

はじめに

機能性フィルムの開発や製造の課題を遂行する際、欠陥やトラブルに悩まされることが多いであろう。私自身、就職してから生産技術の研究部門で塗工理論を学んだ後に、製造部門の技術者として、生産性や品質向上に従事したが、塗工論文は学術的過ぎるし、現場情報はノウハウ的で、勘所をつかむまでには時間を要した。本書では、Roll To Roll 塗工・乾燥の開発から製造までに携わる初学者から経験者までを対象にまとめた。

理論と現場の実践力を網羅した塗工技術が皆様から広まれば、機能性フィルム業界の発展にもつながるであろう。本書を読まれた皆様が塗工製造技術を高めて、新しい機能性フィルムの開発や製品の品質向上をされることをお祈りする。

AndanTEC 浜本伸夫

SAMPLE

目 次

はじめに	3
第1章 塗工技術のノウハウ	21
第1節 塗膜の開発品を Roll To Roll 量産へ	
スケールアップするために 21	
(浜本 伸夫)	
1 Roll To Roll 塗工とフィルム製品の歴史と分類	21
2 種々の塗工方式と塗工範囲	23
3 前計量と後計量	23
4 量産における Roll To Roll 工程 (Roll To Roll 工程)	25
5 実験室で活用されるバッチ方式	25
第2節 塗布の理論と実践	27
(浜本 伸夫)	
1 塗工方式	27
2 スロット塗工	27
3 ビード部の物質収支	28
4 グラビア塗工	28
5 ロール間のギャップによる計量	28
6 フォワード方式	28
7 リバース方式	30
8 キス方式 (テンションド・ウェブ)	30
9 バー塗工方式	31
10 段ムラの回避策	31
11 バー芯金の作り方	32
12 受け座の形状	32
13 駆動系	33
14 カップリング (軸継ぎ手)	34
15 ブレード塗工 (ナイフ塗工)	34
16 「コンマコーナー」の構造	36
17 塗工量の見積もり	36

18 平行な間隙を通過する場合（Couette流）	37
19 直線ナイフの狭まり流路を通過する場合（潤滑流動モデル）	37
20 「コンマコーナー」の場合	38
21 コンマロールの変形対策	40
22 液溜めとバックプレートの設置方法	40

第3節 乾燥の理論と実践 45

(浜本 伸夫)

1 热風乾燥の3要素	46
2 热風乾燥の乾燥速度式	47
3 量産設備における乾燥風の取り回し	47
4 ガス濃度および膜温把握に有用な空気線図	48
5 飽和蒸気圧の温度依存性	49
6 水以外の溶媒における空気線図	49
7 ルイス数とは？（物質拡散と熱拡散の比）	50
8 蒸発潜熱の推算	53
9 飽和蒸気圧の温度依存性の推算（アントワン式の定数）	53
10 爆発下限界（LEL）	56
11 定率乾燥と減率乾燥	59
12 限界点と仮想点	59
13 減率乾燥以降の乾燥速度計算	60
14 減率乾燥を実測で見積もる方法	62
15 乾燥ノズルの形態と乾燥能力	63
16 残留溶媒の調整（絶乾と調湿）	67
17 分散系の乾燥（偏析・沈降・凝集）	67
18 実験室の乾燥（スピン塗工）	68
19 実験室のホットプレート乾燥	68
20 赤外線乾燥	70
20.1 輻射と赤外線の分類	72
20.2 赤外線波長と溶剤の吸収	72
20.3 热風との比較	72
20.4 近赤外線波長制御ヒーター	73
20.5 炉内の送風による冷却	74
20.6 LIBの偏析改善	74

第2章 良い塗布膜を得るためのコントロール技術 79

第1節 塗布膜乾燥の基本とプロセス・現象・本質の 理解&最適化と欠陥・トラブル対策 79

(河合 晃)

はじめに	79
1 塗膜の形成	79
2 乾燥プロセスにおけるエネルギー変化	80
3 溶剤の拡散モデル	83
4 熱処理による塗膜の硬化	85
5 減圧（真空）乾燥	86
6 スピン乾燥	88
7 乾燥ムラ	90
おわりに	90

第2節 基材への塗布層の形成、塗布液の塗布技術 93

(畠山 靖)

