



技術解説 加飾技術概論

秋元技術士事務所

秋元英郎

加飾技術概論

秋元技術士事務所 秋元英郎
技術士(化学部門)、博士(工学)

1. はじめに

(プラスチックの質感)

プラスチックは金属、セラミックス、ガラス、木材等の代替材料として用途を拡大してきた。プラスチックに囲まれた環境で生まれてきた平成生まれの方々がどのように考えているかはよく分からないが、昭和生まれの我々にとってプラスチックは冷たく安っぽいという印象が強く残っている。

(プラスチックの品質)

プラスチックの成形品は大量生産技術が確立してから品質・性能が高まってきている。しかしながら、ここで言う品質は寸法や物性といった測定可能な項目のことである。一方でデザイン、見栄え、高級感といったような品質(質感)は個人の感性によるものであり、答えがひとつにならない。十人十色であり、時に蓼喰う虫も好き好きといった世界である。

(人間のニーズ)

マズローは人間の5つの欲求として次元が低い方から順に生理的欲求、安全の欲求、所属と愛の欲求、自尊の欲求、自己実現の欲求を挙げている。一方経営コンサルタントのジェームス・スキナー氏はセミナー中で7つのニーズについて語っている¹⁾。それは、低次元側から順に生存、安定、自己重要感、バラエティ、成長、貢献、愛である。この中で加飾技術はサラダバーのようにバラエティのニーズを満たしてくれるものと考えられることができる。

(ニーズとウォンツ)

人々がものを購入する・サービスを受ける等の経済活動を行うときにはニーズあるいはウォンツが存在する。ここでニーズとウォンツの違いを理解することは重要である。ニーズは生きて行くために最低限必要なものであり、それを超えるものはすべてウォンツである。経営コンサルタントのマイケル・マスターソン氏は「私たちのニーズは本来、水、空気、食べ物、家、移動手段(時々)、衣服(通常は)、商売道具など、数少ない単純なものしかないはずだ。それ以外に購入するその他の物は、ほぼすべてウォンツに基づいている。(参考文献2より引用)」と書いている。

したがって、成形品そのものでは質感が低いプラスチック成形品に、装飾を施して顧客のバラエティに対するニーズというウォンツを刺激することこそわれわれが加飾を行う目的である。

2. 加飾技術の方向

加飾技術の目的はプラスチックの特徴を活かしながらか見栄えを良くすることにある。その一番代表的な手法は、高級感があると認識されている他の素材の質感を追求することである。金属、木材、皮革等の質感に似せることであり、すなわちフェイクである。

その代表的な手段として、表面層に塗装、めっき、印刷、フィルム貼り合せ等を行って他の素材らしく見せる方法や、表面にテクスチャーを付与することでプラスチックに見えないようにする方法がある。

3. 加飾という言葉

加飾という言葉辞書を調べると、「器物の表面にさまざまな工芸技法を用いて装飾を加えること。(三省堂 大辞林)」とあり、このように陶磁器や漆器の装飾から発生した言葉であると考えら

れる。プラスチックの分野で加飾という言葉が広く使われるようになったのは比較的最近である加飾というキーワードを含む特許の公開件数の推移を見ると、年々増加している様子がよくわかる(図1)。従来は塗装やめっきといった個別技術で語ることが多かったが、最近は同じ目的に対して複数の技術的アプローチを比較検討する機会が増えたためと考えられる。

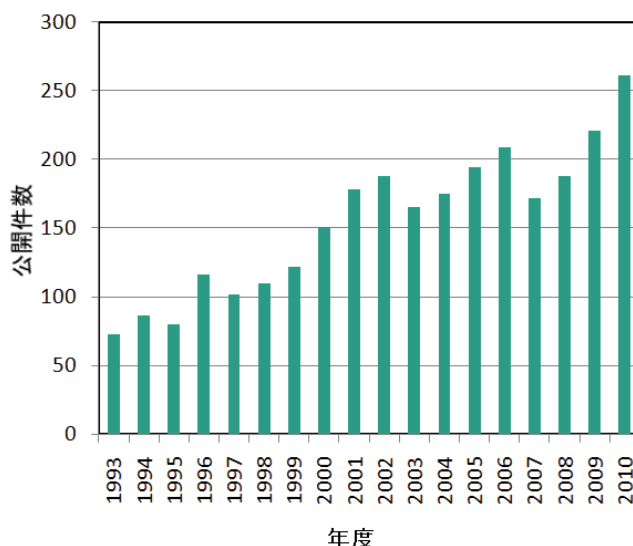


図1 キーワード「加飾」を含む特許(実用新案を含まず)公開件数の推移
特許庁電子図書館からの検索結果(期間は1月1日から12月31日で1年度)

