

高粘度材料の微量精密塗布装置の開発

はじめに

弊社のシール剤、接着剤は私達の生活に欠かせない自動車、電気製品を中心に至るところで使用されています。弊社ではこれらのシール剤、接着剤を最も効果的に使用していただくため、それぞれの需要に合った塗布装置の開発を続けています。特にシール剤・接着剤の線引き塗布技術は自動車メーカーの長年のご協力、ご支援をいただき独自技術を育てることができました。また、近年ではこのようにして培った塗布技術をベースに自社でコンピューター関連部品のCIPG加工(本文1参照)を行っており塗布工程を含めたプロセス技術の確立にも取り組んできました。今回は弊社の線引き塗布技術と精密塗布で考慮しなければならない周辺機器と環境管理について説明いたします。また、燃料電池セパレーターや液晶パネル、有機ELパネル関連で求められる液剤の微量精密塗布を見据えた高粘度液剤の線引き微量精密塗布(CIPG加工)技術などを紹介いたします。

目

次

はじめに	1	3. 高粘度微量定量塗布装置	4
1. FIPGとCIPG	2	3-1 開発のポイント	5
2. 線引き塗布技術の紹介	2	3-2 吐出開始時の圧力管理	6
2-1 エアー式シリンジディスペンサー ...	2	3-3 材料の脱泡管理	6
2-2 ギアポンプディスペンサー	3	3-4 塗布ロボット	7
2-3 パワーブースター	3	3-5 被加工品	7
2-4 モーノディスペンサー	3	3-6 環境・管理(CIPGの場合)	7
2-5 可搬ブースター	4	3-7 耐久性・メンテナンス性	7
		おわりに	8

1. FIPGとCIPG

弊社の液状ガスケットはFIPGとして使用されるものとCIPGとして使用されるものがあり、成型ガスケットと比較して、それぞれが違った特徴を有しております(表1)。FIPGは(Formed In Place Gasketの略称)シール面上に塗布したシール剤(液状ガスケット)が硬化する前に組み付けて使用します。シール剤は指定の位置に指定量が塗布されていればシール性能が発揮されるため塗布されたシール剤の断面形状(シール剤の高さ、幅)に対し高度な管理は求められません。これに対しCIPGは(Cured In Place Gasketの略称)シール面上へ塗布したシール剤(液状ガスケット)を組み付け前に硬化させてから使用するためシール剤の断面形状(シール剤の高さ、幅)管理が重要となります。特にシール剤の高さと平滑度はシール性能に直接影響を与えるため高い工程管理能力(Cpk)が求められます。また、線引き塗布によるCIPG加工ではシール剤の重ねあわせ部(以下オーバーラップ)も均一なシール剤高さが求められ、それが線引きCIPG加工の最も難しい点です。従って、CIPG加工を行うためには精密な線引き塗布技術の確立が必要であります。弊社ではコンピューター部品のCIPG加工を行うことで精密塗布技術のレベルアップと塗布工程を含めたプロセス技術の確立を行いました(写真1)。



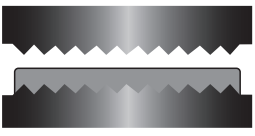
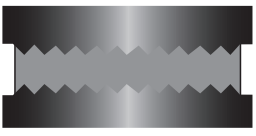
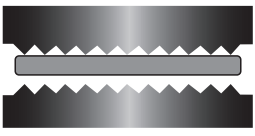
写真1. 弊社のCIPG加工

2. 線引き塗布技術の紹介

2-1 エアー式シリンジディスペンサー

シリンジ内のシール剤を圧縮空気(以下エアー)の力で押し出す最もシンプルな線引き塗布方法です(エアーの代わりにモーターなどを使用したプランジャーでシール剤を機械的に押し出す装置もあります)。接液部に摺動部品がないためフィラー入り材料を使用しても部品の消耗がなく、メンテナンス性とコストパフォーマンスに優れた塗布装置です。しかし、シリンジ内のシール剤残量の変化による吐出開始位置のズレ、や環境温度変化によるシール剤の吐出量変化(粘度が変わるため)があるため高品質な線引き塗布が求められる場合はシリンジ内のシール剤量を常に一定にする対策(図1)や環境温度管理(またはシリンジ温調システム)が必要です。このような管理をすることで精密塗布が可能になり、CIPG加工にも使用できます。しかし、エアー圧力が一般的に0.5MPa程度しか与えることができず、高粘度シール剤の場合は十分な吐出能力が得られません。また、吐出量が多くシール剤の自動補充システムを備えていない場合はシリンジの交換頻度が高くなり生産効率を下げます。

