

Doświadczenia z miernikiem SaveCoat7®

Pomiary grubości nieutwardzonych warstw farb proszkowych

Technologia farb proszkowych może być uważana za jeden z najbardziej ekologicznych procesów aplikacji, prowadzących do uzyskania wysokiej jakości powłok malarskich.

Z tego powodu jest ona głównym tematem doświadczeń prowadzonych w laboratorium technik aplikacji na kierunku Inżynieria Chemiczna/Kolor i Farba na Uniwersytecie Nauk Stosowanych Esslingen.

Część testów jest wykonywana przez bardzo niedoświadczonych studentów i dla przyspieszenia procedury prowadzonych testów został zastosowany z dużym powodzeniem i jest używany jako wyposażenie standardowe, produkowany przez firmę INNOTEST AG, ultradźwiękowy miernik grubości powłok proszkowych przed utwardzeniem SaveCoat7®. Artykuł opisuje rezultaty analiz podstawowej dokładności i powtarzalności tego urządzenia pomiarowego oraz daje wskazówki jego praktycznego wykorzystania w terenie.

Aplikacja farb proszkowych podczas edukacji

Co roku około 50 inżynierów zostaje absolwentami kierunku Inżynieria Chemiczna/Kolor i Farba na Uniwersytecie Nauk Stosowanych Esslingen. Inżynierowie farb z Esslingen mogą z powodzeniem pracować w wielu istotnych sektorach przemysłowych, od dostawców surowców dla farb do finalnych użytkowników nakładających powłoki malarskie, stając się samodzielną marką towarową w tej branży. Podczas nauki studenci przez około pół semestru zajmują się tematami z zakresu zastosowania techniki i projektowania systemów. W tym czasie wiodącym przedmiotem jest użyteczna technika laboratoryjna. Studenci muszą stosować i optymalizować wiele praktycznie

ukierunkowanych technologii aplikacji, od katarforezy do flokowania. Oczywiście nie może być pominięte malowanie proszkowe, jako jedna z najbardziej przyjaznych środowisku metod aplikacji wysokiej jakości powłok. Tematem związanych z tą technologią doświadczeń jest nakładanie za pomocą aplikatorów powłok proszkowych o grubości i jakości dobranych dla uzyskania pożądanych cech użytkowych. Ćwiczenia prowadzone są przy wykorzystaniu różnych kształtów strumienia proszku (okrągły i płaski) oraz przy różnym sposobie nadawania ładunku (korona i tribo). Do testów, prócz typowych małych paneli laboratoryjnych, wykorzystuje się również bardziej skomplikowane detale, np. o profilu w kształcie U.

Biorąc pod uwagę ograniczony czas ćwiczeń bardzo ważne jest uzyskanie pierwszych zadowalających wyników najszybciej jak to jest możliwe, szczególnie w odniesieniu do części studentów będących osobami całkiem niedoświadczonymi w zakresie technologii farb proszkowych. Pomocna w tym jest ultradźwiękowa technologia pomiaru grubości nieutwardzonej warstwy proszku. Dzięki tej metodzie możliwa jest weryfikacja niewłaściwej grubości powłoki prawie natychmiast po jej napyleniu i/lub podjęcie decyzji o przemalowaniu całego detalu po odmuchaniu go z napyłonego proszku. Miernik grubości SaveCoat7® produkcji INNOTEST AG jest używany do realizacji tego zadania od dwóch lat.

SaveCoat7® – współczesna ultradźwiękowa metoda pomiaru nieutwardzonych warstw farb proszkowych

Zasada bezdotykowego pomiaru SaveCoat7® opiera się na ocenie echa w polu fal ultradźwiękowych, skierowanych w stronę warstwy napyłonej farby. Za pomocą kalibracji podstawowej wykonanej przez producenta, urządzenie wyświetla grubość gotowej powłoki proszkowej, której można oczekiwać po utwardzeniu. Odczyty są więc bezpośrednio porównywalne z wynikami uzyskiwanymi z pomiarów dokonywanych za pomocą np. konwencjonalnych mierników magnetyczno-indukcyjnych (MID), stosowanych do pomiaru grubości utwardzonej powłoki. Przed przystąpieniem do pomiarów za pomocą SaveCoat7® musi być przeprowadzona procedura zerowania z wykorzystaniem detalu referencyjnego. Zwykle powinno to być wykonane co najmniej raz dziennie - ale zaleca się częstsze zerowanie. Należy wziąć pod uwagę, że zakres pomiarowy urządzenia zwiera się od 30 do 110 µm. Jest to fakt, który powinien być uwzględniany szczególnie przez użytkowników ze słabym doświadczeniem praktycznym. W związku z tym bardzo pomocne jest wykrywanie zbyt cienkich i zbyt