4. プラスチック加飾技術の大きな分類

射出成形品に対する加飾を考える時、いつ加飾を行うかによる分類法がひとつであり、成形の金型内(インモールド)で行うものを一次加飾、金型から取り出して別工程で行うものを二次加飾と言っている。一方、手法で分類すると、造膜する, 塗る, フィルム・シートを貼る, 箔・インクを貼る, 着色する, 表面形状付与に分けられる。これらを金型内外の加飾と加飾手法で加飾技術を分類すると表1のようになる。次に、表1に示す加飾技術を順に説明する。

表1 加飾技術の分類

	金型外(二次加飾)	金型内(一次加飾)
造膜する	めっき、蒸着、スパッタ、銀鏡	金型内スパッタ
塗る	塗装	金型内塗装
シート・フィルムを貼る	フィルム貼合、真空貼合	フィルム・シートインサート
箔・インクを貼る	ホットスタンプ、水圧転写	金型内転写
色を付ける	染色	着色
表面形状を付与する	研磨、切削	高転写成形、シボ、鏡面

5. 造膜する

造膜による加飾にはめっき、真空蒸着、スパッタが含まれる。また、塗装の形態をとっているものの、銀鏡塗装はこの分類に入る技術である。

プラスチックめっきの対象として代表的な材料はABS樹脂である。本来樹脂と金属を接合することは非常に困難であるが、ABS樹脂のめっきでは表面近傍に存在するブタジエンゴム粒子をエッチングによって取り除き、触媒処理した後、無電解めっき(酸化還元反応)を行うことで樹脂表面に金属層を生じさせるとともに、エッチングで生じたミクロンオーダーの空隙に浸透させ、アンカー効果によってしっかりと接合する方法が用いられている。ABS樹脂のめっきプロセスを図2に示した³⁾。

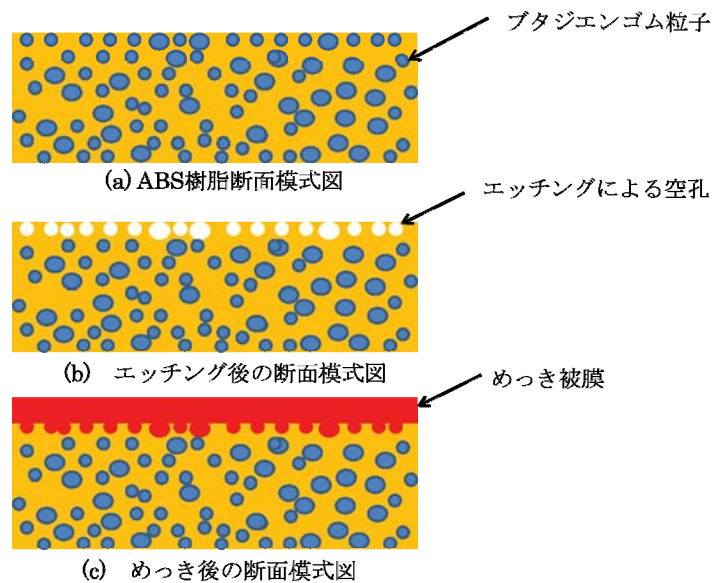


図2 ABS へのめっきプロセス

(a): ABS樹脂の断面、(b): エッチング後のABS樹脂の断面、(c): めっき後のABS樹脂の断面

めっき層の密着性はABS樹脂中のブタジエンゴム相の形状に依存する。一般に成形品厚みが薄い、金型温度が低い、射出速度が速い等の高せん断を受けやすい条件ではゴム相が引き伸ばされて配向する。そのようなモルフォロジーの場合、図3に示すようにアンカー効果が小さく、めっき相の密着性は低下する。後述する高転写成形技術(金型加熱冷却技術)を用いると、ブタジエンゴム相の配向が緩和され、めっき密着性が向上する。

