

超臨界流体を用いた微細発泡成形に関する研究

山田岳大* 新倉 順* 井上英之*

Study on Microcellular foaming Used Supercritical Fluid

YAMADA Takehiro*, NIKURA Jun*, INOUE Hideyuki*

抄録

発泡成形品における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を変化させ、スキン層の厚さを考察し寸法精度の検討を行った。その結果、スキン層の厚さをコントロールすることが可能となり、寸法精度の向上が可能となった。ヒケは無くなり、ソリも16%減少した。

キーワード：超臨界流体，窒素ガス，射出成形，スキン層

1. はじめに

自動車や電機製品のプラスチック部品は、寸法精度の向上が求められている。プラスチック射出成形においては、ヒケ、ソリといった寸法精度に悪影響を与える要因があり、これら問題を解決する新技術の確立が急務である。そこで、環境に害を与えない無機ガスを、超臨界流体状態にして樹脂に含浸させ、射出成形機で微細発泡させる成形法に注目した。発泡させることにより樹脂に内圧を与えることで収縮を防ぎ、ヒケ、ソリの減少が考えられる。本研究では、窒素ガスを用いた超臨界射出成形機を使用し、発泡成形品を成形し実験を行った。発泡成形品は、スキン層^{注1}と発泡している層から成り立っており、このスキン層と、発泡径の解明等による報告が少ない¹⁾。本研究では、微細発泡成形品のスキン層の厚さをコントロールした。また、スキン層と寸法について検証し、寸法精度向上を目標とした。

2. 実験方法

2.1 実験に使用した材料

樹脂は HIPS (ジャパンポリスチレン) M220 を使用した。

試験片キャビティ形状を、図1に示す。

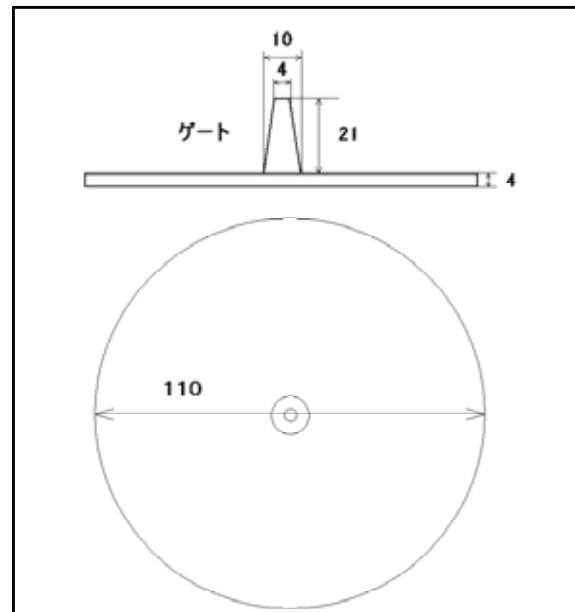


図1 試験片キャビティ形状

*生産技術部

射出成形機で厚さ4mm、直径110mmの円盤金型(ランナーなし、ダイレクトゲート)に樹脂を円盤片側中央から注入し、試験片を作製した。

使用した機器は、mucell 成形機(J85EL -110 H-Mucell 型)(型締め圧力85トン、スクリー直径32mm)である。

2.2 成形条件

1) 射出成形条件

通常射出条件を表1に示す。

表1 通常(非発泡)射出成形条件

成形温度()	240
射出率(mm/sec)	24.1
保圧(MPa)	20
保圧時間(sec)	30
背圧(Mpa)	15
金型温度()	30
冷却時間(sec)	45

発泡射出成形の成形条件を表2に示す。

表2 発泡射出成形条件

成形温度()	240
射出率(mm/sec)	24.1
保圧(MPa)	0
保圧時間(sec)	0.03
背圧(Mpa)	15
金型温度()	30
冷却時間(sec)	70