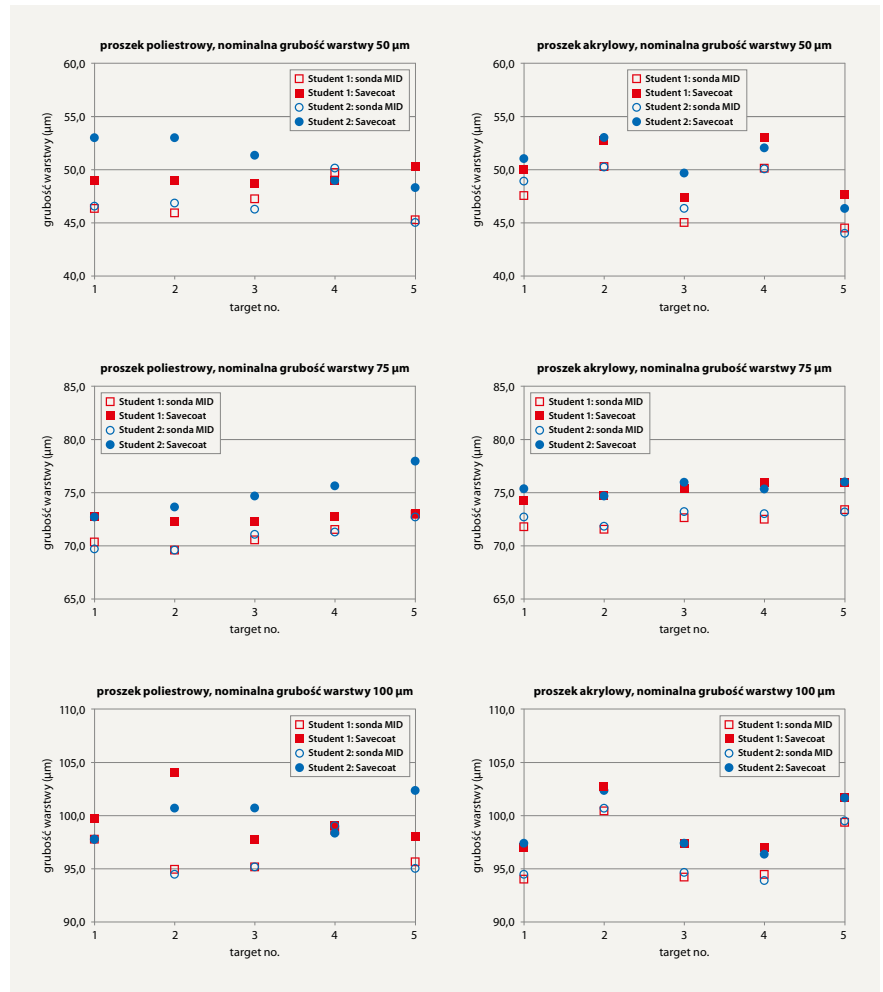
Rys. 1. SaveCoat7® – miernik grubości powłok produkcji Innotest AG.

grubych powłok, będące integralną częścią oprogramowania urządzenia.

Ręczny przyrząd pomiarowy SaveCoat7® pokazany jest na rys. 1. Może być użyty bezpośrednio po napyleniu warstwy proszku na powierzchnię detalu. Zastosowana zasada realizacji pomiaru wymaga prostopadłej orientacji i właściwej odległości (ok. 15 mm) sondy pomiarowej względem mierzonej powierzchni dla umożliwienia przechwytywania „dobrego echa ultradźwiękowego”. Z początkiem wykrywania echa urządzenie zaczyna skomplikowane procedury odbioru sygnału i rutynowej jego optymalizacji, gdzie sygnały uboższe są w sposób ciągły zastępowane tymi o lepszej jakości. Poprzez stały pomiar odległości i energii echa, użytkownik jest nieprzerwanie informowany akustycznymi i optycznymi wskazówkami jak zoptymalizować orientację i odległość sondy. W zależności od doświadczenia, zaznajomienie z właściwym trzymaniem urządzenia podczas pracy wymaga zazwyczaj wykonania kilku pomiarów. Pomiar, zawierający około 20-30 zebranych sygnałów echa, trwa – przy częstotliwości pomiarowej 15 pomiarów na sekundę – około 2-3 sekund. Punkt pomiarowy ma średnicę około 1 mm [1].