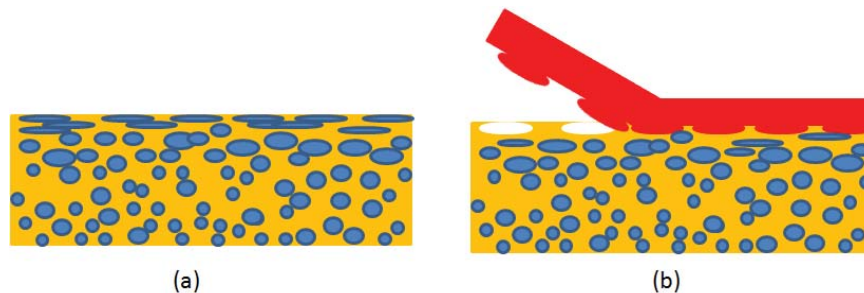


図3 ブタジエンゴム相が引き伸ばされたABS樹脂とそのめっき後の模式図

(a): ABS樹脂の断面、(b): めっき処理後のABS樹脂断面(左側は剥離した様子)

エッチングによるミクロンオーダーの凹凸の上をめっき層を施す場合、元の成形品が持っていた

表面状態を再現できないことがある。そこでエッチングの替りに紫外線照射によってナノオーダーの空隙を生成させてめっきする技術も開発されている。この技術を用いると、紫外線を照射した部分を選択的にめっき処理することが可能になる⁴⁾。

真空蒸着は通常 $10^{-3} \sim 10^{-2}$ Pa に減圧したかまの中で蒸着する金属や金属酸化物を加熱蒸発させて成形品やフィルム上に付着させる方法であり、スパッタは通常 $10^{-1} \sim 1$ Pa に減圧したかまの中に置いた付着させる物質にイオンを衝突させることで飛び出した物質を成形品やフィルム上に付着させる方法である。図4に真空蒸着、図5にスパッタの原理図を示す。蒸着やスパッタによって形成される膜には、金属の連続膜、不連続膜、光学多層膜等がある。不連続膜は表面の導電性が無いため、電磁波を通す。光学多層膜は屈折率の異なる金属酸化物を多層に積層することで透過率や反射率を制御できる。

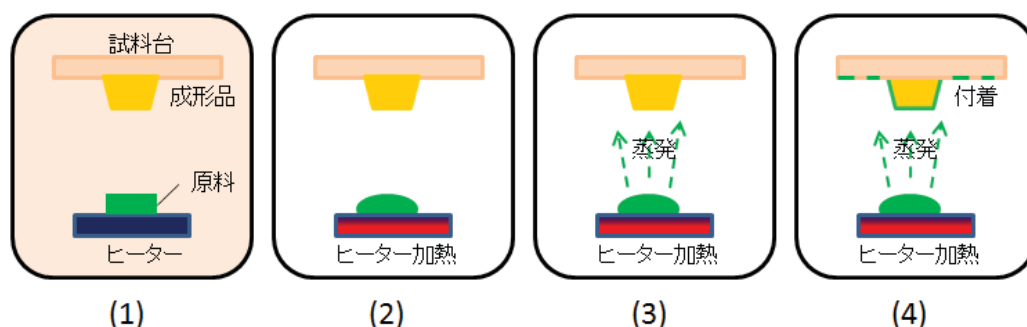


図4 真空蒸着の工程概要

- (1) 成形品と原料をセット、(2) 系を減圧し、原料を加熱
 (3) 原料が蒸発・発散、(4) 発散した原料が成形品に付着

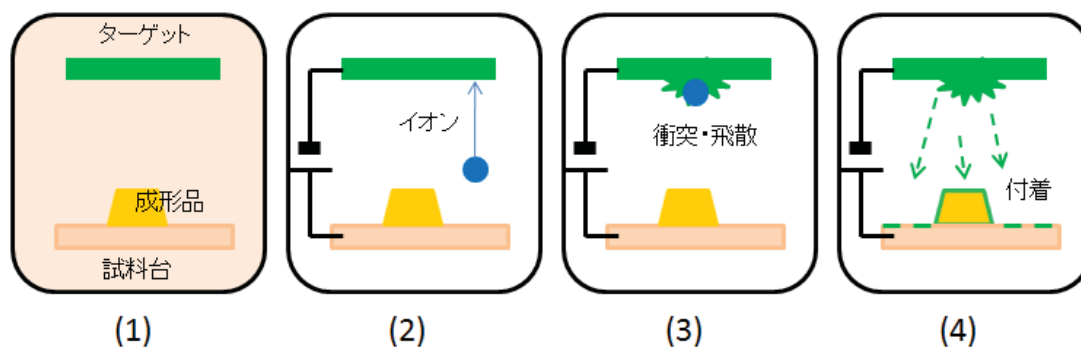


図5 スパッタの工程概要

- (1) 成形品と原料をセット、(2) 系を減圧し、電圧印加
 (3) ターゲットにイオンが衝突、(4) 飛散した原料が成形品に付着

㈱ニクニは、射出成形機の横にスパッタ成膜チャンバーを設置して、成形直後にチャンバーに搬入する「NECS' T」システムを開発し、成形品が吸湿する前に成膜することで不良率を低減している。㈱大嶋電機製作所が開発した成形金型製膜システム「OSI-UMSS」は成形機の金型内で製膜を行う技術であり、金型内でランプの完成品の組み立てまで行うことに成功している。

