

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2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 (2nd Report)

Akihiro TERASAWA, Hiroyuki YAMADA, Osamu ABE and Michiyoshi NISHIMURA

要 約

本研究では、熱可塑性エラストマーの射出成形時に発生する、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た。射出初期段階において発生するガスを、スプルー終端部付近に設けたガスベントから金型外へ排出させるため、スプルー終端部を可動するピンによって塞ぐ機構を有する金型を作製して効果を検証した。その結果、成形品最終充填部分のガスによる外観への影響を低減させることが出来た。

また、金型に付着したガス成分の除去・洗浄を目的に、樹脂材料溶融時のガス成分を付着させた金属板を作製して、その表面にレーザーマーカを用いてレーザー光を照射し、付着ガス成分の除去を試みた。その結果、金属面の研磨面、ブラスト面共に、レーザーパワーと走査速度を調整することで、金属板に付着したガス成分を除去することが出来た。

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の主成分および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し、成形品側に付着することで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、ガス焼けやシボ加工面の転写不良の原因となる。しかし、ガスによる外観不良は画像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応策として、定期的に金型を洗浄しているが、人手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、成形品のわずかな光沢の違いにより不良になってしまうため、品質管理として外観検査が必要となり目視検査による良否判断に時間を費やしている。

また、ガスの排出経路を真空にしてガスを金型外へ排出する改善を試みたり、ベント式射出成形機を導入する等の対策も考えられるが、設備投資が必要であったり、成形品によって効果が異なる等の理由から、中小企業においてはこれらの対策が難しい場合も多い。

そのため射出成形時に発生するガスによる外観不良の対策は、成形品のコスト増加の要因の一つとなっている。特に、自動車、カメラ、家電製品などは、部品のコスト削減が求められる一方で、

外観部品も多く高品質な外観が求められるため、外観不良は大きな課題となっている。

近年、自動車、カメラ、家電製品などの外観部品は、独特の光沢や質感を出すことが可能である熱可塑性エラストマーが多く使用されている。しかし、熱可塑性エラストマーを使用した外観部品は、微量なガス成分の付着が外観不良の原因となってしまう。さらに、成形時にバリが発生しやすいため、ガス成分付着対策の1つであるガスベントの配置・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低コストで行うことを目的とし、第1報では金型への表面処理に着目して、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した¹⁾。本報では、金型のスプルー終端部からランナーへの流路を塞ぐピンと、スプルー終端部に設けたガスベントから射出成形時に発生するガスを金型外へ排出する機構を設けた金型を作製して、ガスによる外観不良の低減を試みた。また、金型洗浄時間の短縮によるコスト削減や、ふき取り洗浄によって生じる金型へのキズ等の防止を目的に、レーザーマーカを用いた金型洗浄方法について研究を行った。

2. 実験方法

2-1 ガス排出機構の検討

2-1-1 成形品形状

図1に成形品形状を示す。成形品は第1報と同様にボタン形状とした。この形状においては、ゲートの反対側の最終充填部分にガスによる外観影響が出現することを確認している¹⁾。