1 塗布層の形成方法	93
1.1 塗布層の形成方法	93
1.2 塗布方法の例—スライドホッパー塗布	94
2 塗布液の持つべき物性	97
2.1 塗布時の塗布液の変形	97
2.2 塗布液の持つべき物性	97
2.3 表面張力と動的表面張力	98
2.4 粘度とチキソトロピー性	101
2.5 消泡性	104
3 塗布層を構成する素材	106
3.1 塗布層の構成素材	106
3.2 界面活性剤	106
3.3 増粘剤	109
3.4 消泡剤	109
3.5 バインダー	110
3.6 フィラー	112
3.7 架橋剤	113
3.8 溶剤	114

第3節 粒子の分散安定化と

塗布乾燥における課題、添加剤による解決 ... 117

(若原 章博)

はじめに	117
1 粒子の分散安定化と湿潤分散剤の役割	117
1.1 粒子の分散安定化メカニズム	117
1.2 安定化を図る湿潤分散剤の構造と特性	119
1.3 分散性の評価	121
1.4 凝集した分散状態がプロセスに与える影響	122
1.5 異なる粒子が共存する際の凝集	122
1.6 分散体が多層塗工あるいは複数の分散体が接触する際の注意	124
1.7 分散状態と最終品質への影響	124
1.8 製造プロセスの自由度を広げる湿潤分散剤	126
2 塗布時の課題と解決方法	127
2.1 塗布乾燥時に生じがちな不具合	127
2.2 基材への濡れ性と表面張力	127
2.3 塗布膜の平滑性	128
2.4 表面調整剤の構造による表面張力低下効果の違い	128
2.5 静的表面張力と動的表面張力	128
2.6 低pH・高pHでの加水分解安定性を確保した 界面活性剤構造有機変性ポリシロキサン	129
2.7 マクロマー技術によるリコート性確保と超親水性付与	130
2.8 泡とピンホール・ワキの発生	132
2.9 消泡剤・ワキ防止剤添加による塗膜欠陥の防止	132
2.10 レオロジーの制御技術	133
3 今後の開発方向	134
3.1 PFAS・PTFEフリーの添加剤	134
3.2 バイオベース添加剤	134
終わりに	135

第3章 塗布膜乾燥のシミュレーションモデル 137

第1節 塗布膜シミュレーションモデル 137

(富塚 孝之)

はじめに	137
1 塗布膜形成シミュレーションモデル	137
2 塗布膜乾燥シミュレーションモデル	139
3 ナノ粒子分散塗布膜の乾燥シミュレーションモデル	142
4 液滴の乾燥シミュレーションモデル	144
おわりに	146

第2節 CFDを活用した塗工室の気流解析 147

(渡辺 香)

はじめに	147
1 計算手法の基礎：数値流体力学（CFD）	148
1.1 支配方程式	148
1.2 数値計算手法：有限体積法（FVM）	148
1.3 使用するソフトウェアについて	149
2 クリーンルームの設計要件	149
2.1 クリーンルームの分類	150
2.2 クリーンルームの規格	151
3 CFDによるクリーンルーム設計	151
3.1 クリーンルームの換気シミュレーション	152
4 塗工室の気流解析事例	154
4.1 塗工室の気流解析モデルの説明	155
4.2 塗工室の気流解析結果	156
おわりに	158

第3節 リチウムイオン電池電極の

塗工・乾燥プロセスシミュレーションと性能予測 161

(高岸 洋一、馬場 亮平)

はじめに	161
1 リチウムイオン電池電極の製造プロセスとシミュレーション	162
1.1 一般的なリチウムイオン電池電極の製造フロー	162

1.2 電極スラリーの塗工シミュレーション	163
1.3 塗工された電極スラリーの乾燥シミュレーション	164
1.4 各プロセスシミュレーションの簡易化と接続	168
2 電極断面SEM像を用いた二次元乾燥・プレスシミュレーション	169
2.1 背景	169
2.2 シミュレーション方法	170
2.3 二次元乾燥シミュレーション結果	170
2.4 二次元プレスシミュレーション結果	170
2.5 二次元放電シミュレーション	172
まとめ	173

第4章 塗布膜のぬれ性・電極スラリーのレオロジー評価 175

第1節 塗布膜におけるぬれ・広がり挙動、 乾燥中の粒子挙動とその制御 175 (佐藤 正秀)