銀鏡塗装は、スプレーによって二液混合させて成形品表面上で銀鏡反応を起こさせる方法である(図6)。実際には、最初にアンダーコートを行い、続いて銀イオンの溶液と還元剤を別々のスプレーで吐出しながら混合することで銀の層を形成し、最後にトップコートを行う。めっき、蒸着、スパッタが槽やかまの容積の制約を受けるのに対し、銀鏡塗装は大きさの制限が無い⁵⁾。図7に銀鏡

塗装による製品例を示した。

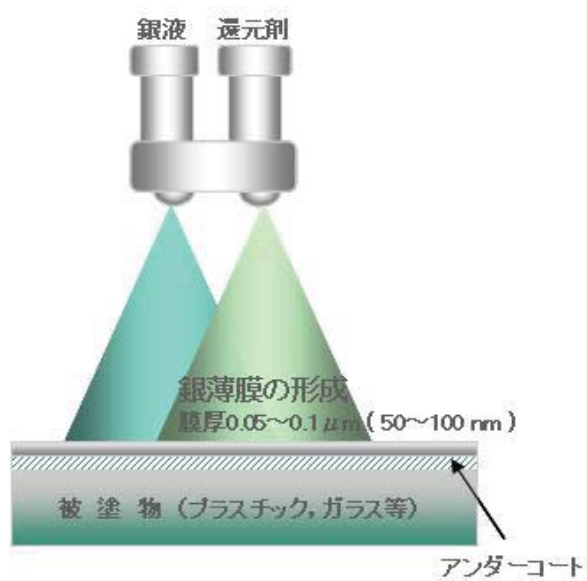


図6 銀鏡塗装における銀被膜形成工程
(株表面化工研究所ご提供)



図7 銀鏡塗装の例
左上: ホイールキャップ、右上: 自動車外装部品、下: 神社仏閣装飾品(補修用)
(株表面化工研究所ご提供)

6. 塗る

塗料とは、物の表面に広げて薄い層を形成し、時間の経過や加熱その他のエネルギー供給によって、その面に固着・固化して、目的とする性能を持つ連続被膜となるものである。塗装はその連続被膜を形成するプロセスである。塗装の目的には表面の保護、美観の付与、機能の付与等が挙げられる。我が国の代表的な伝統工芸である漆は表面保護と美観の両方が付与される優れた塗料である。表2にプラスチック用塗料の分類を示した。なお、我が国の特許第1号は現日本化工塗料(株)による塗料組成物の特許である。

表2 プラスチック用塗料の分類

目的による分類	下塗り 着色層、クリアー層 ハードコート層 等
バインダーによる分類	アクリル系 ウレタン系 エポキシ系 等
硬化方法による分類	常温硬化(溶媒の蒸発による凝縮) 加熱硬化(加熱による反応硬化) UV硬化(紫外線により発生したラジカルからの重合反応)
媒体による分類	無溶剤 有機溶剤 水 超臨界二酸化炭素 等

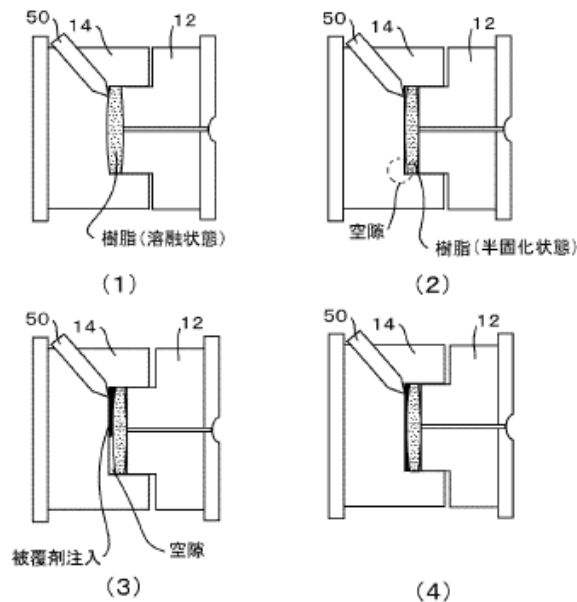


図8 金型内塗装の工程図

- (1):原料樹脂を金型内に射出する工程、(2):原料樹脂が金型内で固化を始めた様子
 (3):金型を微小に開くと共に塗料を注入する工程
 (4):金型を閉じて塗料を広げ、金型の熱で塗料を硬化させる工程
 (特開 2007-253494 の図11より引用)

