集積熱電対センサによる型内樹脂内部の温度分布計測

第3報 各種キャビティ条件の検討

阿 部 聡^{*1}・村 田 泰 彦^{*2}・横 井 秀 俊^{*3}

Measurement of Melt Temperature Distribution along the Cavity Thickness Direction by Using Integrated Thermocouple Sensor

Part III Investigation of Temperature Distribution under Several Cavity Conditions

Abe, Satoshi^{*1}/Murata, Yasuhiko^{*2}/Yokoi, Hidetoshi^{*3}

Following the previous study, the resin temperature distribution through the thickness of a cavity was directly measured using an integrated thermocouple sensor. The following conditions were controlled in this study: ①resin temperature and mold temperature, ②surface roughness conditions and ③cavity thickness.

The conclusions of this present study are the following:

(1) When the (incoming) resin temperature was raised at a fixed mold temperature, no peak was observed in the temperature distribution. However, when the mold temperature was appropriately adjusted at constant (incoming) resin temperature, a peak in the temperature distribution could develop. This peak was relatively insensitive to changes in the mold temperature.

(2) Adjustment of the cavity surface properties from a satin surface finish to a mirror finish did not change the location of the temperature peak, but did alter the temperature distribution in the region between the temperature peak and the cavity wall.

(3) When the cavity thickness was changed, the temperature peak was found to occur at the same distance from the cavity wall. It was also confirmed that the temperature distribution was relatively flat from the peak to the cavity wall.

(4) The conclusions from the previous studies and the above results clarify that the following five factors cause the temperature peak phenomenon: ①the crystallization temperature "T_c" or viscosity properties near the glass transition point "T_g", ②latent heat, ③thermal conductivity, ④resin temperature and ⑤cavity thickness.

Key words: Injection molding/Measurement/Temperature distribution/
Integrated Thermocouple Sensor/Shear heat

1. 緒 言

近年、射出成形技術の進歩はめざましいものがあり、複雑形状製品の大量生産技術としてだけではなく、光学レンズおよびDVD用光ディスク基板、回折格子、プラスチックフェルール等の精密成形品の生産にまで利用されている。しかし、このような成形技術の進歩の陰で、ウェルドラインおよびフローマーク、転写不良、ひけ、そりなどの成形不良現象が依然として発生し、成形技術者を悩ませ続けている。これらは、型内成形現象の実証的な解明が遅れているために、試行錯誤的な対応に頼らざるを得ない状況であることが、大きな原因と考えられる。

型内成形現象の解明のためには、樹脂流動および樹脂温

^{*1} 東京都立産業技術研究所
生産技術部材料技術グループ
東京都北区西が丘 3-13-10 (〒115-8586)
Tokyo Metropolitan Industrial Research Institute
3-13-10, Nishigaoka, Kita-ku, Tokyo 115-8586, Japan

^{*2} 東京大学生産技術研究所 物質・生命大部門
東京都目黒区駒場 4-6-1 (〒153-8505)
Institute of Industrial Science, University of Tokyo
4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan

^{*3} 東京大学国際・産学共同研究センター
東京都目黒区駒場 4-6-1 (〒153-8505)
Center for Collaborative Research, University of Tokyo
4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, Japan
2002. 6. 17 受理

度分布、樹脂圧力分布を詳細に計測することが重要と考えられる。著者の一部らは、樹脂温度分布の計測を目的として、めっきにより多数の熱電対パターンを薄いポリイミドフィルム上に形成した集積熱電対センサを提案した¹⁾。そして、従来の素熱電対法^{2),3)}および赤外線放射温度計測法^{4),5)}等では、計測が困難であったキャビティ厚さ方向樹脂温度分布の計測に成功した。さらに、センサ基板の低い強度および熱電対素線を介した熱伝導誤差の発生を改善した新しいセンサパターンを設計・製作し、高粘度樹脂およびガラス繊維充填材料の高射出率条件下での計測を行い、キャビティ壁面近傍においてせん断発熱に起因した突起状の温度ピークが生成されることを初めて実証的に明らかにした⁶⁾。また、上記温度ピーク生成現象が、射出率に加えて、成形材料の粘度特性および結晶化潜熱、熱伝導率および樹脂表面とキャビティ壁面との間の熱抵抗によって支配されるというモデルを提示した⁶⁾。