はじめに	175
1 濡れ・広がりの挙動と表面張力に関する基礎事項	175
1.1 接触角の定義	175
1.2 表面自由エネルギーと濡れ/接触角の関係	175
1.3 臨界表面張力による塗布膜のぬれ性評価	178
1.4 表面ラフネスと濡れの関係	178
2 乾燥中の粒子挙動とその制御	182
2.1 コーヒースtein	182
2.2 基板濡れ性とマランゴニ効果を利用するコーヒースtein現象の抑制	184
2.3 ピンニング抑制によるコーヒースtein現象の抑制	185
2.4 濡れ性制御ナノ粒子を用いたコーヒースtein現象の制御	185

第2節 レオロジーおよびレオ・インピーダンス測定を用いた 電極スラリーの特性解析 189 (川田 友紀)

1 はじめに	189
1.1 レオロジーとは	189
1.2 測定システムとジオメトリ選択	189
1.3 塗工性とレオロジーデータ	190

1.4 レオ・インピーダンス複合分析への期待	190
2 電極スラリーのレオロジー	190
2.1 スラリーの構成成分とレオロジーデータへの影響の概要	190
2.2 代表的な測定モード	191
2.3 負極スラリーのフローカーブ測定事例	191
2.4 正極スラリーの動的粘弾性測定事例	192
3 電極スラリーのレオ・インピーダンス測定	193
3.1 インピーダンス測定のプロット	193
3.2 レオ・インピーダンス：レオロジー・インピーダンス同時測定システム	194
3.3 正極スラリーのインピーダンス測定事例：導電助剤濃度とスラリー抵抗	194
3.4 インピーダンス測定の解析と指標	194
4 スラリーのレオ・インピーダンス測定と電池性能との相関	195
4.1 CNT添加正極スラリーのレオ・インピーダンス測定	196
4.2 スラリー抵抗と電極抵抗、電池性能との相関	196
4.3 スラリーのレオ・インピーダンス測定への期待	197
第5章 トラブル対策	199
第1節 ダイコーティングの基礎とトラブル対策	199
(綾部 守久)	
はじめに	199
1 ダイコーティングの流れ	199
1.1 ダイ先端の流れ	199
1.2 基礎流体力論による流れの数式化	200
1.3 表面張力に対するLeeらの考察	202
1.4 表面張力に対するHigginsとScrivenの考察	203
1.5 表面張力に対するCarvalhoの考察 = 拡張領域 =	204
1.6 ダイ先端の流れに基づくオペレーティングウインドウ	205
2 ダイライン欠陥に関する対策	205
2.1 オペレーティングウインドウによる対策	205
2.2 異物欠陥によるダイライン、スジ欠陥	206
2.3 気泡対策	206
おわりに	207

第2節 塗布膜乾燥プロセスの解明・考察・本質の理解と 塗布膜の設計、不良・欠陥対策への応用 209

(鏡 裕行)

1 塗布膜乾燥プロセスの本質	209
1.1 塗布溶液膜乾燥のメカニズム	209
1.2 塗布溶液膜乾燥の理論的理	211
2 塗布膜の設計、不良・欠陥対策への応用	215
2.1 塗布プロセスにおけるトラブルとその対策	215
2.2 乾燥中の人為的な制御の例	216

第3節 ウェットコーティングの全体技術を速習 —単層・重層塗布方式おののおのの特徴、 および塗布故障の原因と対策を理解— 219

(浜本 伸夫)

1 同時重層塗工	219
2 重層スロットダイ	219
3 粘度バランス	219
4 中間リップの流動（上下層の界面位置）	219
5 留意点	221
6 塗工時に発生する欠陥と対策	223
6.1 調送液要因	223
6.2 塗工スジ	225
6.3 ハジキ	226
6.4 風ムラ	226
6.5 レベリングによる改善効果	227
7 トラブルシューティングのアプローチ	229
7.1 なぜトラブルが多いのか？	230
7.2 直観か堅実派か	230
7.3 「開発」と「トラブルシューティング」で異なるアプローチ	231
7.4 原因を絞り込む工程分離	231
8 論理的かつ効率的に原因に迫る手法（KT法-ATS）	232
8.1 差異の整理（IsとIs Not）	232
8.2 仮説の検証	233
8.3 留意点	233
9 製造部門の役割分担（製造、品質保証、技術、保全）	234

