

## Malowanie proszkowe – to warto wiedzieć.

### Przegląd problemów z malowaniem proszkowym.

Co robimy, gdy mamy problemy z malowaniem? Najczęściej wpadamy w panikę i szukamy najprostszego rozwiązania. Farba proszkowa staje się ofiarą podejrzeń jako pierwsza. Jej jakość jest poddawana w wątpliwość najczęściej. Z doświadczenia wynika jednak, że farba proszkowa jest powodem problemów raczej rzadko. Dlatego też poniżej zamieszczony krótki opis podstawowych problemów podczas malowania oraz sposobu ich usuwania może być przydatny w codziennych kłopotach.

#### I. Problemy aplikacji

Problemy z ładowaniem się farb proszkowych czy ich podawaniem do napyłania podrażają proces malowania i prowadzą do powstawania wad gotowej powłoki. W wielu przypadkach przegląd podstawowych funkcji sprzętu aplikacyjnego może dać odpowiedź o możliwych przyczynach. Ta część tekstu zawiera opis problemów i sposób ich eliminacji przy założeniu, że sprzęt aplikacyjny poprzednio pracował poprawnie.

#### Niedostateczne ładowanie

Kiedy pojawia się problem z większymi niż zwykle trudnościami w napyłaniu farby proszkowej na wewnętrzne, zagłębione przestrzenie (tzw. klatki Faradaya) należy sprawdzić trzy podstawowe parametry:

- Uziemienie malowanych detali
- Wydatek napyłanej farby proszkowej
- Napięcie ładowania

Utrata uziemienia najczęściej jest spowodowana tworzeniem się grubych warstw farby na zawieszki służących do transportu detali podczas malowania. Uziemienie detali może być sprawdzone za pomocą miernika uniwersalnego. Oporność należy zmierzyć pomiędzy malowanymi detalami a szyną przenośnika, bądź w przypadku malowania ręcznego obudową kabiny natryskowej. W przypadku, jeśli otrzymana wielkość jest większa niż  $1\text{ M}\Omega$  należy przyjąć, że uziemienie malowanych detali jest niedostateczne. Rozwiązaniem jest po prostu oczyszczenie zawieszek w celu przywrócenia właściwego przewodzenia ładunków elektrycznych.

Za duży wydatek napyłanej farby proszkowej może być przyczyną obniżenia efektywności jej ładowania. Zdolność sprzętu aplikacyjnego do nadania farbie proszkowej właściwego ładunku jest wielkością związaną z konstrukcją urządzenia i przekroczenie wydajności określonych przez producenta sprzętu powoduje np. wzmożone osypywanie się farby z pokrywanych detali. Kontrola i ustawienie właściwego wydatku proszku przywróci poprawne napyłanie. Napięcie ładowania jest podawane do dyszy natryskowej w celu uzyskania pola elektrostatycznego o odpowiednim potencjale pomiędzy aplikatorem a malowanym detalem. Czasem dochodzi do uszkodzenia któregoś z elementów elektrycznych odpowiedzialnych za generowanie wysokiego napięcia. W przypadku wątpliwości odnośnie napięcia ładowania należy zmierzyć rzeczywistą wartość napięcia ładowania na dyszy natryskowej aplikatora. Służą do tego dostępne na rynku mierniki wysokonapięciowe. Należy podkreślić, że wielkości wyświetlane na zespole kontrolnym urządzenia są wartościami generowanymi w niskonapięciowym obwodzie elektrycznym i mogą być mylne w przypadku uszkodzenia generatora lub opornika wysokonapięciowego znajdujących się w korpusie aplikatora.

Efekt klatki Faradaya opisuje problem z napyłaniem farby i osiadaniem jej na wewnętrznych, zagłębionych powierzchniach malowanego detalu. Powodem zaistnienia efektu jest opór stawiany przez linie sił pola elektrostatycznego. Linie sił pola są gęstsze tam gdzie odległość elektrody aplikatora od detalu malowanego (uziemienia) jest mniejsza. W tych częściach detalu farba proszkowa osiada najłatwiej i jej warstwa jest najgrubsza. Efekt klatki Faradaya może być ograniczony przez zmniejszenie wielkości prądu ładowania farby proszkowej, zastosowanie właściwej dyszy natryskowej dostosowanej do kształtu pokrywanego detalu, kontrolę wydatku napylanej farby oraz regulację odległości aplikatora od pokrywanego detali.