表1. FIPGとCIPGの比較表

	CIPG	FIPG	成型ガスケット
シール方法	 片面面圧/片面接着シール	 接着シール	 面圧シール
硬化速度	○	×	○
圧縮永久ひずみ	小さい	—	大きい
シールパターン変更	○	○	×
フランジ面精度	×/○	○	×
ラインの自動化	○	○	△
取り外し性	○	×	○
ガスケット寸法精度	△	—	○

○ 優れている △ やや不向き × 不向き — 必要としない

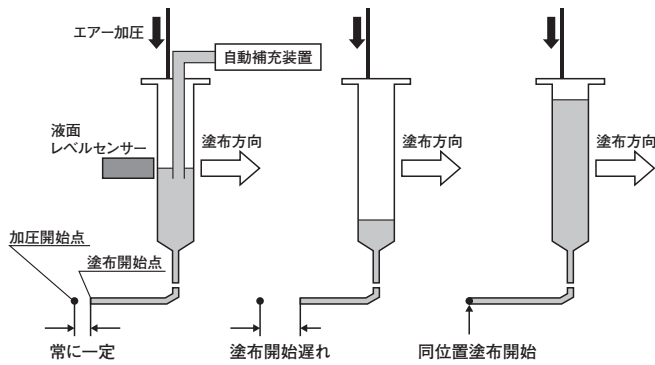


図1. シリンジ液面一定によるメリット

2-2 ギアポンプディスペンサー

歯車の噛み合わせにより連続的に一定量を押し出す方式です。環境温度の影響を受けにくく、定量性に優れますがフィラー入り材料の場合は摺動部品の消耗が早いので適しません。また、シール剤によっては歯数やモジュールに比例した脈動が発生するためCIPG加工の場合は脈動抑制対策が必要です。しかしながら比較的コンパクトで連続塗布が可能であることからFIPG塗布や2液混合塗布装置などに適しています(写真2)。

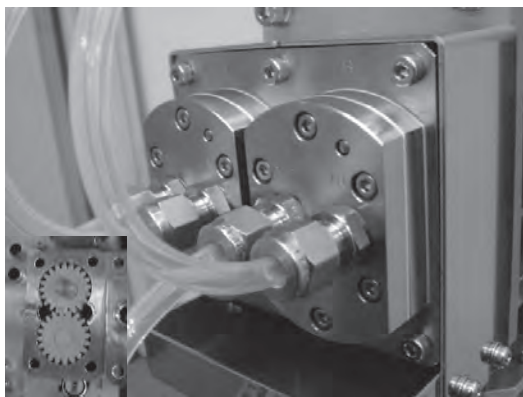


写真2. ギアポンプディスペンサー

2-3 パワーブースター

このシステムは比較的安価で1液性液状ガスケット(RTVシリコン)のFIPG塗布に適しています。専用のパワーブースターで圧送したシール剤を塗布ヘッドから吐出する方式です(図2)。パワーブースターはエアシリンダーを駆動源(圧縮空気)にしているため環境温度変化によるシール剤の粘度変化や、ホース径や長さが変わることによってシール剤圧送抵抗が変わると吐出量も変化します。また、ホース径が太く長い場合ホースがシール剤の圧力で膨張し、吐出開始直後の吐出量が

不安定になります。従って、精密な線引き塗布が求められる場合は適正な配管部材(具体的にはホース径と長さ)の選定と定期的な吐出量チェック、圧力の手動補正が必要です。また、環境温度変化が大きい場合はシール剤の温度管理や専用のブースター補正装置の設置も効果的です(図3)。しかしながら塗布ヘッドの構造上、吐出停止時に小さな液溜まりができるためCIPG加工に使用するには注意が必要です。

