

超臨界発泡射出成形による寸法精度向上に関する研究

井上英之*¹ 山田岳大*² 新倉 順*³ 中野欽章*² 村田泰彦***¹ 横井秀俊***²

Study on Improvement of Equipment Geometry in Microcellular Injection Molding

INOUE Hideyuki*¹, YAMADA Takehiro*², NIIKURA Jun*³,
NAKANO Yoshiaki*², MURATA Yasuhiko***¹, YOKOI Hidetoshi***²

抄録

本研究では、ヒケ、ソリが発生しやすいリブ付き矩形平板成形品の寸法精度向上を図るため超臨界射出成形機を使用し、窒素ガスを発泡剤とする発泡成形を行った。射出成形機における射出体積、射出容量を変化させ金型内キャビティ面圧力分布変化と寸法精度の関係について検討した。その結果、射出率を下げ、射出容量を低下させるとキャビティ面圧力が低下し、かつ型開きまでの長時間、成形品全体にわたり均一に圧力が残留する条件を見いだした。この条件下で成形するとヒケが無くなり、ソリ量も 50%減少し寸法精度が向上した。

キーワード：超臨界流体，窒素ガス，射出成形

1 はじめに

近年、OA機器等電気製品の寸法精度の向上に呼応し、それらに使用されるプラスチック部品の寸法精度向上が求められている。そこで本研究では、成形品のヒケ・ソリの低減を目的とし、微細発泡射出成形¹⁾による寸法精度の向上について検討した。発泡成形に関しては多方面から検討が進んでいるが^{2),3)}、金型内における発泡プロセスについては未解明の部分が多く残されているのが現状であり、発泡プロセスや成形品の変形は金型内における樹脂圧力と強い相関関係があることが知られている⁴⁾。

本研究では、触覚センサと圧力伝達ピンアレイより構成されるキャビティ面圧力分布計測手法⁵⁾を用いて、微細発泡射出成形過程におけるキャビティ面圧力分布変化と発泡成形品の寸法精度の相関について検討し、寸法精度のより良い成形条件を導くことを試みた。

2 実験方法

キャビティ面圧力分布計測手法については既報⁵⁾に詳しいので、ここでは省略する。

図1に本実験で使用したキャビティの形状を示す。中央部にリブが設けられた矩形平板を用いて検討を行った。本実験に使用した成形機は J85EL-110H-MuCell 型(株)日本製鋼所,型締力 833kN, スクリュー径 32mm)である。成形条件を表1に示す。超臨界ガスには N₂ を使用した。樹脂には、微細発泡成形のベース樹脂として、OA機器筐体等に利用されている耐衝撃性ポリスチレンHIP

*¹ 生産技術部(現 埼玉県西部環境事務所)

*² 生産技術部

*³ 生産技術部(現 創業・企業支援課)

***¹ 日本工業大学

***² 東京大学 国際・産学共同研究センター

S (M220, 日本ポリスチレン工業株) を使用した。本実験では射出率及び射出容量を変化させて計測を行った。比較のために発泡を行わない通常の成形についても計測を行った。

本実験では成形品のヒケ・ソリ状態の測定を行った。図1に示すAAの位置でのリブと対向する面側の表面形状を精密非接触式三次元測定装置NH-3SP(三鷹光器株)を用いて計測した。

表1 成形条件

	通常成形		発泡成形
温度()	240-240-240-240-220-200-180		
樹脂	High Impact PoriStyrene(JPS)		
金型温度()	30		
射出率(cm ³ /s)	4.02/40.2/80.3/120.5		
射出容量(cm ³)	18.5	13.6/16.1/20.9	
保圧(MPa)	0	60	0
保圧時間(s)	0.04	5	0.04
背圧(MPa)	15		
冷却時間(s)	45	70	
窒素ガス量(g)	-	0.039	