本研究では、さらに広い範囲の成形条件下において、温度ピーク生成状況を含めた温度分布形状がどのように変化するかの検討を行った。具体的には、(1)樹脂温度および金型温度、(2)キャビティ表面性状、(3)キャビティ厚さ等のキャビティ条件をそれぞれ変化させた場合のキャビティ厚さ方向樹脂温度分布の計測を試みた。以下にその概要を報告する。

2. 実験方法

2.1 キャビティ形状

集積熱電対センサ（以後、本センサと呼称する）および計測金型の基本構造については、前報⁶⁾に詳しいので、ここでは省略する。図1は、本論文で使用したキャビティの形状を示している。本キャビティでは、キャビティ厚さ t を変更できる構造となっており、厚さ t を、前報⁶⁾の3mmに加えて2mmおよび4mmの3通りに設定して計測を行った。できるだけ長い時間樹脂を流して温度計測ができるように、キャビティ末端部に樹脂溜まりを設けている。本実験では、すべての計測条件において、ゲートから15mm離れたキャビティ内の位置において、キャビティ

Fig.1 Cavity shape (Unit : mm)

中心軸に沿う方向にセンサを設置した。また、ランナ内のエジクタピンの下に、水晶圧電式圧力センサ（日本キスラー製 Type 9221）を設置し、圧力計測を行った。

図2は、各キャビティ厚さに対する、本センサの設置方法を示している。キャビティ厚さ2mmに対してはカップリング⑩～⑮の6点、3mmに対しては⑥～⑮の10点、4mmに対しては、③～⑮の13点をそれぞれキャビティ内に配置して樹脂温度分布の計測を行った。また、各厚さごとに金型内に配置された1～2点のカップリング部の温度も同時に計測した。カップリング部の位置決めは、工具顕微鏡（ミットヨ製 TM 300）を用いて行った。さらに、カップリング部のZ方向位置を工具顕微鏡にて計測し、その値を計測位置と定義した。

キャビティ表面性状の影響検討実験では、金型可動側キャビティ壁面のみを、標準条件である機械加工面から、鏡面あるいは梨地面にそれぞれ変更して温度計測を行った。表1に、表面粗さ測定機（ミットヨ製サーフテスト 701）によって計測された3種類のキャビティ面の表面性状を示す。なお、キャビティ表面性状の影響以外の検討実験には、機械加工面のキャビティを使用した。

本実験では、温度およびランナ内圧力とともに、射出成形機の射出圧力も同時に、レコーダ（横河電機製 AR 1600）に記録した。

2.2 成形条件

樹脂は、ポリプロピレン PP-J 300（三井石油化学工業（現三井化学）製ハイポール J 300）、および汎用ポリスチレン GPPS-8 K（住友化学工業製エスブライト 8 K）を使用した。

樹脂温度および金型温度の影響、キャビティ表面性状の影響の検討では、いずれもキャビティ厚みを3mmとして計測を行った。成形条件をまとめて表2に示す。樹脂温度および金型温度の影響検討では、PP-J 300を用いて、樹脂温度と金型温度をそれぞれ2通りに変化させて計測を行った。また、キャビティ表面性状の影響検討では、PP-

Table 1 Surface roughness conditions (Unit : μm)

	Mirror finished	Machined	Satin
Ra	0.038	0.106	5.042
Rz	0.286	1.478	31.736
Ry	0.392	2.078	33.980

Table 2 Molding conditions I
(Cavity thickness : 3 mm)

Resin	PP-J 300	GPPS-8 K
Injection rate (cm ³ /s)	6.8/13.6/20.4	
Injection volume (cm ³)	23.3	
Resin temperature* (°C)	200-200-200-180 250-250-250-230	210-210-210-190
Mold temperature (°C)	30/74	30

