

N S D (Non Skin Decoration、特別な表面層を付与しない加飾)

2024/10/04 部分修正
M T O 技術研究所

以前は、プラスチックの加飾技術とは、塗料、フィルム、ソフト表皮材など何らかの表面層を基材の表面に付与して、その表面層によって、外観、見栄えを向上させる技術（狭義の加飾技術）と認識されてきた。しかし、加飾に使用する表面層は一般的に価格が高く、加飾を施すと大幅なコストアップになることが多い。一方で、材料、成形技術の進歩で、「特別な表面層を付与せずに、外観、見栄えを向上させる技術」が進歩し、筆者は、これらを“Non Skin Decoration”、略語で“N S D”と表現している。なお、このN S Dは、新しい技術ではなく、古くから用いられていた技術であるが、加飾の一分野との認識は低かった。しかし、筆者らは、N S Dは、材料、成形技術の進歩もあって、外観、見栄えを向上させる加飾技術の一翼を担うものと認識し、積極的に加飾技術として取り上げている（広義の加飾技術）、体系化している。

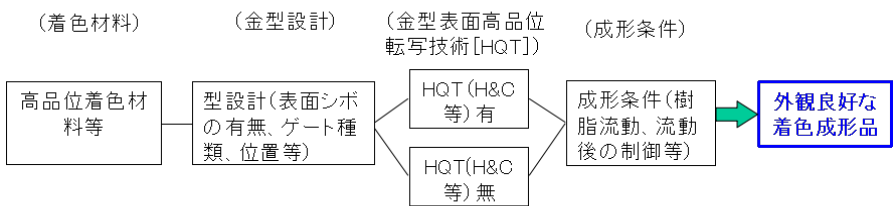
1. N S Dの種類

N S Dには、次の3技術が含まれる。

- 1) 着色、染色、発色
- 2) シボ、ブラスト、表面機械加工など
- 3) 金型表面高品位転写成形

これらは、単独で利用される場合もあるが、1)あるいは2)と3)の組合せなどで利用されることも多い。N S Dの全体イメージを図1に示す。

1. 単層成形



2. 多材質成形(マルチコンポーネント成形)

1. 多色成形	2色、3色成形、(+金属インサート)
2. 多層成形	ソフト材／ハード材
3. 混色成形	混色で柄表現
4. サンドイッチ成形	内部にリサイクル材等

図1 N S D (Non Skin Decoration)

まず、単層成形と他材質成形に分類される。

単層成形では、適切な着色材料（原着材料等）を用い、型設計（シボの有無、ゲートの種類、位置等）を適正化し、ヒート&クール（H&C）等の高品位型表面転写技術（HQT）を使用するか否かを選択し、それぞれで、成形条件（温度条件等以外に樹脂合流後のフローコントロール等）を適正化して、外観の良好な着色成形品が得られる。

他材質成形（マルチコンポーネント成形）には、多色成形、多層成形、混色成形（含む混在成形）、サンドイッチ成形があり、特に、最外層の材料形成時に、上記単層成形と同様なことを考慮することで、外観の良好な着色成形品が得られる。

以下、NSDの技術を個別に説明する。

2. 着色加飾

表1に着色・発色によるプラスチックの加飾を示す。着色・発色には、従来から広く使用されている通常の着色材（顔料、染料）による着色の他、**表2**に示す高意匠性着色材（フィラー）による着色、および、成形品への染色、構造色発色などがある。また、着色と成形技術との組合せの他材質成形（多色成形、多層成形、混色成形、サンドイッチ成形）も含まれる。

表1 着色・発色によるプラスチックの加飾

方法	内容
通常着色	通常の顔料・染料を使用して着色（通常着色、マーブル調など）
意匠性フィラー着色	アルミ箔、雲母、ガラスフレーク、繊維などの配合でメッキ、パール、漆器調等の着色
構造色	着色材を使用せず、薄膜、多層、格子構造等で発色
後加工染色	プラスチック成形品に後加工で染色
着色と成形技術の組合せ	多材質成形（2層成形、多色成形、混色成形など）

表 2 意匠性フィラーの種類とメーカー

目的	使用する特殊顔料	効果	メーカー例
メタリック調	アルミフレーク(薄い鱗片状)	金属調の外観	東洋アルミ、 尾池工業
パール調	天然雲母鱗片状/TiO ₂ 等 で被覆 Al ₂ O ₃ 、SiO ₂ /TiO ₂ 2等で被覆	各種色のパール光沢	河合石灰工業 ヤマグチマイカ
ガラス状	ガラスフレーク/Ag、Niまた は酸化物を被覆	透明できらきら光る	日本板ガラス
光拡散調	ベース樹脂より屈折率の高 い特殊材料	光拡散効果で光透過率 コントロール	日輝触媒化成
エッジ グロー	特殊染料	入射光による励起で内部発光、 系内反射繰り返しでエッジ部で放 射	—
ピアノブラック	透明樹脂＋特殊染料 (＋CNT)	深みのある黒色(漆黒調)	東洋インキなど
不織布調、 漆器調など	黒色系ないし有彩色短繊維 その他配合	不織布調、漆器調、大理石調 石目調等	大日精化
ソフトフィ ール調	セルローズ繊維配合	ソフトフィール	涛和化学

2. 1 通常の着色材、高意匠性フィラーによる着色

通常の着色材による着色は、プラスチックが使用され始めた時から利用されており、以前に使用されていたカドミ系や鉛系などの優れた着色材は、環境問題から使用できなくなったが、多くの有機系、無機系の着色材が開発され、広く使用されている。特に、化粧品容器等は、[図 2^{1\)}～4\)に示すように、オリジナリティの表現や、イメージカラーとして、積極的に利用されている。](#)

着色材として、通常の着色材の他、表 2 に示すように、樹脂に練りこんで、メタリック調、パール調、ガラス状、ピアノブラック調、エッジグローなどを実現できる高意匠性着色材があり、着色のバリエーションを広げている。これらを用いて、意匠性を向上(加飾)する技術も発展し、採用されている。大日精化(株)⁵⁾では、大理石調、不織布調、漆器調などの装飾着色材を販売していた(現在 Web Site から削除)。

[図 3](#)に、マーブル調、まだら模様、メタリックなどの装飾着色成形品例⁶⁾を示す。



図2 化粧品容器の着色加飾例

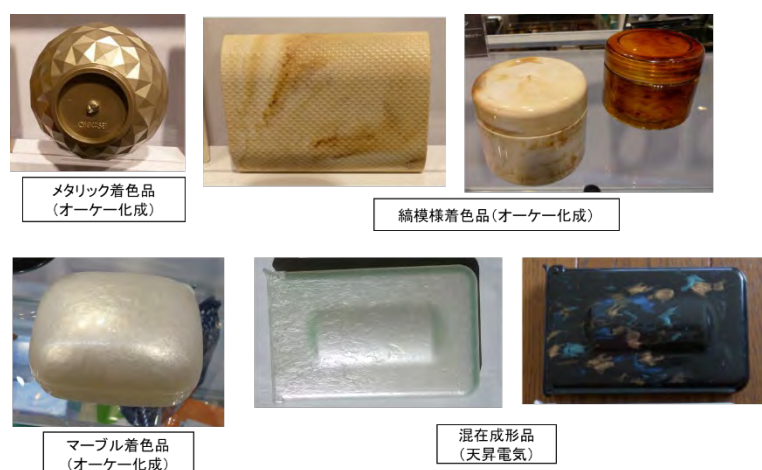


図3 各種装飾着色品例

さらに、近年、発色性などが良好な自社の樹脂を高意匠性着色材で着色した材着（原着）材料が、多くの樹脂メーカー等から供給され、それらの材料を用いた外観の良好な成形品が加飾成形品として位置づけられるようになってきている。代表的な例を図4～8に示す。

三菱ケミカル(株)⁷⁾は植物由来のイソソルバイドを原料としたバイオP C（図4）、三菱エンジニアリングプラスチックス(株)⁸⁾はP Cに各種着色材を配合した樹脂(図5)を供給している。

三菱化学㈱のバイオPC「デュラビオ」着色品

* 植物由来のイソソルバイドを原料としたバイオPC。

- ・耐衝撃性・耐熱性・耐候性など：従来のPCより優れている
- ・発色性、透明度が高い(光線透過率92%)⇒顔料配合だけで、つややかな光沢のある表面に仕上がる。
- ・表面が堅くて丈夫⇒擦り傷が付きにくく、塗装工程不要。⇒塗料から出るVOC排出をゼロに。



スズキの『ハスラー』の樹脂カラーパネルに採用(2014/01)



2016/12/22発売のマツダロードスターRF車の後部窓枠部品等に採用(朝日新聞2016/12/15)



