-epoksydowe – dają powłokę odporną na przegrzanie, mogą być stosowane do malowania przedmiotów mających bezpośredni kontakt z żywnością, np. sprzętu gospodarstwa domowego,
- poliestrowe – przeznaczone do malowania przedmiotów narażonych na działanie czynników atmosferycznych (np. sprzętu gospodarczego i ogrodniczego, aluminiowej stolarki okiennej i drzwiowej, elementów fasad budynków, części rowerów, motocykli itp.) [1].

1.1 Etapy malowania proszkowego

Pierwszym etapem jest dokładne mycie elementu poddawanego malowaniu w celu usunięcia zanieczyszczeń (pyłów, kurzu, tłuszczu) i innych

drobinek, które powodują nierówności w powłoce i mogą ją osłabiać. Następnie nakłada się zabezpieczenie antykorozyjne w postaci fosforanów żelaza i suszy całą powierzchnię detalu.

Nieprawidłowe albo niekompletne przygotowanie powierzchni powoduje:

- zmniejszenie przyczepności powłoki do podłoża,
- zmniejszenie gładkości powierzchni,
- rozwój korozji podpowłokowej.

Drugim etapem jest aplikacja farby przy użyciu specjalnych pistoletów, które rozpylają jej cząstki na powierzchni uziemionego elektrycznie detalu. Dzięki temu, że proszek jest naładowany dodatnio, bardzo dobrze przylega do malowanego elementu [2, 7].

Celem ostatniego etapu jest utwardzenie nałożonej warstwy naniesionego proszku. Dzięki wykorzystaniu wysokiej temperatury naniesiona warstwa proszku ulega polimeryzacji i uzyskuje odpowiednie właściwości powłoki, takie jak trwałość oraz odporność na uszkodzenia mechaniczne i działanie czynników zewnętrznych.

W malowaniu proszkowym stosuje się dwie podstawowe techniki elektryzacji i nakładania farby proszkowej:

- natrysk elektrostatyczny – metoda wysokonapięciowa 40-100 kV, potocznie zwana „koroną”,
- natrysk elektrokinetyczny – metoda triboelektryzacji, tarciowa, zwana „tribo”.

Przedmioty pokryte farbami proszkowymi utrwalają się konwekcyjnie w suszarkach w temperaturze od 100 do 200°C. Dalsze operacje technologiczne lub transport do innych wydziałów wymagają wystudzenia elementów do temperatury 30-40°C. Niekiedy, aby przyspieszyć proces studzenia, stosuje się nawiew chłodnego powietrza lub rozpylanie wody [1, 5, 8, 11].

Na hali malarni proszkowej firmy „SaMASZ” zainstalowane są cztery kabiny do napyłania farb proszkowych: jedna jednostanowiskowa i trzy dwustanowiskowe. Napyłanie farb proszkowych wykonuje się za pomocą urządzeń, tzw. pistoletów, firm: Wagner i RBC-Tech Białystok [4].

1.2 Malowanie kataforetyczne

Kataforeza jest jedną z najnowocześniejszych technologii stosowanych do nakładania powłoki lakierniczej na różnego rodzaju przedmioty metalowe – w szczególności na detale stalowe, ocynkowane, aluminiowe oraz żeliwne w celu zabezpieczenia antykorozyjnego. Metoda ta jest inaczej nazywana malowaniem elektroforetycznym wykorzystującym zjawisko elektroforezy [3]. Polega ono na pokryciu farbą wodorozcieńczalną zanurzonego w niej przedmiotu przy wykorzystaniu prądu elektrycznego. Tym samym powierzchnia przedmiotu jest pokrywana przez naładowane elektrycznie cząstki farby migrujące wzdłuż linii pola elektrycznego, dzięki czemu farba dociera do miejsc niedostępnych do pomalowania każdą inną metodą. Osadzona warstwa polimeru nie przewodzi prądu, więc malowana powierzchnia pokrywa się stopniowo od miejsc najbliższych przeciwelektrodzie do miejsc najtrudniej dostępnych i ma równomierną, lecz niezbyt dużą grubość. Grubość powłoki jest częściowo zależna od zastosowanej wartości napięcia i wynosi od 10 do 50 mikrometrów [3, 9, 10].

