

プラスチック射出成形におけるガス成分付着による 外観不良対策の研究（第1報）

寺澤章裕・山田博之・阿部 治・西村通喜

Study on Measures for Inferior Appearance Caused by Gas Component Adhesion of Plastics Injection Molding (1st Report)

Akihiro TERASAWA, Hiroyuki YAMADA, Osamu ABE and Michiyoshi NISHIMURA

要 約

熱可塑性エラストマーの射出成形加工時に発生する、ガス成分の金型および成形品への付着によって生じる成形品外観不良の低減を目的として、金型への表面処理による対策を検討した。また、射出成形時に発生するガスによる成形品外観への影響箇所の観察方法も検討した。さらに各種表面処理を施した金型において、成形回数ごとにガスによる外観への影響について検討した。

その結果、ガスによる外観影響箇所の観察においては、成形品の観察対象面に照明が正反射する観察位置関係となるように設置することで、ガスによる成形品外観影響箇所を強調して観察を行うことが出来た。また、金型に DLC コーティングまたはフッ素コーティングを施した場合においては、ガスによる外観影響箇所の低減が確認出来た。

1. 緒 言

プラスチック射出成形加工では、射出成形時に原材料、添加剤の一部が気化し、金型に付着する。成形を繰り返すと、金型へガス成分が堆積する。この堆積したガス成分が成形品側に付着すると外観不良の原因となる。また、ガスベント付近や、パーティング面にガス成分が堆積すると、成形時に発生するガスの滞留によって、ガス焼けやシボ面などの表面状態の転写不良の原因となる。しかし、ガスによる外観不良は観察による評価が難しく、研究例も少ないため解決に至っていない。

製造現場における対策例としては、定期的に金型を洗浄しているが、洗浄は作業者と時間が必要となり、また、成形機を停止して洗浄するため生産効率が低下する。さらに、品質管理として外観不良の検査が必要になる場合には、わずかな成形品の光沢の違いが不良品となってしまうため、目視検査では良否判断に時間がかかる。特に、自動車、カメラ、家電などの外観部品においては、激しいコスト競争の中で課題となっている。

近年、自動車、カメラ、家電などの外観部品に熱可塑性エラストマーが多く使用されている。熱可塑性エラストマーを使用することで、独特の光沢や質感を出すことが可能であるためであるが、熱可塑性エラストマーを使用した外観部品においては、微量なガス成分の付着が外観不良原因となり特に問題となっている。しかし、熱可

塑性エラストマーは、成形時にバリが発生しやすいため、ガスベント形状が制限される等、他のプラスチック材料と異なり、射出成形加工時における技術的課題が多く、対策に苦慮している。

そこで、本研究では、熱可塑性エラストマーの射出成形において発生する、ガスによる外観不良の低減を目的とし、金型への表面処理に着目した。各種表面処理を行った金型で射出成形を行い、外観不良に対する効果について検討を行った。

2. 実験方法

2-1 実験用金型の作製

はじめに実験用金型を作製した。図 1 に成形品形状を示す。成形品はボタン形状とした。図 2 に作製した金型固定側を、図 3 に作製した金型可動側を示す。金型はカセット式金型に入れ子を挿入する構造で 2 個取りとした。