Podstawowa analiza dokładności i powtarzalności pomiarów na podstawie metod statystycznych

W ramach programu zajęć studentów zostały zweryfikowane dokładność i powtarzalność pomiaru SaveCoat7®. W tym celu zastosowano szczegółową ocenę metodą analizy wariancji (ANOVA, podstawowe informacje patrz [2]). Korzystano z białej akrylowej farby proszkowej do zastosowań zewnętrznych i czerwonej poliestrowej do zastosowań wewnętrznych, którymi wykonano wymalowania w dwóch seriach po 5 paneli testowych o średnich grubościach powłok 50, 75 i 100 μm . Wszystkie pomiary zostały wykonane w określonych miejscach, w centralnych punktach paneli. Dla oznaczania grubości powłoki w każdym miejscu odniesienia wykonano po 5 pomiarów przy użyciu miernika magnetyczno-indukcyjnego (MID), skalibrowanego właściwie dla danego zakresu grubości powłoki. Do wykonania testów za pomocą SaveCoat7® został użyty statyw w celu uniknięcia wątpliwości powodowanych nieprawidłowym położeniem i orientacją sondy. Niezależnie od siebie dwóch studentów wykonało serie po 5 pomiarów w każdym miejscu pomiarowym.



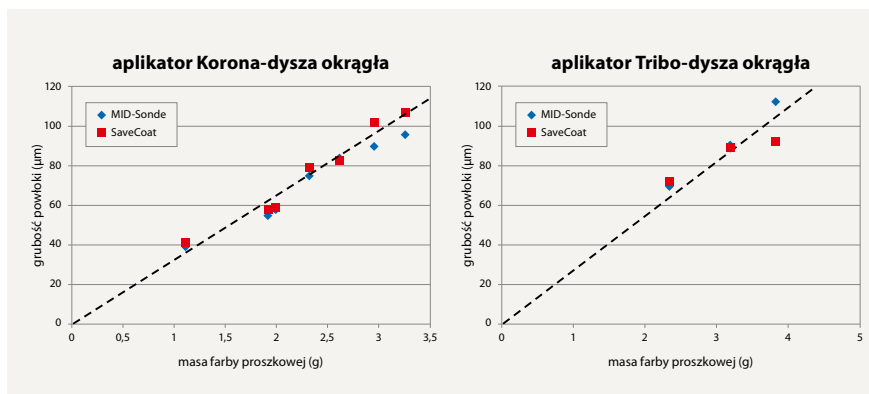
Rys. 2. Porównanie zmierzonych średnich grubości powłok.

Na rys. 2 przedstawiono porównawcze wyniki średniego pomiaru osiągniętego przez dwóch studentów. Dla lepszej czytelności wyników został wybrany jeden z dwóch punktów pomiarowych.

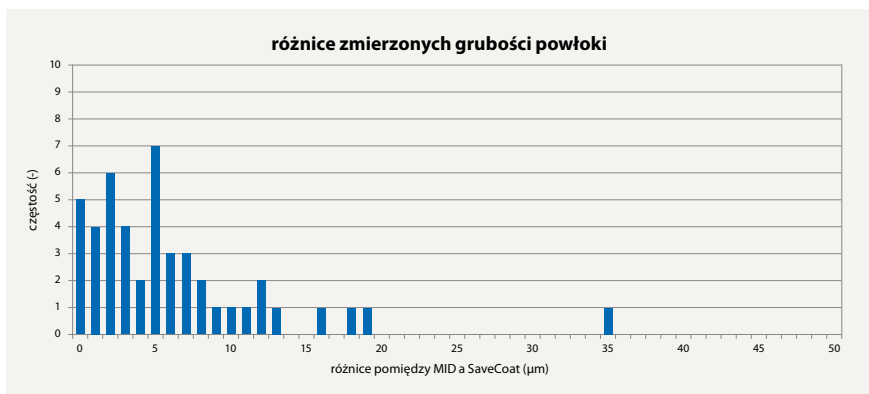
Jak widać, niezależnie od zastosowanego materiału, farby proszkowej i grubości nałożonej warstwy, SaveCoat7® jest w stanie odczytać prawidłowo grubość powłoki po utwardzeniu. W związku z tym zastosowanie SaveCoat7® można kwalifikować jako metodę pomiarową zintegrowaną z produkcją. Jest również oczywiste, że urządzenie odczytuje dla obu rodzajów proszków grubości warstw przeciętnie większe o 3-4 μm , w porównaniu do czujnika magnetyczno-indukcyjnego (MID). Znaczną poprawę dokładności można uzyskać poprzez dodatkową precyzyjną regulację zintegrowanego oprogramowania urządzenia (ustawienie współczynnika skurczu proszku, zakres 80-120%). Skala pomiaru może być dostosowana indywidualnie do podanych warunków (materiału proszkowego, typu elektrostatyki, temperatury, wilgotności,

