



**Przedmiot: Inżynieria Powierzchni / Powłoki Ochronne / Powłoki Metaliczne i Kompozytowe**

Temat ćwiczenia:

**Fluidyzacyjne nanoszenie powłok z tworzyw sztucznych**

## **WSTĘP**

W technologii zabezpieczeń antykorozyjnych tworzywa sztuczne znajdują liczne zastosowania głównie ze względów ekonomicznych. Dla ochrony metali używa się tworzyw w różnej postaci, np. folie i płyty (naklejane), kity i laminaty (nakładane bezpośrednio na powierzchnię ochronioną), proszki, pasty (natrysk płomieniem gazowym lub przetapianie powłok w podwyższonych temperaturach).

Do najczęściej stosowanych metod powlekania tworzywami sproszkowanymi należą: metoda fluidyzacyjna i elektrostatyczna, w znacznie mniejszym stopniu natryskiwanie płomieniowe lub bezpłomieniowe. W tych wszystkich metodach proszek tworzywa stapia się na powierzchni powlekanego przedmiotu i tworzy powłokę. Proces przebiega w warunkach bezciśnieniowych, a ciepło doprowadza się w celu pogrzanania przedmiotu przed powlekaniami (w metodzie fluidyzacyjnej) lub po naniesieniu proszku (w metodzie elektrostatycznej).

**1. Tworzywa powłokowe** Tworzywa powłokowe mogą być stosowane w postaci proszków, past, dyspersji lub ciekłych, bezrozpuszczalnikowych mieszanek tworzyw sztucznych z innymi składnikami. Tworzą one wówczas po naniesieniu na chronione podłoże warstwę o określonej grubości, ściśle przylegającą do niego i wykazującą określone właściwości mechaniczne i chemiczne. Do wytwarzania powłok mogą być więc użyte substancje spełniające następujące wymagania:

a) ze stanu ciekłego (stopionego, zmiękzonego, dyspersji lub roztworu) dają się przeprowadzić za pomocą prostych procesów fizycznych lub chemicznych w stan stały (utwardzony),

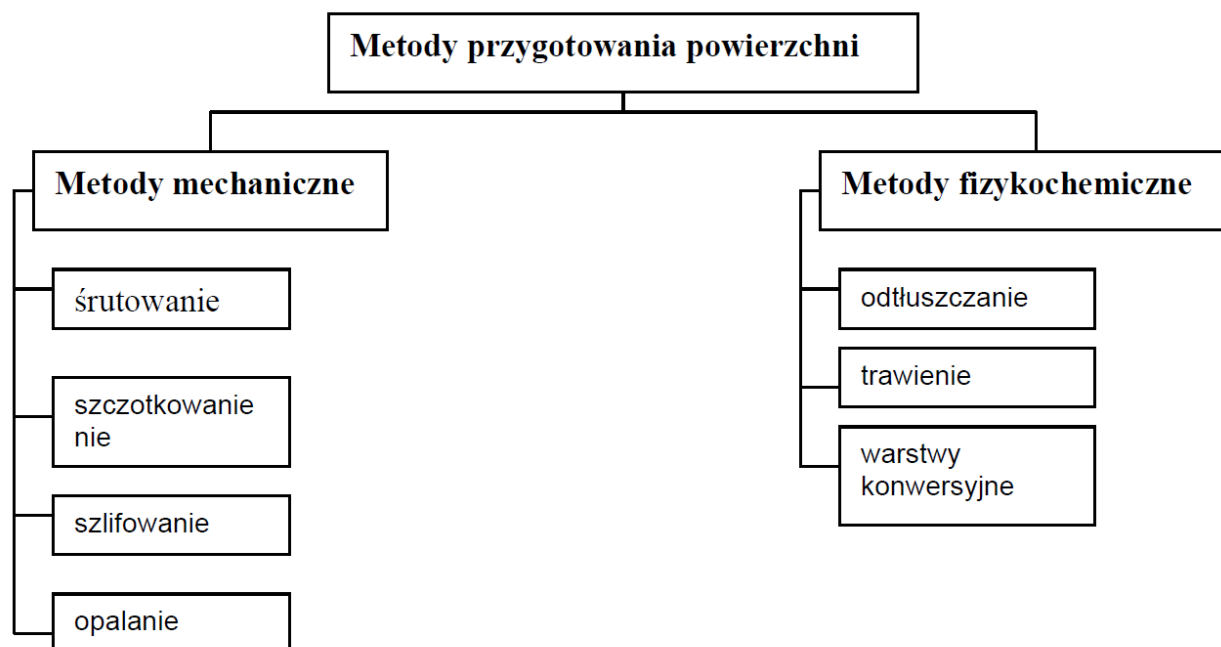
b) w stanie ciekłym wykazują zdolność zwilżania podłoża, charakteryzującą się określonym sposobem i czasem zestalania (żelowania, utwardzania, wysychania), konsystencją, lepkością i rozlewnością, zdolnością krycia,

c) w stanie stałym wykazują odpowiednią przyczepność do podłoża, spoistość wewnętrzną (kohezję), elastyczność, twardość, odporność na starzenie i na działanie czynników fizycznych i chemicznych otoczenia.