図 4 に金型可動側の入れ子構造の概要を示す。成形品となる部分はさらにボタン状の型を入れ子式とした 2 個取りの金型とし、成形品を形成する面に表面処理を施した。

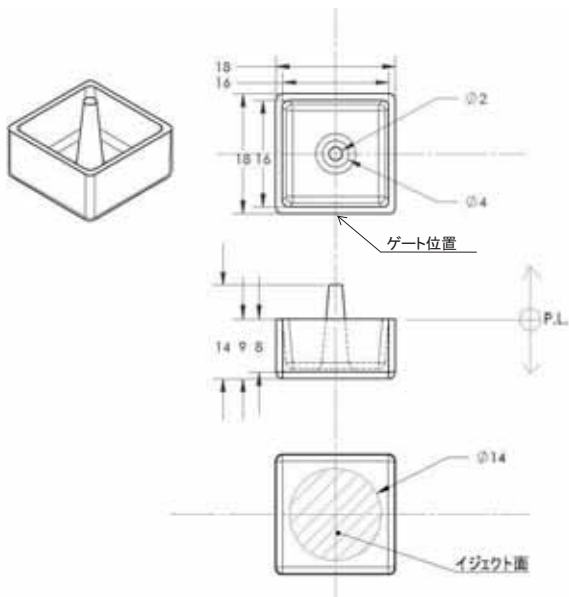


図1 成形品形状の概略図



図2 成形用金型固定側

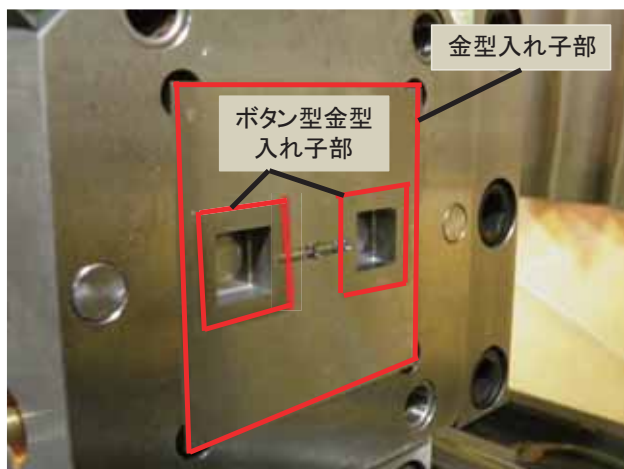


図3 成形用金型可動側

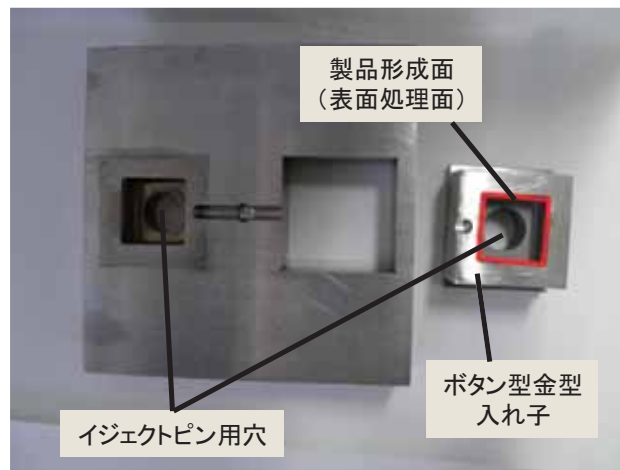


図4 成形用金型可動側入れ子構造

2-2 金型表面処理

(1) 金型材料

金型材は、プラスチック射出成形用金型材料として一般的に広く用いられる析出硬化系プリハードン鋼であるNAK80（大同特殊鋼㈱製）を用いた。

(2) 金型表面処理

金型表面処理の違いによる成形品のガスによる外観への影響の低減を目的に、ボタン型金型入れ子部に表面処理を実施した。

金型入れ子表面は#400のWAのメディアでサンドブラスト加工を施した後、以下の表面処理を行った。

①プラズマ窒化処理

高電圧・低ガス圧中でのガス放電による電場内で、窒素のイオン化を図り、Feと反応させる処理である。これによって、金型表面近傍に硬化層が形成されるため、金型の長寿命化に繋がる¹⁾。さらにプラズマ窒化処理は、処理前後の金型寸法・形状の変化が極僅かであるという利点がある²⁾。

②DLCコーティング

耐摩耗性を有し、摺動性にも優れているため、摺動部品等に用いられている。コーティング膜の厚さは、0.5～1.5μmである。DLCコーティングは表面処理前後で金型表面粗さの値に大きな変化がなく、処理による成形品外観への影響が僅かであるという利点がある²⁾。