図4 高外観原着樹脂による成形品例ー1

三菱エンジニアリングプラスチックス意匠性PC成形品例

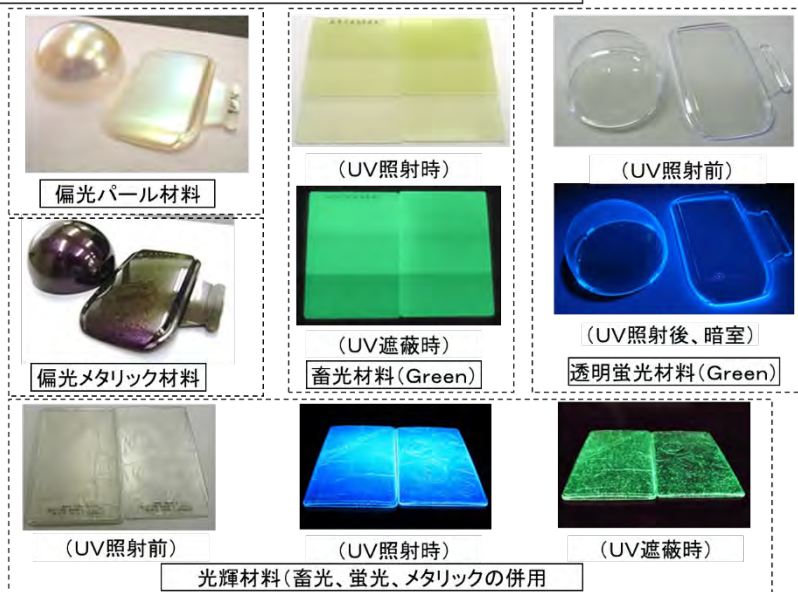


図5 高外観原着樹脂による成形品例ー2

ユニチカ㈱⁹⁾は層状ケイ酸充填ナノコンポジットナイロン、ポリアリレート樹脂(図6)、トーヨーカラー㈱¹⁰⁾は2種類の異なる材料をナノ分散させて光輝感を生み出した樹脂、東洋インキ㈱¹¹⁾はCNT(カーボンナノチューブ)を用いた高い漆黒性樹脂、デンカ㈱¹²⁾がPMMA/ゴム/耐熱付与材、ダイセル㈱¹³⁾はPC/PMMAを有機系黒色染料で着色した材料(以上図7)、ロンビック㈱¹⁴⁾は超高輝性PP樹脂

をベースとした樹脂着色品（図8）、NEC㈱¹⁵⁾が非可食セルローズ／CNTを用いた漆ブラック（図9）を供給している。さらに、三菱ケミカル㈱は、デュラビオと異なる高硬度PCを供給し¹⁶⁾、サビックがPCコポリマーを供給¹⁷⁾し、デュラビオと同様部品に使用され、BASF¹⁸⁾が無塗装特殊アミド樹脂を供給し、プリウスのシフトレバーに使用され、三井化学㈱¹⁹⁾がPPメタリック材料を供給している（図10）



図6 高外観原着樹脂による成形品例－3



図7 高外観原着樹脂による成形品例－4



図8 高外観原着樹脂による成形品例－5



* 2016年には、高級漆器が持つ独特の美しい漆黒(漆ブラック)を初めて実現したセルローズ系バイオプラスチック(漆ブラック調バイオプラスチック)を開発。

* 美しい外観を保持するための高度な耐傷性と、高級漆器に筆で描かれた芸術性の高い蒔絵を再現できる蒔絵調印刷を実現。

図9 高外観原着樹脂による成形品例－6



図 1 0 高外観原着樹脂による成形品例－7

地球環境問題から、自動車の外装（外板）への塗装代替プラスチック加飾技術の成形品が、欧米で実用化され、日本でも、各社で検討され、その可能性が高くなってきている。その工法としては、「フィルム加飾」、特殊な樹脂／高意匠性着色材の原着材料による「着色加飾（モールドインカラー）」、さらに「インモールド塗装」があり、今後の展開が注目される（本件は、MTO技術研究所の別資料²⁰⁾）で詳しく説明しており、ここでは詳細は省略する。

特に、三菱ケミカル㈱の植物由来のイソソルバイドを原料としたPC（デュラビオ）は、耐衝撃性・耐熱性・耐候性などが従来のPCより優れ、発色性、透明度が高く（光線透過率92%）、顔料配合だけで、艶やかな光沢のある表面に仕上がる。また、表面が堅くて丈夫で擦り傷が付きにくく、既にスズキ、マツダの内装部品に実用化され、さらに、マツダの外装にも採用された。三菱ケミカル㈱は図11に示すように、塗装工程でのコスト削減、VOC削減効果例を示している。さらに、マツダ㈱²¹⁾はデュラビオの成形品を現行の塗装品と比較して、自動車外板としての評価を行い、図12に示したように、現行の塗装品と遜色がないことを確認している。現在、デュラビオは、図13に示すように、フロントグリルへの展開などを進めている。フラット面の大きい成形品では、耐傷つき性が十分でないとも言われており、最近、表面硬度、耐熱性がPMMAなみの新グレードを上市し（図14）、今後は、面積の大きいパネルでも実用化されると期待される。

図15は、他の自動車外装適用例である。

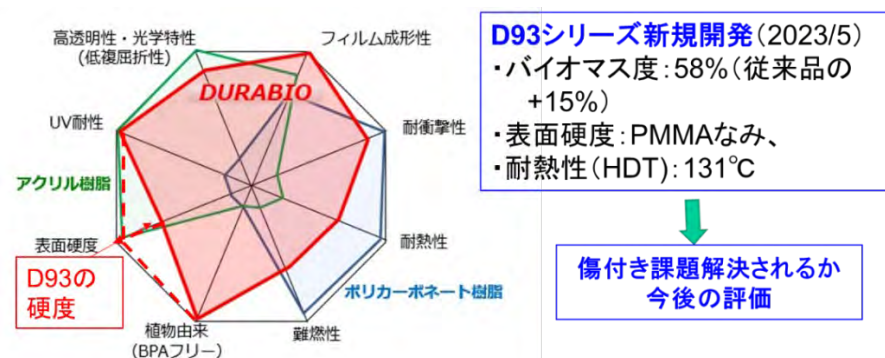


図 1 4 デュラビオの新開発材料



図 1 5 その他の自動車外装適用例

河西工業(株)^{2 2)} は、日産自動車の小型車「ジューク」の内装ドア部品をシルバーメタリックのモールドインカラーで生産し、さらに、小型車を中心に車のボディーカラーに合わせた色の内装部品を適用する動きが増えていることに対応して、塗装レス高輝度内装部品の多色展開をしている (図省略)。また、図 1 6 は、住友化学(株)^{2 3)} の高硬度黒艶 PMMA である。PMMA は無着色では鉛筆硬度は H であるが、ピアノブラック着色で、材料の実硬度は変わらないが、表面の傷が目立ちやすくなる (鉛筆硬度は 4 B になる)。着色材等を改良して、ピアノブラックで鉛筆硬度 H を達成し、耐擦傷性を改良している。

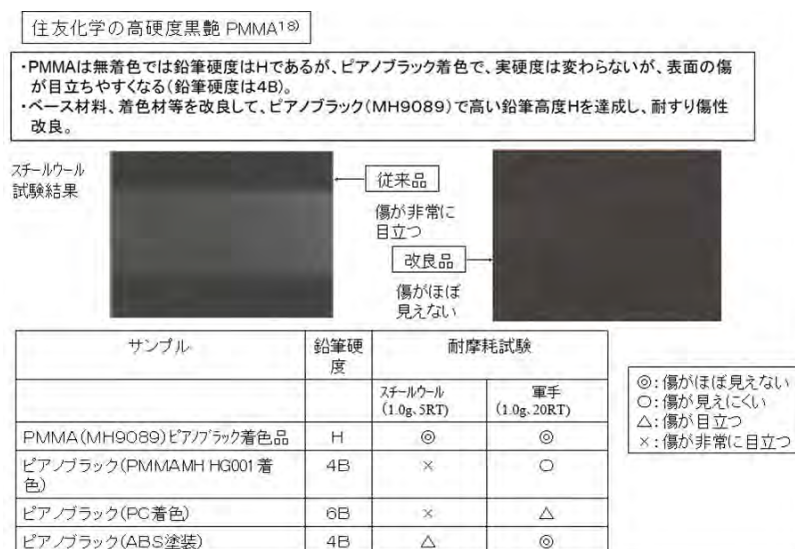


図 1 6 高外観原着樹脂による成形品例－ 7

2. 2 構造色加飾

構造色 (structural color) は、光の波長あるいはそれ以下の微細構造 による発色現象を指す。

自然界に、モルフォ蝶、タマムシ、オパール、カワセミ、貝殻の内面等発色現象が異なる多くの構造色が存在し、これらを応用した構造色加飾が開発されている。近年、構造色加飾の注目度が高く、文献、展示会での発表が増えている。なお、構造色加飾は、NSDに属するもの、特別な表面層を付与するものにまたがり、1つの独立分野の加飾であるので、別の資料^{2 4)}にまとめており、ここでは省略する。

2. 3 染色

プラスチックの着色には、通常は、顔料が使用されるが、上記図 8 に示したように、表面からの溶出がない改良された新規染料MBによるPP成形も開発されている。色のバリエーションの多い少量多品種品の場合、ナチュラル色で成形し、成形後染色して製品化される場合もある。PP、PMMA、PA、PPS等ほとんどのプラスチックが美しく染色される。成形品例を図 1 7^{2 5)}、^{2 6)}に示す。



図 1 7 プラスチック成形品への染色

3. 着色材と成形技術の組み合わせによる着色

着色材と成形技術の組み合わせによる成形品として、多色成形、多層成形、混色成形（混在成形を含む）などがある。図 1 8 は、通常の 2 色成形（図上左、中）、ステッチ部のみをプチ射出機で他の色で成形したもの（図上右）²⁷⁾、さらに、2 色成形で、ピンクの部分で、部分的に厚肉部および裏面に格子柄を設け、あたかも 4 色成形のように見える成形品（図下左）、下右は、金属インサート 2 色成形+めっき+ホットスタンプ品である。図 1 9 は、3 色成形品で、それぞれ、機能を組み合わせている。

