

インモールドコーティングプロセスの概要

Overview of the In-mold Coating Process



技術開発部門
研究部 研究第二グループ
Technical Development Div.
Research Dept. Research Group 2

前田 浩志
Hiroshi MAEDA

1. はじめに

近年、環境への関心が高まっており、塗装の分野でも塗装工程の削減や塗装レス化が進められている。プラスチック素材への塗装という面では、プラスチックの成型と塗装を同一金型内で行うインモールドコーティング(IMC)技術(図1)がある。その中には、あらかじめ金型に溶剤系、水系、粉体といった塗料を塗装した後にプラスチック基材を成形する『プリモールドコート法』やプラスチック基材を成型後、金型と基材の間に塗料を流し込む『注入法』がある。

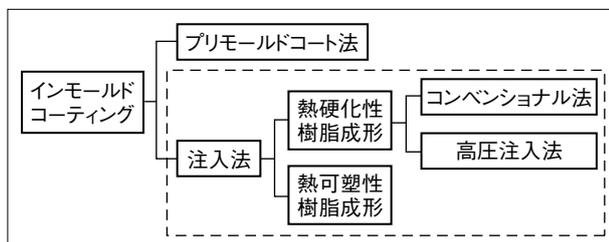


図1 インモールドコーティングの分類

当社では、長年にわたって『注入法』の技術開発を行っており、DNTコーティング技報でも2002年に熱可塑性プラスチック向け、2003年には熱硬化性プラスチック向けと二度にわたってご紹介してきた。本報では、環境への関心、および軽量化へのニーズが高まっている現時点でのIMC技術についてまとめる。

2. IMC技術

IMCの『注入法』は、図2にあるように成型されたプラスチック基材に対して、同一金型内で基材と金型の間に塗料を注入し、塗料に熱と圧力をかけることで塗膜が形成される手法である。IMCの『注入法』についての特長を表1にまとめた。この手法は、①省エネルギーな塗装方法、②高外観塗膜が得られるといった利点が挙げられる。一方、基材成型と塗装を一連で行うために、③専用設備が必要、④製品形状に制限があるという面でノウハウが必要となる

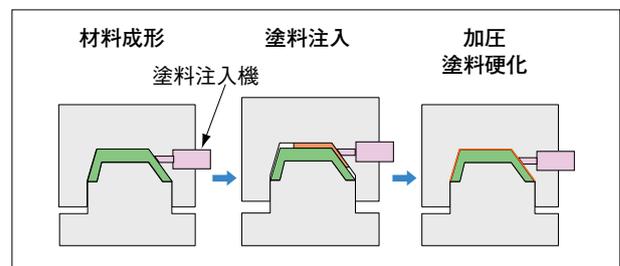


図2 インモールドコーティング『注入法』の工程

省エネルギーである要因としては、プラスチック基材の成型で使用している熱エネルギーを使用している面と別途塗装するに当たって必要な塗装ブース、乾燥炉を必要としないことが挙げられる。高外観が得られる要因としては、金型の仕上げ面を忠実に再現するため

表1 インモールドコーティング『注入法』の特長

特徴	内容
① 省エネルギーな塗装方法	基材成型で使用している熱を使用して塗膜化が可能 塗装ブース、乾燥炉を必要としない
② 高外観塗膜が得られる	金型の仕上げ面がそのまま塗膜表面に転写される 系外からのごみブツが入らない
③ 専用設備が必要	液体状の塗料に熱および、圧力がかかるように金型設計が重要 ※塗料のものを抑える構造にする 塗料注入機および金型に注入口を用意する必要がある
④ 製品形状に制限がある	塗料を注入する隙間の確保および塗料に圧力をかけられる形状にする ※金型の面に垂直な立ち面への塗装は不可能