③フッ素コーティング

母材表面に無電解法によりメッキ処理を施した上に、フッ素樹脂がコーティングされている。メッキ上の微細な凹凸のアンカー効果によりフッ素樹脂がメッキ面と強力に密着している。被膜厚は20μm程度であり、潤滑性に優れている。表面処理前後で金型表面粗さが変化するが、熱可塑性エラストマーの成形において、離型性向上が確認出来ている²⁾。

2-3 射出成形実験

射出成形機は、ファンック(株)製 α 30C を使用した。成形条件は、成形温度 210℃、金型温度 40℃、射出速度 20mm/sec で、射出圧力 137MPa(1400kg/cm²)で射出した後、69MPa(700kg/cm²)で保圧した。

樹脂材料は、ウレタン系熱可塑性エラストマー材（大日精化工業(株)製 レザミンP-4597）を使用した。

各種表面処理を施した金型で 300 回射出成形を行いガスによる成形品外観への影響を評価した。

2-4 射出成形品観察方法の検討

射出成形時に発生するガス成分の成形品への付着や、ガスの金型内での滞留が原因で、成形品表面の光沢などに影響が生じる。この外観の評価をするため、成形品観察時の照明照射角度、照明の波長成分を変化させながら、成形品外観観察を実施し、ガスによる外観影響部分を強調して観察するための条件の検討を行った。

図 6 に実験装置の外観を示す。照明は、赤・緑・青の光量の割合を LED によって調整可能な可視光照明と、赤外線 LED 照明の 2 種類の照明を使用した。可視光照明を使用した時は、通常のデジタルカメラで観察を行い、赤外線照明を使用した時は赤外線カメラ（浜松ホトニクス(株)製 赤外線 CCD カメラ C3077-79）を使用して観察を行った。また、照明・成形品・カメラの位置関係は、図 6 に示すように、照明照射方向とカメラの光軸との角度を α 、カメラの光軸と成形品観察面の法線との成す角度を

表 1 成形品観察条件

| | 角度と照明による観察像の違い | 照明の色の違いによる観察像の違い |
|----------|----------------------------------|------------------|
| α | 30°, 60°, 90° | 60° |
| β | 0° ~ 50° 範囲内で 5° 間隔 | 30° |
| 照明 | 光量比 青:緑:赤=1:1:1 混合照明 赤外線LED照明 | 青, 緑, 赤(単色) |

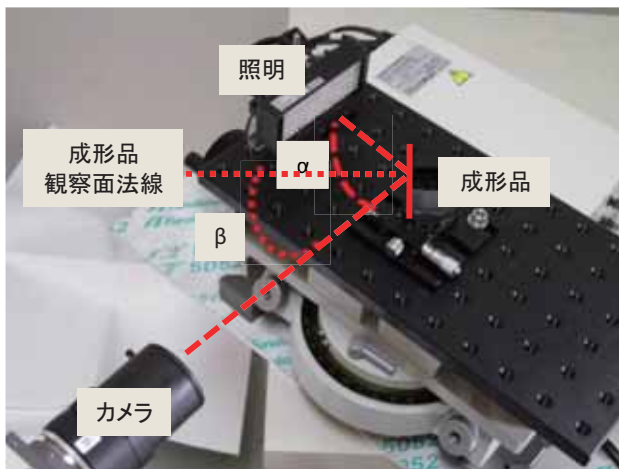


図 6 観察装置外観

β と定義して、表 1 に示す条件で、未処理金型 100 回目の成形品の観察を行い、角度や、照明の色の違いによる観察像を比較した。

3. 結果及び考察

3-1 射出成形品観察方法の検討結果

図 7 に各種表面処理を施した金型で、100 回射出成形を行った成形品の外観観察結果を示す。観察は、自然光の下、通常のデジタルカメラで行った。図 8 写真中における成形品左側面が、ゲートの反対側面で最終充填部分となる。未処理金型の成形品及びプラズマ窒化処理金型の成形品においては、最終充填部分においてガスによる外観への影響を確認することができたが、DLC コーティング、フッ素コーティングを施した金型での成形品においては、ガスによる外観影響部分は、僅かであり、観察が困難であった。そこで、外観への影響が僅かであっても、ガスによる外観影響部分の評価が可能となるよう、観察方法の検討を行った。