Głównym składnikiem materiałów powłokowych są tworzywa termoplastyczne i termoutwardzalne. Ponadto w materiałach tych mogą występować: stabilizatory, zmiękczacze, barwniki i pigmenty.

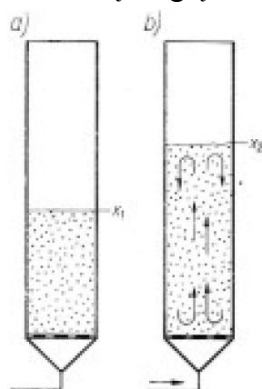
## 2. Metody przygotowania powierzchni podłoża metalowego

Powierzchnie przedmiotów, na które ma być naniesiona powłoka, powinny być uprzednio przygotowane. Przygotowanie to polega na oczyszczaniu z wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń oraz na nadaniu powierzchni chropowatości.



## 3. Nanoszenie powłok metodą fluidyzacyjną

Przebieg procesu przedstawiono na rys.1. W naczyniu z dnem porowatym znajduje się pewna ilość proszku tworzywa sztucznego. Jeśli przez tę sypką warstwę przepuścimy od dołu strumień gazu, to, w pewnej chwili nastąpi rozszerzenie się ładunku proszku; osiągnie on określony stan rozluźnienia, a cząstki zaczną wykonywać ruchy i przesuwać się względem siebie.



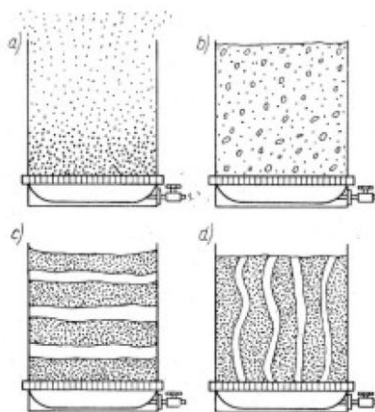
Rys.1. Tworzenie się złoża fluidalnego: a) złożo nieruchome przy niskim ciśnieniu powietrza, b) "upłynnienie" proszku przy ciśnieniu powietrza przewyższającym parcie warstwy proszku.

Fluidyzacja względnie "upłynnienie" proszku, polega na utworzeniu zawiesiny rozdrobnionego ciała stałego w strumieniu gazu płynącym do góry.

#### 4. Zakłócenia fluidyzacji

Podstawowe zakłócenia fluidyzacji to (rys.2.):

- segregacja,
- pęcherze,
- rozwarstwienie,
- kanałowanie.



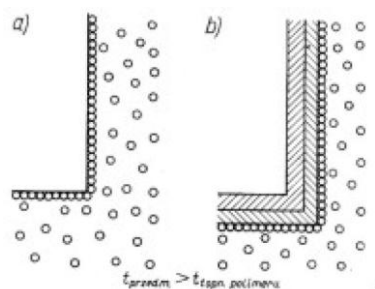
Rys.2. Zakłócenia fluidyzacji: a) segregacja (rozdzielanie się fazy rzadkiej i gęstej), b) pęcherze, c) rozwarstwienie się zawiesiny, d) kanałowanie.

#### 5. Mechanizm powstawania powłoki

Tworzenie się powłoki z proszku polimeru na podłożu metalowym w metodzie fluidyzacyjnej jest wynikiem zetknięcia się cząstek tworzywa z uprzednio podgrzaną powierzchnią przedmiotu metalowego. W stałym strumieniu cząstek proces ten będzie się powtarzać aż do tak znacznego obniżenia się temperatury przedmiotu, że zaabsorbowana przez niego ilość ciepła nie wystarczy do nadtopienia dalszych uderzających cząstek.

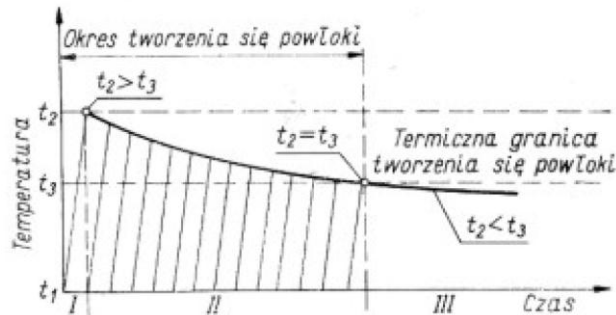
W procesie tworzenia się powłoki w złożu fluidalnym rozróżnia się trzy etapy (rys.3.):

- a) powstanie powłoki jednowarstwowej z cząstek tworzywa topiącego się na powierzchni przedmiotu w wyniku bezpośredniego styku,
- b) wzrost grubości powłoki wskutek stapiania się ziarn stykających się z tworzywem już stopionym; czynnikiem wzrostu grubości powłoki jest w tym okresie przenoszenie ciepła z przedmiotu do przylegających cząstek tworzywa poprzez warstwę stopioną,
- c) zahamowanie wzrostu grubości powłoki w wyniku utraty ciepła przez przedmiot i małej przewodności cieplnej tworzywa.