あり、さらに表面状態の再現性も高い。また、基材の成型から塗装まで開放しないため、系外からごみブツが混入し難いことも外観が向上する要因となる。但し、金型については、専用の設計が必要である。これは、基材成型時の樹脂に比べてIMC塗料の方が粘度が低く流動性が高いため、金型からの塗料もれを防ぐためである。また、塗料注入機が別途必要となる面でも専用設備が必要な理由である。製品形状に制限があるというのは、図3のように(a)隙間が空けられず塗料が注入できない部分や(b)隙間があっても圧力が確保できない部分を避ける必要があるためである。なお、一般的には、塗料に10Kgf/cm²以上の圧力が必要となる。

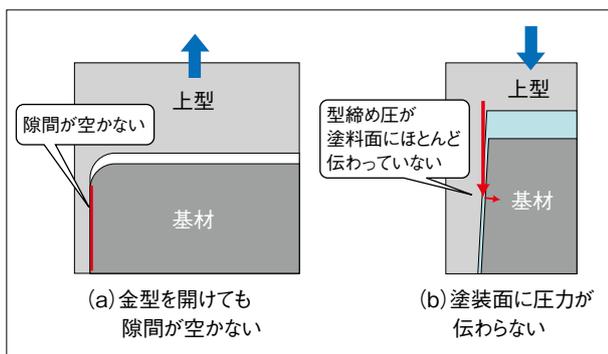


図3 IMC塗装が不可能/困難な製品形状

使用される塗料系の条件としては、金型内の密閉系で硬化させるため無溶剤形である必要があり、且つ、高温の金型から脱型しなければならないため熱硬化形である必要がある。そのため、ポリオール+ポリイソシアネ

ートの二液硬化形のウレタン樹脂系やラジカル重合系オリゴマー/モノマーと過酸化物との組み合わせでのアクリル樹脂系が塗料系として選ばれる。このうち、当社はアクリル樹脂系で塗料設計を行っており、ウレタン樹脂系が比較的軟質の塗膜が得られる一方で、硬質の塗膜が得られやすい傾向がある。溶剤を使用していないため、いずれの場合も基材への付着性が安定しないことが多く、基材の成分、成型条件に合わせて塗料の配合、硬化条件を最適化する必要がある。

3. IMC塗料

当社が塗料設計しているアクリル樹脂系塗料について、主な使用原料を表2に示す。IMC特有の塗料添加剤として金型との離型性を確保するために、離型剤を配合している。また、硬化性を調整するために硬化促進剤や硬化遅延剤を使用する場合がある。

表2 IMC塗料に使用する主原料

機能		原料
主剤	樹脂成分	オリゴマー (エポキシアクリレート、ウレタンアクリレート他)
		反応性希釈剤(モノマー)
	顔料	着色顔料、体質顔料、導電性顔料
	添加剤など	硬化調整剤(硬化促進剤・硬化遅延剤)
内部離型剤 その他添加剤 (顔料分散剤、消泡/脱泡剤、光安定剤など)		
硬化剤		有機過酸化物

IMC塗料に特有な性状としては、金型温度での硬化に要する時間がある。塗料が金型内を流動する時間を確保する一方で、硬化にかかる時間を短縮化することが生産性を高めるために必要となる。この流動時間を評価する方法としては、プレートゲルタイムがある。プレートゲルタイムは、金型温度で保持した熱盤上にウエット膜厚200μmとなるようアプリーケーターで塗布し、連続的にスパチュラでIMC剤を掻き取り、引っかかりの

きる時間で評価している。プレートゲルタイムは、金型の大きさ、形状に従って最適値が異なり、硬化促進剤、遅延剤のバランスで調整する。

本塗料は、熱重合開始剤として金型温度に合った過酸化合物を使用しているため、常温での反応は非常に遅く、長いものは硬化剤配合後1週間以上液体を維持しているものもある。但し、常温でも反応が進む可能性もあるため、24時間以内の使用を推奨している。なお、有機過酸化合物に関しては、メーカー指示に従った保管が必要である。