図 2 0 は 2 層成形品で、上左、右は、最初の成形時、表面に凹凸模様を付け、その上に、第 2 層を成形することで、2 層目の成形は表面がフラットでありながら、1 層目の凹凸に応じた厚さの差による色の濃淡で、パターンを見せることができる^{28、29)}。下右は、2 層目も凹凸模様をつけ、水紋が広がるような表現をしている³⁰⁾。さらに下左は、アイリス(株)の加飾なし成形で、屈折率の異なる透明樹脂を使用して、パターンを形成し、構造色も発色する³¹⁾。図 2 1 は、表面：フラットの透明バイオ PC、基材：パターン付き光輝材配合バイオ PC で構成されているマツダの新意匠 2 層成形品³²⁾である。本 2 層成形品は、さらに、ソフト材とハード材を組合せたものがあるが、これは、本紹介シリーズでは、ソフト表面加飾で扱っている。

図 2 2 の上左、中は混色成形品^{29)、33)}で、2 本の射出シリンダからの樹脂をノズルヘッドでコントロールして混合して射出することで、図のようなパターンが形成された成形品が得られる。上右は、木質材料を用いない木目調樹脂の射出、押出成形品³⁴⁾である。図の下中は、一般的な射出成形で、マーブル模様を形成したもの³⁵⁾、下右は、

基材 and/or 繊維を着色して、カーボンファイバー（C F）の織物柄を生かした成形品
 37) である。



図 1 8 着色と成形技術の組み合わせ成形品例－ 1

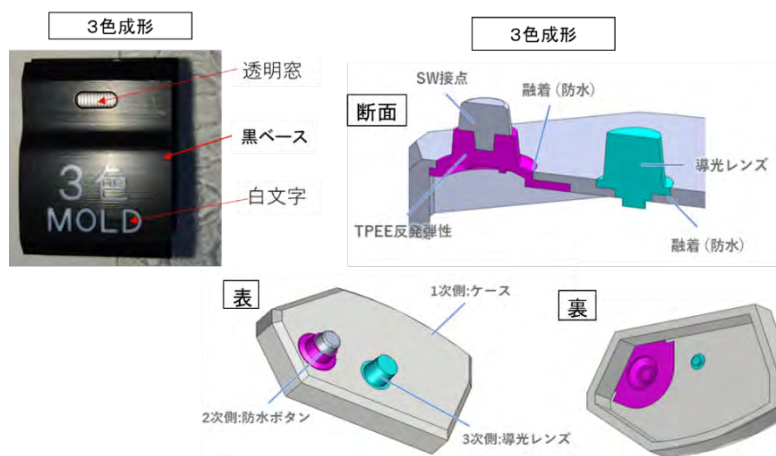


図 1 9 着色と成形技術の組み合わせ成形品例－ 2

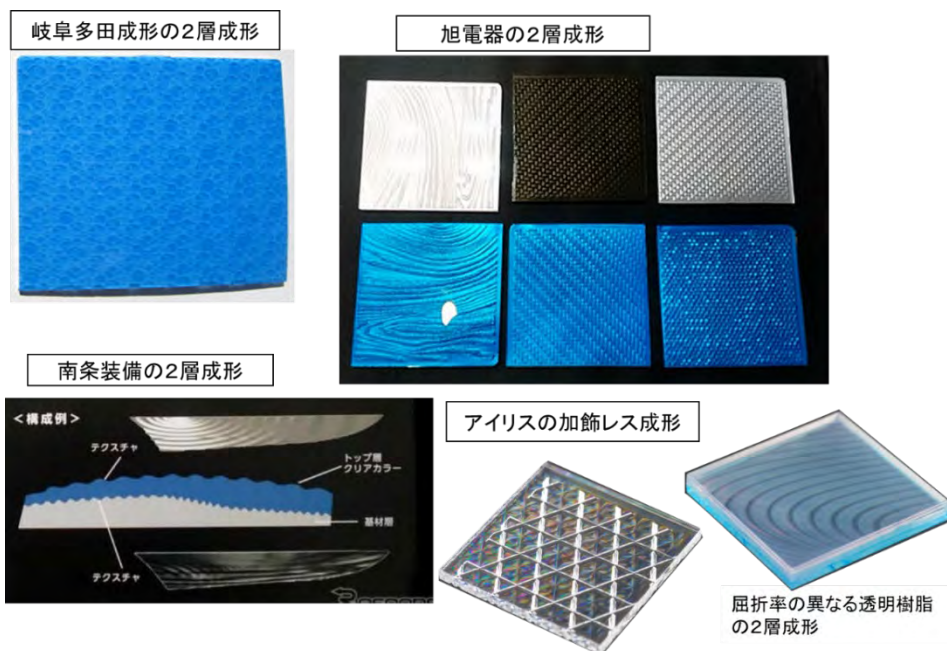


図 2 0 着色と成形技術の組み合わせ成形品例－ 3



図 2 1 着色と成形技術の組み合わせ成形品例－ 4



図 2 2 着色と成形技術の組み合わせ成形品例－ 5

図 2 3 は、各種の素材を金型にインサートして、周辺に樹脂の枠を形成した U & M プラスチックソリューションズの成形品例²⁷⁾である。インサートと枠は融着させず、リサイクルも考慮されている。メタル以外は、予備賦形なしで成形される。



図 2 3 U & M プラスチックソリューションズのインサート成形

5. シボ、微細パターン転写加飾

型表面にシボやパターンを加工した金型を用いて射出成形すると、成形品表面にシボやパターンを有する成形品が得られる。これ自体が加飾と考えられる。この金型表面のシボやパターンをより精度よく（高品位に）成形品表面に転写するには、4 の高品位転写成形を併用することもある。

従来は、シボ作成には、腐食液を用いて不要部分を溶解除去する方法（エッチング法）が用いられていたが、近年の技術、マシンの発展で、金型表面を機械加工（切削）あるいはレーザー加工して、模様をつける方法が開発され、実用化されている。シボの種類を表 3 に示す。

表 3 シボの種類

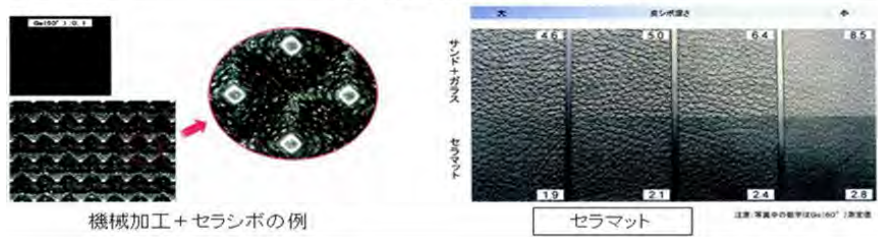
種類	製作方法	メーカー
エッチングシボ	テクスチャ作成→露光用フィルム作成→型表面に耐酸皮膜形成→皮膜上に露光用フィルムを手で貼付け→露光・現像→エッチング	・モールドテックジャパン ・棚澤八光 ・ワールドエッチング
セラシボ	シリコンマスター作成→SSシート作成→SSシートとBステージシートの合体物作成→金型に貼付け→熱処理して、SSシートをはがす	・棚澤八光
デジタルシボ（切削加工）	2次元テクスチャ作成→3次元データー上にテクスチャ貼付けて、STLデーター作成→STLCAMでNCデーター作成→高速加工機で切削	・コガネイモールド ・IBUKI
デジタルシボ（レーザー加工）	3次元データーを用いてレーザー加工機で加工。（3Dデーター作成までは、切削加工と同様）	・岐阜多田精機・棚澤八光 ・日本エッチング・ツジカワ ・ワールドエッチング
電鍍シボ	精密なマスターを製作→めっきで反転→外側を補強	・KTX ・イケックス

4. 1 エッチングシボによる転写加飾

エッチングシボは、金型表面にテクスチャパターンに対応した耐酸被膜を形成し、耐酸被膜のない部分を酸などでエッチング（蝕彫）して、シボなどを作成する（図は省略）。特に、3次元形状の場合は熟練した職人による手作業が必要であり、かつ、酸処理の環境問題の課題があるが、(株)棚澤八光社³⁷⁾では、表 4 に示すように各種の技術を開発し、作業の改善、シボの高級化、シボ付け前のシボパターンの確認、さらには成形品表面への微細シボ加工も実現しており、今でも、自動車の内装部品などに広く使用されている。ただ、腐食液を使用する事、専門技術を持つ熟練工が必要である事などで、一部、セラシボやデジタルシボへの転換が進んでいる。

表4 エッチングシボの改良等

分類	項目、名称	内容
エッチングシボ	作業性改善	伸びるシートを開発して、フィルム貼り作業を改善
	セラマット	金型のシボ加工面に耐熱、耐摩耗の微細な凹凸層を付与してシボの質感向上
	ナノフィール加工	シボ加工面に微細なシボを追加して、低グロス化
	セラコート	コア型に耐熱、耐摩耗層を付与して、製品厚さを薄くする
製品面にシボ加工	リアルテック	製品表面により品質の高いシボ加工を行う
シボパターン の事前確認	バナトーン加工	パソコンデーターから作成したシートをシボ加工前の成形品等に貼ってシボパターン等を確認
	セラシボ	型上に耐熱、耐摩耗の特殊材料によるBステージシボを貼り付けることで凹凸模様を形成



4. 2 セラシボによる転写加飾

(株)棚澤八光が開発した方法で、金型にシート（テクスチャパターンからシリコンマスタを作成し、それをもとに作成したシート）を貼り付け、熱処理して、シボなどを作成する（図省略）。酸を使用せず、短納期、少量生産に適するとともに、金型上に残るシートは断熱効果があり、ウエルドを解消する効果もある。