2) 発泡剤注入条件

発泡剤の注入条件を表3に示す。

表3 発泡剤注入条件

使用したガス	窒素
流量(kg/h)	0.11
流入時間(sec)	4
注入圧力(Mpa)	15
実質注入量(g)	0.12

計量終了と同時にガス注入が終了するように注入位置を決定した。

表4 射出体積条件

射出体積	46.51	43.14	41.69	40	36.87	34.7
(cm ³)	32.05	30.37	28.68			

3) 発泡成形品成形条件

ガス注入量を表3のように一定とし、表4に示すとおり射出体積を28.86~46.51cm³の範囲で変えることで発泡成形品のスキン層を検討した。

2.3 発泡成形品寸法測定

測定方法を図2に示す。使用機器は三次元輪郭形状測定機(東京精密 サーフコム3000A-3DF)である。a表面を半径方向(X方向)に測定していき、a表面における高さ方向(Y方向)の表面形状を測定した。

2.4 スキン層測定位置

図3はスキン層の厚さを測定した位置を示す。スキン層の厚さ測定は、円盤中心から半径方向に15mm(A部)及び45mm(B部)離れた位置で測定した。

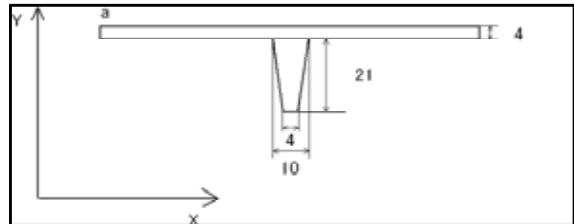


図2 輪郭形状測定図

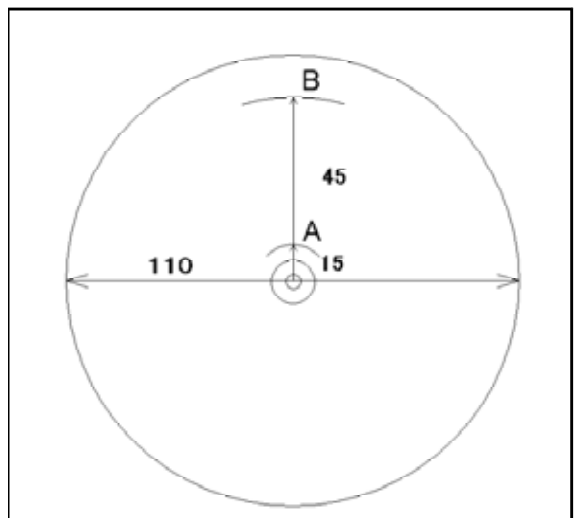


図3 スキン層を測定した位置

2.5 断面観察

成形した発泡体をアイゾット衝撃試験器を用いて破断し、その破断面の観察を行った。

使用機器は、レーザー顕微鏡(カールツァイス LSM5PASCAL)、電子顕微鏡(JEOL JSM-500LV SCANNING MICROSCOPE)である。

3. 実験結果

3.1 発泡成形品の寸法測定

図4に通常成形品の形状を示した。図4から、円盤中心部のゲート裏側に深さが $131.2\mu\text{m}$ のヒケがある。保圧を 20MPa 、 30sec かけたが、ヒケが発生した。射出体積を 46.51cm^3 にしたときの、発泡成形品の寸法形状を図5に示す。その結果、円盤中心部のヒケが無くなっていることが確認できる。発泡が内部に存在することで、樹脂に内圧がかかり、樹脂の収縮を抑え、ヒケが無くなったと言える。しかしながら、ソリに関しては、最大高低差 $171.3\mu\text{m}$ となり、通常成形と比較して、改善が見られない結果となった。また、射出体積 46.51cm^3 のときの、樹脂を打ち切った時の射出圧が、 42.5MPa であった。射出体積を 28.68cm^3 にしたときの結果を図6に示す。図より射出体積が、 46.51cm^3 の時同様に、ヒケが無くなった。また、ソリに関しては、成形品の最大高低差が、 $113.3\mu\text{m}$ となり、 46.51cm^3 と比較してソリが改善された。また射出体積が 28.68cm^3 のとき、樹脂を打ち切った射出圧が、 16.3MPa であった。