W kataforezie pokrywany przedmiot jest katodą. Nałożona na przedmiot nawet o skomplikowanym kształcie warstwa powłoki kataforetycznej ma bardzo dobrą szczelność oraz dobrą odporność na czynniki atmosferyczne i skutecznie zabezpiecza metalowe podłoże przed niszczącym działaniem czynników wywołujących korozję materiału rodzimego. Uzyskana powłoka spełnia wysokie wymagania odporności przed korozją potwierdzone wynikami testów w komorze solnej w agresywnych środowiskach, przy obecności wilgoci, ciepła i soli (np. wytrzymuje do 1000 godzin w teście neutral-

nej mgły solnej NSS – Neutral Salt Spray – PN-EN ISO 9227). Ponadto powłoka ta charakteryzuje się wysokimi walorami estetycznymi, a proces wytwarzania małą uciążliwością dla środowiska naturalnego ze względu na niewielką ilość ścieków oraz małą emisję zanieczyszczeń lotnych podczas polimeryzacji. Jest także metodą bardzo wydajną, co ma przełożenie na jej konkurencyjność w stosunku do innych metod. Słabą stroną jest szkodliwość działania promieni UV na powłokę, dlatego na powierzchni bezpośrednio na nie narażone zaleca się odpowiednie zabezpieczenie. Instalację do malowania elektroforetycznego stanowi linia składająca się z szeregu wanien, w których zachodzą procesy: przygotowania powierzchni, w tym fosforanowania cynkowego (Rys. 1), nakładania powłoki i polimeryzacji.



Rysunek 1 Wanna służąca do malowania KTL.

Źródło: opracowanie własne

Pierwszym zadaniem przygotowania powierzchni jest jej odtłuszczenie, dlatego elementy przeznaczone do malowania nie mogą mieć trudno usuwalnych zanieczyszczeń, ciał obcych czy ognisk korozji.

Drugim zadaniem jest nałożenie na wolną od zanieczyszczeń powierzchnię mikrokrystalicznej, szczelnej powłoki fosforanów cynku, niklu i manganu, o odpowiedniej gęstości. Gwarantuje ona doskonałą przyczepność farby kataforetycznej do podłoża oraz najlepszą barierę ochronną [3, 9, 10]. Po dokładnym wypłukaniu w wodzie Demi i uzyskaniu konduktywności poniżej 30 μS następuje pokrycie detali powłoką lakierniczą z odpowiednim doбором parametrów, po czym następuje płukanie z ultrafiltracją farby i odmuchanie skroplin wody.

Kolejnym bardzo ważnym podprocesem jest polimeryzacja, czyli sieciowanie farby poprzez wygrzewanie pomalowanych wcześniej elementów, dzięki czemu odpowiednio utwardzona farba tworzy jednolitą i estetyczną powłokę. Każdy element ma dostosowywany czas oraz temperaturę wygrzewania stosownie do rodzaju materiału, z jakiego jest wykonany. Po zakończeniu podprocesu polimeryzacji detale muszą ostygnąć. Ostatnim procesem jest ich kontrola ostateczna oraz pakowanie zgodnie z wymaganiami klienta.

Maksymalne gabaryty wsadu do wanny to:

- długość – 3100 mm,
- szerokość – 850 mm,
- wysokość – 1500 mm.

2. METODY BADANIA UBYTKÓW KOROZYJNYCH

Do metod badania ubytków korozyjnych zaliczamy [3, 4, 11]:

• **Techniki detekcji pola elektromagnetycznego.** Techniki elektromagnetyczne mogą być z powodzeniem wykorzystywane do lokalizacji wżerów korozyjnych lub innych defektów wychodzących na powierzchnię, z wykorzystaniem pojedynczych sensorów lub agregatu czujników w postaci tablic, mających za zadanie wykrywanie zmian indukcji pola elektromagnetycznego.