4 3 デジタルシボによる転写加飾

旧 (株)ケイズデザインラボが3次元デジタルデータを用いて、プラスチック成形品の表面に模様や質感を造り込むデジタルシボ（「D3テクスチャ」）を開発した。図24に、エッチングシボとデジタルシボとの比較を示した。

「D3テクスチャ」はデザイナーが考案、あるいは、自然物の表面状態をスキャンしたデータをもとにした微細な3次元データを作り、これを用いて金型表面を切削加工、またはレーザー加工して得られる。既存のシボを置き換えるというより、デザイナーがテクスチャを直接設計できるという意味があり、単に美しさを演出するだけでなく、汚れや指紋が付きにくいなどの機能性の高いテクスチャの設計が可能になる。

「D3テクスチャ」を用いた金型表面切削加工金型は、コガネイモールド(株)³⁸⁾などで制作されている。

D3テクスチャの主要工程は、1) スキャナー等でデータを取り込み、または、デザイナーがデータを考案、2) 3Dデータ作成、3) コンピューター上および3Dプリンターで確認、4) 切削またはレーザーで型表面を加工、5) 成形（射出成形、ブロー成形等）

である。少量生産の場合は、3) の3Dプリンターも成形として利用される。

デジタルシボの特徴は、下記のとおりである。

- 1) 複数パーツでも模様がきちんと繋がる
- 2) 金型の材料が異なっても仕上りが均一
- 3) 抜き勾配を考慮した金型ができる
- 4) ツヤのあるシボも可能（ただし、レーザー加工の場合は、艶消しになる）
- 5) パターン貼り等の熟練工が不要
- 6) 機能性の高いテクスチャの設計が可能

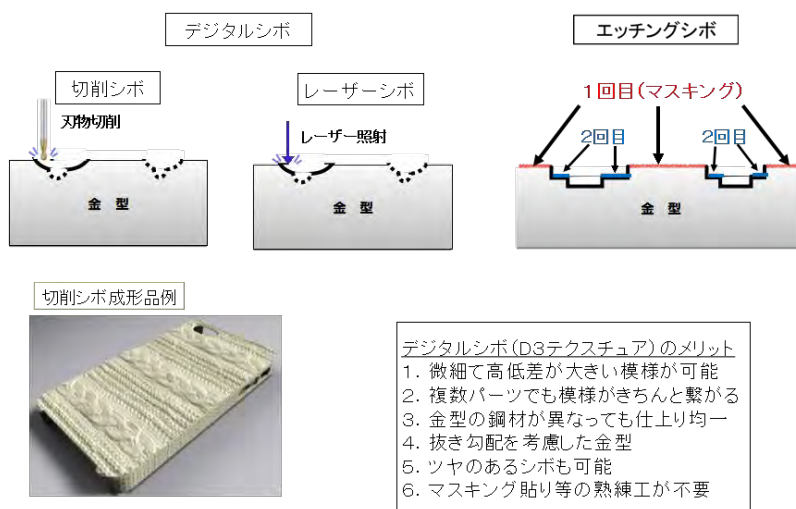


図24 エッチングシボとデジタルシボの比較

切削加工金型シボの各種検討、採用例を図25、図26に示す。図に示すように、文字表現、指紋付着防止、表面のパターンに合わせて裏面から印刷、フィルム貼合との組合せ、パターンに合わせた印刷フィルムの貼合なども可能で、従来のシボの利用とは異なる新たな展開が進んでいる。



図 2 5 切削加工シボによる成形例－1



図 2 6 切削加工シボによる成形例－2

デジタルシボは、国内では、**図 2 7**、**2 8**に示すように、岐阜多田精機(株)^{2 7)}、第一樹脂工業(株)^{3 9)}、日本エッチング(株)^{4 0)}、(株) I B U K I ^{4 1)}でも行われている。

金型表面加工法としては、切削（機械加工）加工以外に、レーザー加工が実用化されている。岐阜多田精機(株)は切削加工とレーザー加工、第一樹脂工業(株)、日本エッチング(株)はレーザー加工、I B U K I は、切削加工を使用している。

岐阜多田精機の切削・レーザー加工シボ例

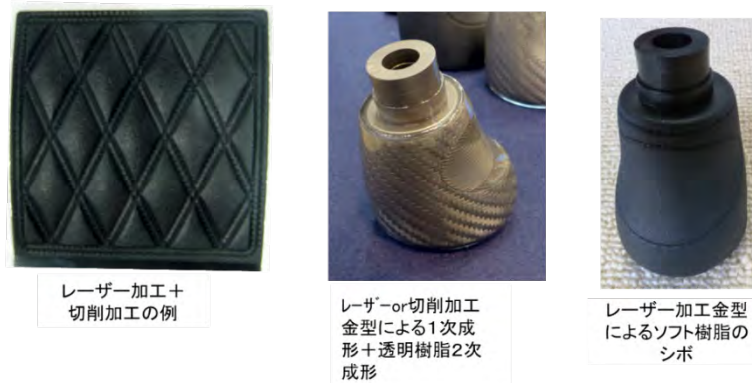


図 2 7 切削・レーザー加工シボによる成形品例



図 2 8 切削・レーザー加工シボによる成形品例－2

レーザー加工は、①微細な加工ができる、②深い加工ができる事が特徴であり、一方で、①削りくずの除去が必要、②微細凹凸ができ光沢のあるシボの作成は困難と言われている。

デジタルシボは、大きさや形状の制約、コスト、エッチングシボそのものの進歩などから、現時点では、国内での自動車部品への採用は限定されているが、海外では、自動車内装部品への採用が一部進んでいる（図省略）。今後、日本でも、装飾性の高いシボ、機能性を付与したシボとして、採用が進むものと期待される。

シボ転写で、[図 2 9](#)、[3 0](#)に示す精工技研(株)^{4 2)}の金型表面精密加工の微細転写成形があり、加飾ならびに医療用途に利用されている。

また、ツジカワ(株)^{4 3)}は、[図 3 1](#)に示すように、彫刻技術で、江戸切子や、見る角度によってパターンが変化する表面精密加工金型を製作している。

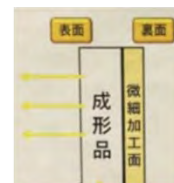
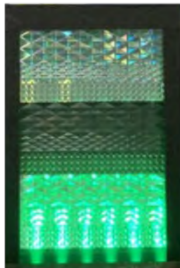
精工技研の薄肉微細転写による後加工レス加飾

微細転写技術による金属調の加飾



微細転写技術により、樹脂成形のみで金属調の加飾を実現

発光＋金属調加飾成形品



側面から光を入れることで表面に向かって光が出ていく特殊な仕組みになっている。光が入っていないときは、加飾のみが表現

微細転写技術による加飾技術



微細転写技術による撥水機能付与



図 2 9 金型表面精密加工の微細転写成形品例－1

精工技研の薄肉微細転写による成形品

精工技研㈱の精密金型による微細転写成形による医療器具

微細マイクロプレート



φ35mm微細ディッシュ



ライトガイド



射出圧縮技術で、ナノレベルの微細構造を高精度に転写。最薄0.3mmを実現

微細転写品

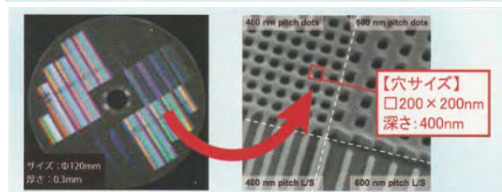


図 3 0 金型表面精密加工の微細転写成形品例－2



図 3 1 彫刻技術による表面精密加工金型

4. 4 電鋳シボ^{4.4)}による転写加飾

電鋳シボは図 3 2 に示すように、製作したマスターモデルをめっき浴槽に入れ、電気化学反応で金属イオンをモデル表面に付着させることにより製作する。マスターのシボ質感やステッチ等を精密に再現できる手法として、表皮スラッシュ型や真空型に用いられている。射出成形のような高圧にも耐えられる技術も開発されつつある。

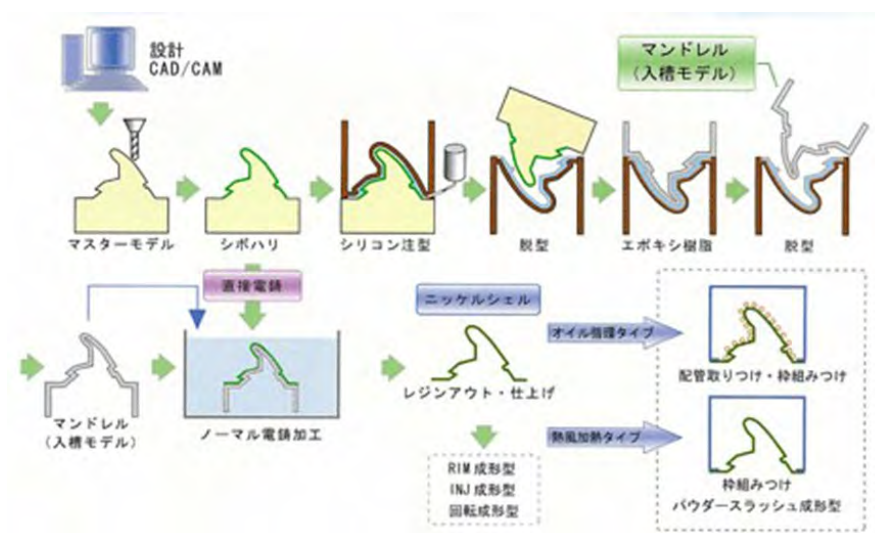


図 2 9 電鋳シボ形成の工程概要

4. 5 成形品の表面加工

成形品の表面に模様、微小凹凸をつける方法として、砂などの研磨材を用いて成形

品表面に微細凹凸を付与するブラストや、成形品の表面の機械加工やロールによるエンボス加工なども用いられている。

4. 5. 1 ファインブラスト

プラスチック成形品などの表面にパターンを施す方法として、ブラストがある。ブラストは、古くからある技術であるが、表面凹凸の形状が不均一で利用方法に限りがあった。トシコ^{4 5}は、サンドブラストやショットブラストの弱点を克服し、表面凹凸形状を均一にコントロールしたファインブラスト^{4 5}を開発した（図 3 3）。ファインブラストの効果は、下記のとおりである。