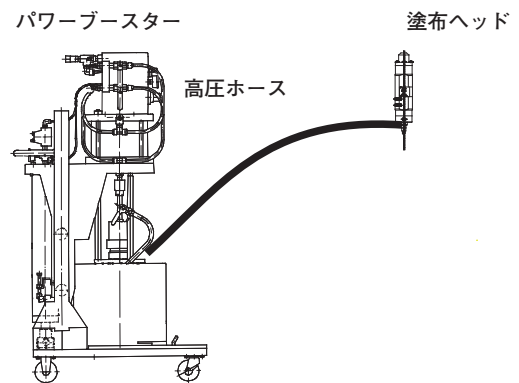


図2. パワーブースター塗布システム

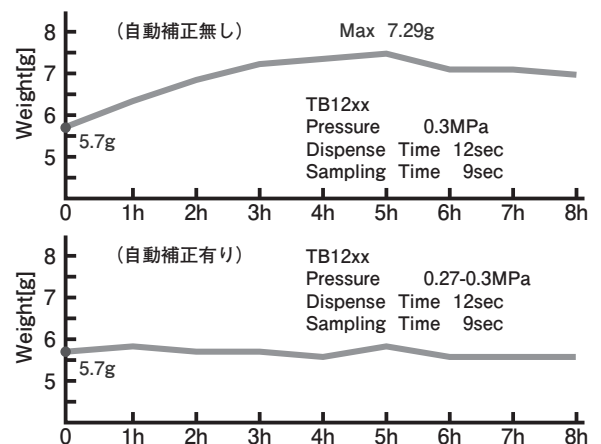


図3. ブースター補正装置の効果

2-4 モーノディスペンサー

ギアポンプ同様、連続的に一定量を押し出す方式です。環境温度の影響を受けにくく、定量性に優れます。脈動が少ないためCIPG加工や高精度FIPG塗布に適しています。弊社ではこのシステムを2-3のパワーブースターとバランスタンクを組み合わせ1液性液状ガスケットの精密塗布装置として使用しています(図4)。この方式は構造上塗布ヘッドのような液溜まりができませんので、CIPG加工に適しています。フィラー入り材料の場合は接液摺動部分(ステーター)が磨耗するため定期的に交換します。

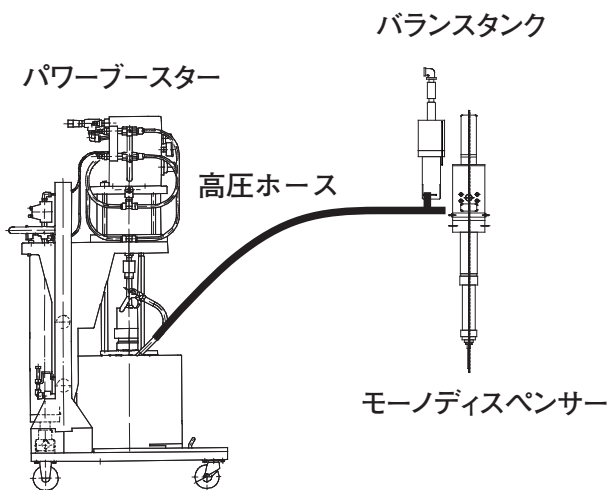


図4. モノディスペンサー塗布システム

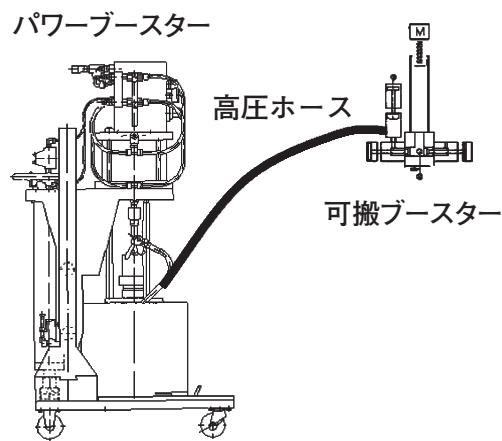


図5. 可搬ブースターシステム

2-5 可搬ブースター

プランジャーポンプ型の定量吐出装置です(写真3)。環境温度の影響を殆ど受けず、定量性に優れます。脈動がないためCIPG加工や高精度FIPG塗布に適しています。また、構造上耐圧性に優れているため1000Pa・sを超える高粘度シール剤の高速吐出も可能であり、弊社ではこのシステムを2-3のパワーブースターと組み合わせ1液性液状ガスケットや高粘度2液混合塗布装置として使用しています(図5)。