4. 各種プラスチック向けIMC工法

4.1 熱可塑性プラスチック向けIMC工法

熱可塑性プラスチック基材は、射出機を用いて溶融した樹脂を溶融温度から十分に低い温度の金型に射出・圧入することで冷やし固めるものである。

熱可塑性プラスチック基材の成型は、ガラス転移温度や結晶融点をまたいで冷却されるため、成型時の特に厚肉部でヒケが大きい。IMC塗装後の熱履歴では収縮が少ないため、IMCによる平滑性の効果が見込める。

熱可塑性プラスチックは、様々な種類があるため、樹脂の溶融温度や金型設定温度は異なる。IMC塗料を用いるに当たっては、塗料が硬化するために金型温度を90～100℃に設定する必要がある。そのため、汎用的に使用されるABS樹脂を基材として用いる場合は、耐熱性ABS樹脂を使用する必要がある。また、一般的な塗料と同様にポリプロピレンのようなポリオレフィン系プラスチックは、付着性を確保することは困難である。このように、プラスチック基材の種類によっては、IMCに適用ができないものがある。

4.2 熱硬化性プラスチック向けIMC塗料

IMC工法の適用事例が最も多い基材は、FRP(繊維強化プラスチック)のI形態であるSMC(Sheet Molding Compound)であり、樹脂系としては熱硬化性プラスチックである。一定の長さに切断したガラス繊維や炭素繊維に未硬化の不飽和ポリエステル樹脂や、ビニルエステル樹脂に硬化剤(有機過酸化合物)、増粘剤、充填剤、離型剤などを充填したシート状の基材である。このシートを金型内に充填し、熱と成型圧をかけることでラジカル重合により、成形される(図4)。

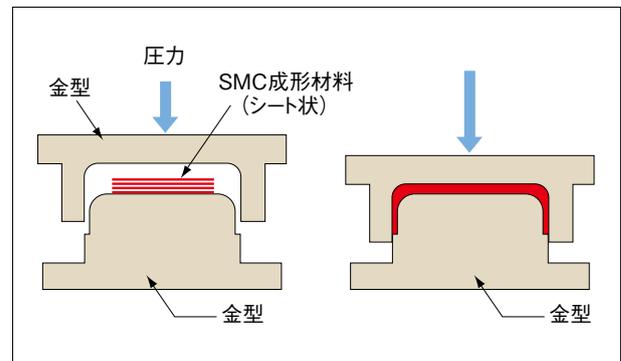


図4 SMC材の成型方法

熱可塑性プラスチックの場合、基材成型後(金型温度まで冷却後)に注入すれば良いが、熱硬化性プラスチックの場合、IMC塗料注入タイミングは基材が完全に硬化してしまうとIMC塗料の付着性が低下する傾向にある。そのため、注入時の基材硬化状態が重要になる。注入タイミングはSMC成形時の金型内樹脂圧力または金型変位の測定から、SMC基材の硬化特性を捉え決定することができる。図5に樹脂圧力、金型変位と時間との関係を示す。好ましい注入タイミングはSMC基材の硬化のピークを過ぎ収縮に移行した時点以降である。また、図6には成形パターンを示す。成型には、多段階圧力制御が必要であり、注入時に金型をわずかに開き、注入するコンベンショナル法(図6(a))と、注入時に金型を開かずに型締め圧に勝る非常に高い塗料注入圧で塗料を流し込む高压注入法(High Pressure Injection Process, HPIP)(図6(b))がある。HPIPの方が塗料に空気や基材のバリを巻き込み

にくく、高外観な塗膜が得られやすい利点があるが、基材種や基材形状によっては塗料注入圧を上げて塗料を流し込むことができない場合がある。その場合は、コンベンショナル法で行う。