- 1) 美観向上（ムラ修正）
- 2) 防眩効果
- 3) 油保持性向上、指紋付着防止
- 4) 表面積拡大（印刷、塗装性改良）
- 5) 摩擦抵抗調整

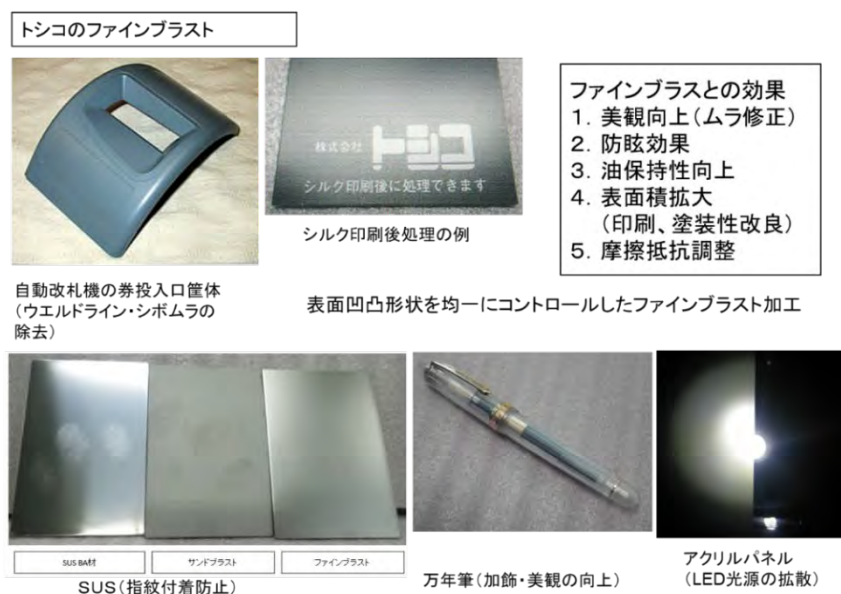


図 3 3 ファインブラスト

4. 6 プラスチック表面の機械加工

フィルムや成形品の表面に機械加工で模様付をする方法もある。研磨材を用いて、フィルム表面にスジ状の凹凸模様をつけるヘアライン加工や、ロールやプレスを用いてフィルムや成形品の表面に微細凹凸などをつける技術がある。

近年、これらの技術は、ヘアラインなどの幾何学的な模様をつけるだけにとどまらず、特定パターンを付与して、上述の構造色加飾として利用され、さらに、超撥水性、

指紋付着防止などの機能を付与する技術としても利用されている。

5. 金型表面高品位転写成形 (High Quality Transfer、HQT)

金型表面を成形品に忠実に転写させる技術を、「金型表面高品位転写成形 (High Quality Transfer、HQT)」と言う。その目的は、

①金型の微細加工パターンを成形品に忠実に転写して、光学・音響効果を実現する。

(CDや構造色発現など) ⇒ 「金型表面精密転写成形」

②良好な表面外観を得て、加飾として利用⇒ 「金型表面転写加飾成形」

ここ(本項)では、②について説明する。①は、微細なパターンの付与で、指紋付着防止、撥水性向上などの機能を付与する加飾として利用されており、他の項で説明する。

5. 1 金型表面の転写性に影響をあたえる因子

射出成形では、熔融樹脂を高圧で金型に射出して成形するので、マクロ的には金型表面を転写した成形品が得られる。しかし、射出された熔融樹脂は金型内で冷却されスキン層を形成しながら金型表面に接触するので、通常、ミクロ的には十分な転写が行われず、表面状態の不十分な成形品が得られる場合が多く、表面状態を改良するために後工程でクリア塗装が施されることも多い。

金型表面の転写性に影響をあたえる因子は下記の通りである

①材料の品質

②温度、特に金型温度

熔融樹脂の温度に対し、金型温度は一般的に低く、**図 3 4**に示すように、熔融樹脂は金型面から冷却され、スキン層を形成しながら充填される。金型温度が低いと、樹脂の充填が終了して、射出圧力が立ち上がっても金型面への密着性が完全でなく、金型面を完全に転写しない。

③製品設計、金型設計

④金型構造など

金型のガス抜きが悪いと、空気あるいは樹脂中からの揮発分が、金型内に閉じ込められ、転写性を悪くする。

⑤樹脂の充填速度

充填速度を上げて、スキン層が形成される前に充填を完了させる事が好ましい。ただし、速すぎると他の不良が発生することがある。

⑥金型内のエア、ガス排出

これらの因子に対する対策を行えば、微細パターンの転写性が向上、あるいは表面状態が改良され、クリア塗装などを行わずに、そのまま利用することが可能になる。

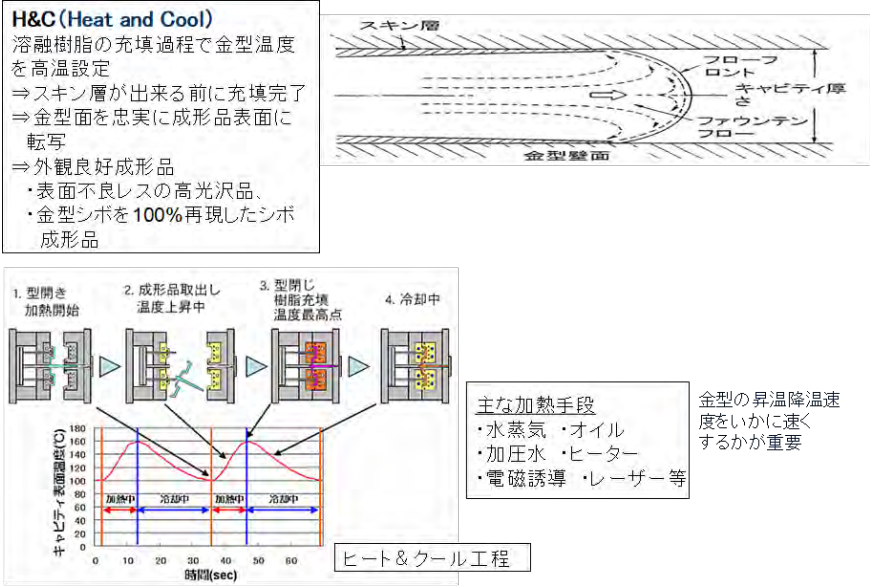


図 3 4 フローフロントと外観改良

5. 2 金型表面高品位転写成形技術 (High Quality Transfer、HQT)

表 5 に、HQT の種類を示し、表 6 に樹脂充填過程で行う金型表面高品位転写成形のシステムとメーカーを示す。「樹脂充填過程での対策」としては、サイクル加熱冷却、表面瞬間加熱、断熱金型利用、金型機構・成形条件の組合せがあり、一般的に、サイクル加熱冷却と表面瞬間加熱を合わせて、「ヒート&クール (H&Q)」と呼ばれている。

表 5 金型表面高品位転写成形 (HQT) の概要

大分類	中分類	小分類	概要
樹脂充填過程での対策	1. 金型表面高温法	1) サイクル金型加熱冷却	金型内に熱媒体を循環させ、樹脂充填時の型内での急激な温度低下を抑え(スキん層の発生を抑え)て成形する。
		2) 金型表面瞬間加熱	電磁誘導加熱、ヒーター、レーザー等で、金型表面のみを加熱し、型内での樹脂の急激な温度低下を抑える。
		3) 金型表面断熱	金型に断熱層を設け、型内での樹脂の急激な温度低下を抑える。断熱層としてはセラミックスなどが使用される。
		4) 樹脂流動制御(ディレード成形)	金型設計(多点ゲート配置等)とゲート開閉条件等で樹脂合流を制御し表面外観不良を抑える。
	2. キャビ内ガス充填	5) カウンタープレッシャ	発泡成形で使用する技術で、ガスを充填した型内に樹脂を射出し、発泡ガスによる表面不良を抑制
成形直後の対策	1. エア、ガス注入法	1) エア注入片面転写	非意匠面側にエアを注入して、樹脂を型から剥離し、ヒケを集中させて、意匠面側の転写性を向上。
		2) 高圧ガス注入(ガスプレス)	非意匠面側に高圧ガスを注入して、樹脂を意匠面側に押圧して、転写性向上。射出圧縮との組合せもある。
		3) 超臨界CO2注入法	超臨界CO2を金型表面および樹脂中に注入して樹脂の流動性を上げると同時に転写性も向上。
その他(補助的なもの)		1) 超高速充填法	超高速充填で、スキん層の形成を抑え、転写性向上。
		2) エア、ガス排出成形	溶融樹脂充填時に金型内等を減圧して、エア、揮発分を排除して、樹脂の流動性を上げ、転写性を向上させる。
		3) ポーラス電鍍真空	多孔性のポーラス型を用いて、揮発分を除去して転写性向上。