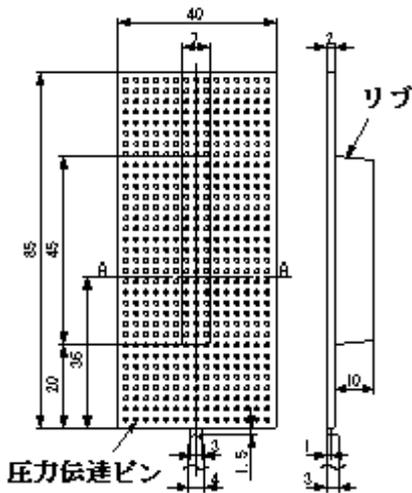


図1 キャビティー形状、圧力ピン配置図

3 実験結果

3.1 通常成形と微細発泡成形の面圧力分布比較

図2に保持圧力 60MPa で通常成形を行い計測されたキャビティ面圧力分布を示す。図2

に示されるキャビティ内樹脂完全充填時では、ゲート付近からキャビティ末端部にかけて傾斜した圧力分布を呈し、平均面圧力は約 30MPa となった。ゲートシールが完了し、樹脂の冷却固化により圧力が低下する過程で、リブ部Bの圧力がその周りの板部の圧力よりも一時的に高くなった(図2)。その後、図2ではゲート付近Cに若干の圧力が残留することを除きリブ部の圧力は完全に消失した。

図3に通常成形と同じ射出率で射出容量を 16.1cm³ とし微細発泡成形を行ったときの面圧力分布を示す。図3の完全充填時では通常成形の場合とは異なり平坦な圧力分布を呈し、ゲート付近に樹脂逆流による若干の圧力低下Dが見られた。このときの平均面圧力は約 20MPa となり通常成形に比べて大幅に低減していることが確認できた。その後、キャビティ全域で急激に圧力が低下したがリブ部には約 5MPa の圧力が残留し(図3)、この残留圧力は通常成形に比べて非常に長い時間保持された。これはリブ内での発泡による保圧の効果を物語っている。さらに図3においてキャビティ周辺部に若干の圧力再上昇Eが起こり、型開き時までこの面圧力分布形状が維持された。この圧力再上昇現象は計測上の問題と考えられ、発泡現象による圧力挙動とは区別して考える必要がある。

3.2 射出率及び射出容量の影響

3.2.1 各射出率における面圧力分布の影響

図4に射出容量を 16.1cm³ とし射出率を低速の 4.02cm³/s に設定して計測したときの面圧力分布を示す。図3の 40.2 cm³/s の場合と比べ極めて低い圧力で充填が完了している(図4)。時間経過とともに板部を中心に圧力が徐々に低下し(図4)、リブ部Fに若干の圧力が残留する(図4)。この場合では前節と同様のキャビティ周辺部における圧力再上昇が起こるが 40.2cm³/s の場合に比べリブ部の残留圧力が小さくかつ一部消失することが大きな特徴となっている。射出率を 80.3cm³/s 及び 120.5cm³/s に増加させて計測を行