Rys.3. Proces tworzenia się powłoki polimerowej w złożu fluidalnym: a) tworzenie się powłoki jednowarstwowej, b) tworzenie się powłoki wielowarstwowej.

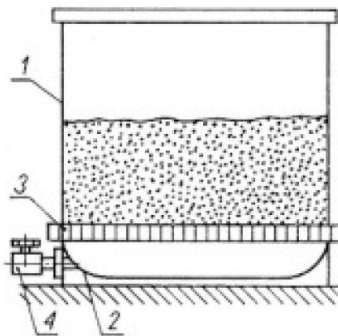
Przebieg zmian temperatury tworzywa przedstawiono schematycznie na rys.4., na którym  $t_1$  oznacza temperaturę złoża proszku tworzywa w kąpieli i gazu fluidyzującego,  $t_2$  temperaturę powierzchni przedmiotu oraz  $t_3$  temperaturę topnienia polimeru. Na osi odciętych oznaczono trzy etapy procesu spiekania: I - powstanie powłoki jednowarstwowej, II - etap wzrostu grubości powłoki oraz III - zahamowanie wzrostu grubości powłoki.



Rys.4. Zmiana temperatury tworzywa w procesie powlekania fluidalnego:  $t_1$ - temperatura złoża,  $t_2$  – temperatura powłoki,  $t_3$  – temperatura topnienia polimeru; I – okres tworzenia się powłoki jednowarstwowej, II – wzrost grubości powłoki, III – zanik wzrostu grubości powłoki

## 6. Aparatura i urządzenia do nanoszenia powłok

Schemat konstrukcji fluidyzatora przedstawiono na rys.5. Składa się on z naczynia (1) z podwójnym dnem: stałym (2) i porowatym (3), przez które jest tłoczony gaz pobierany z butli, z sieci lub dmuchawy i regulowany za pomocą zaworu redukcyjnego (4).



Rys.5. Schemat konstrukcji fluidyzatora: 1 - naczynie, 2 - stałe dno podwójne, 3 - dno porowate, 4 - zawór redukcyjny.

Do fluidyzowania proszku stosuje się najczęściej powietrze. Aby uniknąć wpływu tlenu na stopione tworzywo i podłoże można użyć gazu obojętnego, np. azot lub dwutlenek węgla, w większości przypadków praktycznych stosuje się jednak powietrze.

## 7. Zestawienie wad i usterek powłok

Rodzaj wady	Przyczyna powstania usterki	Sposób usunięcia usterki
<i>Zmiana barwy</i>	Przegrzanie tworzywa spowodowane dużą pojemnością cieplną podłoża	Skrócić czas wygrzewania lub obniżyć temperaturę podgrzewania, ewentualnie zwiększyć czas zanurzenia
<i>Spęcherzenie powłoki</i>	a) Nałożenie zbyt dużej ilości proszku jednorazowo b) Przegrzanie tworzywa spowodowane dużą pojemnością cieplną podłoża c) Obecność wilgoci w proszku lub sprężonym powietrzu d) Odgazowanie podłoża np. odlewu porowatego	a) Zanurzyć kilkakrotnie b) Skrócić czas wygrzewania lub obniżyć temperaturę podgrzewania c) Sprawdzić wilgotność powietrza lub wysuszyć d) Przedłużyć czas wygrzewania, aby nie nastąpiło odgazowanie
<i>Skórka pomarańczowa</i>	Zbyt niska temperatura wygrzewania	Zwiększyć pojemność cieplną elementów niezabezpieczonych, dłużej wygrzewać lub wygrzać w wyższej temperaturze
<i>Nakłucia</i>	Zwiększyć pojemność cieplną elementów niezabezpieczonych, dłużej wygrzewać lub wygrzać w wyższej temperaturze	Zwiększyć czas zanurzenia
<i>Kratery</i>	Proszek zabrudzony tłuszczem lub innymi proszkami	Wycofać partię zabrudzonego proszku
<i>Brak przyczepności</i>	Złe przygotowanie powierzchni elementu Niedogrzanie lub przegrzanie elementu	Dokładniej przygotować powierzchnię Właściwie wygrzewać element zagruntowany
<i>Chropowatość powłoki</i>	Za niska temperatura wygrzewania Nie jednokrotna grubość ścian elementu	Dłużej wygrzewać lub podwyższyć temperaturę Podwyższyć temperaturę i skrócić czas wygrzewania
<i>Odstawanie powłoki</i>	Powierzchnia przedmiotu niedostatecznie schropowana Powierzchnia przedmiotu źle oczyszczona	Piaskować ponownie ziarnem grubszym Oczyszczyć (odtłuścić) i ponownie piaskować
<i>Rysy i pęknięcia</i>	Zbyt wysoka temperatura podgrzewania Zbyt wolne chłodzenie	Obniżyć temperaturę podgrzewania Chłodzić w wodzie gorącej
<i>Ciemne kropki</i>	Brud, kurz lub zgorzelina z elementu w proszku	Oczyszczyć dokładnie elementy przed powlekaniami