表6 金型表面高温法のHQTのシステムとメーカー

方法	高転写利用手段	日本のメーカー	欧米他のメーカー
サイクル加熱・冷却	熱水or蒸気／冷却水	U&Mソリューションズ、三菱商事テクノス、小野産業	Saucer Product、GWK、SINGLE YUDO、Unibell、Sabic
	蒸気／圧縮空気／冷却水		Oxford Moulding technology等
	オイル／オイル	ムネカタ、三菱商事テクノス	
表面瞬間加熱	電磁誘導(外部インダクター)	旭化成テクノプラス	(文献に一般紹介はある)
	電磁誘導(内部インダクター)		RocTool/KIMW (2009/10技術提携) Wittmann/Battenfeld (KIMWの技術)
	レーザー加熱		IKV
	各種ヒーター	山下電気、柴田合成 大宝工業、	GWK、Engel、Unibell Nada Innovation
表面断熱*	ジルコニア／ニッケル	三菱エンジニアリングプラスチックス	—
	セラシボ(加飾シート)	棚澤発光	—
金型、成形条件	金型設計、成形条件	旭電器、室島精工、フルヤ工業	—

* : 他にも幾つかの方法が検討されたが、耐久性の課題があり、多くは中止されている。

金型内での溶融樹脂のフローフロントをコントロールし、下記の原理で外観良好品が得られる。

『溶融樹脂の充填過程で金型温度を高温設定

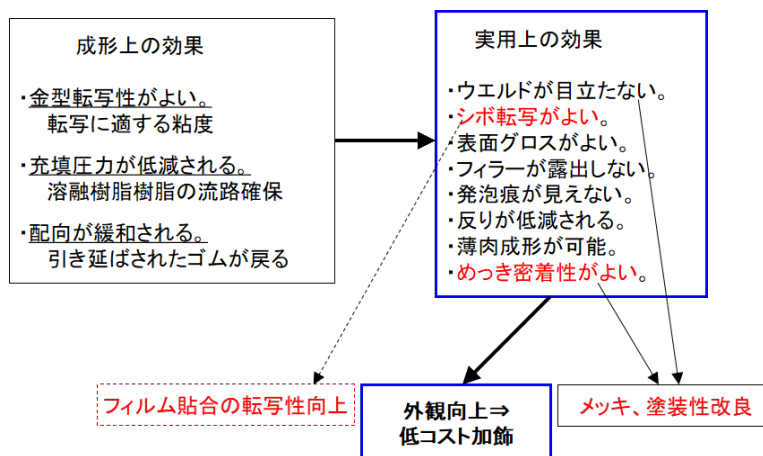
⇒スキン層が出来る前に充填完了

⇒充填終了後、圧力が立ち上がり、スキン層が形成されていない溶融樹脂を高圧で金型面に押圧して、金型面を忠実に成形品表面に転写

⇒外観良好成形品』

金型が鏡面の場合は、ウエルドなどの表面不良がない高光沢品が得られ、シボ金型の場合はシボを 100% 近く再現したシボ成形品が得られる。図 3 5 に示すように外観向上以外に、メッキの密着性向上などにも効果がある。

以下各方法について説明する。



* : 欧州ではVariotherm Temperature Controlがよく使われる

図 3 5 ヒート&クール射出*の効果

4-3 サイクル加熱冷却法

この方法は、通常の成形において冷却水を循環させるのに代わり、(加圧)熱水、または(加圧)蒸気と冷却水を交互に循環させる方法で、対応がしやすく、随分以前からトライされ、その効果は筆者も数十年前に実験・確認していた。しかし、課題は、サイクルが非常に長くなることで、実用化には時間がかかった。各社が、熱効率を向上させた金型を作成し、成形機と液循環器を成形機側で一括コントロールするシステムを開発して、実用化された⁴⁶⁾。本システムを用いることで、従来、成形品表面にクリア塗装を必要としていたものが、塗装を省略できることで、成形サイクルが長くなることなどによる成形加工費の上昇をキャンセルして、約30%のコストダウンができ、かつ、約30%のVOC削減効果があるとの例が紹介されている。サイクル加熱では、蒸気を使うケースで上限温度が150度程度であり、繊維複合樹脂(FRTP)、発泡樹脂を含むほとんどの材料で効果的に使用される。しかしながら、メタリック着色樹脂のフローマーク、ウエルドマークの完全な解消には、より高温が必要で、かつ、金型技術も必要である。この場合は、一般的には、加熱オイル／冷却オイルの循環、または次の表面瞬間加熱法が使用される。

同様なシステムは国内外で多数発表されている。熱媒としては、水、蒸気、オイルが使用されている。ポイントはいかに均等に、かつ、効率よく冷熱を繰り返すかであり、いろいろな工夫がなされている。ヒート&クール用として製作された金型を用いると成形サイクルは、通常成形で55secが、65sec位でおさまる例も示されている。小野産業㈱(RHCM)⁴⁷⁾、Gas Injection World Wide社(RTC-SH)⁴⁸⁾、Unibell社(HeaCo System)⁴⁹⁾もシステムを発表している。

図36にサイクル加熱冷却法による効果例⁵⁰⁾、⁴⁸⁾を示す。本方法は、ピアノブラックおよびメタリック着色品の外観向上、発泡成形品の外観向上、ならびにデジタルシボの転写性向上に効果的に使用されている。ただ、最近、発泡成形の外観向上には、コスト面等から図37に示す「カウンタープレッシャー」が主として使用されている。



図 3 6 サイクル加熱冷却法による成形品例

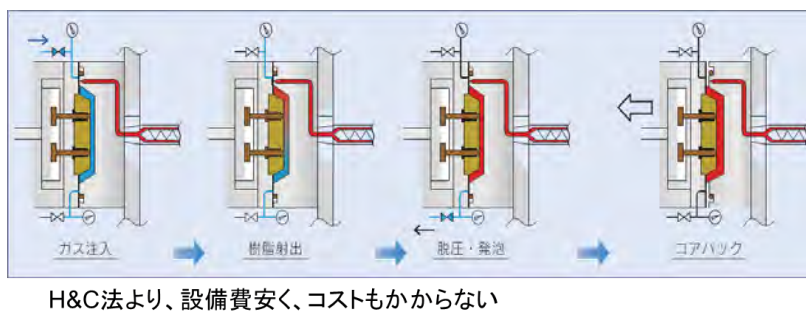


図 3 7 カウンタープレッシャー法による射出発泡品外観保持

5. 4 金型表面瞬間加熱法

これは、金型の冷却水を流したまま、樹脂充填前に電磁誘導加熱などで、金型表面のみを選択的に加熱して、上記 5. 3 と同様な効果を狙った方法である。

旭化成テクノプラス㈱の B S M 法（現在、Web Site からは削除）は外部インダクター移動式電磁誘導加熱方式で、一時期使用されたが、最近は、[図 3 8](#) に示す RocTool 社 [5 1](#) の内部インダクター電磁誘導加熱が世界的に使用されている。昇温速度が速く、高温まで加熱できるため、最近では、炭素繊維複合熱可塑性樹脂（CFRTP）の外観向上成形に使用されている例が多く示されている。また、転写性が優れていることから表面微細加工金型で、きれいな構造色が得られる。（[図 3 9](#)）

金型表面瞬間加熱の加熱手段としては、電磁誘導加熱の他にヒーター、セラミックヒーターなどによる加熱、赤外線による金型表面輻射加熱、金型表面通電、レーザー加熱の方法もある。さらに、加熱キャビティと冷却ブロックを組み合わせた Nada

Innovation の方法がある。

電磁誘導加熱を用いたHeat & Cool技術。
高品位プラスチック射出成形や強化繊維複合材プレス成形に利用。

電磁誘導で金型表面を選択的に加熱
⇒昇温速度が速く、高温が可能 ⇒メタリック着色品、CFRTP成形にも効果

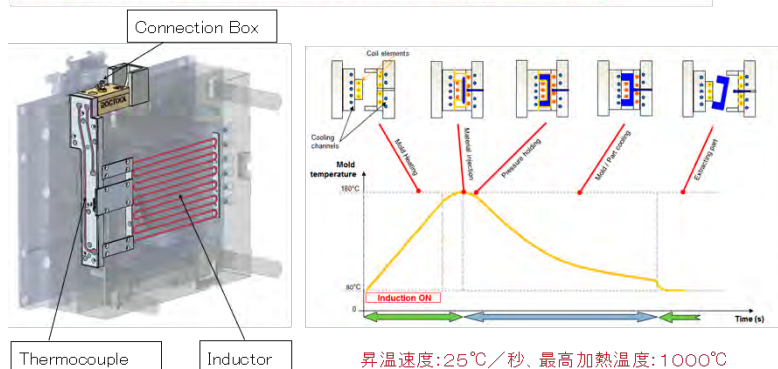


図 3 5 RookTool 社の電磁誘導加熱

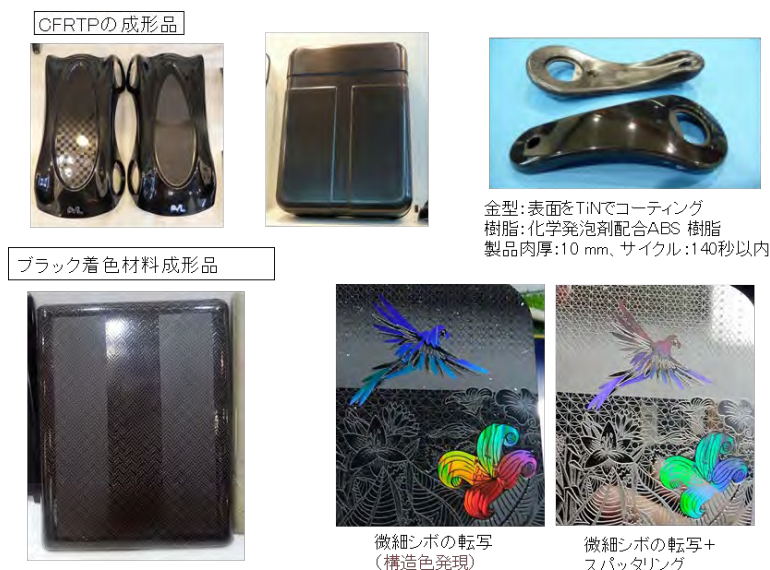


図 3 6 RookTool 社の電磁誘導加熱成形品例

図 4 0 に山下電気㈱のY-H e a t 成形技術（ヒーター加熱）^{5 2}）のシステムと成形品例を示し、図 4 1 に反りに対する効果例を示す。Y-H e a t では保圧・冷却時間も含めた成形サイクル全域で金型温度を意図的に変化させることができ、複数チャンネルを独立した温度プロファイルで制御できることで、樹脂の収縮に起因する成形不良を改善することが可能で、特にソリに対しては顕著な効果があり、ウエルドラインレス+金型内ソリ量制御の高品質成形品が得られる。