### **Wsteczna jonizacja**

Wsteczna jonizacja pojawia się wtedy, gdy pole elektrostatyczne na powierzchni pokrywanego detalu osiąga stan, w którym zaczyna się jonizować powietrze pod napyłoną warstwą farby proszkowej. Uwalniane jony dodatkowo wywołują wady napyłonej warstwy i utrudniają dalsze osiadanie proszku. Możliwymi przyczynami występowania problemu są:

- Niedostateczne uziemienie (utrudniona droga jonów do uziemienia)
- Za duże ładowanie farby
- Aplikator za blisko pokrywanego detalu
- Za duża grubość napyłonej warstwy farby
- Nakładanie drugiej warstwy farby na utwardzoną powłokę (dielektryczne własności powłoki utrudniają właściwy odbiór ładunków)

Zapobieganie wstecznej jonizacji wymaga stałej kontroli prądu płynącego w układzie aplikatora. Jeżeli prąd ładowania jest za wysoki powierzchnia pokrywanego detalu może nie być w stanie odebrać zwiększonej ilości napływających jonów. Pomocą w ograniczeniu efektu wstecznej jonizacji są kolektory jonów oraz automatyczne systemy kontroli prądu płynącego w układzie aplikatora. W przypadku prostszych rozwiązań sprzętu natryskowego pozostaje obniżenie napięcia ładowania napylanej farby i kontrola odległości aplikatora do pokrywanego detalu. Odległość ta powinna wynosić około 25 cm (o ile nie ma specjalnych zaleceń producenta sprzętu aplikacyjnego) i zmiana tej wielkości na własną rękę powinna być dobrze przemyślana.

### **Aplikator pulsacyjnie podaje farbę do napyłania**

Falowanie zasilania napylanej farby może być spowodowane przez:

- Za niskie ciśnienie zasilania sprężonym powietrzem
- Za mały wydatek zasilania sprężonym powietrzem (wahania ciśnienia w przypadku zmian wielkości poboru)
- Mokre lub zaolejone powietrze zasilania
- Załamany lub poskręcany wąż transportujący farbę proszkową
- Za długi wąż transportujący farbę
- Wyładowania elektryczne pomiędzy cząstkami farby w węży transportującym farbę
- Za duży wydatek farby proszkowej
- Niewłaściwą fluidyzację farby proszkowej
  - Za duża fluidyzacja – zbrylanie się farby, wzmożone wyładowania pomiędzy cząstkami farby, aplikator pluje farbą, farba proszkowa wydostaje się na zewnątrz poprzez pokrywę podajnika
  - Za mała fluidyzacja – niedostateczne podawanie farby proszkowej, niejednorodny przepływ farby

Właściwe ustawienie i regulacja powietrza zasilającego sprzęt natryskowy wymaga wiedzy i doświadczenia ze strony osób obsługujących. Konieczne jest zrozumienie zasady działania pneumatycznych zespołów podających farbę do napyłania. Zalecane jest częste sprawdzanie

szczelności i stanu węży powietrznych, a w przypadku zaobserwowania oznak zużycia ich wymiana. Wydatek podawanej do napyłania farby powinien być systematycznie kontrolowany i regulowany.

### **Niejednorodne podawanie farby**

Dla uzyskania powłoki proszkowej jednorodnej pod względem wyglądu jak również grubości konieczne jest napyłanie farby równomiernym strumieniem przy stałym wydatku ilościowym oraz zachowaniu stałej proporcji mieszaniny proszek powietrze. Niejednorodne podawanie farby może być spowodowane przez:

- Zatkany lub zagięty wąż transportujący farbę
- Wzmoczoną ilość wyładowań pomiędzy cząstkami farby proszkowej
- Zgiętą lub ułamaną elektrodę aplikatora
- Przewężenia i niedrożności w aplikatorze

Dalej przedstawione są poszczególne parametry wpływające na jednorodność napyłania i możliwy skutek ich niewłaściwego doboru.