• **Metoda impulsowych prądów wirowych.** Technika ta (nazywana w skrócie PEC – *Pulsed Eddy Current method*) polega na detekcji zaniku pola elektromagnetycznego emitowanego przez prądy wirowe powstające w badanym, skorodowanym obszarze. Prądy wirowe są indukowane przez impulsowe pole elektromagnetyczne o niskiej częstotliwości emitowane z nadajnika impulsów. Zaletą tej bezkontaktowej metody pomiarowej jest możliwość głębokiej penetracji (także przez warstwy izolacji) w celu wykrycia korozji w obiektach ferrytycznych. Jest to podstawowa metoda badania ubytków korozyjnych elementów izolowanych bez konieczności bezpośredniego kontaktu. Przemysłowym zastosowaniem technologii impulsowych prądów wirowych, opatentowanej przez firmę ARCO z USA, jest system INCOTEST (Insulated Component TEST) rozwinięty w holenderskiej firmie Rontgen Technische Dienst BV.

INCOTEST – nowa metoda kontroli izolowanych elementów ferrytycznych – jest to unikalna technologia badania grubości ścianki (zmian grubości wskutek ubytków korozyjnych) ferrytycznych rur i zbiorników poprzez izolację termiczną, w sposób

bezkontaktowy, na powierzchniach chropowatych lub zabrudzonych, jak również o podwyższonej temperaturze.

Urządzenie INCOTEST rejestruje osłabienie sygnału od impulsowych prądów wirowych pochodzących z badanego obszaru stalowego obiektu. Wyciąga średnią grubość ścianki przez porównanie jej z sygnałem z wzorca kalibracyjnego o znanej grubości ścianki i z materiału, z którego wykonany został badany obiekt. Wyniki pomiarów obarczone są pewnym błędem wynikającym z niejednorodnych własności magnetycznych i elektrycznych oraz zmienności temperatury badanego materiału. Pomiar trwa od 2 do 40 sekund w zależności od badanej grubości ścianki. Wyliczona aktualna grubość i potwierdzenie ważności pomiaru są wyświetlane na ekranie i archiwizowane do **późniejszego przetwarzania**.

System INCOTEST jest urządzeniem do szybkich badań i łatwym w stosowaniu. Przy przeprowadzaniu testów urządzeniem nowej generacji, ekipa dwuosobowa może zbadać dziennie do 1000 punktów pomiarowych w zależności od dostępności obiektu. INCOTEST daje dobrą powtarzalność wyników i może być wykorzystywany zarówno do detekcji, jak też do monitorowania stanu obiektu. Typowe zastosowania systemu INCOTEST w diagnostyce przemysłowej to: wykrywanie ubytków korozyjnych w instalacjach rurociągowych i zbiornikach pod izolacją; wykrywanie erozji materiału w instalacjach do transportu mediów; kontrola rurociągów podmorskich bez konieczności zdejmowania osadów pochodzących z wody i od organizmów morskich; możliwość kontrolowania obiektów o podwyższonych temperaturach.

• **Metoda wypływu strumienia magnetycznego – MFL.** Technika ta zwana w skrócie MFL (*Magnetic Flux Leakage* – wyciek strumienia magnetycznego) polega na obserwacji zjawiska wypływu strumienia indukcji magnetycznej nad powierzchnię elementu w miejscu, w którym nastąpiła znaczna redukcja jego przekroju (grubości).

• **MINI-FLOORSCANNER** – jest to zminiaturyzowana, kompaktowa wersja systemu Floorscanner o zminimalizowanej wysokości. Umożliwia ona wykonywanie badań w miejscach o ograniczonym dostępie. Występuje w wersji sterowanej ręcznie lub zdalnie sterowanej wersji zautomatyzowanej. Może być wykorzystywana do badania niedostępnych miejsc den oraz ścian zbiorników magazynowych i ciśnieniowych, także na powierzchniach lekko zakrzywionych. Wydajność badania przez to

urządzenie wynosi do 150 m²/dzień. Dopuszczalna grubość badanych blach wynosi 15 mm (pokrycie laminatem do 2 mm), a wykrycie ubytku korozyjnego jest sygnalizowane optycznie (diody) i dźwiękowo.

