

# 高付加価値製品創出・生産性向上を実現する金型技術

大塚技術士事務所 大塚 正彦

## 1. はじめに

海外展開している日本の製造業の国内回帰は実感できるほど進まず、市場拡大が見込める海外へ成長の活路を求めて進出する企業が依然として増加している。

そのような環境の中、国内・国外を問わず、自動車関連部品、電気・電子部品をはじめとしてプラスチック製品でもQ(コスト)・C(品質)・D(納期)【以下、Q・C・D】向上、軽薄短小化が求められており、製品設計、成形材料、成形技術の高度化以外に、製品・部品の製作に必要な金型技術の高度化が重要になっている。

昨今、海外で製作する金型のQ・C・Dは、日本国内で製作する金型と同等、あるいは、一部、ハウジング製品類では、日本国内より優位性があるレベルに達している。このようなグローバル競争の中で、『勝ち組』の金型メーカーとして存続するためには、日々、金型技術の研鑽に努めなければならない。

本稿では、プラスチック製品の高付加価値化を実現する金型技術として、本誌、2014年7月号で概説したガラスインサート成形のタッチパネルへの適用<sup>(1)</sup>のその後の金型技術面での取り組み状況について、(1)異種材併用金型による導電パターン付ガラスのタッチパネルへの適用事例について概説する。また、(2)拡散接合による3次元冷却回路内蔵金型開発と生産性向上を実現した事例について概説する。

## 2. プラスチック製品の高付加価値化を実現する金型技術

### 2-1 異種材(弾性体)併用金型による導電パターン付ガラスのタッチパネル適用製品

プラスチック製品の小型・軽量化、薄型化、低価格化、さらに、防塵・防水性確保のために、金属とプラスチックを接合する“異種素材射出接合成形技術”が実製品で適用されている。例えば、スマートフォン、タブレット端末では画面の表示範囲の拡大に伴い、狭額縁化、すなわちガラスパネルの輪郭周囲プラスチック部の幅寸法の極小化(1mm以下)が求められている。一方で、薄肉強化ガラスのクラック・破損防止、導電パターン機能維持のため、ガラスをインサートする個所の部品の表面粗さの高精細研磨加工などが不可欠である。

#### (1)金型技術の特徴

ガラスは、厚み $0.55 \pm 0.05$ mmの強化ガラスである。強化ガラスはガラス表面に圧縮応力が付与されているため、金型内の所定位置にインサートした時、微小なゴミが金型表面に付着した状態で型締めすると、ゴミ付着部を起点にしてガラス破損が頻繁に発生する。また、ガラスインサート部金型の表面粗さが、ガラスの表面粗さ以下でないと破損リスクが非常に大きくなる。

また、ガラスの厚み公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 、絶対値で $0.1\text{mm}$ のバラツキを吸収する金型構造（圧縮変形する弾性体の活用）、導電パターン機能維持のために金型の高精細研磨加工が不可欠になる。

写真1に示す成形品では、ゲート位置・寸法、プラスチック選定、充填解析、導電パターン付ガラス輪郭部の微細加工、さらにはガラスの金型内インサート構造を採用することにより額縁幅寸法 $1\text{mm}$ 以下を実現した。