9.1	三位一体～三権分立	234
9.2	トラブルの分類と対応（設備・品質・技術）	234
9.3	ロットスケールと頻度	235
9.4	ロット前後のイベント	236
9.5	素材の評価と補償	236
9.6	先発テスト	236
9.7	コミュニケーション	237
9.8	袋小路に入らぬよう	238
9.9	担当者とチーム運営（リーダーは一步引く）	238

第4節 ダイ塗布プロセスの基礎とトラブルへの課題と対策 241 (浜本 伸夫)

1	ダイ塗工は3種しかない	241
2	スロット塗工の位置付け	241
3	薄塗りと厚塗り	242
4	スロットダイの構造	242
5	薄層塗工の理論と実際	242
6	厚塗り塗工の操作条件（背面減圧を使わない場合）	248
7	より薄く、より厚く（Over Bite と Under Bite）	248
8	スロット塗工のテンションド・ウェブ方式	250
9	リップ形状とフィルムにかかる面圧	250
10	塗工可能領域	250
11	スロットダイの設計	250
12	構造の分類	251
13	マニホールドとスロットの役割分担	252
14	塗布量分布を生じる要因	252

第6章 塗布の計測制御・検査 —電池電極専用オンライン厚さ計による計測と制御— 255 (古賀 悠策、佐々木 尚史)

はじめに	255
1 塗工量の測定	255
1.1 測定対象	256
1.2 電池電極WEB厚さ計「ES-5」のシステム構成	256
1.3 塗工量の計測	260

2 塗工量の制御	260
2.1 塗工量制御の目的	262
2.2 LiB向け塗工量制御	263
2.3 MLCC向け塗工量制御	266
2.4 有限整定応答制御の採用	266
2.5 塗工量制御の効果	266
おわりに	267

第7章 電池への塗布・乾燥技術と性能評価 269

第1節 全固体電池材料 スラリー塗工技術開発 269 (鈴木 孝典)

1 全固体電池	269
1.1 固体電解質	269
1.2 正極活物質	272
1.3 負極活物質	274
2 全固体電池の電極製造方法	276
2.1 塗工法	276
2.2 ドライプロセス	277
3 全固体電池の塗工用バインダー	278
3.1 現行液系リチウムイオン電池のバインダー	279
3.2 全固体電池のバインダー	279
4 全固体電池の製造	281
5 酸化物系固体電解質使用の場合の塗工	282

第2節 波長制御乾燥システムを利用した リチウムイオン電池電極の乾燥 287 (近藤 良夫)

はじめに	287
1 従来型の赤外線加熱炉	287
2 近赤外選択ヒータの原理	289
3 空間構成	290
4 NIRシステムによる乾燥効果検証例	292
4.1 冷風との併用による低温乾燥	292
4.2 厚膜塗布乾燥時の表面円滑化	292

4.3 LiB 正極材の密着強度向上（バインダーマイグレーション低減）	295
5 数値解析技術	296
6 NIR ヒータと加熱装置のスペック	296
6.1 ヒータ全長、発熱長長さ、外形	296
6.2 構造	296
6.3 電気	298
6.4 冷却空気	298
6.5 加熱装置	298
6.6 火災・爆発への配慮	298
7 今後に向けて	300
8 まとめ	300

第3節 充放電カーブから理解する

電極の欠陥が及ぼす電池性能への影響 303 (窪田 忠彦)

1 電極製造プロセスの不具合が起因となる電池性能への影響	303
2 充放電カーブを用いた電池特性の理解	303
2.1 充放電カーブ	303
3 全固体電池の電極評価	313
3.1 全固体電池の種類	313
3.2 硫化物系全固体電池の課題	313
3.3 硫化物系全固体電池の作製、評価	314

第4節 リチウムイオン電池正極塗工の基礎と

正極水系塗工の最新動向 319 (鈴木 孝典)

1 現在のリチウムイオン電池正極塗工（ウェットプロセス）	319
1.1 材料	319
1.2 製造プロセス（前工程）	322
2 溶剤塗工の理由と問題点	329
3 正極の水系塗工	330
3.1 正極水系塗工の問題点	330

第5節 リチウムイオン二次電池材料の合成を指向した コーティング技術とその適用例 ... 337

(大野 智也)