3. BADANIE PRZYPĘCNOŚCI POWŁOK LAKIERNICZYCH W STOSOWANE W PRZEDSIĘBIORSTWIE SAMASZ

Badanie przyczepności powłok lakierniczych metodą siatki nacięć jest jednym z trzech rodzajów badań jakościowych powłok lakierniczych wykonanych w technice proszkowej, jakie są prowadzone przez upoważnione osoby z działu kontroli jakości w przedsiębiorstwie „SaMASZ”. Badanie takie wykonuje się mniej więcej raz w tygodniu, na przygotowanej wcześniej referencyjnej próbce z blachy stalowej z naniesioną i utrwaloną farbą proszkową, gdyż jest to metoda niszcząca i nie można zastosować jej na wytwarzanych produktach. Po badaniu próbki są zachowywane w celu późniejszej weryfikacji dokonanych testów. Każda próbka jest podpisana imieniem i nazwiskiem wykonującego badanie oraz zawiera krótką informację o sposobie jej przygotowania.

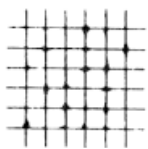
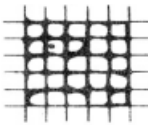
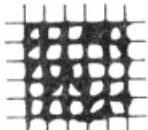
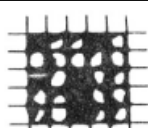
Oprócz badania przyczepności przedsiębiorstwo wykonuje badanie grubości powłoki lakierniczej za pomocą elektronicznego przyrządu do pomiaru grubości powłok ETG Mini firmy ETG.

Norma ISO2409 nie jest jedyną normą standaryzującą badanie przyczepności powłok lakierniczych metodą siatki nacięć. Oprócz ISO metodę tę opracowały jeszcze między innymi: Stowarzyszenie Przemysłu Motoryzacyjnego (VDA 621-411), British Standards (BS), Niemiecki Instytut Normalizacyjny (DIN) oraz Amerykańskie Stowarzyszenie Badań i Materiałów (ASTM D 3359).

Trzecim rodzajem badań powłok lakierniczych jest badanie próbek w tzw. kąpielach solnych. Badanie to jest wykonywane przez zewnętrzną firmę i z racji na koszt jest wykonywane średnio raz na pół roku.

Badanie przyczepności powłok lakierniczych ma na celu sprawdzenie, jaki wpływ na przyczepność powłoki lakierniczej wywiera czas utrwalaania farby proszkowej. Według danych producenta farby czas utrwalaania potrzebny do polimeryzacji farby proszkowej to 10 minut przy temperaturze elementu 170°C. Standardowy czas wypalania elementów pokrytych farbą proszkową na linii, na której wykonano badanie, wynosił 30 minut. Czas

Tabela 1 Klasyfikacja przyczepności powłoki metodą siatki nacięć

Opis	Powierzchnia	Norma: BS/ISO/DIN	Norma: ASTM
Krawędzie siatki nacięć są gładkie, żaden kwadrat powłoki z siatki nacięć nie został oderwany		0	5B
Oderwane jedynie niewielkie płatki powłoki na krawędziach siatki nacięć. Żaden kwadrat z prostokątnej siatki nacięć nie został oderwany. Całkowita powierzchnia uszkodzonej powłoki nie jest większa od 5%		1	4B
Powłoka odpada niewielkimi płatkami wzdłuż linii cięcia siatki oraz widoczne są pęknięcia i oderwania małych kawałków powłoki pomiędzy liniami siatki. Łączna powierzchnia uszkodzeń większa od 5%, ale nie przekracza 15%		2	3B
Powłoka odpada płatkami wzdłuż nacięć częściowo lub w całości w postaci długich wstążek i/lub odrywa się płatkami w części lub całości z kwadratów siatki nacięć. Powierzchnia uszkodzeń większa niż 15%, a mniejsza niż 35%		3	2B
Powłoka odpada płatkami wzdłuż nacięć w postaci długich wstążek i/lub odrywa się płatkami w części lub całości z kwadratów siatki nacięć. Powierzchnia uszkodzeń większa niż 35%, a mniejsza od 65%		4	1B
Każdy stopień odrywania się powłoki, który nie może być zaklasyfikowany jako 4		5	0B

Źródło: opracowanie własne, na podstawie normy ISO2409 oraz BS/DIN/ASTM

załadunku wsadu do komory suszarki wynosi ok. 5 minut, natomiast czas nagrzania się komory do temperatury roboczej 210°C wynosi w przybliżeniu ok. 30 minut.