itp.). W odniesieniu do występujących zwykle podczas malowania odchyłek grubości rzędu 5-10 μm , wykryte różnice są oczywiście dopuszczalne. Dlatego studenci celowo zrezygnowali z wprowadzania precyzyjnej regulacji.

Odchylenia standardowe skalkulowane z odczytów powtarzanych w każdym punkcie pomiarowym zawierają się pomiędzy 1,5 a 1,8 μm . Dla zachowania przejrzystości, te wartości nie są przedstawione na rys. 2. Zgodnie z wynikami zastosowania analizy ANOVA, różnice pomiędzy zmierzonymi grubościami powłok na panelach testowych są znaczne. Określając dokładniej: pod względem czysto statystycznym istnieje więcej niż 95% pewności, że średnie grubości warstwy powłoki odczytane na różnych panelach przez SaveCoat7® są różne. Ponadto dla uzyskanych wartości nie jest znaczące, który student dokonuje pomiaru, jak również zależność pomiędzy studentem a miejscem pomiaru. Dlatego powtarzalność SaveCoat7® w opisanych warunkach idealnych można uznać jako bardzo dobrą.



Rys. 3. Zmierzona grubość powłoki w odniesieniu do masy nałożonego proszku.



Rys. 4. Rozkład częstotliwości występowania różnic pomiarów pomiędzy MID i SaveCoat.

Doświadczenia studentów podczas praktycznego stosowania SaveCoat7®

W ciągu ostatnich dwóch lat, około 100 potencjalnych inżynierów wykorzystywało do pomiaru grubości powłoki proszkowej bezpośrednio po aplikacji miernik SaveCoat7®. Głównym tematem ćwiczeń było pomalowanie paneli laboratoryjnych powłokami o grubościach warstwy od 30 do 110 mikrometrów, głównie w celu określenia zdolności krycia farby oraz określenia możliwych skutków wstecznej jonizacji, występującej podczas ładowania koronowego przy większych grubościach napyłonej warstwy. Testy zostały przeprowadzone dla różnych materiałów oraz farb do zastosowań wewnętrznych i zewnętrznych. W przeciwieństwie do omówionych powyżej pomiarów, sonda urządzenia była trzymana i naprowadzana ręcznie. Jedynym wymaganym dotyczącym obsługi urządzenia było wykonanie wielu pomiarów w różnych miejscach na panelu testowym, w celu wykrycia ewentualnych niejednorodności grubości warstwy farby. Badane panele umieszczano na większej płycie tła (wielkości ok. 0,5 x 0,5 m²) wyposażonej w jeden hak do zawieszania, co nie daje gwarancji skutecznego unierucho-

mienia. Dlatego też niektóre grupy studentów zdejmowały po aplikacji panele i kładły je na podłodze kabiny proszkowej, aby uzyskać bardziej niezawodne pozycjonowanie dla realizacji pomiarów miernikiem SaveCoat7®. Podczas aplikacji cięższych i lepiej mocowanych elementów nie powinno to być konieczne. Po utwardzeniu powłok na panelach, jako odniesienie wykonywane były pomiary grubości MID, jak również określone masy nałożonej farby.

Rys. 3 przedstawia typowe wyniki jednej z grup laboratoryjnych, uzyskane z zastosowaniem farby fasadowej architektonicznej RAL 6010 (zieleń trawiasta). Większość pomiarów została wykonana na panelach pokrytych aplikatorem z koronowym ładowaniem proszku, wyposażonym w konwencjonalny rodzaj deflektora. Niektóre pomiary, zwłaszcza w przypadku potrzeby napylenia grubszych warstw, zostały przeprowadzone na panelach malowanych aplikatorami z ładowaniem tarciovym.