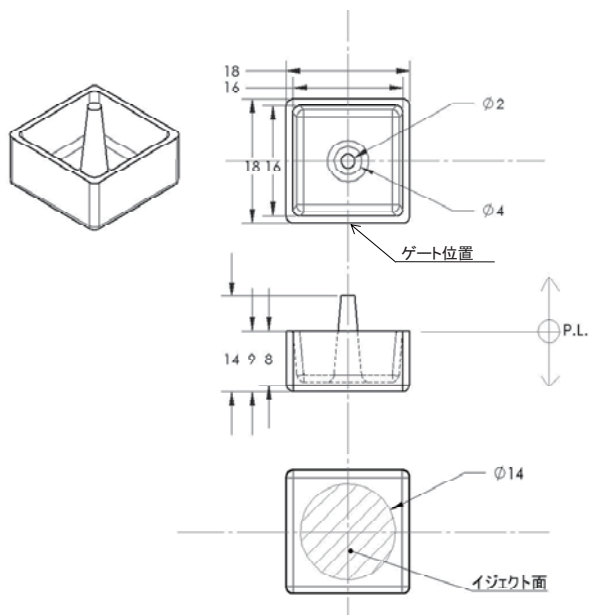


図1 成形品形状の概略図

2-1-2 ガス排出機構および金型形状

ガスによる成形品外観への影響を低減することを目的に、発生したガスを金型外に排出する機構について検討するとともに、排出機構を備えた金型を試作した。

図2に検討したガス排出機構を備えた金型の概要を示す。ガス排出機構は、スプルー終端部に設けた可動ピンとガス排出機構（ベント）から成り、ピンはバネ力と樹脂射出圧で動作する。成形初期の段階では、可動ピンがスプルー終端部からランナーへの流路を塞ぐことで、発生したガスをスプルー終端付近に設けたガスベントから金型外へ排出し、キャビティーへのガス流入を制限することができる。また、熔融した樹脂材料がこのピンに到達すると、樹脂圧によってピンは押し込まれ、ランナーへの流路が開通するため、樹脂材料はランナーを経てキャビティーへ流入し成形される。

図3は、成形用金型固定側の写真である。スプルー終端付近は、入れ子構造になっており、パーティング面の下に設けたガスベントからガスが排出される構造になっている。スプルー終端付近に設けたガスベントは、横幅4mmで、高さは約40 μ mである。また、図4は金型固定側スプルー終端部付近の概念図で、図3のA-A断面図を示している。

図5は、実際に作製した金型の可動側の写真である。中央の丸いピンが、スプルー終端部を塞ぐピンで、このピンを収納する部

分は入れ子構造とした。

本研究においては、バネ定数 0.5N/mm のバネを使用し、バネの弾性力により、スプルー終端部は 5.5N の力で塞がれる構造となっている。また、スプルー終端部を塞がない金型での成形実験においては、バネを使用せず、ピンを押し込めた状態にして成形をした。