はじめに	337
1 コーティング技術	338
1.1 スプレー法	338
1.2 乾式法	338
1.3 化学反応法	339
2 コーティング技術の電池材料合成への適用	340
2.1 コート厚の制御	340
2.2 コート層の構造制御	341
2.3 コート層の構造因子の数値化	342
2.4 コート層の被覆率	344
最後に	345

第6節 リチウムイオン電池セパレータの コーティングによる機能付与 ... 347

(西川 聰)

はじめに	347
1 ポリエチレン微多孔膜から機能層コートセパレータへ	347
2 コーティング方式	349
3 耐熱層コートポリエチレン微多孔膜	350
4 ドライ接着層コートポリエチレン微多孔膜	352
5 ウェット接着層コートポリエチレン微多孔膜	354
6 電解液含浸性向上	356
おわりに	357

第7節 PEFC触媒インクのスロットダイ塗工の塗工安定性 359

(兒玉 学)

序論	359
1 実験ならびに計算手法	361
1.1 触媒インクの特性計測手法	361
1.2 触媒インクの塗工実験手法	362
1.3 触媒インク塗工の三次元シミュレーション	363

2 実験ならびに計算結果	364
2.1 触媒インクの特性	364
2.2 触媒インクの塗工結果	365
2.3 三次元シミュレーション結果	366
まとめ	370
第8節 リチウム電池電極の成膜プロセスと塗工技術	373
(菰田 悅之)	
はじめに	373
1 実験操作	375
1.1 実験材料とスラリー作製およびその評価	375
1.2 塗布層の乾燥過程の評価	376
2 結果と考察	377
2.1 正極スラリーのレオロジー的特性評価	377
2.2 塗布層の収縮挙動	379
2.3 均質な電極を得るための指針	384
3 結論	386
著者紹介	389

第1章 塗工技術のノウハウ

第1節 塗膜の開発品を Roll To Roll 量産へ スケールアップするため

AndanTEC

浜本 伸夫

1 Roll To Roll 塗工とフィルム製品の歴史と分類

Roll To Roll とは「ロール状の原反フィルムを巻き出して、塗工・乾燥や貼り合わせなどの処理を施した後に巻き取る加工方式」である（図1）。工業的に Roll To Roll 生産が始まったのは19世紀の映画フィルムに遡る（図2）。戦後の高度成長期には感熱紙やトイレットペーパーのようなロール紙、電子化が進むとMLCC、1980年代にはデジタル時代が幕明け、ノートPC、リチウムイオン電池、今世紀には液晶TVやスマートホンが出現し、各製品の要所でフィルム部材が利用されるようになった。

製品ごとにフィルム部材の使われ方はさまざま、例えば液晶TVならば幾多ものフィルムを積層して光学性能を付与し、リチウムイオン電池では電極部材そのものがエネルギーを蓄積～放出する主役、MLCCの基材は生産過程で使用されるが最終製品には含まれない（図3）。

これらのフィルム膜を大きく分類すると厚みと層数で整理される（図4）。単層の薄塗りは離型フィルムやプライマー、単層の厚塗りは電池の電極や粘着フィルム、ハードコートや光学補償フィルムは重層で、さらに厚塗りとなると写真感光材料やMLCCとなろう。