塗膜についた傷を自然に修復する自己修復性塗料が使われるようになってきた。これは、柔軟な分子鎖と高架橋密度のウレタン構造により、擦り傷による変形が復元することで達成されている。

宇部興産機械(株)と大日本塗料(株)が共同開発した金型内塗装技術「IMPREST」は金型内に樹脂を射出して一次成形品を得た後に、金型を微小に開いて金型と一次成形品の隙間に塗料を注入し、再型締めによって塗料を広げるとともに、金型の温度を利用して塗料を熱硬化させる方法である⁶⁾。図8に金型内塗装の工程図を示した。この技術の特長は塗装表面が金型表面の転写によって形成され、高度な鏡面やシボ面の形成が可能なことである。

7. フィルム・シートを貼る

プラスチック成形品に接着剤を用いてフィルム・シートを貼ることはそれほど困難ではない。しかしながら形状が三次元になると話は違う。布施真空(株)が開発した三次元表面加飾技術「TOM 工法」は真空成形技術を応用したフィルム・シート貼合技術である⁷⁾。その工程は、チャンバー内に成形品を置く。減圧工程の後に接着剤が塗られたフィルム・シートをヒーターで加熱し、大気圧解放あるいは加圧工程によってフィルム・シートを成形品に押しつけて貼合する。アンダーカットにも対応できる。TOM 工法のプロセス図を図9に示した。

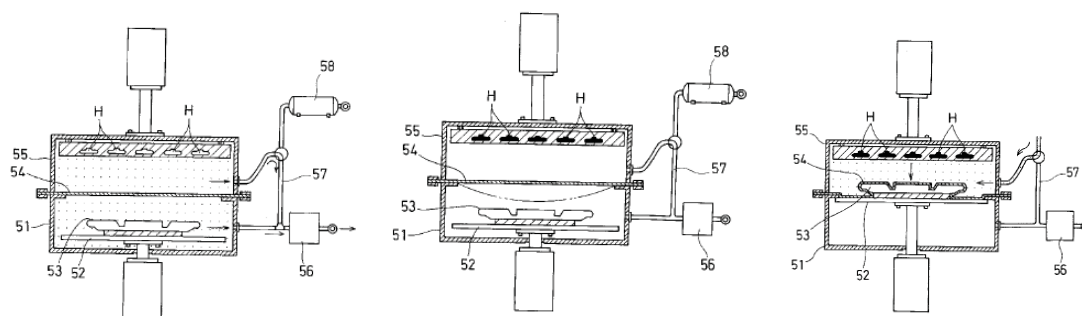


図9 TOM 工法(布施真空)のプロセス図

左:チャンバー内に成形品をセットしシートの上空間を減圧する工程(特開 2005-262501 の図 16)

中央:ヒーターでシートを加熱する工程(特開 2005-262501 の図 17)

右:シートの上空間を大気圧解放して成形品にシートを貼合する工程(特開 2005-262501 の図 19)

図中の 53 は成形品、54 はシート、H はヒーター、56 は真空ポンプ

射出成形の金型内でフィルム・シートを貼合する方法はフィルムインサート成形(FIM)あるいはインモールドアミネーション(IML)と呼ばれている。方法には大きく三通りある:①金型内にインサートされたフィルム・シートを射出された熔融樹脂の熱と圧力で賦形して貼合する方法、②金型外で予備加熱されたフィルム・シートを金型にインサートし、真空引きによって予備賦形した後に樹脂を射出する方法、③金型外で真空あるいは圧空成形により予備賦形したフィルム・シートをキャビティ形状に切り出した後に金型にインサートして樹脂を射出する方法である。インサート用フィルム・シートはPC、アクリル、PET が代表的であり、深絞り性を高めた銘柄も使われる。

8. 箔・インクを貼る

ベースフィルム上の箔やインクを成形品に転写して加飾する方法が、ホットスタンプと呼ばれる加飾方法である。ホットスタンプの箔の代表的な構成は[接着層/着色・印刷層/保護層/剥離層/ベースフィルム]であり、剥離層と保護層の間で剥離する。熱と圧力で箔を成形品に押しつけ