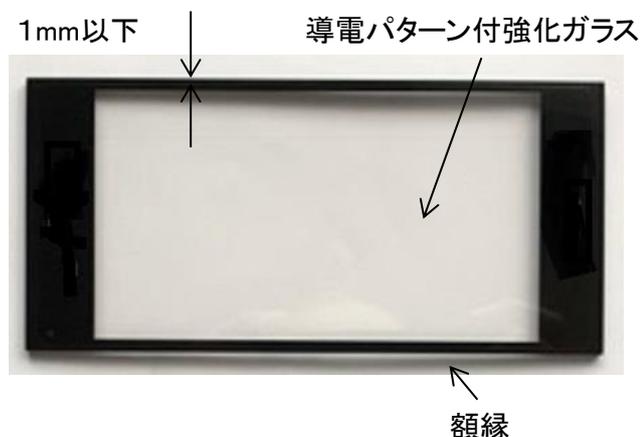


写真1 タッチパネル成形品<sup>(2)</sup>

写真2に、導電パターン付ガラス輪郭部とプラスチックとの一体化を行うためのガラス輪郭コーナ部の微細加工形状（拡大図）を示す。また、第1図にコア側金型を示す。

ガラス輪郭コーナ加工形状

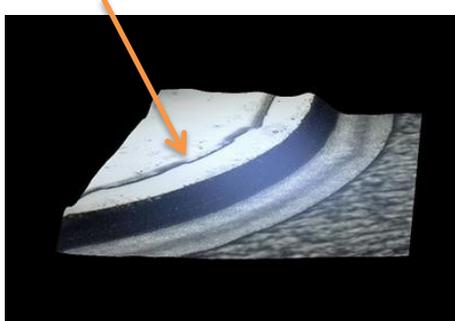
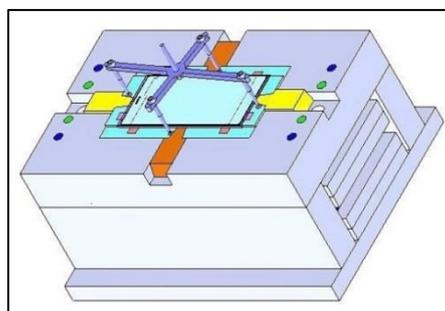
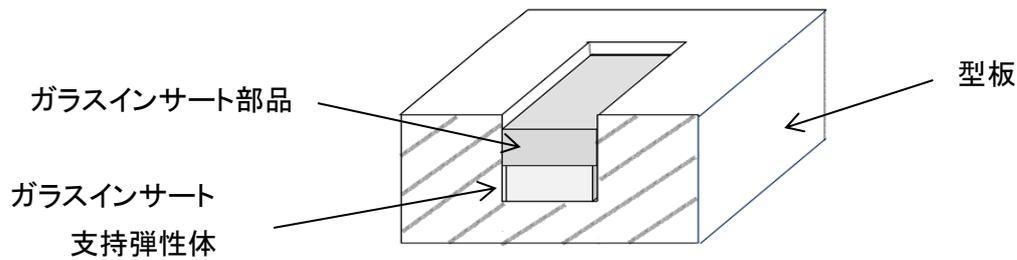


写真2 導電パターン付ガラス輪郭<sup>(2)</sup>  
( $\times 100$ )



第1図 コア側金型<sup>(2)</sup>

第1図のコア側金型で、ガラスを挿入する個所の断面概略構造を第2図に示す。ガラス挿入部の金型材質は、焼き入れ処理したSKD61などの鋼材であるが、ガラス厚みバラツキ $0.1\text{mm}$ を吸収するために鋼材とは異なる弾性体の部品を使用した。



第 2 図 ガラスインサート部断面概略構造

## (2)効果

本誌 2014 年 7 月号では、ガラスインサート成形で非強化フロートガラスとプラスチックとの一体化について紹介したが、今回、ガラス厚みバラツキ 0.1mm を吸収するためにガラスインサート部へ弾性体を採用した。導電パターン付ガラスの導電パターンに対するダメージを低減して導通機能を維持した。また、外観面のガラスとプラスチックの段差レス化、成形 CAE の活用によりプラスチックの完全充填を可能にして、輪郭額縁部の幅寸法 0.9mm 台を実現した。

本金型技術は、“モノづくりの IoT 化”に必要となる光学センサー、監視カメラ、各種モニターカバーなどへの適用展開が考えられる。

## 2-2 拡散接合による3次元冷却回路内蔵金型開発と生産性向上

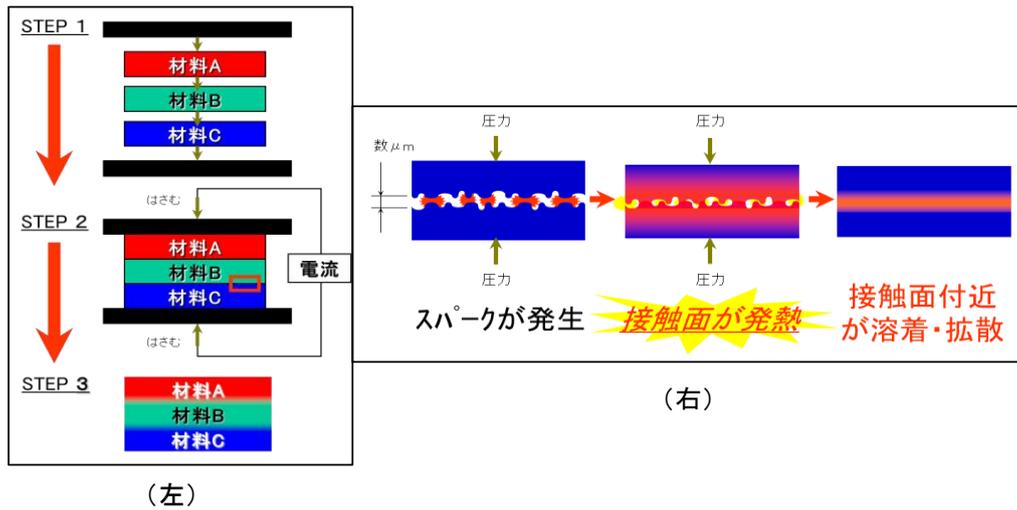
金型は“熱交換器”と称され、熱交換効率の良否、金型温度分布の均一化が成形品の品質、生産性向上に影響するため、冷却回路の最適設定が重要である。