W oparciu o rys. 3 i pewne dodatkowe obserwacje poczynione w międzyczasie, wyniki można podsumować w następujący sposób:

1. Jakość uzyskanych wyników jest bezpośrednio związana ze starannością studentów podczas wykonywania pomiarów. Ogólnie jest to prawdziwe w odniesieniu

do wszystkich etapów procesu prowadzonych podczas aplikacji i wszystkich zastosowanych metod pomiarowych. Ta sama w sobie trywialna wiedza jest szczególnie istotna w sytuacji pracy z częściowo bardzo niedoświadczonymi studentami.

- Masa napyłonej farby proszkowej stanowi solidną podstawę do porównywania różnych metod pomiaru grubości. W tym konkretnym przypadku należy preferować określenie masy przed utwardzeniem, aby uniknąć niedokładności powodowanych manipulowaniem powlekanymi panelami, jak również ewentualnym ubytkiem masy na skutek odparowania produktów degradacji.
- Uzyskane wyniki zawierają pewien element subiektywny. W odniesieniu do interpretacji odczytów SaveCoat7®, dotyczy to np. oceny rzekomych błędnych pomiarów. Znaczne, zmierzone różnice grubości powłoki mogą z jednej strony wynikać z istnienia rzeczywistych niejednorodności napyłonej warstwy proszku, z drugiej strony mogą być również spowodowane przez prawdziwie błędne pomiary. Można było jednak zaobserwować, że stabilność i jakość wyników wszystkich grup studenckich poprawia się w trakcie testów wraz ze wzrostem doświadczenia w użytkowaniu urządzenia pomiarowego.
- Przy zastosowaniu do określenia grubości powłok obu metod pomiarowych uzyskane wyniki w całym, badanym zakresie wskazują na znaczną współzależność. W przedstawionym przykładzie maksymalne odchylenie wynosi około 10 µm, co wydaje się być bardziej niż do zaakceptowania, biorąc pod uwagę różne miejsca pomiarowe i zmienną grubość napyłonej powłoki. Większe odchylenia pojawiają się jedynie blisko granic zakresu pomiarowego (patrz np. najbardziej oddalony punkt aplikacji tribo), w wyniku jednostronnego określenia statystycznej średniej grubości mierzonej warstwy. Pojawia się tutaj tendencja do odczytu nieco wyższej grubości powłok w porównaniu do odczytów sondy MID. Obserwacja ta potwierdza omówione powyżej założenia, że dodatkowa dokładna regulacja SaveCoat7® w prosty sposób ulepsza korelację między wynikami uzyskiwanymi za pomocą dwóch urządzeń do pomiaru grubości powłoki. Przy ustawieniu współczynnika skurczu 95%, różnice pomiarów mieszczą się w specyfikacji podanej przez producenta, tj. ± 5 mikrometrów [1].

Wyniki ćwiczeń całego semestru (semestr zimowy 2013/2014) zebrane zostały na rys. 4. Przedstawia on rozkład częstotliwości wartości bezwzględnej różnic grubości zmierzonych za pomocą sondy MID i urządzenia SaveCoat7® (farba poliestrowa, biała, RAL 9016). Wyniki zostały przedstawione przez studentów na koniec semestru i opierają się na istniejących protokołach, bez dalszych poprawek.

Oczywiście, przedstawiony rozkład zawiera również ukryte "złe pomiary". Jednak ponad 80% wszystkich otrzymanych różnic mieści się w zakresie poniżej 10 mikrometrów, mimo rezygnacji z dodatkowej dokładnej regulacji SaveCoat7®. Można przypuszczać, że wyniki mogą również zawierać kilka powtórzonych pomiarów, które nie zostały szczegółowo zapisane ani nie udokumentowane. Należy podkreślić, że zajęcia w laboratorium mają miejsce podczas szóstego semestru, czyli niemal bezpośrednio przed rozpoczęciem pracy licencjackiej. Dlatego od studentów należy oczekiwać wysokiego stopnia odpowiedzialności za wykonywaną pracę.