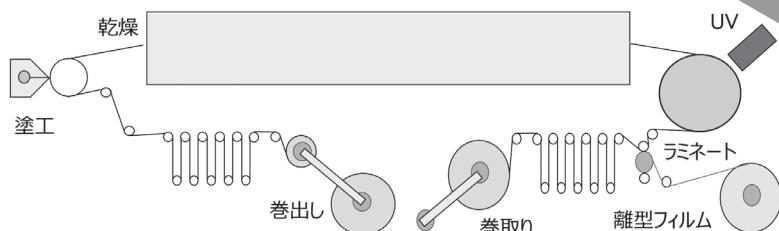


図1 一般的なRoll To Roll工程

第1章 塗工技術のノウハウ



図2 フィルム製品の歴史



図3 フィルム部材の使われ方

第1節 塗膜の開発品をRoll To Roll量産へスケールアップするために

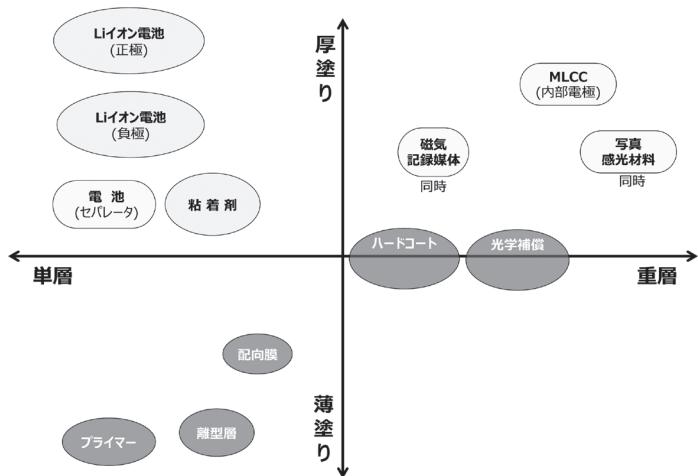


図4 塗工膜の分類

2 種々の塗工方式と塗工範囲

一般に塗工液は溶媒に溶かして塗って乾かすので、塗る膜は完成する膜よりも厚い。塗工時の乾燥前の厚みを「Wet厚み」、乾燥後は「Dry厚み」と区別して考える。完成品のDry厚みを与えるWet厚みは濃度次第でいかようにもなる。大抵、実験室で希薄な低粘液を塗り、量産検討のときに乾燥しやすくなるよう濃縮するので高粘になる（図5）。塗工しやすさは主に粘度とWet厚みに支配され、おのおのの塗工方式で得意な領域が異なる（図6）。スロット塗工の守備範囲が最も広範だが、実際には薄塗りと厚塗りでスロットダイの仕様は異なるし、より薄く塗るにはグラビア塗工、より厚く塗るにはブレード塗工（「コンマコーティング」、ヒラノテクシードの商標）の方が適する場合もある。なお、図6は大まかなイメージであり、右隅（1000～10000 mPas、10～30μm付近）を実際に塗るのは困難であろう。

3 前計量と後計量

塗工方式は「前計量」と「後計量」に分類される（図7）。前計量はポンプで送液した液が全て塗られる方式、後計量は送液した一部が塗られる方式である。前計量の代表格であるスロットダイは「ポンプ流量と基材搬送速度を決めるとおのずとWet膜厚が決まる」、その使い勝手の良さから、汎用の塗工方法として普及している。

第1章 塗工技術のノウハウ

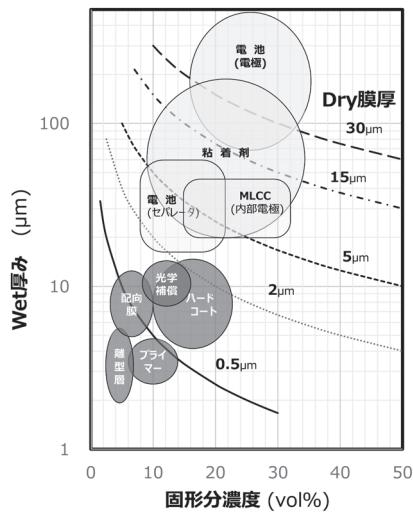


図5 固形分濃度とWet厚み

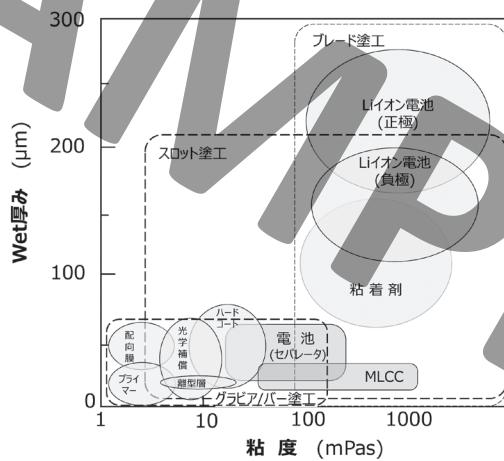


図6 各塗工方式の守備範囲

送液系	前計量				後計量		
	1バス	ダイ塗工	フレード塗工	メンイスカス塗布	スピン塗工		
1バス							
循環							

図7 塗布方式の分類

第1節 塗膜の開発品をRoll To Roll量産へスケールアップするために

4 量産におけるRoll To Roll工程(Roll To Roll工程)