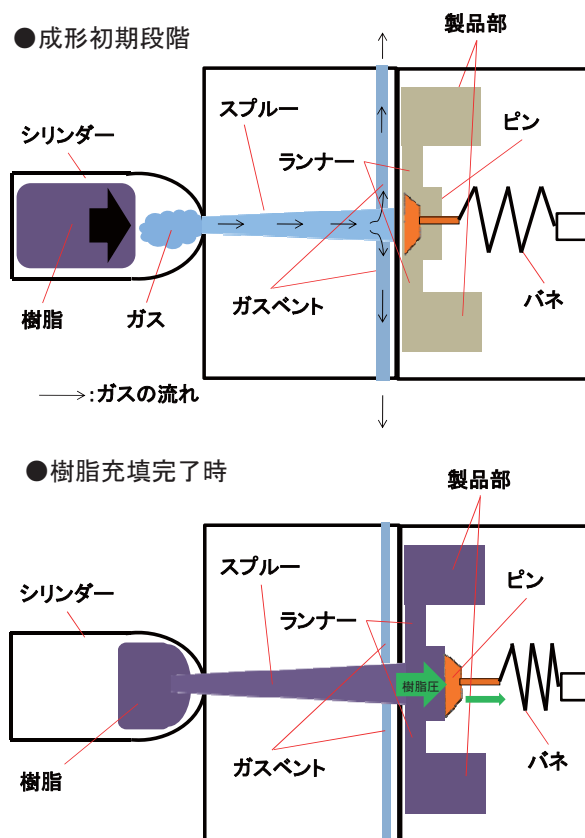


図2 金型ガス排出機構の概念図

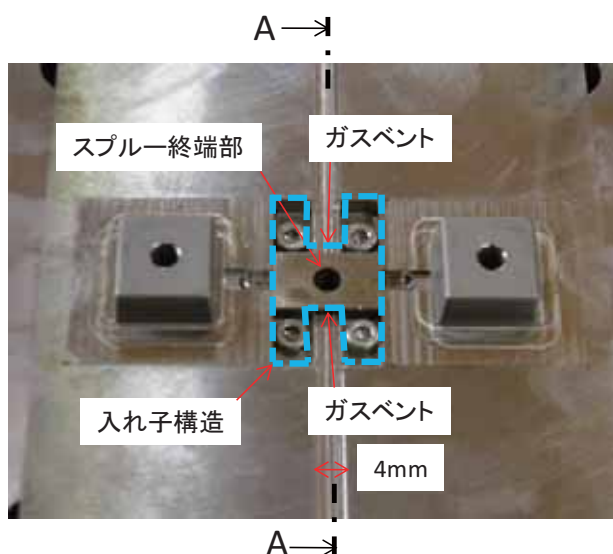


図3 成形用金型固定側の写真

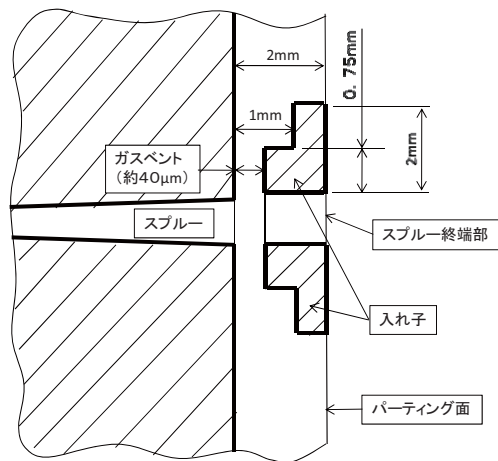


図4 金型固定側スプルー終端部付近の概念図
(図3のA-A断面)

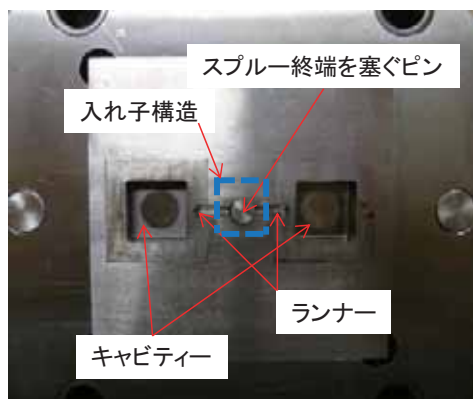


図5 成形用金型可動側の写真

2-1-3 成形実験

射出成形機は、ファナック(株)製 ROBOSHOT 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。また、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。

可動するピンによりスプルー終端部を塞ぎキャビティーへのガスの流入を抑制した状態 (ピン可動状態) の金型と、このピンを押し込めてスプルー終端部を塞がない状態 (ピン固定状態) にした金型で、それぞれ 400 ショット成形し、成形品のガス成分付着による外観影響箇所を評価した。

2-1-4 成形品の評価方法

成形品の最終充填部を含む面を、成形回数ごとに写真観察を行い比較評価した。

図6に観察に使用した装置を示す。ガス成分付着による外観影響部分は、通常のデジタルカメラでは観察が難しく、照明、カメラの種類や位置関係を工夫する必要がある。この点については、

第1報で検討し、鮮明にガスによる外観影響箇所を観察出来た条件を採用した。観察には、赤外線 CCD カメラ (浜松ホトニクス(株)製 C3077-79) と赤外線照明を用いて、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観察を実施することにした¹⁾。

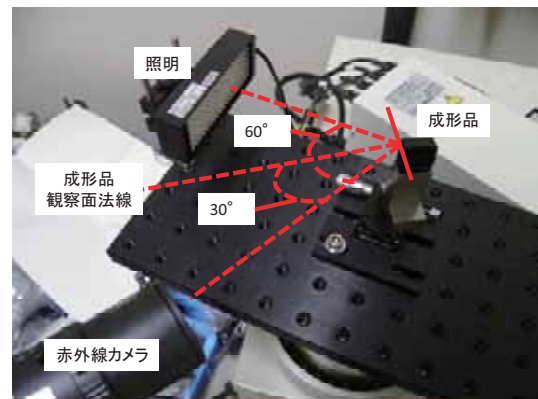


図6 成形品観察装置の概要

2-2 レーザーマーカによる金型洗浄

2-2-1 ガス成分付着試験片の作製

金型に付着したガス成分に対してレーザーマーカによる洗浄効果を検証するため、金属板に樹脂材料溶融時に発生するガス成分を付着させた試験片を作製した。金属板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使用される析出硬化系プリハードン鋼 (大同特殊鋼(株)製 NAK80) を用い、大きさは 40×40mm、厚さが 8mm で、研磨した金属板と粒度 #400 の WA のメディアでサンドブラスト加工を施した金属板の 2 種類を用意した。また、樹脂材料には、成形実験で用いた材料である、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。