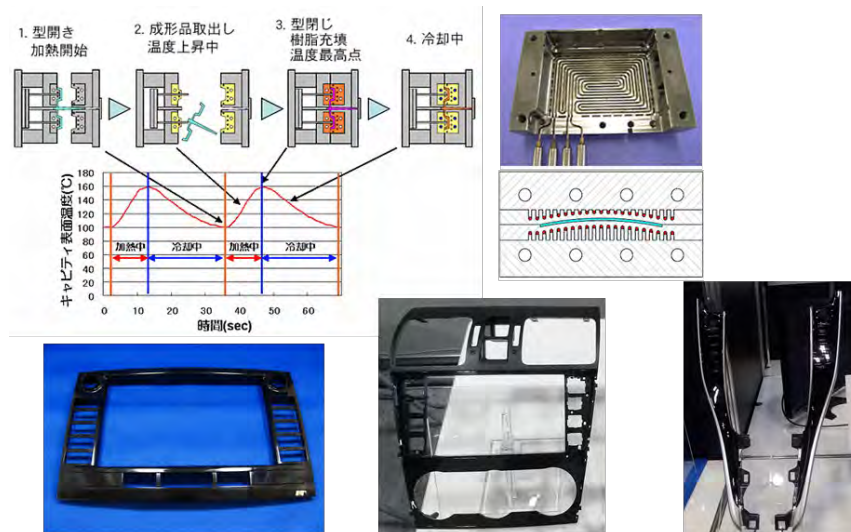


図 3 7 山下電気の Y-HeaT ウエルドレス成形技術および成形品例

金型を各ゾーンごとに、任意の時間に、任意の温度に設定ができる。
⇒そり、変形を防止できる

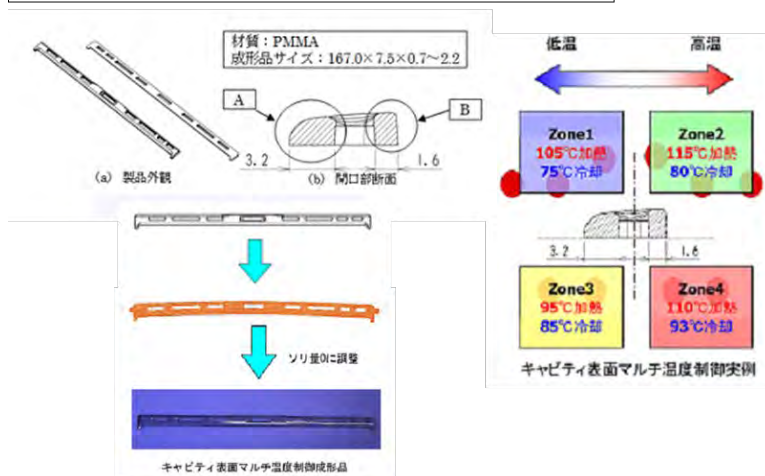


図 3 8 Y-HeaT の反りに対する効果例

I K V ^{5 3} はレーザー加熱のシステムを開発した。レーザー加熱は、可動金型側のレーザー発振機で、可動金型または固定金型側の金型表面の加熱ができ、電磁誘導加熱の 6 倍の昇温速度があると言われている。

その他、(株)柴田合成 ^{5 4}、Nada Innovation 社 ^{5 5} (E-MOLD) も金型加熱方式のシステムを開発している (図省略)。

さらに、図 3 9 に示すように、パナソニックプロダクションエンジニアリング(株) ^{5 6} が独自高速加熱・冷却システムで成形サイクル短縮 (従来 9 0 秒に対して 4 5 秒) を

実現したと発表している。技術の詳細は不明であるが、提示図を見ると、高速加熱、高速冷却を実現し、従来のH&Cよりも、昇温時の温度を高く設定しているのか？

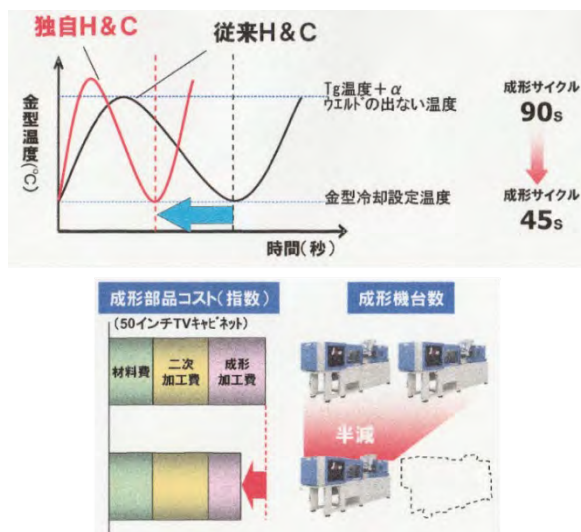


図 3 9 パナソニックプロダクションエンジニアリング(株)
の独自高速加熱・冷却システム

5. 5 金型表面断熱法

これは金型表面に断熱層を被覆した金型を用いて、金型表面の急速な温度低下を防ぎ、上記 5. 3 等と同様な効果を狙った方法である。断熱層として、セラミックスや超耐熱エンジニアリングプラスチックが使用される。

三菱エンジニアリングプラスチックス(株)は、ジルコニア (Zr) を使用した金型による金型表面断熱法^{5 7)}を開発し、自社の樹脂を使用するメーカーに技術を提供した (図省略)。他にも、いくつかの技術が発表されたが、耐久性の点で課題があり、中断されていると言われている。そのような中で、精工技研(株)^{4 2)}が断熱金型で、金型温度または樹脂温度を下げる効果があることを発表している (図省略)。

2. で述べたように、(株)棚澤八光が金型表面に加飾シートを貼り付けてパターンを形成したセラシボを開発^{3 3)}しており、加飾シートが断熱効果を果たし、ウェルドラインを抑えたシボ付き成形品が得られる。

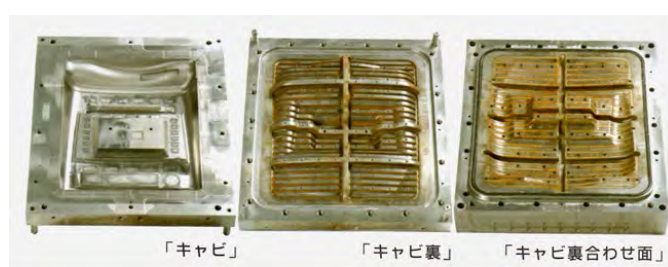
4-6 3D WELDLESS システム

三菱商事テクノス(株)は、上述の金型サイクル加熱冷却法をベースに、電磁誘導加熱、ヒーター加熱も加え、アライアンスを形成して、「3D WELDLESS システム」^{5 8)}を展開している。

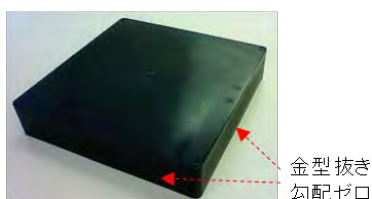
ベースとなる金型サイクル加熱冷却法では 3 次元形状の製品金型においても、媒体通

路を金型表面に近い位置に均等に配置し、温度コントロール精度を向上させた金型を用いて、外観改良効果が向上し、ガスアシスト成形、発泡成形、ガスプレス成形などに利用すると品質が向上する。また、線膨張率の大きいアルミ金型を組合せて利用するとドラフトレス（抜き勾配ゼロ）成形も可能であると発表している。金型構造例、ドラフトレス成形品例を図 4 0 に示す。

金型サイクル加熱冷却法の温度域（max 1 6 0℃）では、メタリック着色品のウエルドラインを改良することが一般的には困難であるが、2 0 0℃以上に加熱できる電磁誘導加熱、ヒーター加熱、オイル加熱を用い、かつ充填後ウエルドラインをずらす方法等を併用することで改良できると発表している。



3Dウエルドレスアライアンスの金型例



3Dウエルドレスアライアンスのドラフトレス成形品例

図 4 0 3 D ウエルドレスアライアンスの金型例、成形品例

5. 7 ヒート&クールをしない方法

(株)室島精工^{5 9)}、旭電器工業(株)^{2 8)}、フルヤ工業(株)^{6 0)} が型設計、成形条件のコントロール等で特別な装置を使用せずに、通常成形でウエルドレスメタリック成形品を得る技術を開発している。旭電器工業^{2 8)} の成形品例を図 4 1 に示す。