図 8 に、照明の色や成形品の観察角度の違いによる、成形品外観観察像の違いについて検討した結果の一例を示す。観察条件の違いによる観察像の差異が分かりやすいように、ガスによる外観影響部分の割合が大きい未処理金型で 100 回目の成形品を用いて検討を行った。図 8(a)は、可視光照明（青：緑：赤=1：1：1）で、図 8(b)は赤外線照明を用いて、 $\alpha = 60^\circ$ に固定し β を変化させて観察した結果である。

成形品の観察対象面に照明が正反射する観察位置関係となる、 $\beta = 30^\circ$ 付近において、ガスによる外観不良部分が明るく観察された。この要因は、ガスによる外観影響箇所は光沢が生じているため、散乱光ではなく観察面で反射した光が直接カメラに入射したためであると考えられる。一方、 $\beta = 15^\circ$ 付近ではガスによる外観不良部分は、暗く観察された。この要因は、ガスによる外観影響部分の成形品表面の光沢により反射した光は、カメラに直接入射せず暗く観察され、一方、成形品シボ面では散乱された光を受光したためであると考えられる。また、 α が 30° 、 90° においても、成形品の観察対象面に照明が正反射する観察位置関係にある時に、ガスによる外観不良部分が明るく観察された。

可視光照明において、照明を赤、緑、青それぞれの単色光のみで観察を実施したところ、ガスによる外観不良部分の観察像は、青：緑：赤=1：1：1 で観察した場合に比べてやや不鮮明であった。一方、図 8 のとおり赤外線照明を用いた観察は、可視光照明において、青：緑：赤=1：1：1 で観察した場合と同程度にガスによる外観影響部分の観察を行うことが可能であった。