Wnioski

Zarówno szczegółowa analiza dokładności i powtarzalność pomiarów, jak również praktyczne doświadczenia prowadzone w laboratorium przez studentów wskazują na to, że miernik SaveCoat7® może być z powodzeniem stosowany do określania grubości nieutwardzonych warstw farby proszkowej. Podczas bezpośredniego określenia odchy-

lenia standardowego mierzonych grubości powłoki w idealnych warunkach stosowania, uzyskiwane są wartości około $\pm 1,8$ mikrometrów. Typowe różnice pomiędzy ręcznymi pomiarami SaveCoat7® i wartościami uzyskiwanymi przy zastosowaniu sondy MID po utwardzeniu powłoki są mniejsze od 10 μm . Taki rezultat można uznać za bardzo dobry, biorąc pod uwagę brak wcześniejszego doświadczenia użytkowników ze stosowaniem tej metody pomiaru, jak również z aplikacją farb proszkowych (duży zakres grubości powłok). Uzyskane rezultaty są wystarczające dla pierwszej oceny napyłonej powłoki, a nawet do oceny precyzyjnej, kiedy sytuacja ulega poprawie wraz ze wzrostem doświadczenia użytkownika i po zastosowaniu dodatkowych, precyzyjnych regulacji (współczynnik skurczu).

Należy wspomnieć, że nie można całkowicie uniknąć błędnych pomiarów. Głównym źródłem błędów jest prawdopodobnie niewystarczająca optymalizacja sygnału echa w trakcie procedury pomiarowej, spowodowana przez zbyt krótki okres czasu utrzymywania sondy w optymalnej odległości pomiarowej i prostopadłej orientacji względem panelu. W rezultacie, nie ma wystarczającej liczby sygnałów echa dobrej jakości, aby przeprowadzić prawidłową kalkulację grubości powłoki. Ponadto, dodatkowym utrudnieniem jest stosunkowo niestabilne mocowanie paneli do badań. Niezależnie od tych przeszkód jest oczywiste, że zawsze należy wykonywać wielokrotne pomiary w celu uzyskania stabilnych wyników średniej grubości napyłonej warstwy. Czas kalkulacji sygnałów

2 sekundy dla każdego mierzzonego punktu pomiarowego powinien umożliwić użyteczne wykorzystanie miernika w wielu praktycznych zastosowaniach. ■

Literatura

- [1] Instrukcja obsługi SaveCoat7®, Fa. INNOTEST AG, Eschlikon (Szwajcaria)
- [2] Wilhelm Kleppmann: Taschenbuch Versuchsplannung, 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien 2009

Od tłumacza

W związku z rosnącym zainteresowaniem problematyką pomiaru grubości powłok proszkowych przed utwardzeniem przekazuję, jako głos w dyskusji nad skutecznością dostępnych rozwiązań, artykuł opracowany na podstawie rzeczywistych doświadczeń w użytkowaniu konkretnego urządzenia. Należy zwrócić uwagę na głównego autora, osobę która jest pracownikiem dydaktycznym uczelni, z założenia jednostki prezentującej wyższy poziom obiektywności publikowanych opinii. W zalewieniu marketingowych często nieopartych zadnymi doświadczeniami, warto budować swoje osady w oparciu o rzetelną bazę informacyjną.

prof. dr inż. Joachim Domnick

profesor na kierunku Inżynieria Chemiczna/Kolor i farba, laboratorium aplikacji i systemów technologii

mgr inż. (FH) Denise App mgr inż. Stefan Staudt

Kadra nauczycielska w laboratorium aplikacji i systemów technologii

Kevin Widmann

student kierunku Inżynieria Chemiczna/Kolor i farba
Wydział Stosowanych Nauk Przyrodniczych

Uniwersytet Nauk Stosowanych w Esslingen
Tel. 0711 397 3500
joachim.domnick@hs-esslingen.de

Tłumaczenie
Andrzej Jelonek
ajelonek@tensor.com.pl

REKLAMA



Tensor Consulting w oparciu o ponad 30-letnie doświadczenie w branży technologii malowania proszkowego oferuje:

- pełny zakres szkoleń pracowników i kadry zarządzającej malarni proszkowych w swojej siedzibie lub w zakładzie klienta
- optymalizację procesu nakładania powłok proszkowych w celu obniżenia kosztów malowania
- pomoc w planowaniu procesu i doborze wyposażenia malarni
- diagnozowanie i rozwiązywanie problemów z nakładaniem powłok proszkowych
- sprzedaż urządzeń do pomiaru grubości powłok przed i po utwardzeniu oraz pomiaru parametrów elektrycznych malowania proszkowego



Tensor Consulting Andrzej Jelonek
04-512 Warszawa, ul. Sępia 22
tel./fax +48 22 815 42 79, 22 812 09 50
e-mail: biuro@tensor.com.pl
www.tensor.com.pl