*Set-up temperature at nozzle and heating cylinder
(Nozzle-Metering zone-Compression zone-Feed zone)

Fig. 2 Sensor installation method (Unit: mm)

J 300 と GPPS-8 K を用いて計測を行った。なお、樹脂温度については、ノズルから加熱シリンダにかけて若干の温度傾斜を設けているが、以後、便宜的にノズル温度を樹脂温度と定義して呼ぶこととする。金型温度は、キャビティ壁面温度と定義し、本実験では、30℃あるいは74℃になるように金型温度調節機（シスコ製 TDU 757 R）を用いて調節した。なお、熱電対式表面温度計（安立計器製 HL-200）を用いて、射出開始直前に壁面温度を実測したところ、本実験条件下では、壁面温度が28.9～30.9℃、72.9～74℃の範囲内に収まっていることが確認された。

キャビティ厚さの影響検討に用いた成形条件を表3に示す。射出率を一定としてキャビティ厚さを変化させた場合では、キャビティ内における樹脂の平均流速が変化する。そのため、各厚さで計測された温度分布形状の相互比較が困難となる。そこで本論文では、厚さを変化させても、樹脂の平均流速ができるだけ異ならないように、射出率を調節した。具体的には、2 mm および 4 mm の場合には、3 mm での射出率を基準として、それに厚み比を乗じた値に設定することとした。上記方法により射出率を各厚さごとにそれぞれ3通りに変化させて計測を行った。以後、3通りの射出率を低射出率、中射出率、高射出率と呼称する。なお、2 mm の低射出率の場合では、固化の進行により充填途中で樹脂流動が停止し、正常な計測が行えなかったために、例外的に3 mm の場合と同じ6.8 cm³/s に設定することとした。本実験では、樹脂がスプルー、ランナ内を通

過する間の射出率を、各厚さで同じ値に設定せずに、表3に示す各厚さごとの異なった射出率設定のまま行った。そのため、上記部位内での樹脂のせん断発熱状況等は、各厚さで若干異なることに注意を要する。

計測実験に使用した射出成形機はコマツ製 FKS 80（最大型締力 784 kN）で、実験手順については前報⁶⁾に詳しいので、ここでは省略する。

3. 実験結果

3.1 樹脂温度および金型温度の影響

a. キャビティ厚さ方向樹脂温度の経時変化

図3は、PP-J 300 において、樹脂温度および金型温度をそれぞれ変化させて得られた、射出率 13.6 cm³/s の場合の各計測点における温度と圧力の経時変化を示している。(1)の樹脂温度 200℃、金型温度 30℃ の場合では、キャビティ壁面付近⑥⑮で、また、(2)の樹脂温度 250℃、金型温度 30℃ の場合では、⑥⑦⑭⑮でそれぞれ立ち上がり直後から射出完了まで穏やかな温度低下をそれぞれ示している。一方、(3)の樹脂温度 200℃、金型温度 74℃ では、壁面近傍において上記温度低下がそれほど見られず、ほぼ一定温度で射出完了時点まで推移している。このように、時間経過に対して、金型温度の変化がキャビティ中心部よりも壁面近傍の樹脂温度に影響を及ぼすこと、一方、樹脂温度の変化は壁面付近の樹脂温度にそれほど大きな影響を及ぼさないことが確認された。

b. キャビティ厚さ方向温度分布

図4は、射出完了直前におけるキャビティ厚さ方向温度分布を示している。ここでは、樹脂と金型温度との3通りの組み合わせ条件における計測結果を、各射出率ごとに重ね書きしている。樹脂温度を 200℃ として、金型温度を 30℃ と 74℃ にそれぞれ設定した場合の温度分布形状を比較すると、まず、すべての射出率条件において、キャビティ中央部では、両者の間に若干の温度差は見られるものの概ね一致した形状を呈し、そして、キャビティ壁面に近づくに伴い、その傾きを変化させている。また、(2)の射出率 13.6 cm³/s および (3)の 20.4 cm³/s では、両金型温度の場合ともに、固定側および可動側のそれぞれのキャビティ壁面から 0.75 mm 離れた位置 a～d 付近で突起状の温度ピークが生成されているのが確認される。