Za duży wydatek farby proszkowej podawanej do napyłania jest przyczyną:

- Spiekania się cząstek proszku w wyniku wyładowań elektrycznych
- Szybszego zużycia się wewnętrznych zespołów aplikatora mających kontakt z farbą
- Małej efektywności napyłania
- Niedostatecznej penetracji farby w przestrzenie zagłębione
- Niedostatecznego efektu elektrostatycznego (zmniejszone pokrywanie powierzchni detalu po stronie przeciwnej do napyłanej)

Za mały wydatek farby proszkowej podawanej do napyłania jest przyczyną:

- Plucia farbą przez aplikator
- Niedostatecznej grubości napyłanej powłoki
- Niedostatecznej penetracji farby w przestrzenie zagłębione

Za duży wydatek powietrza (za wiele powietrza w stosunku do ilości napyłanej farby) może być przyczyną:

- Niedostatecznej grubości napyłanej powłoki
- Niedostatecznej penetracji farby w przestrzenie zagłębione
- Małej efektywności napyłania
- Nakładania grubszych warstw farby na obrzeża i naroża napyłanego detalu

Za mały wydatek powietrza na fluidyzację proszku może być przyczyną:

- Napyłania pulsacyjnego bądź plucia farbą przez aplikator
- Konieczności stosowania większego ciśnienia powietrza płynącego przez inżektory
- Napyłania niejednorodnej powłoki
- Małej efektywności napyłania

### **Przepływ farby**

Ze względu na bezpośrednie powiązanie przepływu farby proszkowej w sprężenie natryskowym ze stanem zasilania sprężonym powietrzem i jego regulacją, należy w przypadku zaobserwowania nieprawidłowości wypełnić następującą procedurę:

- Upewnić się, że sprężone powietrze zasilające urządzenie jest czyste i suche
- Upewnić się, że wąż dostarczający farbę do aplikatora nie jest za długi
- Sprawdzić właściwe ustawienie powietrza zasilającego inżektor, fluidyzację, napyłanie farby proszkowej
- Sprawdzić, czy jest dostateczna ilość farby proszkowej w podajniku i czy fluidyzacja przebiega właściwie

- Sprawdzić, czy węże transportujące farbę i eżektory są czyste i szczelne
- Sprawdzić stan zużycia i ewentualnie wymienić wycierające się wkładki eżektorów

### **Kontrola napylanej warstwy**

Kontrola grubości napylanej warstwy ma podstawowe znaczenie dla efektywności malowania proszkowego. Za gruba warstwa to przede wszystkim niepotrzebnie wydane pieniądze, zbyt cienka słabo chroni pokryty detal oraz ze względu na niedostateczną pigmentację jest częściowo transparentna. Dla wyeliminowania ewentualnych problemów z grubością warstwy farby należy serwisować i regulować sprzęt aplikacyjny ściśle zgodnie z zaleceniami producenta. Jeżeli nie są zachowane poprawne parametry pracy bezpośrednio wpływające na efektywność osiadania napyłonego proszku na pokrywany detal to grubość warstwy wymyka się spod kontroli. Można przyjąć, że gdy:

- Napyłana warstwa jest za gruba – należy zmniejszyć ciśnienie powietrza transportującego farbę
- Napyłana warstwa jest za cienka – należy zwiększyć ciśnienie powietrza transportującego farbę
- Napyłana warstwa jest niejednorodna – należy wyregulować napięcie ładowania, ustawienie aplikatorów w stosunku do pokrywanych detali, a w przypadku linii automatycznych skok i prędkość manipulatorów oraz prędkość przesuwu przenośnika

### **Spiekanie się farby**

Pewna ilość wyładowań elektrycznych pomiędzy cząstkami farby podczas procesu malowania jest zjawiskiem normalnym. Podczas transportu z podajnika do aplikatora cząstki farby ładują się w wyniku tarcia o siebie. Jeżeli zjawisko to przybiera na sile i staje się uciążliwe to prawdopodobnie jest spowodowane przez wilgoć zawartą w powietrzu lub farbie. W sytuacjach ekstremalnych dochodzi do spiekania się cząstek proszku w wyniku wzrostu temperatury podczas wyładowań, co może doprowadzić do zapychania się przewodów i problemów z jakością napyłania. W sytuacji, gdy farba spieka się na elementach wysokonapięciowych aplikatora może dojść do ich uszkodzenia i obniżenia efektywności ładowania.