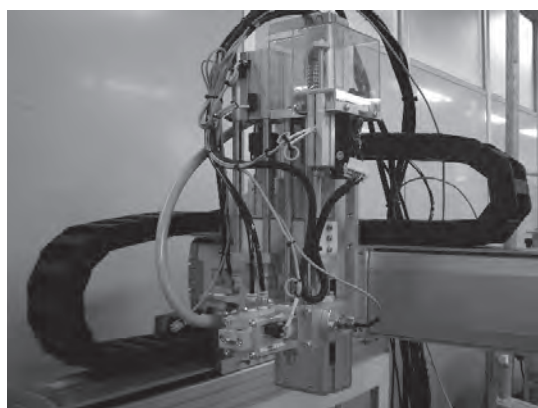


写真3. 可搬ブースター

3. 高粘度微量精密塗布装置

近年、液晶・有機EL・燃料電池などに使用される封止材料は線形 $\phi 10 \mu\text{m} \sim 300 \mu\text{m}$ の高精度微量線引き塗布が求められます。低粘度～中粘度材料はシリンジディスペンサーやジェットディスペンサーにて微量の線引き塗布が行われていますが、1500Pa・sを超える高粘度シール剤の高精度線引き塗布は課題が多く、技術が確立していません。そこで弊社では高粘度シール剤のCIPG加工または高品質線引き塗布が可能な塗布装置の開発を進めました。図6は弊社が開発した微量精密塗布装置です。図7は様々な方式のディスペンサーの塗布条件別適合範囲を示した表になります。