Badanie przyczepności powłok lakierniczych metodą siatki nacięć zostało przeprowadzone w firmie „SaMASZ” w dniach 6-7.12.2010. Do badania wykorzystano próbki stali w postaci kawałków blachy o wymiarach ok. 100 × 150 mm i grubości 1,5; 3; 5 i 6 mm. Próbki o różnej grubości oznaczono symbolami literowymi: A, B, C i D oraz dodatkowo liczbami wskazującymi czas utrwalania: 10, 15, 20, 30 min. Próbki pokryto farbą proszkową firmy Worwag Woralit W899G Pulverlack w kolorze pomarańczowym wg skali RAL 2008 – w tym czasie w firmie „SaMASZ” produkowano pługi śnieżne, które malowano właśnie taką farbą. Zalecany przez producenta czas utrwalania farby wynosi 10 minut przy temperaturze elementu 170°C. Próbki użyte do badania zostały przygotowane podczas normalnej dziennej pracy na hali malarni proszkowej z wykorzystaniem urządzeń aktualnie uczestniczących w procesie produkcji pługów śnieżnych.

1) Przygotowanie powierzchni

Powierzchnie próbek A10, A20 i A30 o grubości 1,5 mm zostały przygotowane poprzez chemiczne fosforanowanie w myjce natryskowej komorowej TW – 0262.

Powierzchnie próbek B10, B20, B30, C15 i D30 o grubościach 3, 5 i 6 mm zostały oczyszczone mechanicznie za pomocą oczyszczarki wirnikowej hakowej OWH – 1,0 × 1,5 w procesie śrutowania.

2) Nakładanie farby proszkowej

Nakładanie farby proszkowej wykonane zostało z wykorzystaniem kabiny proszkowej KMP-1,4/6F oraz pistoletu Wagner PEM-C4.

3) Utrwalanie farby proszkowej

Próbki z naniesioną farbą proszkową zostały utrwalone w suszarce konwekcyjnej olejowej firmy „Promal” Wieruszów PO-1/16/22/40-2D-G.

Po pierwszych dziesięciu minutach procesu utrwalania wyjęto dwie próbki: A10 i B10, po następnych dziesięciu minutach kolejne dwie: A20 i B20, natomiast próbki A30 i B30 wyjęte zostały na koniec cyklu utrwalania, wraz z całą zawartością wsadu. Próbki C15 i D30 zostały przygotowane podobnie.

Do wykonania testu metodą siatki nacięć został wykorzystany nóż firmy Erichsen model 295. Jest to nóż o sześciu ostrzach rozstawionych co 2 mm od siebie – jest przygotowany do badania przy-

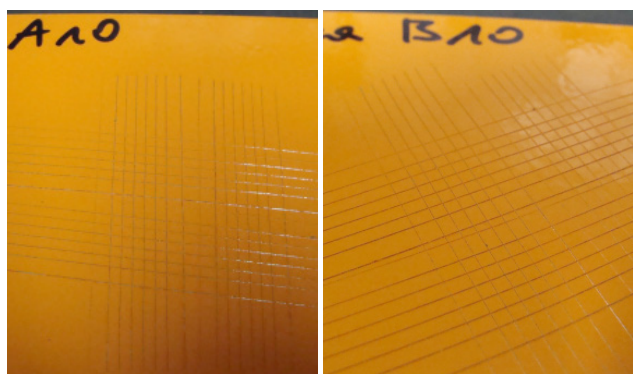
czepności powłok lakierniczych o grubościach od 60 µm do 120 µm zgodnie z obowiązującymi normami.

