

■タイトル■

「コーティング・塗布・乾燥プロセスの基礎とトラブル対策」

■趣旨■

近年、コーティング膜の塗布・乾燥プロセスは、高い処理能力や低コストといった観点から、主要な製造技術として広く用いられています。さらに、機能性フィルム、電池材料、基板モジュールなどの高機能製品においても、重要な製造プロセスとなっています。

プロセス技術の高品位化および高速化は、生産効率の向上やコスト削減を実現するうえで不可欠な課題です。

本講座では、塗布・乾燥の基礎原理に基づき、プロセスの本質を理解することで高品位化・高速化の主要因を解析し、塗布むらや乾燥ムラなどのトラブル対策について解説します。

また、現象のメカニズム、測定・解析技術、不良トラブルの解決方法といった重要課題を、豊富な実例を交えて詳しくご紹介します。

さらに、受講者が日々直面しているトラブルに関するご相談にも対応いたします。

■受講対象者■

コーティング剤、コーティング業務、コーティング装置、計測分野等に関わる技術者を対象にしています。実務レベルのセミナー内容ですが、分かりやすく説明します。

■予備知識■

物理化学の基礎知識、塗布乾燥技術の一般的知識

■受講後の習得知識■

塗布乾燥に関わる基礎学問の習得

塗工液から乾燥までの一連のコーティングプロセスの習得

コーティングに関するトラブルへの対応能力

表面エネルギーによる制御法

AFM の有効活用法

■キーワード■

塗布方式、乾燥方式、濡れ性、粘性、表面エネルギー、ナノ粒子、付着剥離、プロセス管理、スラリー、信頼性

■内容項目■

1. 塗膜形成の基礎（濡れ・粘性の不確定要素を見極める）

1.1 塗工液の最適化

1.1.1 表面張力

- 1.1.2 溶解性パラメータ SP/HSP 値
- 1.1.3 相分離
- 1.1.4 共沸点
- 1.1.5 混合溶媒
- 1.1.6 界面活性剤
- 1.2 濡れの基本式を使いこなす
 - 1.2.1 濡れと接触の違い
 - 1.2.2 表面エネルギー
 - 1.2.2 Young の式
 - 1.2.3 Dupre の式
 - 1.2.4 Cassie の式
 - 1.2.5 Wenzel の式
 - 1.2.6 Newman 式
 - 1.2.7 ピンニング
 - 1.2.8 動的濡れ（前進・後退角、転落角、動的濡れ指数）
- 1.3 付着エネルギーと濡れ性
 - 1.3.1 濡れエネルギーの 3 形態
 - 1.3.2 分散と極性成分
 - 1.3.2 Fowks 近似式
 - 1.3.3 拡張係数 S
 - 1.3.4 円モデル
- 1.4 レオロジー制御
 - 1.4.1 動的粘弾性
 - 1.4.2 キャピラリー数 Ca
 - 1.4.3 非ニュートニアン
 - 1.4.4 Ostwald 流動曲線
- 2. 各種コーティング法の原理とコントロールポイント
 - 2.1 ロールコーティング
 - 2.1.1 ダイコーティング
 - 2.1.2 コンマコーティング
 - 2.1.3 マイクログラビアコーティング
 - 2.2 枚葉式コーティング
 - 2.2.1 スピンコーティング
 - 2.2.2 スリットコーティング
 - 2.2.3 ディップコーティング

- 2.2.4 バーコーティング
- 2.2.5 スプレーコーティング
- 2.2.6 インクジェットコーティング

3. 塗膜の乾燥メカニズムと高精度化（乾燥のツボを抑える）

3.1 乾燥の三要素

- 3.1.1 濃度差拡散
- 3.1.2 蒸気圧
- 3.1.3 ラプラス力

3.2 乾燥装置の最適化

- 3.2.1 乾燥曲線
- 3.2.2 温度均一性
- 3.2.3 熱設計（比熱、熱容量、熱伝導）
- 3.2.4 赤外線乾燥

3.3 非平衡方式

- 3.3.1 真空減圧乾燥
- 3.3.2 凍結乾燥
- 3.3.3 超臨界乾燥

4. ペースト・スラリーの高品位化

4.1 ナノ粒子間の相互作用

- 4.1.1 Derjaguin 近似
- 4.2.2 DLVO 理論
- 4.3.3 Hertz 理論
- 4.3.4 凝集配列

4.2 スラリーの分散凝集性

- 4.2.1 スラリー内粒子の濡れと気泡凝集
- 4.2.2 ゼータ電位
- 4.2.3 上昇沈降性
- 4.2.4 ブラウン運動

4.3 インピーダンス解析

- 4.3.1 誘電応答・ボード線図
- 4.3.2 ナイキスト線図
- 4.3.3 コール・コール円
- 4.3.4 等価回路
- 4.3.4 緩和時間

4.4 産業応用

4.4.1 二次電池

4.4.2 電極ペースト

4.4.3 アンダーフィル

4.4.4 フィラー

5. 塗膜の膜質評価法（表面・内部・基板界面の解析）

5.1 塗膜の応力歪み

5.5.1 応力 - 歪み（S-S）曲線

5.5.2 降伏点

5.5.3 結晶化

5.5.4 熱歪み

5.2 乾燥・凝集性の膜内深さ分布

5.2.1 DPAT 法（AFM 剥離試験）

5.2.2 粘弾性分布

5.2.3 表面硬化層

5.3 付着剥離評価

5.3.1 引張り試験（大気／液中）

5.3.2 せん断耐性

5.3.3 スクラッチング

5.3.4 テープ剥離（90 度／180 度、ジッピング）

5.4 耐久試験

5.4.1 繰り返し疲労

5.4.2 耐久試験、寿命予測

6. トラブル対策(発生原因を特定し解決・防止策を見極める)

6.1 粘性欠陥

6.1.1 カスケード欠陥（横スジ）

6.1.2 リビング欠陥（縦スジ）

6.1.3 ゆず肌（ベナールセル）

6.1.4 乾燥ムラ（マランゴニー対流）

6.1.5 フラクタル粘性指状（V F）変形（ギャップ内の塗工不良）

6.2 乾燥欠陥

6.2.1 エッジ盛り（EBR 対策）

6.2.2 ピンホール（はじき、拡張濡れ法）

6.2.3 膜剥離の防止法（膨れ・ガス発生）

6.3 プロセス欠陥

- 6.3.1 顔料析出と溶解度（カラーレジスト）
- 6.3.2 クラックの抑制（多層膜の応力ミスマッチ）
- 6.3.3 ソルベントクラック（ソルダーレジストの白化）

7. 参考資料

- ・塗膜トラブル Q&A 事例集（トラブルの最短解決ノウハウ）
- ・表面エネルギーによる濡れ・付着性解析（測定方法）

8. 質疑応答

日頃の開発・トラブル相談に個別に応じます。