ることで加飾することができる。刻印が上下するアップダウン方式と加熱ロールで圧着するロールオン方式がある。三次元形状への対応には、Kurz の「3DHS 工法」や村田金箔㈱の「AGS 発熱パッド」を用いた方法がある。

水圧転写は、水溶性フィルムに印刷されたインクを有機溶剤で再活性化した後フィルムを水に浮かべてフィルムを溶かし、水に浮いたインク層に成形品に押しつけて転写する方法である。大日本印刷㈱の「カールフィット」や㈱タイカの「キュービックプリンティング」が良く知られている。

箔転写を金型内で行う方法も用いられている。例えば日本写真印刷㈱が開発した金型内転写技術「NISSHA IMD」は金型内に射出される樹脂の熱と圧力を用いて転写する方法であり、ノートPC や携帯電話の加飾等に広く使用されている⁸⁾。金型内転写技術のプロセス概要を図10に示した。

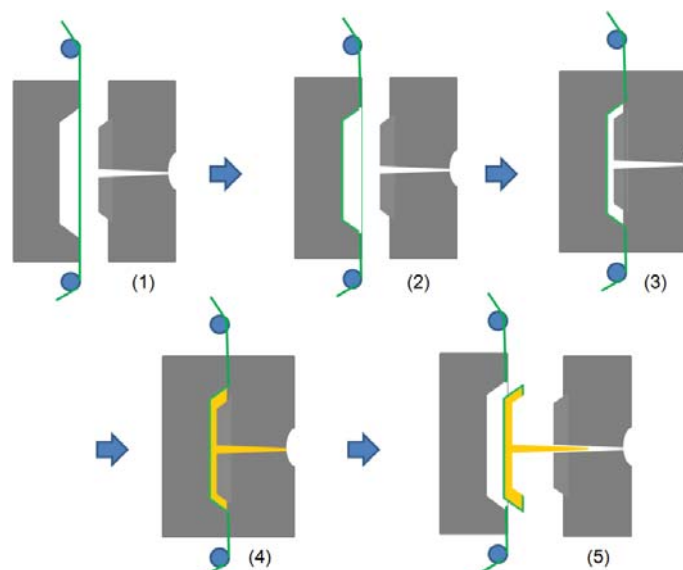


図10 金型内転写技術のプロセス概要図

(1): 可動型に転写フィルムを固定、(2): 転写フィルムを吸引

(3): 型閉、(4): 樹脂を射出、(5): 型開、取出し

9. 色を付ける

プラスチックに色を付けて質感を高める方法は極めて一般的に用いられている。着色方法には色材を樹脂ペレットにまぶして成形する方法(ドライカラー)、色材を高濃度に混ぜたマスターバッチを用いる方法、最終製品の色に合わせて着色したペレットを用いる方法がある。金属調を表現する場合、アルミ等の金属フレークや蒸着したガラスフレークが用いられる。図11にメタリック調成形品の写真を示した。メタリック成形品の最大の課題はウェルドラインである。通常の成形で発生するウェルドラインはごく表面の浅い溝であるが、メタリック成形品のウェルドはフレークの配向によって見える筋であり、容易には解消しない。図12にメタリック成形品のウェルド部断面の模式図を示した。メタリック成形品のウェルドライン解消のため、材料と金型の両面から検討されている。



図11 アルミフレーク添加により金属調に仕上げた成形品
左:粒子径 20 μm のアルミフレーク使用、右:粒子径 60 μm のアルミフレーク使用

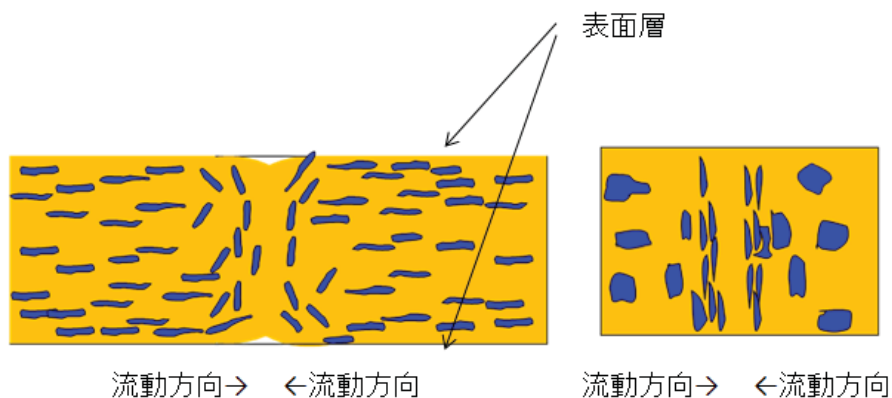


図12 メタリック材のウェルド部におけるフレークの配向の模式図

10. 表面形状を付与する

表面形状によって美しさを表現する方法は、縄文土器にも見られるように、古くから用いられてきた方法であり、プラスチックではシボ加工や鏡面仕上げによる美観・質感向上が行われている。