つぎに、金型温度を 30℃ として、樹脂温度を 200℃ から 250℃ に上昇させた場合には、すべての射出率条件で温度ピーク生成が見られなくなる。

3.2 キャビティ表面性状の影響

図5は、キャビティ表面性状を鏡面および梨地面にそれぞれ変化させて、PP-J 300 と GPPS-8 K を3通りの射出率条件で成形して得られた射出完了直前でのキャビティ厚さ方向温度分布を示している。なお、金型可動側キャビティ壁面が、鏡面あるいは梨地面に加工されている。(1)の PP-J 300 では、鏡面および梨地面の場合ともに、射出率 13.6 cm³/s 以上の場合において壁面付近 (e～h の位置) でせん断発熱による温度ピーク生成が見られる。一方、(2)の GPPS-8 K では、PP-J 300 の場合ほど大きな温度ピーク生成は見られない。両樹脂の場合、ピーク生成位置における温度の値は、鏡面および梨地面ともにほぼ同じで、表

Table 3 Molding conditions II

Resin	PP-J 300/GPPS-8 K			
	t (mm) *	Low	Medium	High
Injection rate (cm ³ /s)	2	6.8	9.5	13.6
	3	6.8	13.6	20.4
	4	9.5	17.7	27.2
Injection volume (cm ³)	23.3			
Resin temperature** (°C)	200-200-200-180/210-210-210-190			
Mold temperature (°C)	30			

*Cavity thickness

**Set-up temperature at nozzle and heating cylinder
(Nozzle-Metering zone-Compression zone-Feed zone)

面性状変化が温度ピーク生成状況にほとんど影響を及ぼさない結果となっている。表面性状変化の影響が現れている範囲は、温度ピーク生成位置よりも外側の2.5~3.0 mmの金型可動側キャビティ壁面近傍領域で、ここでは梨地面で計測された温度が鏡面のそれよりも高くなっている。

鏡面と梨地面との温度差をさらに詳細に検討するために、キャビティ厚さ方向の各位置における梨地面の場合に計測された温度 T_s と鏡面のそれ T_m との温度差 ΔT ($=T_s -$

T_m) を求めて表示したものを図6に示す。なお、同図では、射出開始後の2つの経過時刻での結果を表示している。両樹脂の場合ともに、約2.0 mmの位置から可動側壁面にかけて温度差が放物線状に増加し、温度差は、射出率の増加に伴い大きくなる傾向を示している。また、射出開始から時間が経過するに伴い温度差は若干小さくなっている。さらに、温度差は、PP-J 300よりもGPPS-8 Kの方が大きくなることが確認される。

3.3 キャビティ厚さの影響

図7は、各キャビティ厚さにおいて射出率を変化させて得られた、射出完了直前でのキャビティ厚さ方向温度分布を示している。ここでは、前報⁶⁾で計測された厚さ3 mmの結果を比較のために再掲した。

2 mmでは、両樹脂の場合ともに、放物線状の温度分布形状を呈し、射出率の増加に伴い、厚さ方向全域において温度が徐々に上昇する傾向を呈している。3 mmでは、PP-J 300において射出率の増加に伴い、壁面近傍のi, jの位置において温度ピークの生成が顕著になる。4 mmでは、両樹脂および、すべての射出率条件において、k~rの位置に温度ピークの生成が見られる。特に4 mmでは、3 mm以下の厚さではほとんど見られなかった低射出率条件およびGPPS-8 Kにおいても、はじめて温度ピークの生成が確認された。さらに、4 mmでは、両樹脂の場合ともに射出

Fig.3 Temperature and pressure variation curves measured for several set-up resin and mold temperature conditions (PP-J 300, Injection rate : 13.6 cm³/s)