また、各測定条件において偏光フィルタを使用して同様の観察を実施したが、偏光フィルタの有無で観察像に大きな差は確認できなかった。

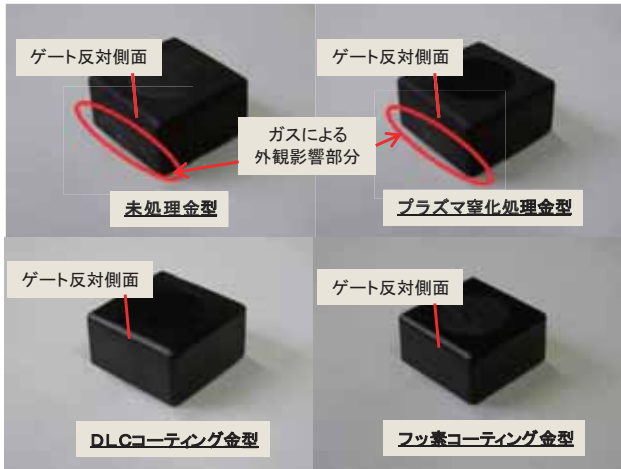


図7 成形品外観観察写真（成形回数 100 回）

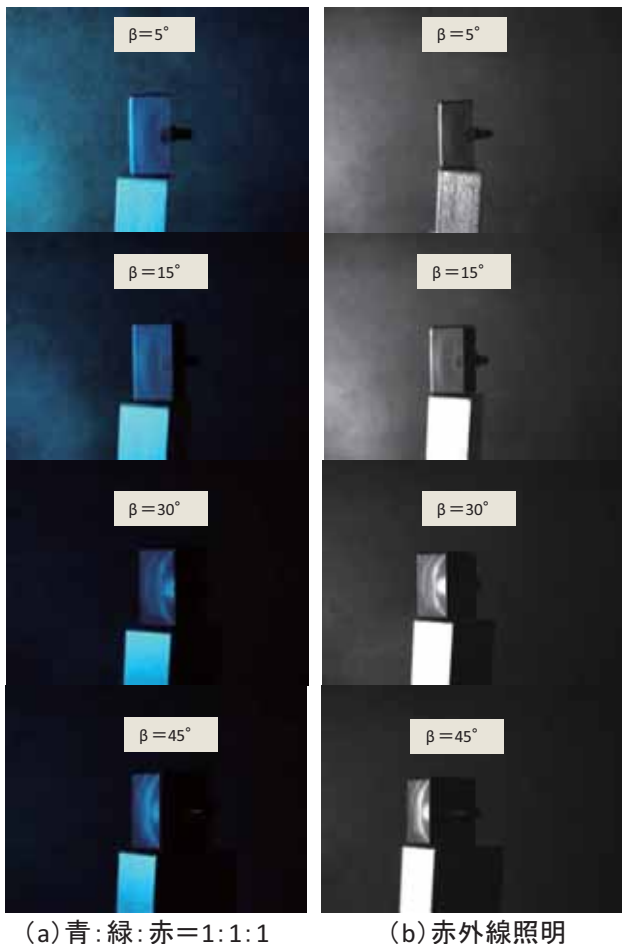


図8 外観観察方法検討結果(未処理金型 100 回目成形品)

以上の結果より、生産現場において外観検査時の照明の照射角度、照明の色等を調整することで、外観不良部分の観察が容易となり、外観検査の時間短縮等によるコスト削減が期待できると思われる。

3-2 ガスによる成形品外観への影響部分

図9に成形品観察の一例として、未処理金型で100回成形した際の成形品のゲート反対側面（最終充填部分）の観察像を示す。観察は、ガス成分付着による外観影響箇所が強調されるように、3-1節で検討を行った結果から、 $\alpha = 60^\circ$ 、 $\beta = 30^\circ$ 、照明は赤外線照明、カメラは赤外線用 CCD カメラを使用して観察を実施した。図9に示すようにゲート反対側面の最終充填部分とその周辺部分にガスによる外観影響箇所が現れた。これは、成形品最終充填部付近にガスによる影響で成形品に光沢が生じたことが考えられるが、その原因としては、①最終充填部付近に滞留したガス成分が金型に付着・堆積し、そのガス成分が成形品に付着したことで成形品表面に光沢が生じたこと、②最終充填部付近に付着・堆積したガス成分によって、金型表面粗さの転写が妨げられたこと、③金型パーティング面に堆積したガス汚れによって、金型外へのガスの排出が阻害されたため、金型内の最終充填部分にガスが残留し、金型表面状態の転写が阻害されたことなどが考えられる。

また、ガスによる外観影響箇所は、ゲート付近等にも観察された。今後コンピュータシミュレーション等を行い、樹脂の流れとガスによる外観影響箇所との関係等についても検討していく必要がある。

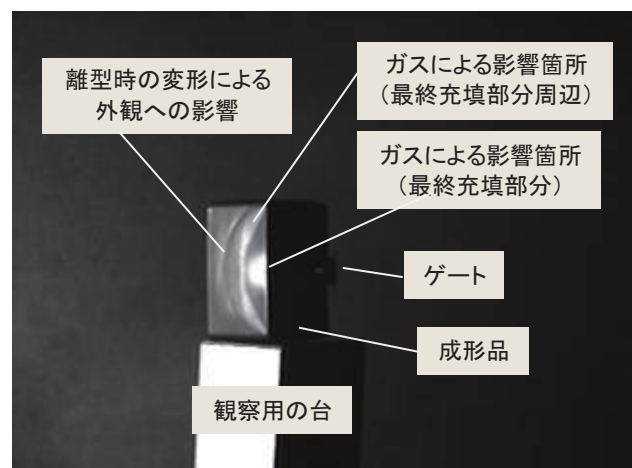


図9 成形品観察例（未処理金型 100 回目成形品）

| 成形回数 | 未処理 | プラズマ窒化処理 | DLCコーティング | フッ素コーティング |
|------|-----|----------|-----------|-----------|
| 1 | | | | |
| 15 | | | | |
| 50 | | | | |
| 100 | | | | |
| 150 | | | | |
| 300 | | | | |