しかし製品形状の制約などで、冷却が必要な部位に冷却回路を設けることができないケースがあり、従来は熱伝導率の良い銅合金を採用するのが主流であった。しかし銅合金は、量産金型で使用する鋼材に比較して、強度、耐摩耗性が低く金型寿命に問題があった。このような条件の中、金属 3D プリンタの上市により 3 次元冷却回路が自由に形成可能になった。しかし、金属 3D プリンタは非常に高額で、溶融積層部強度などに課題があり、現状、金型への適用例はあるものの急速な拡大には至っていない。

### (1)金型技術の特徴

金属 3D プリンタによる 3 次元冷却回路形成の代替方法として、1980 年代に新素材(異種材料の接合)を製品化するために使用されていた拡散接合技術を使用して、3 次元冷却回路内蔵金型の開発、成形性向上を実現したので紹介する。

第 3 図(左)に示すように、材料 A、材料 B、材料 C の各々に冷却回路の穴加工を行い、STEP2 で材料 A,B,C を挟み、外部から高電流、圧力を負荷して接合面を原子レベルで接合する。第 3 図(右)は 2 種類の金属の接合プロセスイメージである。接合した個所の拡大部を写真 3 に示す。



第3図 金型素材の接合原理<sup>(3)</sup>

接合部強度は第4図に示すように、SKD61の無垢材と拡散接合材はほぼ同一の接合強度を有しているのが確認でき、金型材料として使用するには問題ない。

拡散接合による金型製作プロセス概要を第5図に示す。第5図のプロセスにより製作した部品を写真4に、内部の冷却回路図を第6図に示す。

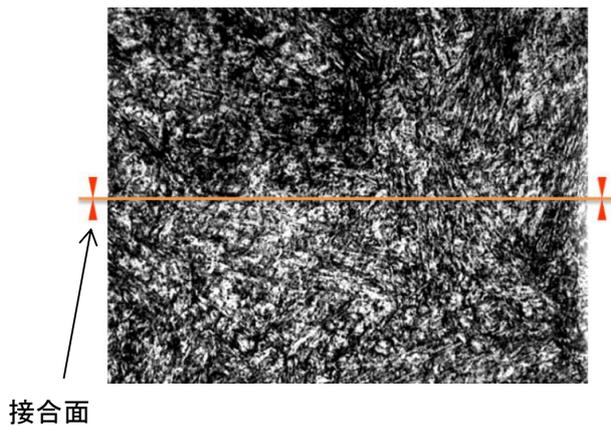
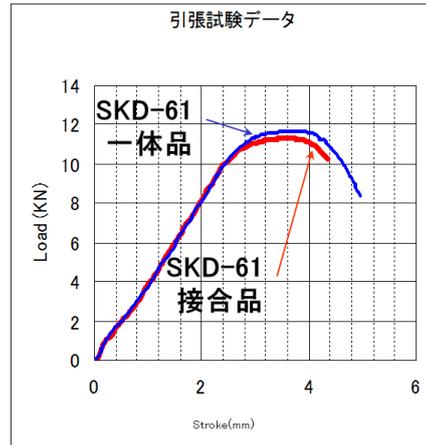
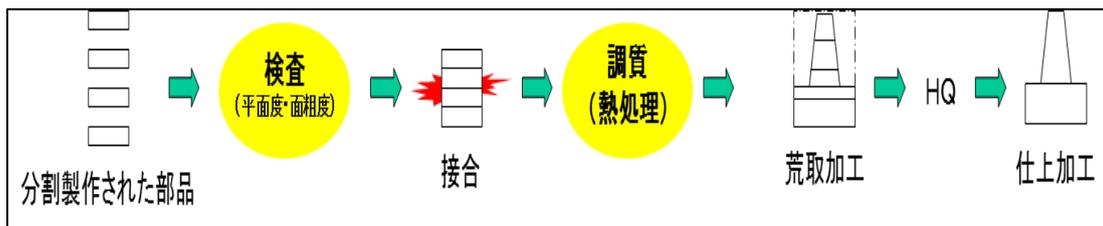