金型へのシボ加工はエッチングによって行われるが、近年は多段の重ね合わせによってより意匠性の高い模様が表現できるようになってきた⁹⁾。近年では(株)棚沢八光社の「セラシボシート」のように金型に貼りつけるセラミックスのシボシートも開発されている。

その一方で、シボや鏡面のような金型の表面形状を成形品に正確に転写する高転写成形技術も重要になっている。金型の転写率を高めるためには、金型に触れた樹脂の温度が転写に適する温度で一定時間保たれる必要があり、その間に樹脂圧力で押されることで転写が完了する。その概念を図13に示した。

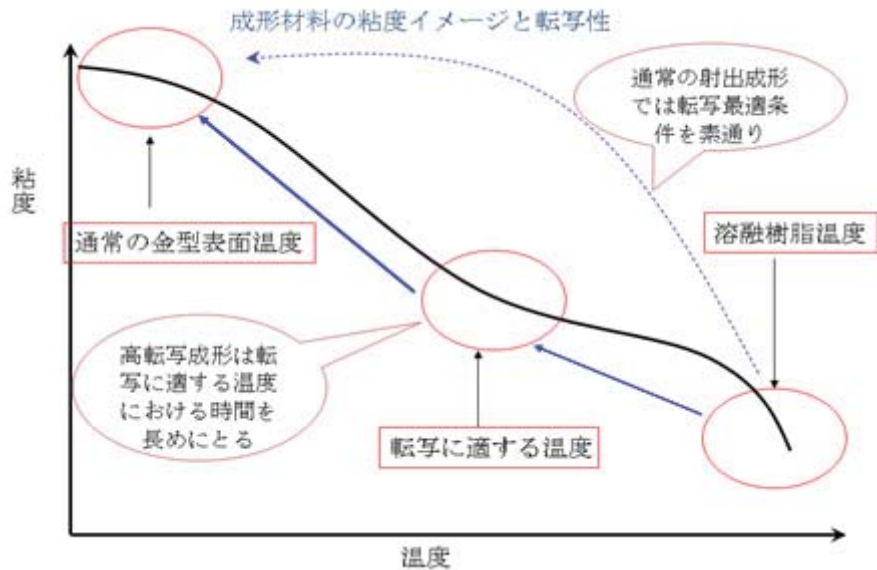


図13 高転写成形技術の概念図(縦軸の粘度は対数)
 点線矢印は通常射出成形の場合(高温から低温へ一気に移動する)
 実線矢印は高転写成形の場合(転写に適する温度でワンクッションがある)

そのために金型を加熱冷却する方法(いわゆるヒート&クール法)や金型キャビティ表面に断熱層を設ける方法(断熱金型)が用いられている。金型を加熱冷却する方法には、蒸気で加熱する方式(小野産業㈱の「RHCM」、三菱重工プラスチックテクノロジー㈱の「アクティブ温調」、㈱シスコの「スチームアシスト」等)、加圧熱水で加熱する方法(㈱レイケンの「TES」等)、細管電気ヒーターで加熱する方式(山下電気㈱の「Y-Heat」)、電気ヒーターで加熱する加熱板とチラーで冷却する冷却板が成形サイクル内で接触・分離を繰り返す方式(Nada Innovation の「E-Mold」)、水管の中にヒーターを挿入して加熱の際に配管内に閉じ込められた水をヒーターで加熱する方式(Unibell の「emCo」)、電磁誘導で金型表面付近のみ加熱する方式(RocTool の「3iTech」、「Cage System」)が用いられている。断熱金型ではポリイミドやセラミックスが断熱層として用いられている^{10,11)}。

高転写成形の効果としては、ウェルドラインが目立たない、シボや鏡面が良好に転写される、フイラーが表面に浮き出ない、発泡痕が消える等が挙げられる。このように他の加飾技術がお化粧であるとするならば、高転写成形技術は素肌の美しさを引き出す技術であり、広い意味で加飾技術に含めている。