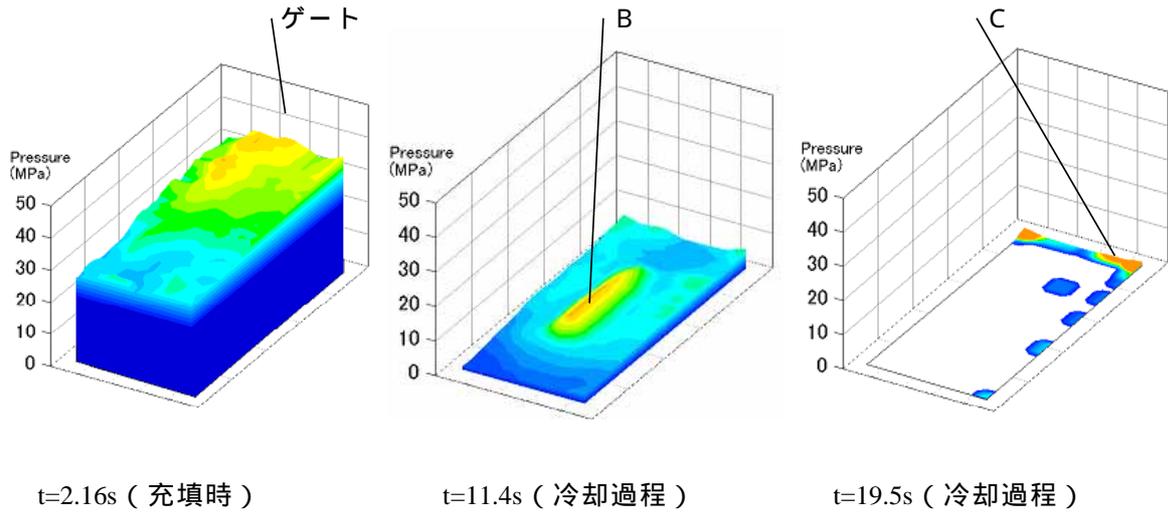


図2 通常成形における面圧力分布 (射出率: 40.2cm³/s, 保圧: 60MPa, t:ゲート通過後の経過時間)

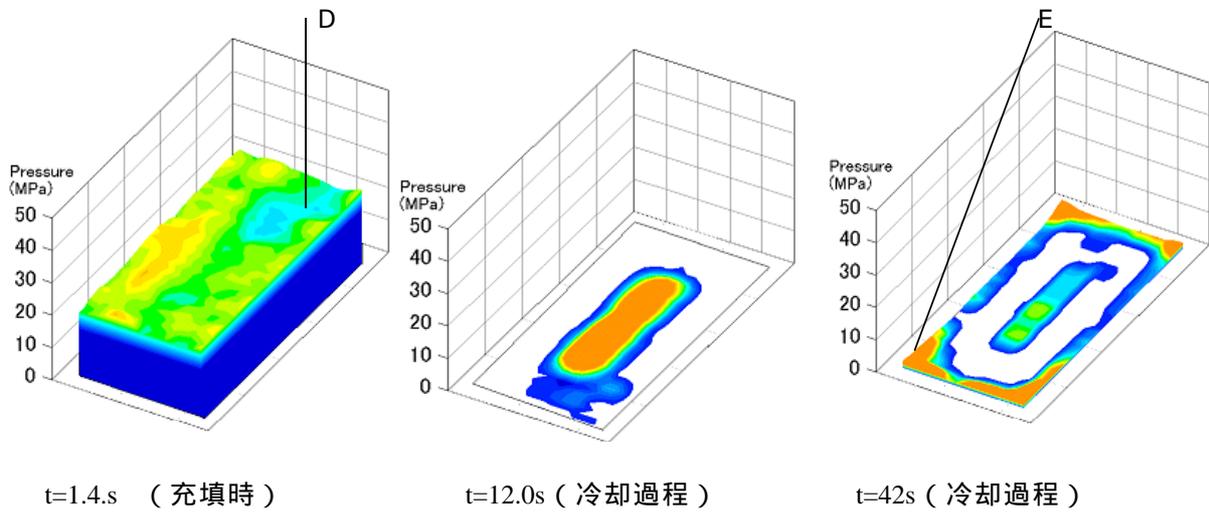


図3 微細発泡成形における面圧力分布 (射出率: 40.2cm³/s, 射出容量 16.1cm³, t:ゲート通過後の経過時間)