図7に樹脂材料溶融時のガス成分を金属板に付着させる概念図を示す。内寸 26×26mm で長さ 40mm、底板の厚さ 1mm のアルミニウム製の容器の底に上記樹脂材料を 2.5g 入れてホットプレートで加熱し、容器の上部を金属板で蓋をすることで、金属板に樹脂材料溶融時のガス成分を付着させた。ホットプレートの温度は 253℃前後に設定した。

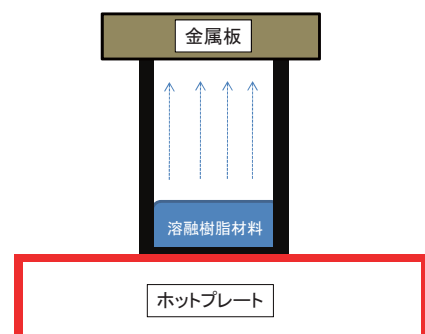


図7 樹脂材料溶融時のガス成分付着の概念図

2-2-2 レーザーマーカによる洗浄実験

作製した試験片に対して、レーザーマーカ（パナソニックデバイス SUNX(株)製 LP-S500W）を用いて、試験片に付着したガス成分の洗浄実験を行った。レーザー光はCW 発振の Yb ファイバーレーザー（波長 1070nm）で最大出力が 42W である。

① レーザーパワーと走査速度の検討

金型のガス成分付着部分を洗浄する際、レーザーパワーと走査速度が除去効果に及ぼす影響について検討した。レーザー経路は図 8 に示すとおり左右方向交互に連続軌跡で洗浄し、洗浄ピッチを 13 μm、洗浄エリアは 1×1mm とした。また、表 1 に示すとおり、レーザーパワーと走査速度を変化させて、ガス成分が付着した研磨面とブラスト面の試験片に対して洗浄実験を行った。

② レーザーの走査ピッチの検討

金型のガス成分付着部分を洗浄する際、走査するレーザーのピッチの違いによる、金型に付着したガス成分の除去効果の違いを検証した。走査経路は上記①と同様に、レーザーを左右方向交互に連続軌跡で走査し、走査エリアは 3×3mm のエリアとした。走査するピッチを変化させて研磨面にガス成分を付着させた試験片に対して洗浄効果を確かめた。表 2 に洗浄条件を示す。

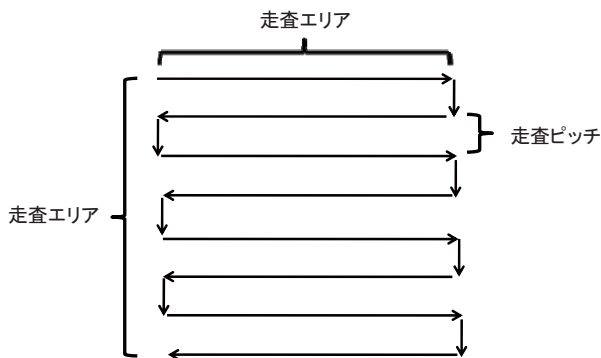


図 8 レーザー走査経路

表 1 洗浄実験条件

(レーザーパワー、走査速度を変化させた実験)

レーザーパワー[%]	80, 60, 40, 20
走査速度[mm/sec]	375, 750, 1500, 3000
走査ピッチ[μm]	13
走査エリア[mm]	1 × 1

表 2 洗浄実験条件（走査ピッチを変化させた実験）

レーザーパワー[%]	75
走査速度[mm/sec]	1500
走査ピッチ[μm]	75, 50, 25, 13
走査エリア[mm]	3 × 3

2-2-3 観察方法

観察は実体顕微鏡（オリンパス(株)製 SZX16）を用いて、レーザー光を照射した面とその周辺の未照射面を比較観察することで、洗浄効果を確認した。

3. 結果および考察

3-1 ガス排出機構の検討結果

図 9 に、ピン固定状態の金型で 200 ショット目の成形品の観察像を示す。観察場所はガスに起因する外観影響が生じやすい、成形品の最終充填部となるゲート反対側の面である。観察の結果、射出成形時のガスに起因すると考えられる外観影響箇所は、成形品最終充填部の半円状の部分と、その周辺の半円弧状の部分の主に 2 箇所であった。