図 4 1 ヒート&クールをしない成形品例

いずれも技術の詳細は未公表であるが、ウエルドラインが出にくいメタリック調着色樹脂を使用し、CAE解析を利用して、流動・ウエルド制御し、ウエルドをずらす工夫をし、ある程度の高金型温度を利用していると考えられる。今後の適用範囲の拡大を期待したい。

最近の展示会で、旭電器工業㈱は、(メタリック)PP(結晶性樹脂)では、本方法で、ウエルドレス外観良好品が得られるが、ピアノブラックABS(非晶性樹脂)では、完全にウエルドが消えず、H&Cを用いているとの説明があった。さらに、工夫をしてピアノブラックABSでも達成できる技術が開発されることを期待しているが、現時点では不可能と言われている。

5. 8 エア、ガスを注入法する方法

旭化成テクノプラス㈱がガス注入を利用した各種システム(GPI、AIP、AMOTEC)^{6 1)}を開発し、Battenfeld社も同様な方法のAirmold Account^{6 2)}を開発しているが、これらの技術は加飾としてはほとんど利用されていないと思われる。

日精樹脂工業㈱は非意匠面にエアを注入して、非意匠面側の樹脂を金型面から剥離し、エアによる断熱層で軟化状態を維持して、非意匠面側にヒケ等を集中させ、意匠面側の転写性を向上させるエアアシスト片面高転写成形を開発している。成形品の表面状態を図42^{6 3)}に示す。

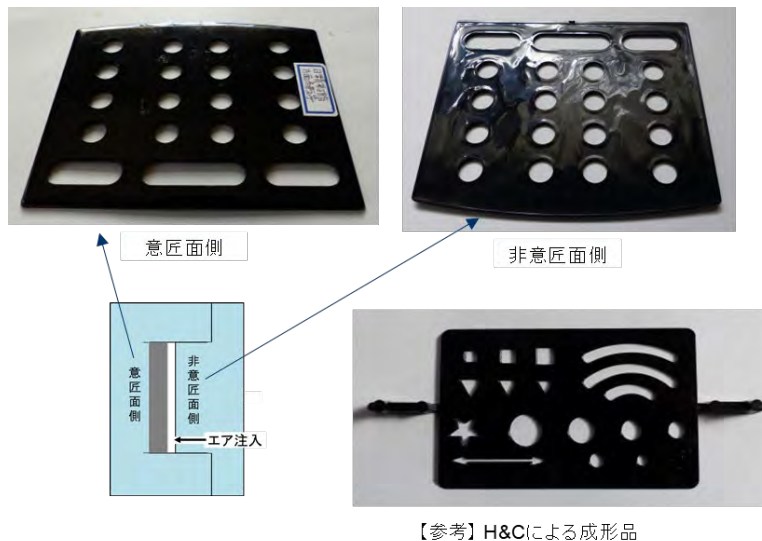


図 4 2 日精樹脂工業(株)のエア注入片面転写成形

5. 9 その他の方法

その他の方法として、超高速充填法、エア・ガス排出成形およびポーラス電鍍金型⁴⁰⁾を使用する方法がある。前2者は、他の技術との組み合わせで効果を発揮する。電鍍金型は真空・圧空成形、ブロー成形型として使用されている。

また、最近、超高速、超高応答の射出成形機が開発され、射出圧縮との併用で、金型表面パターンの転写性が良好で薄肉の導光板が成形されている。本装置を用いると、スキン層ができる前に樹脂を金型に充填でき、ヒート&クールを使用しなくても外観の良好なものが得られる事が期待され、導光板以外の用途にも適用されることが考えられる。

参考文献

- 1) ㈱創巧 <http://www.so-ko.co.jp/>
- 2) ㈱ダイワ化学 <https://www.kk-daiwakagaku.co.jp/>
- 3) 涛和化学(株) I P F 2014
- 4) 日本板硝子(株) (展示会)
- 5) 大日精化(株) <https://www.daicolor.co.jp/business/pigment/index.html>
- 6) オーケー化成(株) I P F 2014
- 7) 三菱ケミカル(株) 名古屋プラスチック工業展 2015
- 8) 三菱エンジニアリングプラスチックス(株) 入手サンプル および
<http://www.m-ep.co.jp/ja/eve/22-6.html>

- 9) ユニチカ(株) ものづくりパートナー2014
- 10) トーヨーカラー(株) 青フェス 2016 他
- 11) 東洋インキ(株)
- 12) デンカ(株) 高機能素材ワールド 2017
- 13) ダイセルポリマー(株) 高機能ワールド 2014
- 14) ロンビック(株) 名古屋プラスチック工業展 2015
- 15) NEC(株) <https://jpn.nec.com/rd/technologies/bioplastics/index.html>
- 16) 三菱ケミカル(株) 人とするまの技術展 2023
- 17) サンビック 人とするまの技術展 2023
- 18) BASF <https://www.netdenjd.com/articles/-/282545> (日刊自動車新聞)
- 19) 三井化学(株) 人とするまの技術展 2023
- 20) MTO技術研究所資料 「塗装代替(塗装レス)加飾」
https://42b3f24e-cb2b-4a0a-a357-a0f5b294045e.filesusr.com/ugd/97e460_027d55d5a8a542d79763e9e9e51f25fa.pdf
- 21) マツダ(株)
http://www.mazda.com/globalassets/ja/assets/innovation/technology/gihou/2016/files/2016_no014.pdf
- 22) 日刊工業新聞 <https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00397696>
(河西工業(株))
- 23) 住友化学(株) https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/files/docs/2017_SC06.pdf
- 24) MTO技術研究所資料 「バイオミメティクスと構造色」
- 25) (株)ハギテック <http://www.hagitec.co.jp/yy/purasusen.htm>
- 26) (株)ムラカミ <http://m-c-sys.com/contents1/index.html>
- 27) U&Mソリューションズ(株), 高機能素材 2016 他
- 28) 岐阜多田精機(株) 岐阜多田精機(株) クルマ軽量化技術展 2015
- 29) 旭電器工業(株)
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20120306/207551/>
- 30) 南条装備(株) (現時点で出展不明に)
- 31) アイリス(株) <https://www.iris.jp/decorativeless/>
- 32) マツダ(株)
<https://newsroom.mazda.com/ja/publicity/release/2021/202106/210615b.html#:~:text=%E6%9C%AC%E6%8A%80%E8%A1%93%E3%81%AF%E3%80%81%E9%80%8F%E6%98%8E%E6%84%9F,%E3%82%92%E5%BE%97%E3%82%8B%E3%82%82%E3%81%AE%E3%81%A7%E3%81%82%E3%82%8B%E>

[3%80%82](#)

- 33) 小林和豊, プラスチックスへの加飾技術全集 P249, 技術情報協会
(日精樹脂工業)
- 34) 大成プラス(株) <https://taiseiplas.jp/technology/>
- 35) BASF <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2112/13/news013.html>
- 36) スピック(株), <http://www.e-spic.co.jp/>
- 37) 棚澤八光(株) <http://www.tanazawa.co.jp/shibo-3.html> (2019/10/10 確認)
- 38) コガネイモールド <http://www.mkg.co.jp/kanagata/>
- 39) 第一樹脂工業(株), N-P L U 2014
- 40) 日本エッチング(株), 3次元表面加飾技術展 2016
- 41) I B U K I (株) Tech Bitz 2016 他
- 42) 精工技研(株) 3次元表面加飾技術展 2019、くるまワールド 2019
- 43) ツジカワ(株) <https://www.tsujikawa.co.jp/skill/p/5-axis-cutting-engraving/>
- 44) K T X (株) <https://www.ktx.co.jp>
- 45) トシコ(株) 3次元表面加飾技術展 2016 および
<http://www.tosico.co.jp/gijutsu/fineblast.html>,
- 46) 今枝智, プラスチックスエ-ジ, 52(2月), 87-91, 2006-02 (U & M ソリューションズ(株))
- 47) 小野産業(株) <http://www.onosg.co.jp/> (最終閲覧日 : 2019/10/8)
- 48) Gas Injection World Wide <http://www.gas injection-ww.com/>
- 49) Unibell
http://www.gobizkorea.com/catalog/product_view.jsp?blogId=unibell&pageNo=1&pageVol=12&listStyle=L&objId=855314
- 50) 八千代工業(株) 東京モーターショー 2013
- 51) RocTool <https://roctool.jp/> (最終閲覧日 : 2019/10/25)
- 52) 山下電気(株)
<http://www.yamashita-denki.co.jp/product/plastics/weldless/weldless01.html> 3-
- 53) IKV Kunststoffe International, P48 (8/2010)
- 54) 柴田合成(株) <http://www.shibatagousei.co.jp/04techno/weldless.html>
- 55) Nada Innovation <http://www.e-mold.co.kr/jp/index.html>
- 56) 田原久志 ; 型技術, 20, (6), 25 (2005)
- 57) パナソニックプロダクションエンジニアリング(株) くるまワールド 2019、
および <https://www.panasonic.com/jp/company/ppe/molddie/heatcool.html>
- 58) 三菱商事テクノス(株) <http://www.3d-weldless.com/>

- 59) 榑室島精工 <http://www.muroshima-sk.com/special.html#>
- 60) フルヤ工業(株) 車軽量化技術展 2013
- 61) 旭化成テクノプラス(株) <http://www.aktp.co.jp/resin/index.html>
- 62) Battenfeld
http://battenfeld.ru/fileadmin/templates/docs/technologies/airmould_en.pdf
- 63) 坂田雄一 ; プラスチックス, 58, (3), 44, (2005)