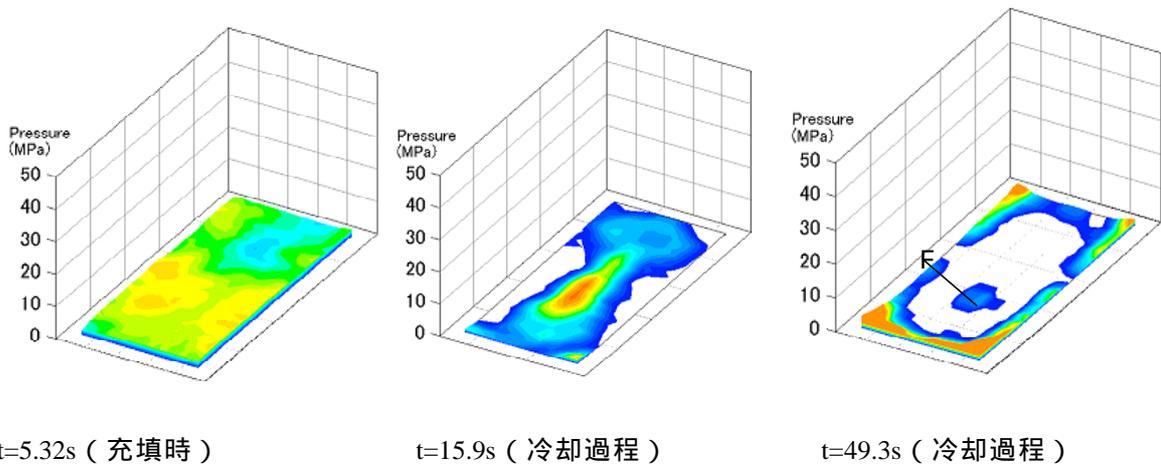


図4 微細発泡成形における面圧力分布 (射出率: 4.02cm³/s, 射出容量 16.1cm³, t:ゲート通過後の経過時間)

ったが射出率増加に伴い充填時の圧力とリブ部の残留圧力値が若干増加し、リブ部の圧力保持時間が長くなる傾向が見られた。

3.2.2 各射出容量における面圧力分布の影響

射出率を $40.2\text{cm}^3/\text{s}$ とし射出容量を 13.6cm^3 とし計測したときの面圧力分布を図5に示す。図5の完全充填時では平均面圧力が約 5MPa と低い。その後、圧力が若干低下し(図5)、図5ではリブ部に加え板部全域 G にわたって圧力が残留した。

図6に射出容量を 20.9cm^3 とし計測したときの面圧力分布を示す。図6の完全充填時では平均面圧力が約 34MPa と非常に高く、その後圧力が低下し(図6)、図6ではリブ部に圧力が残留するだけで板部の圧力は完全に消失した。このケースではキャビティ周辺部で圧力が再上昇しなかった。以上から射出容量増加に伴い完全充填時の面圧が上昇し、板部に圧力が残留しなかった。その結果、リブ部と板部との間の圧力差が大きくなった。

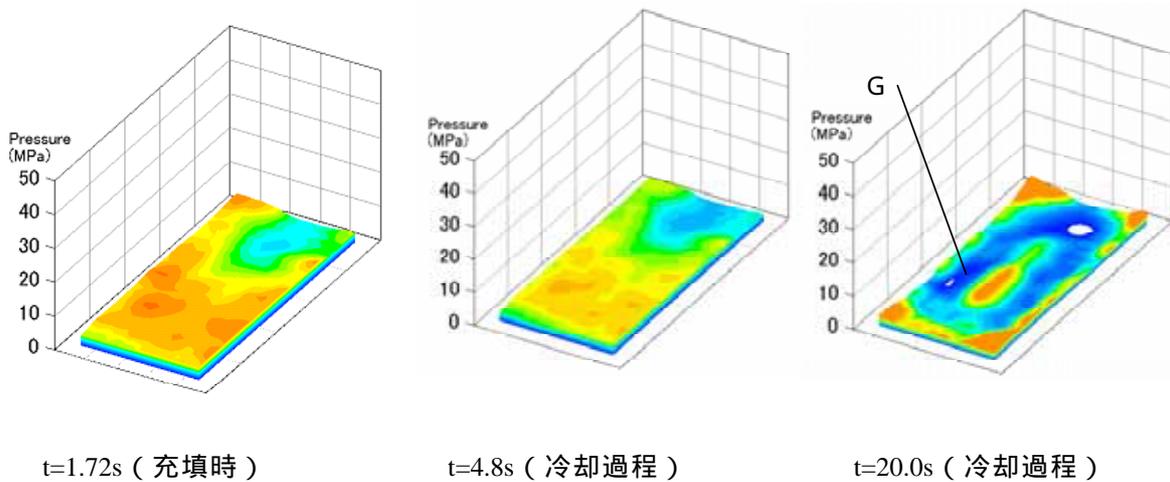


図5 微細発泡成形における面圧力分布(射出率： $40.2\text{cm}^3/\text{s}$ ，射出容量 13.6cm^3 ，t：ゲート通過後の経過時間)