図 10 に試作した金型でピン可動状態と固定状態でそれぞれ成形した、成形品ガス起因部分の成形回数ごとの外観観察結果を示す。

観察結果から、成形品最終充填部分周辺の半円弧状の外観影響部分については、ピン可動状態で成形した成形品と、ピン固定状態で成形した成形品とで大きな差は生じなかったが、製品最終充填部の半円状のガスによる影響部分については、ピン可動状態の金型で成形することで改善が見られた。図 10 より、ピン可動状態で成形した 400 ショット目の成形品の成形品最終充填部分の半円状の外観影響部分は、ピン固定状態で成形した成形品の 100 ショット～200 ショット程度の成形品の外観影響部分と同程度であった。このことから、スプルー終端部を塞ぐピンとスプルー終端部にガスベントを設けることによって、射出初期段階に発生するガスのキャビティへの流入を抑制し、ガスによる外観への影響を低減する効果があると考えられる。

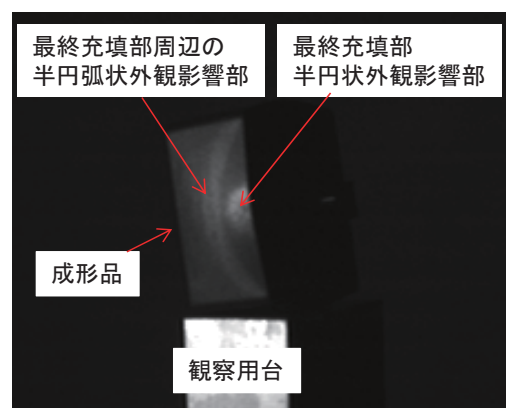


図 9 ピン固定状態 200 ショット目の成形品外観観察写真

成形回数	ピン固定状態金型の成形品	ピン可動状態金型の成形品
1		
100		
200		
400		

図10 成形品観察結果

3-2 レーザーマーカによる洗浄結果

3-2-1 レーザーパワーと走査速度の検討

図11に溶解した樹脂材料のガス成分を研磨面、ブラスト面それぞれに付着させた試験片を示す。この試験片に対してレーザーマーカを用いて洗浄実験を実施した。図12にレーザーパワーと走査速度を変化させた場合の金型ガス成分付着面の洗浄効果を示す。

研磨面に対する観察結果では、ガス成分は白い斑点状に付着している。この白い斑点状のガス成分が除去されると研磨面が現れ、照明の光を散乱せず正反射するため、黒く観察され洗浄効果が確認できる。この研磨面に対し、レーザーパワー60%で照射した場合、走査速度375mm/secでは、光が散乱して白く観察されていることから、レーザー光を照射した金属面にダメージが生じていることがわかる。ここで走査速度を2倍の750mm/secにすると、洗浄面が黒く観察されることから、付着した白い斑点状のガス成分が除去されていることが確認できる。さらに走査速度を4倍の1500mm/secにすると、洗浄面には白い曇り状の付着物が確認された。これは走査速度が750mm/secから1500mm/secとなったことで、試験片に付着したガス成分に与えられるエネルギーが減少したため、除去するために必要な熱量が十分与えられずに、いったん除去されたガス成分が試験片に再付着したものと考えられる。対策としては洗浄面付近に吸引装置等を設置することで、レーザーによって除去されたガス成分の試験片への再付着を低減でき

るとされる。そして、走査速度が3000mm/secでは、試験片に付着したガス成分を除去することができなかった。

レーザーパワーを80%にすると走査速度1500mm/secで試験片に付着したガス成分を試験片への再付着なく除去できる一方、レーザーパワーを40%にすると、試験片への再付着なくガス成分の除去に必要な走査速度は375mm/secであった。このことから、レーザーパワーを1/2にすると、ガス成分の除去に必要な走査速度はおおよそ1/4にする必要があると考えられ、研磨面に対するCWファイバーレーザーを使用したガス成分除去においては、スキャンスピードよりもレーザーパワーの方が影響が大きいと思われる。

ブラスト面については、ガス成分が付着した面は濃いグレーで、ガス成分が除去されると、母材の薄いグレーの面が出現する。また、レーザー照射面の変色は、酸化やブラスト面凹部の残留物質等が炭化して変色したものである。

レーザーパワー40%の場合には走査速度1500mm/secまたは3000mm/secで母材の面が出現し洗浄効果が確認できた。レーザーパワーを1/2の20%にすると、走査速度はおおよそ1/4の375mm/secまたは750mm/secで洗浄効果が確認できた。この傾向は、研磨面に対するガス成分除去の結果と同様に、走査速度よりもレーザーパワーの方が影響が大きいと考えられる。