Fig.4 Influence of set-up resin and mold temperature on temperature profiles along the cavity thickness at the end of filling process (PP-J 300)

Fig. 5 Temperature profiles along the cavity thickness of mirror finished cavity surface and satin cavity surface at the end of filling process

Fig. 6 Difference “ ΔT ” between melt temperature “ T_s ” measured for satin cavity surface and “ T_m ” for mirror finished one at each measured position along the cavity thickness ($\Delta T = T_s - T_m$)

Fig. 7 Temperature profiles along the cavity thickness for several cavity thickness at the end of filling process

率の増加に伴い、温度ピーク生成位置がキャビティ壁面方向へと移動する様子が確認される。

各キャビティ厚さにおける温度分布形状を相互比較するために、温度立ち上り時点から1.0秒が経過した時刻における、各キャビティ厚さで得られた温度分布を重ね書きしたものを図8に示す。この場合、表3に示す中射出率における結果を代表例として掲げた。まず、両樹脂の場合ともに、すべてのキャビティ厚さ条件において、金型固定側キャビティ壁面から約0.75 mm離れたsあるいはu付近に温度ピーク点が位置している。また、ピーク点での温度は、キャビティ厚さの増加に伴い若干上昇する傾向を示している。ただし、sおよびuの位置から可動側キャビティ壁面にかけての温度勾配は、各厚さ間でそれほど大きな差がなく、ほぼ一致していることがわかる。さらに、両樹脂の場合ともに、キャビティ中央部の温度は、厚さの増加に伴い、若干上昇する傾向を示している。

4. 考 察

4.1 樹脂および金型温度の影響

金型温度を一定として樹脂温度を上昇させた場合では、温度ピークが生成されなくなること、一方、樹脂温度を一定として金型温度を変化させた場合では、温度ピークが生成されるものの、生成状況にほとんど差異が現れないことが確認された。これらの原因は、以下のように考察される。

フーリエの法則により、樹脂からキャビティ壁面への伝熱量は、キャビティ壁面近傍に生成される温度勾配が大きくなるに伴い、すなわち①樹脂温度200℃/金型温度74℃、②樹脂温度200℃/金型温度30℃、③樹脂温度250℃/金型

温度30℃の設定条件順に大きくなる。

樹脂温度250℃/金型温度30℃の場合では、キャビティ中央部から壁面近傍にかけての樹脂温度の上昇により、壁面近傍での樹脂粘度が低下し、そのため、せん断発熱が抑制される。また、この場合、壁面近傍での温度勾配が大きく、前述したように樹脂から壁面への伝熱量が大きくなるために、せん断によって発生した熱が壁面へと移動して失われ易い状況にある。以上2つの要因が重なって、温度ピークが生成されなかったものと推察される。

樹脂温度200℃/金型温度74℃の場合では、壁面近傍における樹脂温度の上昇により、壁面近傍での樹脂粘度が低下し、そのため、金型温度30℃の場合に比べてせん断発熱が抑制される。しかし、壁面近傍での温度勾配が小さく、樹脂から壁面への伝熱量が小さくなるために、せん断により発生した熱が壁面へと移動し難くなる。その結果、せん断発熱は抑制される傾向にあるものの、一旦発生した熱は、壁面へとそれほど移動せずその場に滞留するために、温度ピーク生成にはそれほど影響が及ばず、金型温度30℃の場合との間で差異が見られなかったものと推察される。

このように、樹脂温度が温度ピーク生成に対する支配因子となることが明らかになった。

4.2 キャビティ表面性状の影響

キャビティ表面性状を数百倍変化させたにも関わらず、温度ピーク生成状況には、ほとんど影響が及ばないことが確認された。影響が及ぶのは、温度ピーク生成領域の外側からキャビティ壁面にかけての領域で、この領域では、鏡面よりも梨地面の方が、温度が高くなることが確認された。これらの原因について以下に考察する。

Fig.8 Comparison of the temperature profiles from cavity wall in different thickness cavities (Elapsed time after temperature rise : 1.0s, Medium injection rate)