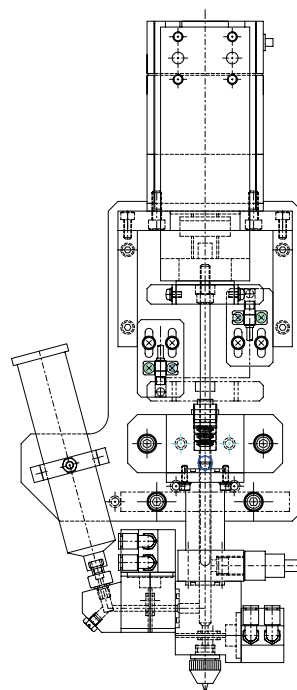


図6. 微量精密塗布装置

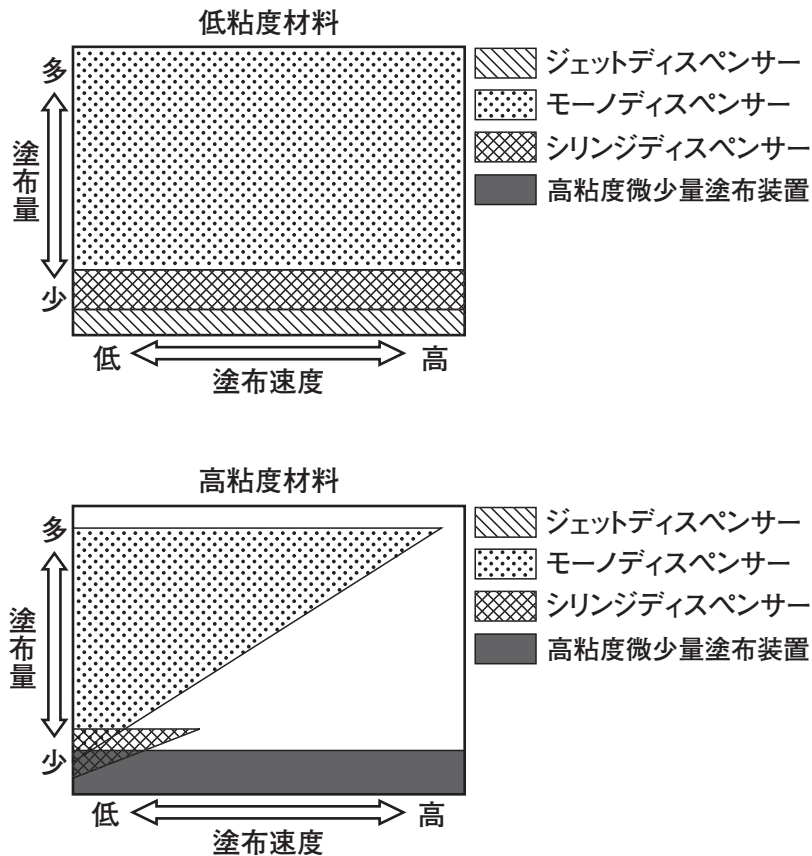


図7. 塗布装置分布図

3-1 開発のポイント

高粘度シール剤の微量定量吐出は高い液圧で少ない容積を送り出すため、一般のプランジャーポンプ型ディスペンサーとは比較にならない難しさがあります。例えば、 $1500\text{Pa}\cdot\text{s}$ のシール剤を線形 $\phi 300\ \mu\text{m}$ で $30\text{mm}/\text{sec}$ の速度で吐出させるにはシール剤に約 $3\ \text{MPa}$ の圧力が必要になります。この液圧は一般的なシリンジディスペンサーの10倍近い圧力であり、シール剤によっては圧縮率に大きな差が生じます。理論的にはニュートン流体であれば非圧縮性ですが、 $1500\text{Pa}\cdot\text{s}$ を超える高粘度シール剤の場合、目視では確認できない微細な気泡が樹脂中に分散していることがあり、シール剤は $1\sim 2\%$ 程度収縮します。また、摺動部パッキン剤の変形や筐体の膨張(殆ど無視できるレベルであるが)などによりシール剤に大きな圧力が加わると接液部位の容積が変わってきます。このような体積変化が発生するため、シール剤を押し出すプランジャーが一定速度で移動しても、シール剤は一定速度でノズル先端から吐出されません(図8)。

また、シール剤の吐出を終了させるため、プランジャーを停止しても圧縮されたシール剤が徐々に膨張するため後ダレとなって吐出されます。従って、塗布開始前に最適な内圧を作り出し、塗布終了時の液だれを防ぐためにはノズル先端部に体積変化の無いバルブが必要になります。しかし、現状技術では $3\ \text{MPa}$ の耐圧性能を備えたバルブをノズル先端部に配置することができないため、ノズル先端からある程度離れた位置に設置します。この無駄容積(バルブ下流側からノズルまでの空間に溜まった材料)がシール剤吐出、終了時の圧縮と膨張を生み出し、定量性の妨げとなります(図9)。この対策としてプランジャーの移動速度管理にシール剤の圧力管理を加えることで定量性を維持します。表2は微量精密塗布装置とシリンジディスペンサーの性能比較です。