<b>Porowatość powłoki</b>	a) Wadliwe trzymanie przedmiotu przy zanurzeniu powodujące uderzenia cząstek proszku prostopadle do powierzchni b) Za niska temperatura wygrzewania c) Za cienka powłoka	a) Ustawić powierzchnie płaskie równoległe do kierunku strumienia b) Podwyższyć temperaturę wygrzewania c) Wytworzyć powłoki grubsze tworzyć
<b>Zbyt duża grubość powłoki</b>	Za duża pojemność cieplna elementu, za długi czas zanurzenia	Zredukować temperaturę pieca lub czas wygrzewania, skrócić czas zanurzenia w złożu
<b>Lokalne zgrubienia</b>	Wilgotny proszek	Wysuszyć proszek

## II. Część praktyczna

### Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z technologią wykonywania zabezpieczeń przeciwkorozyjnych z tworzyw sztucznych, na przykładzie powłok wytwarzanych z proszków metodą fluidyzacyjną.

### Przebieg ćwiczenia

1. Przygotować piec komorowy do pracy (ustawić temperaturę na 410°C).
2. Podzielić próbki na dwie grupy (po 4 sztuki w grupie).
3. Wyznaczyć powierzchnię przedmiotów metalowych.
4. Przedmioty metalowe oczyścić z zanieczyszczeń, a następnie odtłuścić acetonem.
5. Zważyć na wadze analitycznej z dokładnością do 0,0001 g.
6. Przedmioty metalowe (z I grupy) wsadzić do pieca i ogrzać do ustalonej temperatury.
7. Uruchomić fluidyzator, następnie zanurzać kolejno metalowe przedmioty w złożu fluidalnym w czasie: 5, 10, 15, 25 s.
8. Po nałożeniu powłoki, przedmioty metalowe poddać wygrzewaniu w temperaturze ok. 150°C przez ok. 10 min. w celu ujednoczenia powłoki z nałożonego tworzywa.
9. Po wyjęciu pierwszej partii próbek z pieca przeregulować temperaturę pieca na 420°C i wsadzić do pieca drugą partię próbek.
10. Po nagraniu przedmiotów (z II partii) do zadanej temperatury powtórzyć kolejno operacje jak z pierwszą partią.
11. Po ostudzeniu ponownie zważyć na wadze analitycznej i określić grubość powłoki korzystając z równania:

$$x = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^4}{A \cdot d}$$

x - grubość powłoki (μm)

m<sub>1</sub> - masa przedmiotu metalowego z powłoką (g)

m<sub>2</sub> - masa przedmiotu metalowego bez powłoki (g)

A - powierzchnia przedmiotu metalowego (cm<sup>2</sup>)

d - gęstość powłoki: a) dla poliamidu (1,13 g/cm<sup>3</sup>), b) dla polietylenu (0,93 g/cm<sup>3</sup>)

12. Zmierzyć grubość powłoki metodą elektromagnetyczną w trzech punktach (górze, środek, dół) z każdej strony.

### **Opracowanie wyników**

- a) Sporządzić wykres zależności grubości powłoki od czasu zanurzenia w złożu fluidalnym (metodą wagową i elektromagnetyczną).
- b) Dokonać oględzin wzrokowych powłoki i ocenić wygląd (gładkość, wybarwienia, wady).
- c) Określić optymalne parametry procesu fluidyzacji.

### **Literatura:**

1. Z. Kowalski: Powłoki z tworzyw sztucznych, WNT Warszawa 1973
2. K. Dobrosz, A. Matysiak: Powłoki ochronne w pojazdach samochodowych, WkiŁ, Warszawa 1986,
3. PN-76/C-01350.11 (Fluidyzacja),
4. Praca zbiorowa pod redakcją R. Juchniewicza: Ćwiczenia laboratoryjne z korozji i ochrony przed korozją, Gdańsk 1974.