大量に製品を量産する際は、帯状フィルムを連続的に巻き出して塗工～乾燥～硬化の後に、完成した塗膜付きフィルムを巻き取るRoll To Rollプロセスで生産される（図1）。図7に示した塗工方式のうちスピinn塗工以外は、原理的にいずれもRoll To Roll工程に適応可能である。

5 実験室で活用されるバッチ方式

素材の開発段階では名刺サイズやA4サイズで塗工したサンプルで評価される¹⁾（表1）。スケールアップの際に実験塗工からRoll To Rollに移行するが、実験塗工方式の特徴とRoll To Rollとの違いを把握しなければ課題が滞る。

表1 主な実験塗工方式

分類	方式	塗工量		説明	特徴	
		厚塗り	薄塗り		長所	短所
浸漬	ディップ	○	○	液溜めに基材を浸漬後、引き揚げる	不定形の基材に塗工できる	両面に塗られてしまう
	刷毛塗り	○	×	刷毛(ハケ)で塗る	簡易、塗り重ね可能	塗工量を管理できず
	ローラー塗り	○	×	不織ロールに浸された液を塗る		
	ナプキンコート	△	△	布に浸した液を塗る	多少は薄く塗れる	布は使い捨て
ブレード	アプリケーター	○	×	「下駄」で規定した間隙で塗工量を規定	簡易におおむね塗工量を規定できる	薄塗りには不適
	ワイヤーバー	△	○	ワイヤーバーを手で転がして塗工	RTRにスケールアップ可能	塗工量変更できない
	ヘラ塗り	○	×	ヘラで液を塗り拋げる	簡易に塗れる	塗工量を管理しにくい
遠心力	スピinn塗工	×	○	ステージを回転させて液を塗り拋げる	薄く塗りやすい	小面積用、高粘不可
噴霧	静電噴霧	△	○	注射針に高電圧を印加し液を微粒化	薄く塗れる	低粘の希薄溶液のみ

著者一覧

- 浜本 伸夫 (1章、5章3節、同4節)
AndanTEC
代表
- 河合 晃 (2章1節)
アドヒージョン株式会社
代表取締役社長
- 畠山 晶 (2章2節)
畠山技術士事務所
所長
- 若原 章博 (2章3節)
ビックケミー・ジャパン株式会社
シニアソリューションナビゲーター
- 富塚 孝之 (3章1節)
アドバンスソフト株式会社 熱流動エンジニアリングセンター
副センター長
- 渡辺 香 (3章2節)
株式会社構造計画研究所 SBD エンジニアリング部
部長
- 高岸 洋一 (3章3節)
東北大大学 未来科学技術共同研究センター
特任准教授
- 馬場 亮平 (3章3節)
株式会社コベルコ科研 計算科学センター
グループサブリーダー
- 佐藤 正秀 (4章1節)
宇都宮大学 工学部基盤工学科応用化学コース
教授
- 川田 友紀 (4章2節)
ティー・エイ・インストルメント・ジャパン株式会社
Sr Sales Applications Support Analyst
- 綾部 守久 (5章1節)
テックスケープ技術士事務所
代表
- 鏡 裕行 (5章2節)
名古屋市立大学 看護学研究科 看護情報センター
教授
- 古賀 悅策 (6章)
横河電機株式会社 横河プロダクト本部
P&Wソリューション統括部企画部
部長
- 佐々木 尚史 (6章)
横河電機株式会社 横河プロダクト本部
P&Wソリューション統括部企画部
シニアエンジニア
- 鈴木 孝典 (7章1節、同4節)
株式会社スズキ・マテリアル・テクノロジー・アンド・コンサルティング
代表取締役社長

●近藤 良夫

(7章2節)

日本ガイシ株式会社 製造技術統括部
CAE推進部
シニアプロフェッショナル

●窟田 忠彦

(7章3節)

横浜バッテリーサイエンス株式会社
代表取締役

●大野 智也

(7章5節)

北見工業大学 機械電気系
教授

●西川 聰

(7章6節)

帝人株式会社 コーポレート新事業本部
電池部材・メンブレン部門 電池材料事
業部
部長

●兒玉 學

(7章7節)

東京科学大学 工学院機械系
准教授

●菰田 悅之

(7章8節)

神戸大学 大学院工学研究科応用化学
専攻
准教授