表2. シリンジディスペンサーとの比較表

	微量精密塗布装置	シリンジディスペンサー
塗布応答性	○	△
環境温度変化対応性	○	×
定量塗布性	○	×
短いビート/点塗布対応性	×	△

※当社比

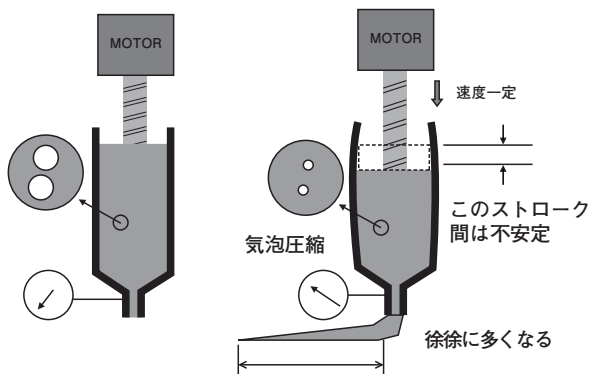


図8. 筒体の膨張と気泡の影響

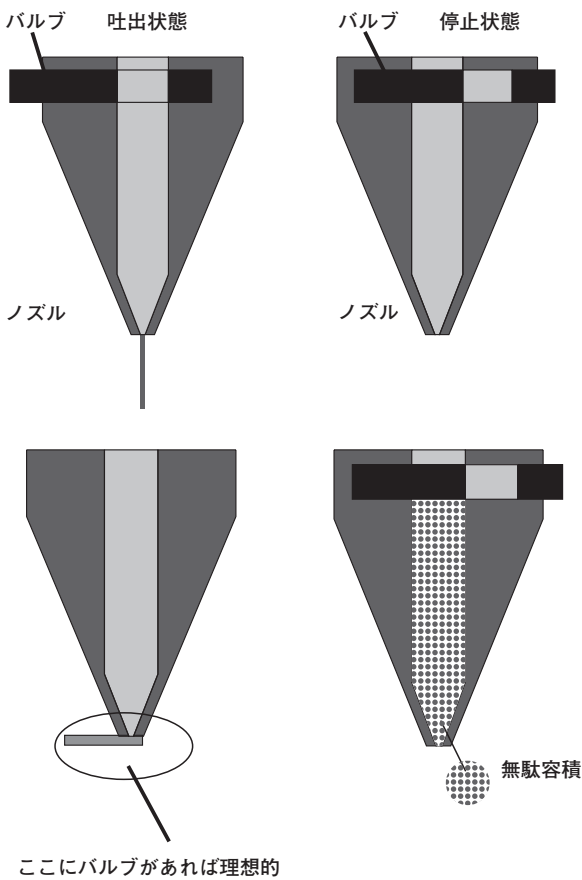


図9. 理想的なバルブ形状

3-2 吐出開始時の圧力管理

シール剤の吐出量を吐出開始直後から安定させるには無駄容積分のシール剤収縮を見込んだ適正初期加圧値を見つけ出すことが重要になります(図10)。この適正初期圧値はシール剤の種類、狙いの吐出量、脱泡レベルにより異なります。弊社ではこの初期条件を自動で探し出すプログラムを開発し、マニュアル設定との優位差を検証しています。このようにプランジャーの移動速度と液圧の適正管理により高品質な定量吐出が可能になりますが、高品質な線引き塗布を行うにはノズル移動装置(産業用ロボット)や周辺機器の管理も重要です。

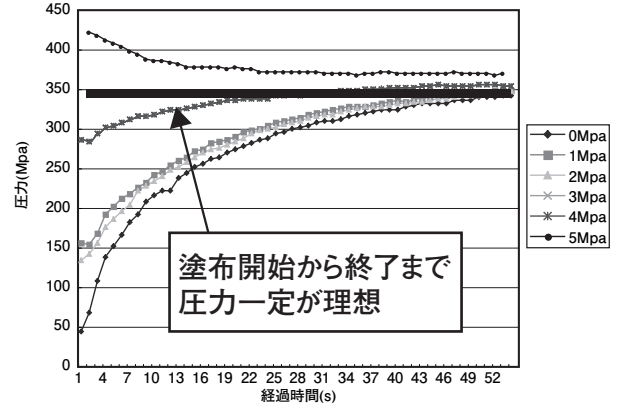


図10. 吐出開始直前圧力と定量吐出圧の関係

3-3 材料の脱泡管理

材料に多量の気体成分が分散している場合、シール剤の収縮率が増加し、シール剤の圧力制御をしても定量吐出が困難になります。また、後だれ防止機能も限度があり、シール剤の脱泡処理による、脱泡レベルは極めて重要な要素になります。図11は高粘度材料の脱泡に適した遊星式攪拌脱泡装置の原理です。この装置は真空処理できるものもあり、高度な脱泡が可能です。

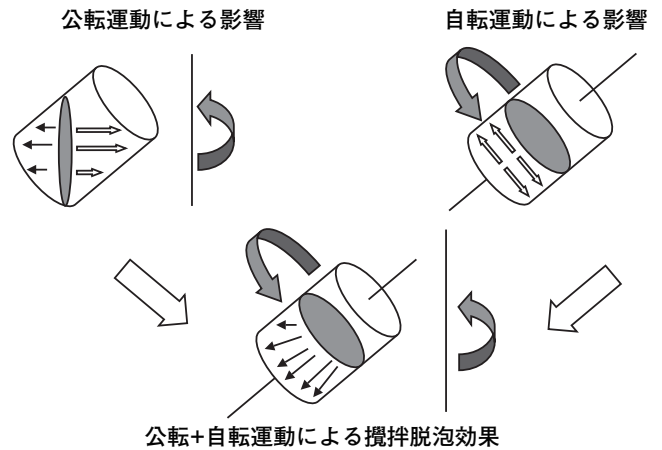


図11. 遊星式攪拌脱泡装置

3-4 塗布ロボット

線引き塗布でシール剤を均一に塗布するにはシール剤の定量吐出とノズルの等速移動が必要です。線引きノズルの移動手段には殆どの場合産業用ロボットを使用しますが、線引き塗布用のロボットは塗布中に等速で動くことができ、かつノズル先端がぶれないことが重要です。ロボットはモーターによって動きますがモーターの起動、停止、速度変更には必ず加減速が発生します(図12)。このため、シールラインに角があるとその前後でノズルの移動速度が変わり(加減速の影響)シール剤の塗布量が変化します。従って、シールラインは円弧でなめらかに、繋ぐように動かすのが理想ですが、実際には直角に近いシールラインが存在します。よってロボットは加速性能に優れた高性能/高剛性が求められます。