Po nacięciu próbek testowano je przy pomocy taśmy adhezyjnej w sposób określony przez normę. Badanie przeprowadzone w przedsiębiorstwie „SaMASZ” wykazało doskonałą przyczepność naniesionych metodą proszkową powłok lakierniczych do elementów metalowych, bez względu na czas utrwalania w suszarce, pod warunkiem zachowania minimalnych parametrów zalecanych przez producenta farby proszkowej.

4. PRZEGLĄD PRÓBEK PODDANYCH BADANIU METODĄ SIATKI NACIĘĆ W PRZEDSIĘBIORSTWIE SAMASZ

Badanie przeprowadzone metodą siatki nacięć wg normy ISO 2409 wykazało doskonałą przyczepność naniesionych metodą proszkową powłok lakierniczych do elementów metalowych. Wszystkie badane próbki osiągnęły poziom 0 wg normy ISO 2409 (Tab. 1).

Poniżej przedstawiono zdjęcia próbek po badaniu metodą siatki nacięć, zgodnie z normą ISO2409.

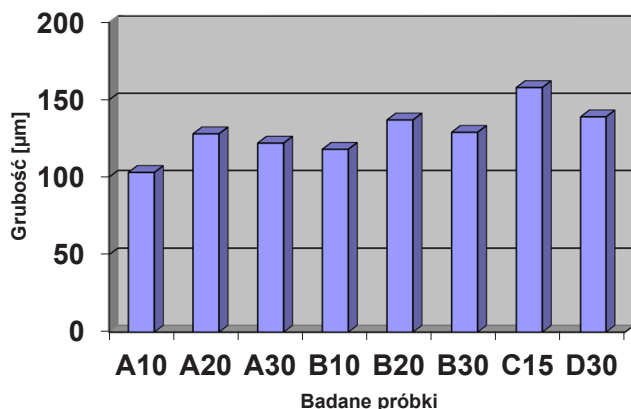


Rysunek 2 Próbki A10 i B10 po wykonaniu badania metodą siatki nacięć.

Źródło: opracowanie własne

Dodatkowo każdą z wyżej zaprezentowanych próbek poddano pomiarom grubości warstwy lakierniczej. Producent farby proszkowej Worwag Woralit W899G Pulverlack zaleca grubość powłoki lakierniczej wynoszącą 50-80 µm.

Znaczne przekroczenie tego progu może skutkować niepożądanymi następstwami w postaci defektów powłoki lakierniczej, jakim jest np. efekt skórki pomarańczowej, który może być wywołany poprzez zbyt cienką lub zbyt grubą warstwę powłoki lakierniczej.



Rysunek 3 Zestawienie grubości powłok lakierniczych badanych próbek.

Źródło: opracowanie własne

Na powyższym wykresie (Rys. 3) przedstawiono wyniki pomiarów grubości powłoki lakierniczej w badanych próbkach. Pomiaru te wskazały znaczne różnice grubości wynoszące od ok. 100 µm aż do prawie 160 µm. Powodem tak dużych różnic grubości powłoki może być nieumiejętne napalenie farby proszkowej.

Poniżej w Tabeli nr 2 przedstawiono symulację oszczędności czasu w procesie utrwalania farby proszkowej. Jest to symulacja skrócenia czasu utrwalania farby o 10 minut dla jednej suszarki pracującej w trybie pracy dwuzmianowej, tj. od 7:00 do 21:00. Z poniższej symulacji wynika, że

poprzez skrócenie czasu pracy suszarki z 30 do 20 minut zaoszczędzona ilość czasu wystarczy na utrwalenie dwóch dodatkowych wsadów w ciągu dwuzmianowego dnia pracy, co stanowi zwiększenie produktywności procesu utrwalania o ok. 15,5%.

5. OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW BADAŃ

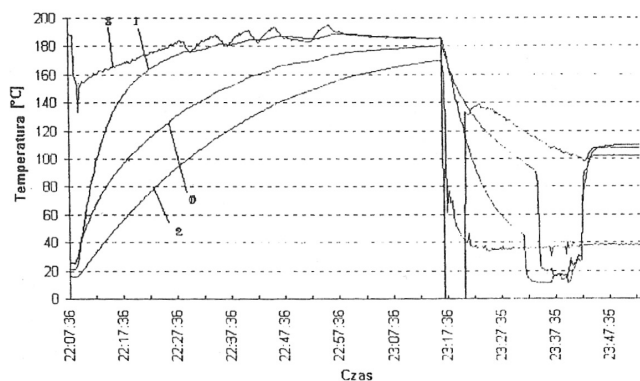
Przeprowadzony test przyczepności udowodnił, że możliwe byłoby skrócenie czasu utrwalania nawet o 15-20 minut w przypadku elementów takich jak osłony czy płaskowniki o grubości 1,5-4 mm, ale w warunkach produkcyjnych nie zawsze jest możliwe takie dobranie wsadu do suszarki, aby znajdowały się w nim tylko elementy podobnej wielkości i grubości. Optymalne byłoby dobranie wsadu suszarki z elementami o zbliżonej wielkości i grubości – wówczas proces utrwalania przebiegałby efektywniej.

Pomiary temperatury elementów utrwalanych w suszarce konwekcyjnej (Rys. 4) przeprowadzone przez pracowników naukowych Politechniki Białostockiej i przedstawione na VI Sympozjum na temat „Symulacja, pomiary i diagnostyka w elektrotermii” wykazały, że elementy o dużej grubości wolniej się nagrzewają, czyli później osiągną optymalną temperaturę [5].

Tabela 2 Symulacja czasu pracy suszarki w trybie 30- i 20-minutowym

Czas pracy suszarki 30 minut			Skrócenie czasu pracy suszarki do 20 minut		
Rozgrzewanie	Start	Koniec	Rozgrzewanie	Start	Koniec
07:00	07:30	08:00	07:00	07:30	07:50
08:05	08:40	09:10	07:55	08:25	08:45
09:15	09:45	10:15	08:50	09:20	09:40
10:20	10:50	11:20	09:45	10:15	10:35
11:25	11:55	12:25	10:40	11:10	11:30
12:30	13:00	13:30	11:35	12:05	12:25
13:35	14:10	14:40	12:30	13:00	13:20
14:45	15:15	15:45	13:25	13:55	14:15
15:45	16:15	16:45	14:20	14:50	15:10
16:50	17:20	17:50	15:15	15:45	16:05
17:55	18:30	19:00	16:10	16:40	17:00
19:05	19:35	19:55	17:05	17:35	17:55
20:00	20:30	21:00	18:00	18:30	18:50
			18:55	19:25	19:45
			19:50	20:20	20:40

Źródło: opracowanie własne

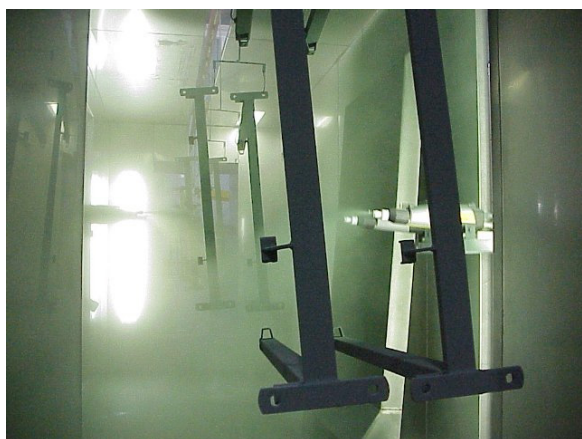


Rysunek 4 Zmiany temperatury na powierzchni elementów: 0 – wsporniki, 1 – osłony, 2 – ramy grubościennne, 3 – płaskowniki. Źródło: [6]

Nakładanie zbyt grubej warstwy lakierniczej wiąże się z nadmiernymi kosztami, które ponosi właściciel firmy. Jak podaje producent farby, przy zalecanej grubości 50-80 μm wydajność farby proszkowej wynosi 8-12 m^2/kg w zależności od jej koloru. Przy zastosowaniu powłok lakierniczych o grubości takiej jak w badanych elementach wydajność farby proszkowej może ulec obniżeniu nawet do 50% do poziomu wydajności, do wartości 4-6 m^2/kg , co drastycznie zawyży koszt zużytej farby.