また、ブラスト面では、研磨面と比較してガス成分除去に要するレーザーエネルギーが低い。これは、ブラスト面ではレーザー光の反射量は研磨面よりも少なく、照射面に吸収されるレーザーエネルギーが大きいことが理由であると考えられる。

以上のように、CWファイバーレーザーにより、研磨面、ブラスト面共にレーザーパワーと走査速度の調整を行うことで、付着したガス成分を除去することが出来る。

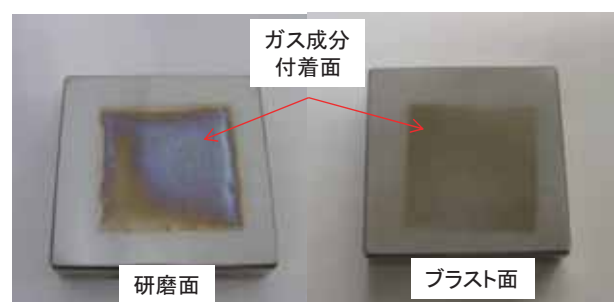


図11 ガス成分を付着させた試験片

3-2-2 レーザー走査ピッチの検討

レーザー走査ピッチの違いによる、ガス成分付着面の洗浄効果の検証を行った。図13に走査ピッチを75μm、50μm、25μm、13μmと変化させた際のレーザー洗浄面の観察結果を示す。

走査ピッチが75μm、50μmでは縞状にガス成分付着物が残留している。このことから均一に洗浄するには、走査ピッチをおおよそ25μm以下にして洗浄する必要があると考えられる。

走査速度 レーザーパワー	375mm/sec	750mm/sec	1500mm/sec	3000mm/sec
80%				
60%				
40%				
20%				

(a)研磨面に対する洗浄結果

走査速度 レーザーパワー	375mm/sec	750mm/sec	1500mm/sec	3000mm/sec
80%				
60%				
40%				
20%				

(b)プラスト面に対する洗浄結果

図12 レーザーパワーと走査速度の違いによるガス成分付着面の洗浄結果

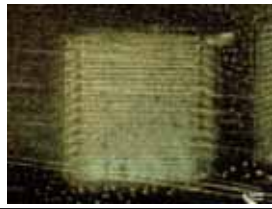
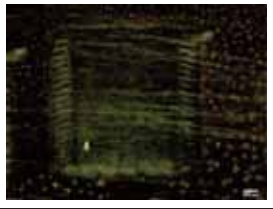
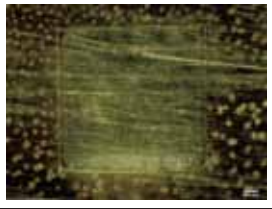
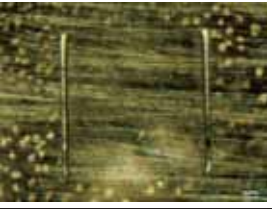
走査ピッチ	75 μm	50 μm	25 μm	13 μm
研磨面				

図13 レーザー走査ピッチの違いによるガス成分付着面の洗浄結果

4. 結 言

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、スプルー終端部を塞ぐピンとスプルー終端部付近に設けたガスベントから射出成形初期段階に発生するガスを金型外へ排出する機構を有する金型の作製および成形実験による効果の検証を実施した。また、金型に付着したガス成分の除去を目的に、樹脂材料溶融時のガス成分を付着させた試験片に対して、レーザーマーカを用いてレーザーを照射し、試験片に付着したガス成分の除去を試みた。得られた結果を以下に示す。

- (1) 射出初期段階のガスを効率的に金型外へ排出するピン機構を有する金型の提案を行った。
- (2) 上記機構を備えた金型で成形実験を行い、成形品のガスによる外観影響を低減することが出来た。
- (3) 研磨面、ブラスト面に付着した溶融樹脂材料のガス成分を、レーザーマーカ (CW Yb ファイバーレーザー) によって除去することが出来た。

参考文献

- 1) 寺澤章裕, 山田博之, 阿部治, 西村通喜: プラスチック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), 山梨県富士工業技術センター平成 23 年度業務・研究報告, P.68-71(2012)