写真3 拡散接合による接合面写真(×100)<sup>(3)</sup>



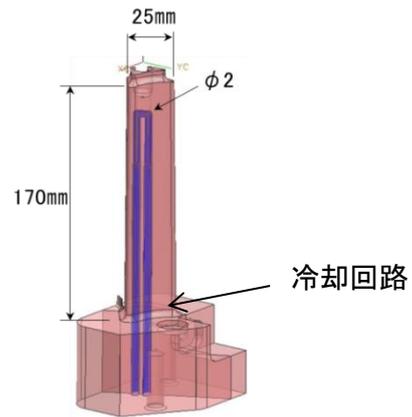
第4図 接合部強度<sup>(3)</sup>



第5図 拡散接合による金型製作プロセス<sup>(3)</sup>



写真 4 冷却部品<sup>(3)</sup>

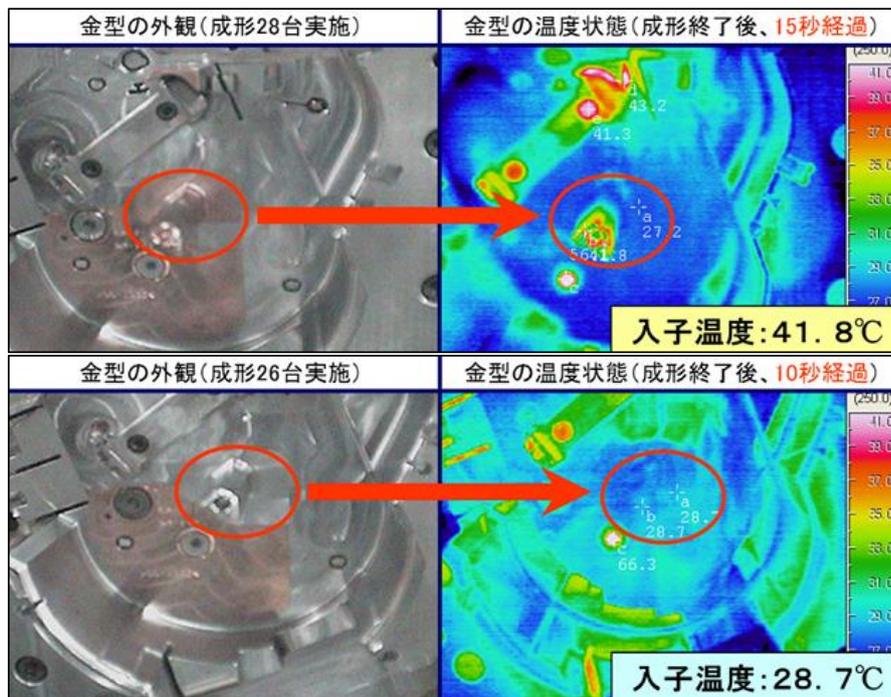


第 6 図 冷却回路図<sup>(3)</sup>

## (2) 効果

成形時の金型温度に関して、写真 4 に示す拡散接合部品の使用前・後の比較結果を写真 5 に示す。使用前(上図)は成形終了後 15 秒経過時点で 41.8℃。使用后(下図)は成形終了後 10 秒経過時点で 28.7℃であり、約 13℃冷却効果が高いことを確認した。

写真 5 拡散接合部品使用前・後の金型表面温度<sup>(3)</sup>



(上図: 銅合金部品使用、下図: 拡散接合部品使用)

一方、成形品の温度分布を確認すると写真 6 に示す結果となり、拡散接合部品の使用前・後で約 23℃の温度差があり、拡散接合部品を使用した時の冷却効果が確認できる。

成形品表面全体での温度差が小さいほど成形品のそりなどの品質に対する影響も小さく、また短時間で成形品の均一冷却が可能になるため、成形サイクルの短縮が可能となり生産性向上を実現した。