Rozwiązaniem tego problemu byłoby zastosowanie automatycznej linii do napyłania farb proszkowych, jedynie z ręcznym stanowiskiem do dopylania trudno dostępnych miejsc. Zalety automatycznej aplikacji farb proszkowych to [1, 2, 8]:

- stała ilość proszku naniesionego na elementy,
- jednolita grubość powłoki lakierniczej na całej powierzchni wszystkich elementów,
- eliminacja defektów powłok lakierniczych wynikających z nanoszenia zbyt grubej warstwy farby proszkowej,
- wydajniejszy proces malowania proszkowego,
- mniejsze koszty zużytej farby.



Rysunek 5 Kabina malarska do automatycznej aplikacji farb proszkowych. Źródło: [8]

Zdjęcie (Rys. 5) przedstawia przykładową kabinę do automatycznej aplikacji farb proszkowych. Takie rozwiązanie ułatwia równomierne nakładanie farb proszkowych na przedmiotach o różnej wielkości.

6. PODSUMOWANIE

Podsumowując, należy stwierdzić, że kataforeza jest skuteczniejsza pod względem antykorozyjnym i jest stosowana do pokrywania powierzchni niewidocznych (wewnętrznych), a szybkość elektroosadzania powłoki jest proporcjonalna do napięcia pola elektrycznego w określonym miejscu, co jest regulowane wielkością stabilizowanego napięcia prądu stałego podawanego z prostownika, jednak w zakresie przewidzianym przez producenta określonej farby i zawartości w niej części stałych regulatorem grubości powłoki jest wielkość napięcia i gęstość prądu oraz czas elektroosadzania powłoki. Kataforeza charakteryzuje się większą penetracją farby w mikroszczelinach powierzchni wyrobu, a czas nakładania powłoki wynosi do ok. 3 min. Po tym czasie grubość powłoki niewiele się zwiększa i jak widać z przykładowych wykresów, krzywa zbliża się asymptotycznie do linii poziomej, co jest zgodne z mechanizmem tego procesu.

Malowanie proszkowe służy poprawie estetyki i kolorystyki powłok lakierniczych i jest stosowane głównie do powierzchni zewnętrznych. W wyniku malowania otrzymujemy równomierną powłokę, która może maskować niedokładności obróbki mechanicznej malowanego podłoża. Powłoki charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi i wysoką odpornością na działanie czynników chemicznych.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa, Powłoki malarsko-lakiernicze. Poradnik, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne III 1983, Warszawa.
- [2] Cywiński K., Barmuta P., Kozłowska A., Nowoczesne metody malowania proszkowego, Materiały Szkoleniowe, Warszawa.
- [3] Kozłowska A., Jednozabiegowe fosforanowanie metali, Powłoki ochronne 1-3, 1991, Warszawa.
- [4] Technologie, procesy i urządzenia elektrostatyczne oraz jonowe, VI Sympozjum Symulacja, pomiary i diagnostyka w elektrotechnologii, VI Sympozjum N-T 1997, Białystok.
- [5] Cywiński K., Zagadnienia teoretyczne i konstrukcyjne elektrostatycznych urządzeń technologicznych, Wyd. P.B. 1989.
- [6] Pietchmann J., Powder coatings. Failures and analyses. Hanover 2004.
- [7] Cywiński K., Barmuta P., Kozłowska A., Nowoczesne metody malowania proszkowego, Materiały Szkoleniowe.
- [8] Adamczak M., Powłoki ochronne, 1974.
- [9] Stężyła S., Żak S., Mycie, malowanie renowacyjne i konserwacja maszyn rolniczych, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1971.
- [10] Norma PN-EN ISO2409:2008, Farby i lakiery – Badanie metodą siatki nacięć.
- [11] Witryna internetowa: <http://www.ulvedal.pl/> stan na dzień 21.12.2010.