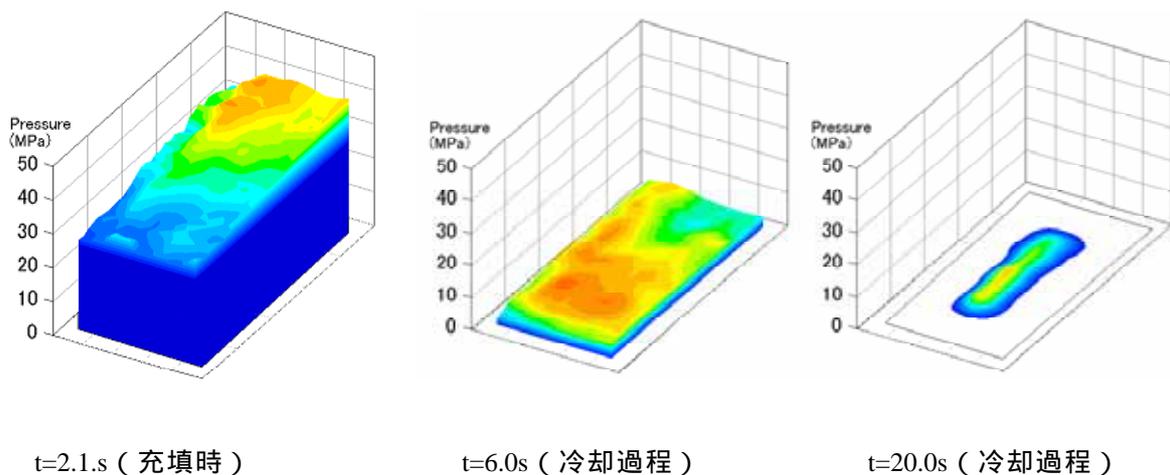


図6 微細発泡成形における面圧力分布(射出率： $40.2\text{cm}^3/\text{s}$ ，射出容量 20.9cm^3 ，t：ゲート通過後の経過時間)

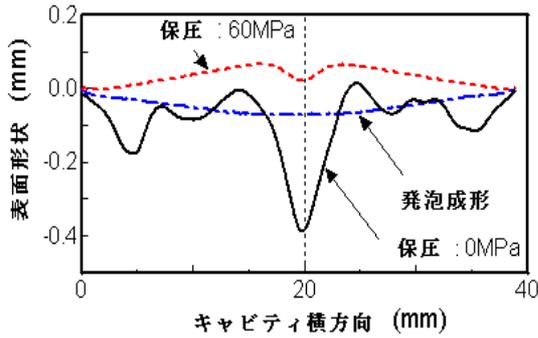


図7 通常成形と発泡成形における成形品表面形状 (射出率: $40.2\text{cm}^3/\text{s}$)

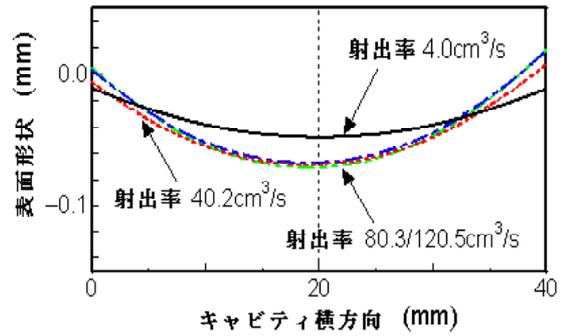


図8 各射出率における成形品表面形状 (射出容量: 16.1cm^3)

3.3 成形品の表面形状測定

図7に通常成形と微細発泡成形の成形品表面形状測定結果を示す。比較のため通常成形で保持圧力を0MPaとしたときの結果を図中に併記する。

保持圧力が0MPaではヒケ量が約0.4mmと大きくなった。保持圧力が60MPaではヒケ量が約0.04mmと改善されたものの、リップ面方向への最大0.08mm程度のソリが存在した。射出率 $40.2\text{cm}^3/\text{s}$ 、射出容量 16.1cm^3 としたときの微細発泡成形品にはヒケは生成しなかった。ただし、非常にわずかであるが通常成形とは異なるリップ面と反対方向への約0.07mmのソリが生成した。微細発泡成形において、射出率を変化させたときの測定結果を図8に示す。このときの三次元測定装置の計測データは2次近似して表示する。すべての射出率においてヒケの生成は確認されなかった。しかし、リップ面と反対方向へのわずかなソリが生成し、射出率増加に伴いソリ量が増加した。特に $4.0\text{cm}^3/\text{s}$ の場合ではソリ量が小さくなった。図9に射出容量を変化させたときの測定結果を示す。このケースでもヒケの生成は確認されず射出容量増加に伴いソリ量が増加した。