以上の結果より、射出体積が 28.68cm^3 の時ソリ、ヒケとも改善され、寸法精度が向上したと言える。ヒケに関しては、発泡成形をすることによって無くなった。ソリに関しては通常成形と比較し、 13.6% 改善した。

3.2 成形品スキン層観察と考察

射出体積を操作していった結果、発泡成形品のスキン層^{注1}の厚さに変化がみられた。射出体積 46.51cm^3 の場合、成形品の平均スキン層が $1113\mu\text{m}$ となった。また、射出体積が 28.68cm^3 のとき、成形品平均スキン層が $839\mu\text{m}$ となった。射出体積

を増加させると、成形品のスキン層の厚さが増加する結果となった。図7にスキン層と射出体積の関係を示す。円盤中心から 15mm 半径方向に離れた所(A部)(図3参照)のスキン層を観察したところ、射出体積を 46.51cm^3 から 28.68cm^3 に減少させることによって、スキン層が指数関数的に減少した。また、円盤中心から 45mm 半径方向に離れた所(B部)(図3参照)のスキン層を観察したと

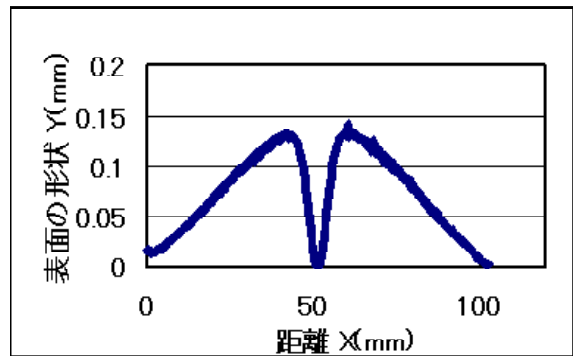


図4 通常成形における成形品の寸法形状

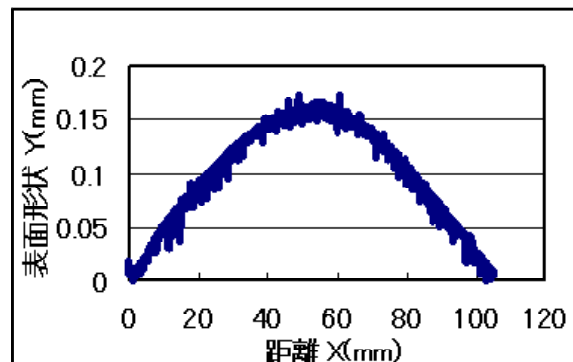


図5 射出体積 46.51cm^3 の発泡成形品の寸法形状

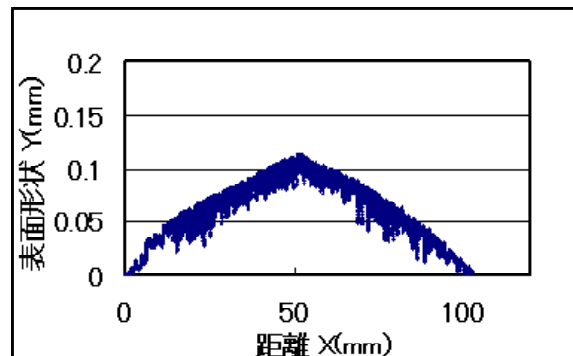


図6 射出体積 28.68cm^3 の発泡成形品の寸法形状

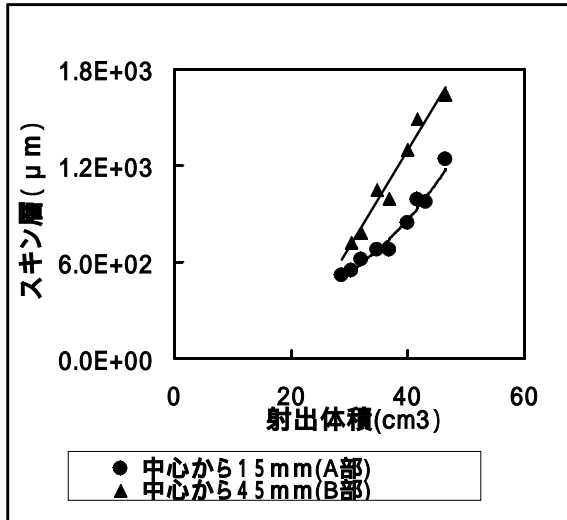
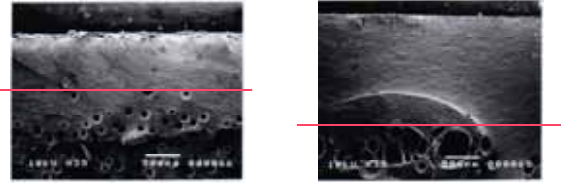


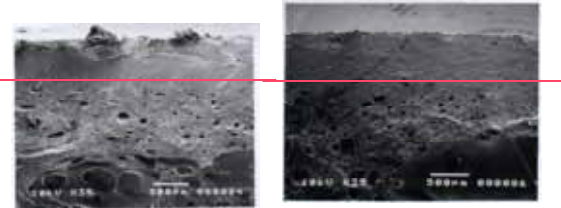
図7 発泡成形品のスキン層と射出体積の関係

ころ、射出体積を46.51cm³から28.68cm³に減少させることによって、直線的に減少した。B部におけるスキン層の減少率は、A部におけるスキン層の減少率より急激に減少した。結果、射出体積が46.51cm³の時は、成形品にスキン層の厚さが場所によって違いがあったが(図8)、射出体積を28.68cm³にすることによって成形品に均一なスキン層が形成することが出来た。SEM像(図8、図9)からも確認できる。