### **Zanieczyszczenia**

Zmiana koloru, czy rodzaju farby jest operacją krytyczną dla procesu malowania. Często dochodzi do zanieczyszczenia jednej farby drugą. O ile farby są w podobnym odcieniu i jednorodne pod względem składu chemicznego to problem nie jest duży. Są jednak sytuacje, gdzie ułamek procenta zawartości jednej farby w drugiej powoduje całkowitą zmianę wyglądu powłoki i w wyniku przestój lakierni. Aby uniknąć problemu zanieczyszczenia farb podczas zmiany napylanej farby należy oczyścić bardzo dokładnie wszystkie zespoły mające kontakt z farbą: kabinę natryskową, system odzyskowy, podajnik farby, eżektory, węże transportujące proszek, aplikatory.

### **Iskrzenie i wyładowania**

Istnieją trzy przyczyny iskrzenia i wyładowań spowodowanych działaniem sprzętu natryskowego:

- Niedostateczne uziemienie urządzeń aplikacyjnych lub pokrywanych detali
- Uszkodzenie elementów wysokonapięciowych w aplikatorze
- Niewłaściwe użycie sprzętu

Najczęstszą przyczyną iskrzenia jest niedostateczne uziemienie. Elementy niewłaściwie uziemione magazynują ładunki elektrostatyczne, które po przekroczeniu pewnego potencjału inicjują wyładowanie elektryczne do najbliższej znajdującej się uziemionej powierzchni (kabiny natryskowej, aplikatora, operatora sprzętu). Wyładowanie może być przyczyną pożaru i dlatego też właściwe uziemienie daje pewność bezpiecznej pracy w malarni. Jak już wspomniano, opór do uziemienia wszystkich zespołów biorących udział w procesie malowania powinien być niższy niż 1 MΩ. Wartości wyższe świadczą o konieczności przeprowadzeniu przeglądu sprzętu w celu przywrócenia właściwych uziemień.

## 2. Przyczepność farby

Przyczepność powłoki proszkowej do podłoża jest czynnikiem decydującym o właściwej ochronie mechanicznej i chemicznej pokrywanego detalu. W sytuacji, gdy przyczepność nie jest taka jakiej się spodziewamy często szukamy problemu po stronie jakości farby. Jednak to nie farba jest główną przyczyną tych problemów. Możemy wymienić dwa najczęstsze powody złej przyczepności powłoki proszkowej do podłoża:

- Niewłaściwe przygotowanie powierzchni przed malowaniem
- Niedostateczne utwardzenie farby proszkowej

Przygotowanie powierzchni przed malowaniem jest czynnikiem decydującym o własnościach użytkowych detalu po nałożeniu powłoki proszkowej. Inne przygotowanie jest potrzebne dla elementów stalowych, inne dla metali lekkich jak np. stopy aluminium. Różnią się również procesy przygotowania powierzchni w zależności od planowanego zakresu zastosowań. Ze względu na przyczepność farby do podłoża ważne są trzy elementy:

- Dobrze oczyszczenie i odtłuszczenie powierzchni detalu
- Rozwinięcie powierzchni
- Zakończenie procesu przygotowania chemicznego dokładnym płukaniem

Większość zabiegów przygotowania powierzchni ma na celu podwyższenie odporności korozyjnej detalu po nałożeniu powłoki proszkowej. Fosforanowanie stali, czy chromianowanie stopów aluminium przedłuża żywotność powłoki. Dla właściwej przyczepności farby jest jednak przede wszystkim konieczne zapewnienie czystości pokrywanej powierzchni. Wszelkie pozostałości tłuszczu, luźnej rdzy, chłodziw po obróbce skrawaniem muszą być usunięte. Powierzchnia detalu musi być wolna od wszelkich nalotów i pozostałości po obróbce chemicznej. W innym przypadku farba proszkowa nie zwilży właściwie powierzchni podłoża i nie będzie właściwie przylegać.