4 面圧力分布とヒケ・ソリとの関係検討

微細発泡成形では通常成形に比べてキャビティ面圧力が低減し、ヒケが減少した。面圧力分布計測から、リップ内部の発泡による影響で金型に対し型開き時までの長い時間リップ部に圧力が残留する

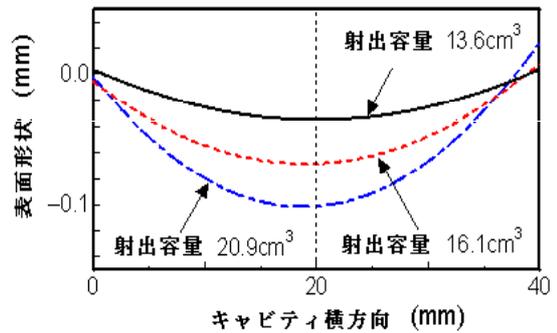


図9 各射出容量における成形品表面形状 (射出率: $40.2\text{cm}^3/\text{s}$)

ことがヒケ減少の要因として考えられる。微細発泡成形において非常にわずかであるがソリが生成した。射出率及び射出容量の増加に伴いソリ量が増加した。面圧分布計測結果より射出率及び射出容量増加に伴い完全充填時の面圧力が増加し、その後のリップ部と板部との間の圧力差が大きくなった。リップ部と板部の不均一な面圧力分布がソリ量増加の原因の一つになっているものと推察した。射出率及び射出容量の増加に伴うせん断発熱の促進、樹脂密度増加による樹脂温度の上昇が成形品収縮挙動に影響を及ぼすこともソリ量増加の原因の一つと推察した。

今後、成形品各部における気泡分布の計測、成形品温度の計測を含めて変形の検討を行い、詳細な考察を行う予定である。

5 まとめ

キャビティ面圧分布計測手法を用いて耐衝撃性ポリスチレンHIPSの微細発泡成形過程における面圧力分布計測を行い、以下の知見を得た。

- (1) 微細発泡成形では、通常成形に比べてキャビティ面圧力の低減が図られヒケが抑制されること、面圧力分布計測からリブ内部の発泡による影響で金型に対し型開き時までの長い時間リブ部に圧力が残留することがヒケ減少の要因であることを確認した。
- (2) 微細発泡成形においては非常にわずかであるが通常成形とは異なるリブ面と反対方向へのソリが生成し、射出率及び射出容量の増加に伴いソリ量が増加することを確認した。
- (3) 射出率及び射出容量の増加に伴い完全充填時の面圧力が増加し、その後リブ部と板部との間の圧力差が大きくなることが確認され、これらがソリ量の増加に深く関与しているものと推察した。

謝 辞

水晶圧電式圧力センサを貸与下さった日本キスラー(株)、触覚センサ及び金型製作にご協力頂いたニッタ(株)、池上金型工業(株)、住友重機械工業(株)の各社に謝意を表します。

参考文献

- 1) 津田：超臨界流体を利用した微細発泡成形，成形加工，13，2，(2001)83
- 2) 川島，新保：射出発泡ポリスチレン樹脂の内部構造に及ぼす制御因子の影響，成形加工，15，9，(2003)632
- 3) 稲森，葉山，高田，大嶋，谷垣
：高分子発泡成形における気泡形成シミュレーション(1)，成形加工，11，3，(1999)194
- 4) 村谷，新保：気泡数に及ぼす発泡温度と減圧速度の影響，成形加工，03，(2003)95
- 5) 村田，横井，河崎：キャビティ面圧力分布計測への触覚センサの応用，成形加工，8，4，(1996)