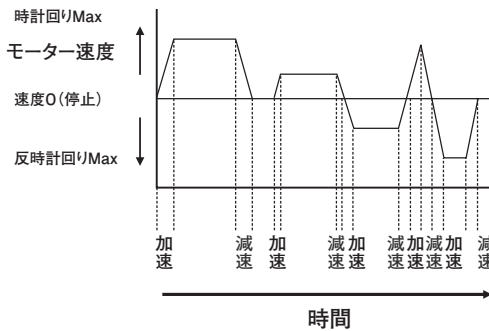
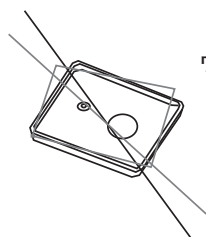


図12. 塗布ロボットの動作

3-5 被加工品

CIPG加工を施す部品(以下ワーク)の寸法精度によって、微量線引き塗布の品質が変わります。例えばワークのシール面が歪んでいたり、位置決め基準寸法の交差が大きい場合、線引きノズルの軌道がワークに対し相対ズレを起こします。しかし、高品質線引き塗布ではノズルとワークの塗布面の距離(以下クリアランス)を常に一定に保つ必要があり、相対ズレは線引き塗布の品質(シールの位置と線径)を著しく低下させます。従って、高品質な線引き塗布が要求される場合は線引きノズルの軌道を補正しなければなりません。

(図13、図14)



ワークの姿勢認識によるXY座標補正

図13. XY座標補正のイメージ

レーザー変位計によるZ座標補正

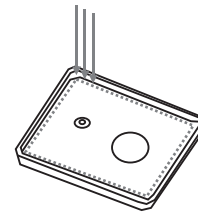


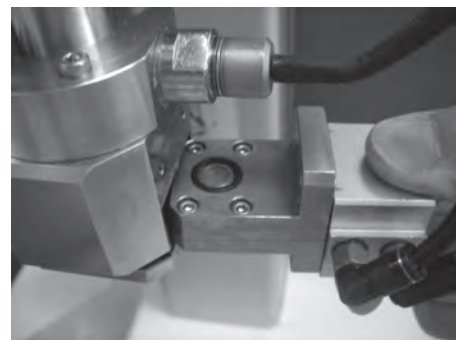
図14. Z座標の補正イメージ

3-6 環境・管理(CIPGの場合)

高品質に塗布されたシール剤を高品質のまま硬化させる管理も重要です。シール剤の形状保持性は静電気や環境温度、硬化方法(UV照射であれば照度、タイミングなど)によっても影響を受けます。このように高品質な線引きCIPG加工を行うには塗布工程だけでなく、塗布前後のプロセス技術も重要です。その点に注目し、弊社はプロセス技術の確立に力を注いできました。

3-7 耐久性・メンテナンス性

生産現場で塗布装置を安心して使用頂くためには品質の信頼性と生産性の維持を考慮しなければなりません。1500Pa・sを超えるフィラー入り高粘度シール剤を高圧で吐出すると摺動部品の消耗が早くなります。弊社では極力消耗しにくい部材と形状のパッキンを使用していますが定期的な交換は避けられません。そこで、消耗部品を早く、安く交換できる方法を考え、消耗部品がユニットで交換できる構造にしています(写真4)。作業になれている者であれば3分以内に交換ができます。このように不具合時の損害を最小限に抑えることも高精度塗布加工の重要なパラメーターではないでしょうか。



消耗部品が容易に交換できる構造

写真4. 簡易交換型シャッターバルブ

おわりに

今後、お客様の製品の小型化や新たな技術により、高粘度シール剤の精密塗布の機会は更に増加して行くと考えられます。特に、燃料電池セパレーターや液晶パネル、有機ELパネルなど更なる開発が進められると思われま

す。私達は、様々な分野で求められる液剤の微量精密塗布を見据え、シール剤と塗布装置のシステム販売による塗布技術の提供によって今まで実現できなかった新しい製品作りや、既存製品の品質向上、生産効率向上によってお客様に貢献したいと考えております。

私達はこれからも更なる塗布技術の創造と信頼される製品作りに取り組み続けます。今後の動向にご注目下さい。

株式会社スリーボンド 研究開発本部

省力機器部 開発課 菱山 康二
木村 卓広



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15
スリーボンドビル2F
電話 03(5447)5333

発行 株式会社 スリーボンド
東京都八王子市狭間町1456
電話 042(661)1333(代)