成形品表面のヒケを防止して成形品の外観品質を高める方法も広義の加飾技術と考えることができる。成形品のヒケは冷却が遅れた部分が固化収縮することで起こる。ガスプレス成形は、反意匠面の樹脂表面と金型の間にガスを入れ、反意匠面にヒケを集中させることで意匠面の転写を向上させる技術である。

11. 金属調加飾

これまで個別技術について説明してきたが、最終ユーザーにとって作り方はどうでも良いことである。そこで、一例としてプラスチックを金属に見せる技術という切り口でまとめてみた。

成形品表面に金属の薄膜層を形成するめっき、真空蒸着、スパッタ、銀鏡塗装はとの代表例である。塗装で金属調を表現する場合には高輝度メタリック塗料が用いられる。この塗料は非常に薄く、アスペクト比が大きい金属フレークが用いられる事が多い。

フィルムを用いた加飾(フィルムインサート成形、インモールド転写、ホットスタンプ)では、金属を蒸着したフィルム・シートを用いる場合と、金属調インクを塗ったフィルムを用いる場合がある。金属調インクは高輝度メタリック塗料と同様にアスペクト比が大きい金属フレークが用いられる。一方で金属を全く使わないフィルム加飾として、超多層フィルムも検討されている。例えば東レ(株)のピカサスフィルムは屈折率が異なる2種類のポリエステル樹脂を500層以上に積層し、全反射させることで金属光沢を表現している¹²⁾。

前述したメタリック調の成形品はフレークの種類や形状で金属光沢を得ると共に、金型構造でウエルドラインをさけるべく検討されている。

12. ソフトタッチ加飾

これまで見てきた加飾は、全て目で見て感じる加飾であった。その一方で、触覚に訴える加飾も重要である。その中でソフトタッチ加飾について例を示して説明する。

手で触って柔らかい塗膜が得られる塗料をソフトタッチ塗料あるいはソフトフィール塗料という。例えば液状ポリカーボネートジオールを用いたウレタン系塗料は耐傷つき性、耐摩耗性、柔軟性に優れる¹³⁾。

金型内で柔軟な素材を貼合する技術は自動車内装材分野を中心に広く活用されている。例えば、宇部興産機械(株)の「ダイプレスト」はトグル式射出成形機の特性を活かし、型締力を段階的に制御することで、表皮材の発泡層やファブリックの起毛層がつぶれることを防止する技術であり、結果としてソフトタッチを実現している。

人間の触覚のメカニズムを研究することで、柔らかく感じるシボも開発されている。日産自動車(株)と名古屋工業大学の共同研究から、指紋よりも小さい凹凸を触ると柔らかく感じる現象が明らかになり、緻密に設計した凹凸からなるソフトフィールシボとして自動車部品に採用されている。

また、植毛もソフトタッチ加飾のひとつである。静電植毛技術はプラスチック等の被加飾体に接着剤を塗布しておき、続いて0.3～4.0mmの繊維を静電気で植え付ける技術であり、植毛密度は1cm²あたり数千本以上になる。植毛の効果には意匠性の他に断熱性や反射防止効果等がある。

13. おわりに

加飾技術は、売り手にとってはコストアップ以上に売値を高くできる手段であり、買い手にとっては価格に見合う満足感が得られるようになり、経済を活性化させる有効な手法である。その中であって、個々の技術間での競争はますます厳しさを増していくであろう。まさに日本企業が生き残る道であると考えている。

参考文献

- 1) ジェームス・スキナー氏の著書としては、例えば「お金の科学、フォレスト出版、(2011)」
- 2) マイケル・マスターソン、大富豪の起業術(上)、ダイレクト出版、141(2011)
- 3) 大森豊、プラスチックへの加飾技術大全集、技術情報協会、21(2008)
- 4) 渡辺充広、プラスチック成形加工学会年次大会2011予稿集、71(2011)
- 5) 橋本智、平野輝美、*Material Stage*, 8(7), 72(2008)
- 6) 特開2007-253494
- 7) 特開2005-262501
- 8) 藤井憲太郎、プラスチック成形加工学会年次大会2011予稿集、77(2011)
- 9) 渡辺豊彦、*Material Stage*, 10(10), 43(2011)

- 10) 秋元英郎, *Material Stage*, **10** (10), 39 (2011)
- 11) 秋元英郎, *プラスチック*, **62** (4), 7 (2011)
- 12) 特開 2010-184493
- 13) 特開 2008-303284