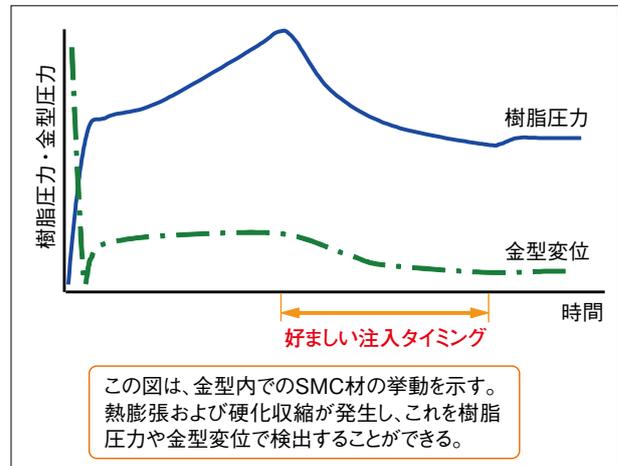


図5 IMC注入のタイミング

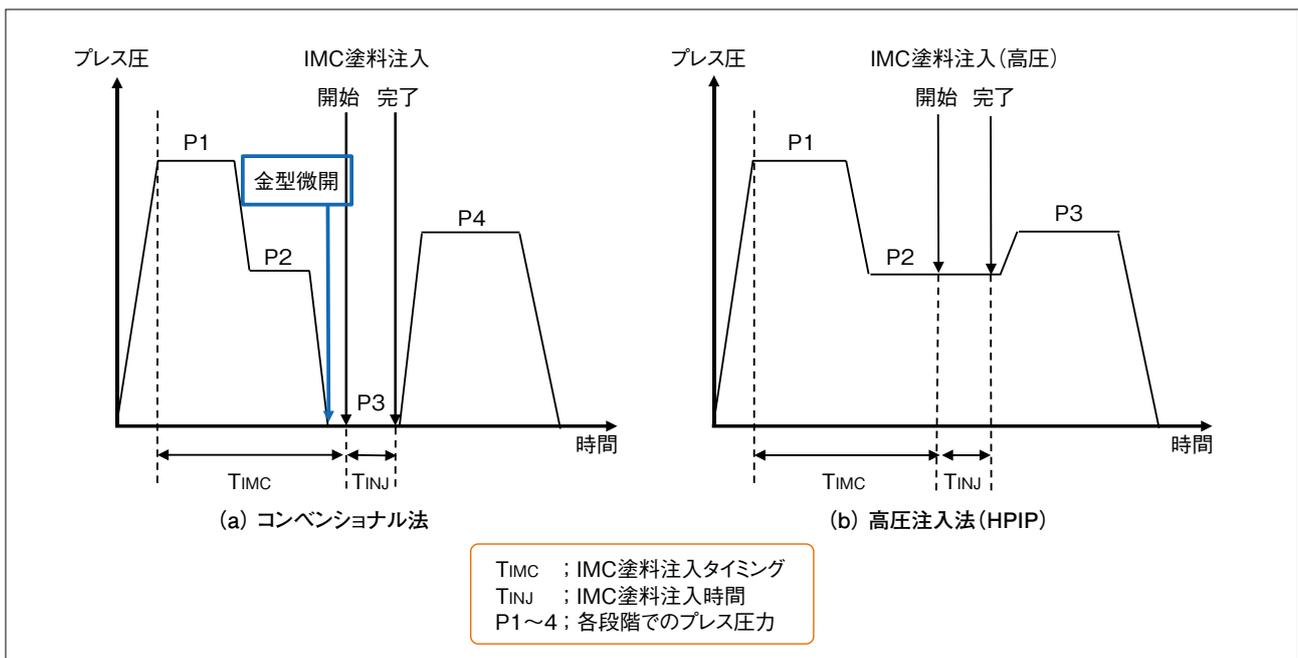


図6 IMCの成形パターン

5. おわりに

環境への意識が高まる中、プラスチック基材の成型と塗装を同一金型内で行うことができるIMC工法は、今後より注目される塗装技術と考えている。当社は、IMC塗料の性能向上および各種基材に対して塗料配

合、塗装条件を最適化するなど技術向上に努めることで、お客様の塗装効率化ひいては環境負荷低減に貢献してゆきたい。