図 10 各種表面処理の違いによる成形回数とガスによる外観への影響の関係

3-3 金型表面処理による効果

図 10 に、各種表面処理金型で 300 回射出成形した成形品の、成形回数ごとにゲート反対側面（最終充填部分）を観察した結果を示す。観察は 3-1 節の結果を踏まえ、ガスによる外観影響部分を強調して観察するために、観察条件を $\alpha = 60^\circ$ 、 $\beta = 30^\circ$ 、照明は赤外線照明、カメラは赤外線用 CCD カメラを使用して観察を実施した。

未処理金型およびプラズマ窒化処理金型での成形品で

は、成形初期の段階（1~15 回程度）からガスによる外観への影響が現れ、およそ 100~150 回まで、ガスによる外観への影響部分が増加していく傾向を示した。その後 300 回までの成形においては、ガスによる外観への影響部分は、150 回から大きな変化は確認できず一定の割合で推移した。

DLC コーティング金型での成形品においては、成形回数を重ねていくと、ガスによる外観への影響は徐々に増

加していくが、未処理金型およびプラズマ窒化金型での成形品と比較して、ガスによる外観への影響部分は小さかった。

フッ素コーティング金型での成形品においては、成形回数を重ねていくと、300回前後の成形において、ガスによる外観への影響が観察されるようになった。なお、フッ素コーティング金型においては表面処理の際に金型表面粗さが影響を受けることがあるため、他の表面処理による面（シボ面）と単純に比較評価できない²⁾。

低摩擦性・潤滑性を目的に表面処理される、DLCコーティングとフッ素コーティングを施した金型を用いた成形品で、ガスによる外観への影響箇所の低減が確認できたことから、ガス成分の金型への付着・堆積においても、金型表面の低摩擦性・潤滑性によって、ガスによる付着物・堆積物が剥離しやすくなるため、一定の効果を有すると推測される。

4. 結 言

熱可塑性エラストマー射出成形加工時における、ガスによる成形品外観への影響低減を目的に、各種表面処理を施した金型（プラズマ窒化処理、DLCコーティング、フッ素コーティング）を作製し、成形実験を行った。成形品について、ガスによる外観影響箇所の観察方法を検討し、得られた観察手法を利用して、外観への影響低減に対する各種表面処理の効果を調べた。得られた結果を以下に示す。

(1) 本研究の成形品の場合は、ガスによる外観影響箇所は、成形品最終充填部分において顕著に出現した。

(2) 成形品観察面が平面である場合、ガスによる外観影響箇所は、成形品の観察対象面に照明が正反射する観察位置関係で受光したときに判別が容易となった。

(3) ガスによる成形品外観への影響に対する金型表面処理の効果は、DLCコーティング及びフッ素コーティングにおいて改善が見られた。なお、フッ素コーティングにおいては、表面処理によって金型表面粗さが影響を受ける点に留意が必要である。

参考文献

- 1) 佐野正明，寺澤章裕：プラスチック成形用金型における成形性向上に関する研究，山梨県富士工業技術センター 平成 21 年度業・研究報告，P.55 (2010)
- 2) 寺澤章裕，山田博之，西村通喜，佐野正明，：プラスチック成形用金型における成形性向上に関する研究（第 2

報)，山梨県富士工業技術センター 平成 22 年度業・研究報告，P.42-46(2010)