成形品表面温度が金型温度より高いのは、プラスチックが熔融状態で金型内に充填後、冷却されているが冷却途中段階で測定しているためである。

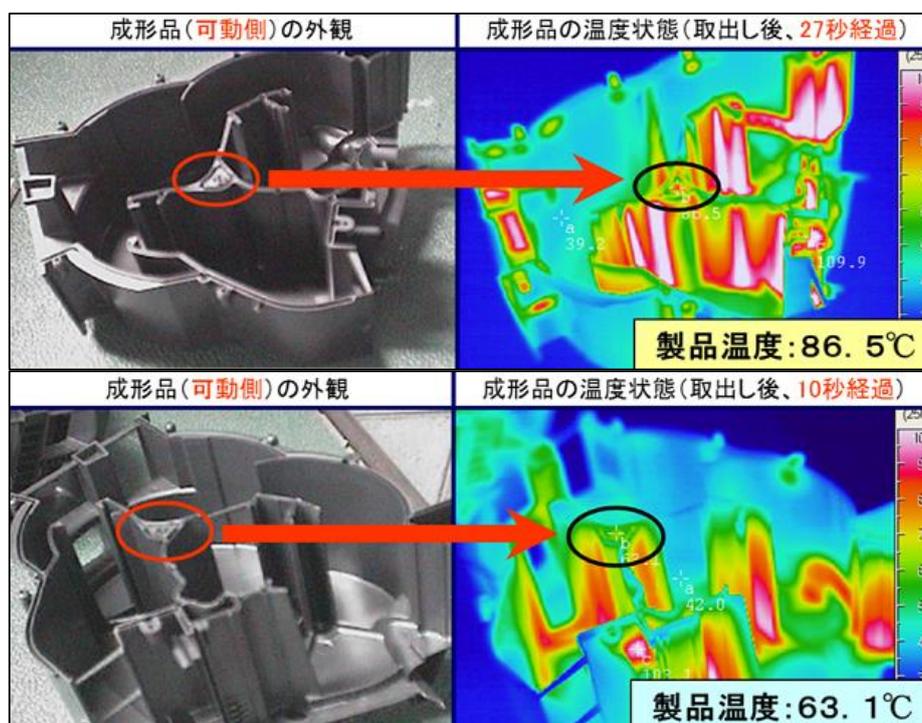


写真6 拡散接合部品使用前・後の成形品温度<sup>(3)</sup>

(上図:銅合金部品使用、下図:拡散接合部品使用)

実際の改善事例について以下に述べる。写真7に示す PA66(GF30)材料の厚肉成形品の冷却時間に関して、拡散接合部品の使用前は 18 秒であったが、拡散接合部品の使用により 8 秒に短縮【55%】した。



写真7 PA66(GF30)厚肉成形品<sup>(3)</sup>

### 3. おわりに

プラスチック製品の顧客ニーズの高度化に対応するためには、プラスチック材料、製品設計、成形技術、さらに金型技術の高度化が必須である。金型向け新材料の開発、加工設備・工法面からは、金属 3D プリンタによる金型製作適用が普及しているが、高額な設備、溶融積層した金属材料の接合強度不足の懸念などの課題がある。しかし、近い将来、これら課題解決が行われ、金属 3D プリンタが金型製作の主要設備になると想定される。一方で、機構部品などの凹凸が多い製品・部品、キャビティ・コアの分割が必要で高精度が要求される金型では従来の金型加工設備・方法が不可欠な場合もある。

本稿で、高付加価値プラスチック製品を創出する金型技術について、(1)異種材併用金型による導電パターン付ガラスのタッチパネルへの適用事例、(2)拡散接合による3次元冷却回路内蔵金型開発と生産性向上について概説したが、製品・部品に要求されるニーズを実現する新たな金型設計・構造の検討、金型以外で使用している既存の“モノづくり技術”による金型加工の実証・評価など、継続的なモノづくり技術情報の収集、金型への適用検討、実用化評価が重要である。

#### 参考文献

- (1)日本工業出版(株)“プラスチック” 2014年7月号 ガラスインサート成形のタッチパネルへの適用
- (2)大成プラス(株)
- (3)(株)松岡鐵工所、ダイレク接合技術の紹介

#### 【筆者紹介】

大塚正彦

大塚技術士事務所 所長

〒260-0822 千葉県千葉市中央区蘇我 5-11-9

TEL:043-264-5545 FAX:043-264-5545

Mobile : 090-9148-1018

URL : <http://www.omtec5119.jp>

E-mail : [otsuka-masa@mub.biglobe.ne.jp](mailto:otsuka-masa@mub.biglobe.ne.jp)