Rozwinięcie powierzchni detalu przed malowaniem poprzez obróbkę mechaniczną, czy chemiczną ma pozytywny wpływ na przyleganie powłoki. Na powierzchniach gładkich i wybliszczonych jak np. polerowana stal nierdzewna problemy z dobrym przyleganiem powłok proszkowych będą pojawiać się zawsze.

Utwardzanie powłoki proszkowej polega na termicznie wspomaganym sieciowaniu zawartych w napyłonej farbie żywic. Przerwanie sieciowania w wyniku skrócenia procesu utwardzania, bądź niedotrzymanie wymagań temperaturowych jest przyczyną złej przyczepności powłoki do podłoża. Farba proszkowa osiąga zakładane własności mechaniczne po zakończeniu procesu sieciowania. Farby nieutwardzone właściwie są szkliste, kruche, odpryskują od podłoża nawet przy lekkim uderzeniu. Dla właściwego utwardzenia farby proszkowej konieczne jest ściśle przestrzeganie zaleceń producenta odnośnie temperatury jak i czasu procesu. Należy pamiętać również, że czas utwardzania dotyczy przedziału czasu od momentu nagrzania się pomalowanego detalu do wymaganej temperatury do chwili zakończenia procesu utwardzania.

### 3. Odgazowanie podłoża

Odgazowywanie podłoża jest związane z uwalnianiem się powietrza zamkniętego w warstwie wierzchniej pokrywanego materiału podczas poprzedzających malowanie procesów technologicznych. Wady pojawiają się na gotowej powłoce proszkowej w postaci kraterów. Głównym dostawcą problemów odgazowania są wszelkiego rodzaju odlewy. W zależności od materiału odlewu, czy technologii odlewania skala problemu może wymagać dodatkowych operacji przed malowaniem. Problemy gazowania podłoża występują również przy malowaniu detali cynkowanych ogniwo. Najczęściej stosowaną metodą usuwania problemu odgazowywania powierzchni detali jest wygrzewanie ich przed malowaniem w temperaturze wyższej od stosowanej do utwardzania farb proszkowych. Innym, dość często obecnie stosowanym rozwiązaniem jest wykorzystanie dostępnych na rynku dodatków do farb proszkowych opóźniających moment żelowania powłoki proszkowej podczas utwardzania. Metoda ta jest jednak niestety skuteczna do pewnego momentu. Podłoża silnie gazujące muszą być pokrywane z zastosowaniem międzywarstw stanowiących barierę dla wydostającego się powietrza. Jako międzywarstwa może być zastosowana np. farba ciekła stanowiąca jednocześnie podkład pod powłokę proszkową. Nie należy również zapominać o gazowaniu podłoży zwykle niestwarzających problemów. Gazowanie może być w tym przypadku spowodowane wadliwie przeprowadzonym przygotowaniem powierzchni.

#### Podsumowanie

Ze względu na obszerny zakres informacji opisujących problemy występujące podczas malowania proszkowego część zagadnień dotyczących kłopotów z aplikacją farb proszkowych, przyczepnością farby do podłoża, odgazowywaniem powierzchni podczas utwardzania została potraktowana w niniejszym artykule hasłowo. Poszczególne etapy procesu malowania mogą być źródłem wielu dodatkowych niespodzianek. Im bowiem bardziej poszerzamy naszą wiedzę na temat malowania proszkowego tym więcej widzimy nowych możliwości w tej technologii. Również tym bardziej zauważamy jasną zależność – dobra jakość otrzymywanych powłok jest wynikiem bezawaryjnej pracy urządzeń aplikacyjnych przy właściwym poziomie serwisu ze strony personelu obsługującego. Czego wszystkim Państwu życzę.

© mgr inż. Andrzej Jelonek  
 Tensor Consulting przedstawiciel Tigerwerk  
 ajelonek@tensor.com.pl