

## ■タイトル■

付着・剥離現象の理解と問題解決アプローチ

## ■趣旨■

多くの機能性製品が開発される中で、その構造の安定性は耐久性・信頼性および安全性の観点から最優先の技術課題となっています。特に、付着性および剥離性の安定性は極めて重要なテーマの一つです。この付着・剥離の問題は、製品開発の初期段階から長期の実用化に至るまで、ほぼ必ず顕在化すると言ってよいでしょう。一般に、付着現象のメカニズムは、付着を促進する要因（相互作用、表面エネルギー、アンカー効果など）と、剥離を促進する要因（応力、歪み、熱膨張など）とのバランスとして説明されます。多くの実例では複数の剥離要因が同時に作用するため、原因の特定や対策の立案が複雑化します。そのため、破断（剥離）面の観察による要因分析と、それに基づく適切な対策の実施が重要です。

本セミナーでは、コーティング膜や材料の付着・密着現象の基礎から、実際の付着力測定手法、さらにはその結果を活用した問題解決プロセスまでを体系的に解説します。

対象材料は金属、無機材料、有機材料と幅広く、コーティング膜、フィルム、極薄膜、積層膜、微粒子などの付着・剥離事例とその解決方法をご紹介します。

豊富なトラブル事例をもとに具体的な問題解決のアプローチを習得するとともに、各種付着・剥離試験法についても幅広く学んでいただけます。さらに、受講者の皆様が日常的に抱える技術課題や開発に関するご相談にも、個別に対応いたします。

## ■受講対象者■

本セミナーは、薄膜、コーティング、電子産業分野において、薄膜技術および付着・密着に関する業務に従事されている方を対象としており、初心者から実務経験者まで幅広い層の方にご参加いただけます。

具体的には、以下のような方々を想定しています：

- 薄膜応用製品の開発・製造・評価などの業務に携わっている方
- 製品設計や開発、生産に関わる技術者の方
- 社内外で技術指導を行っている方
- マーケティング、企画、知的財産管理などの周辺業務に携わる方
- 研究機関や大学などの学術機関に所属する研究者・学生の方
- 物理化学の基礎知識をお持ちの方

## ■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■

- ・付着・剥離現象の要因とメカニズムを体系的に理解する
- ・現場で発生する付着トラブルへの対応方法を習得する
- ・測定・解析手法を通じて、問題解決力を高める

## ■キーワード■

塗膜、接着、剥離、相互作用力、微粒子、剥離試験、スクラッチング試験、原子間力顕微鏡（AFM）

## ■内容項目■

1. 薄膜・材料の剥離事例と対策
  - 1-1 接着剥離モード（界面、凝集、混合破壊）
  - 1-2 膨れ、しわ、クラック、ポップアップ
  - 1-3 白化（環境応力亀裂・ソルベントクラック）
  - 1-4 膜浸透・軟化・膨潤（ナノチャネル浸透）
  - 1-5 はじき・ピンホール
  - 1-6 粘性指状変形（VF 変形）
  - 1-7 微細構造破壊（ラプラス力破壊）
  - 1-8 自己組織化分裂（極薄膜欠陥）
  - 1-9 微粒子凝集と分散（ペースト材料）
  - 1-10 アンダーカット不良（ウェットエッチング）
  - 1-11 エキソ放出現象（電子・光・音波放出）
2. 付着剥離を支配する要因
  - 2-1 分子間相互作用力（L-J ポテンシャル、Hamaker 定数）
  - 2-2 表面間相互作用力（平面－平面間、平面－球間、球－球間）
  - 2-3 表面エネルギー  $\gamma$ （分散、極性成分）
  - 2-4 付着仕事  $W_a$ （ドライ中の付着性）
  - 2-5 界面浸透エネルギー  $S$ （ウェット中の付着性）
  - 2-6 凝集力、合金層、相互拡散層（破壊起点）
  - 2-7 応力集中（形状依存性）
  - 2-8 熱応力マッチング（熱膨張係数）
  - 2-9 WBL（表面弱結合層）
  - 2-10 表面粗さ（アンカー効果）
  - 2-11 実効付着面積（狭ギャップ乾燥）
  - 2-12 ナノ粒子の付着凝集性（サイズ依存性、Derjaguin 近似）

### 3. 付着剥離試験法の原理と実際

- 3-1 クロスカット法（剥離モード、接着テープ）
- 3-2 剥離試験法 1（せん断、90 度、180 度、T 字剥離、ジッピング）
- 3-3 剥離試験法 2（温水、熱水環境）
- 3-3 スクラッチング試験（一定荷重、連続荷重）
- 3-4 疲労破壊試験（繰り返し破壊）
- 3-5 はんだシェア破壊試験（シェア角度依存性）
- 3-6 超音波剥離試験（亀裂進展）
- 3-67SAICUS 法（斜めせん断剥離）
- 3-8 疲労破壊試験（繰り返し破壊）
- 3-9 インデント試験（弾性率、stiffness）
- 3-10 応力測定（歪み検出法）
- 3-11 偏光解析（膜応力分布解析）
- 3-12 AFM 直接剥離法（DPAT 法・微細構造剥離）
- 3-13 ピンホールチェッカー（コロナ・アーク放電）

### 4. 付着力改善プロセス技術

- 4-1 ハードベーク（熱硬化性樹脂）
- 4-2 応力緩和（弾性率、形状、膜厚）
- 4-3 UV 処理（極性基付与）
- 4-4 シランカップリング処理（疎水基付与）
- 4-5 界面活性剤（低表面張力）
- 4-6 ブラスト処理（表面粗化）
- 4-7 プラズマ処理（親水基形成）
- 4-8 コロナ放電処理（親水基形成）

### 5. 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・付着性解析法（測定方法）

### 6. 質疑応答

（日頃のトラブル相談、研究開発相談に応じます）