以上の結果より、スキン層の関係をを用いて、寸法精度の向上について考察を行った。射出体積46.51cm³のときはスキン層が厚く、不均一という点から、そのスキン層部分に収縮する絶対量が大きいため、ヒケは無くなったが、ソリが大きくなったと考えられる。射出体積28.68cm³のときのスキン層は、射出体積46.51cm³のときのスキン層と比較すると、薄く、均一となったため、収縮する絶対量が少なくヒケが無くなり、ソリが減少したと考えられる。また射出体積が28.68cm³は、射出体積46.51cm³のときと比較して樹脂を打ち切ったときの射出圧が低いことから低圧で金型に入り、成形されたことが考えられる。その結果、成形品の残留応力が少なくなったこともソリが少なくなった1つの要因であると言える。



円盤中心から15mm 円周方向離れた位置
円盤中心から45mm 円周方向離れた位置
図8 射出体積46.51cm³における発泡成形品のSEM像



円盤中心から15mm 円周方向離れた位置
円盤中心から45mm 円周方向離れた位置
図9 射出体積を28.68cm³における発泡成形品のSEM像

4. まとめ

- (1) 射出体積を増加させると、成形品のスキン層の厚さが増加する結果になった。
- (2) 射出体積が28.68cm³のとき、成形品に均一なスキン層が形成することができた。
- (3) 射出体積とスキン層の厚さに相関関係が得られた。射出体積が増加すると、スキン層厚さが増加した。
- (4) 発泡成形を行うことで、ヒケが減少した。

射出体積を28.68cm³にしたとき、ヒケ、ソリとも改善した。

注1 本研究では、表面に発泡していない層のことをいう。

参考文献

- 1) 寺本弦正: Mucell 発泡成形における発泡セル形態の影響因子把握、成形加工'03, (2003), 247-250
- 2) 村田泰彦 横井秀俊: 成形加工シンポジア 96 299(1996)
- 3) J. S. Coltn, N. P. Sue: Advanced Manufacturing Process, 1(1986)341-3643.4