鏡面よりも梨地面の場合の方がキャビティ壁面近傍において温度が高くなったのは、鏡面よりも表面に大きな凹凸を有する梨地面では、界面において樹脂との接触面積が小さくなるために、鏡面に比べて、界面における熱抵抗⁷⁾が増加することが原因と考えられる。ただし、このように熱抵抗に起因して、梨地面と鏡面との間で、キャビティ壁面近傍における温度勾配に差が表れたものの、この差は、前節で述べた PP-J 300 において樹脂温度を変化させた場合に生成されたほどの大きな差ではないために、温度ピーク生成状況には影響をもたらさなかったものと考えられる。

梨地面と鏡面との間の温度差は、射出開始後の経過時間、および射出率、樹脂の種類により変化した。以下では、これらの原因について考察を加える。射出開始から時間が経過するに伴い梨地面と鏡面との温度差が小さくなった。これは、樹脂充填が進むに伴い樹脂の冷却が進行し、樹脂表面とキャビティ壁面との温度差が小さくなり、そのため、梨地面と樹脂界面の熱抵抗および鏡面と樹脂のそれとの間に差が生じて、それほど大きな影響が及ばなかったことが原因と考えられる。また、射出率増加に伴い梨地面と鏡面との温度差が大きくなった。これは、高射出率ほど充填時間が短く、樹脂の冷却がそれほど進行しないため、上記と逆の現象、すなわち、樹脂表面とキャビティ壁面との温度差が大きくなり、梨地面と鏡面との熱抵抗差の影響が大きくなったことが原因と考えられる。さらに、GPPS-8K よりも PP-J 300 の方が温度差が若干小さくなった。これは、PP-J 300 は結晶化潜熱を有するために、GPPS-8K に比べて樹脂の冷却が促進され難く、そのため、梨地面への密着性が向上し、その結果、熱抵抗が減少することが原因と考えられる。

4.3 キャビティ厚さの影響

キャビティ厚さを変化させた場合、キャビティ壁面から同じ距離だけ離れた場所に温度ピーク点が位置すること、また、ピーク点からキャビティ壁面にかけての温度勾配がほぼ等しくなることが確認された。これは、キャビティ厚さの変化が、キャビティ壁面近傍におけるせん断発熱現象および伝熱現象に対してほとんど影響を与えず、むしろキャビティ厚さ中央部の温度一定領域の広さに影響を与えることを示唆するものである。厚み 2 mm の場合には、キャ

ビティ中心部付近までせん断発熱と伝熱現象が支配する領域となり、温度一定領域が極めて小さくなる。また、温度ピークも、キャビティ中心部で重なって生成されているものと推察される。厚みの増加とともに、温度一定領域が拡大し始め、3 mm および 4 mm では、温度ピークが両壁面付近に生成される。

厚さの増加に伴い、ピーク点での温度、およびキャビティ中央部の温度が全体的に若干上昇する傾向を示した。本論文では、キャビティ厚さを変化させても、キャビティ内での樹脂の平均流速ができるだけ異ならないように、射出率の調整を試みた。しかし、この際、2.2 節で述べたように、ノズルおよびスプルー、ランナ内を通過する樹脂の平均流速については各厚さで同一になるように設定を行わなかった。そのため、ノズルからゲートに至る領域での樹脂のせん断発熱状況が各厚さにおいて異なる結果となり、厚さが増加する、すなわち、射出率が増加する条件ほど、上記部位でのせん断発熱が促進され、樹脂がキャビティ内に流入した時点で、すでに温度値が若干上昇していることが原因と推察される。

前報⁹⁾において、温度ピーク生成現象が、射出率に加えて、①樹脂の結晶化温度 T_c あるいはガラス転移点 T_g 付近の粘度特性、および②結晶化潜熱、③熱伝導率、④樹脂表面とキャビティ壁面との間の熱抵抗によって支配されるというモデルを提示した。本論文における検討により、④の因子は温度ピーク生成現象に対してそれほど大きな影響を及ぼさないことが明らかとなった。また、上記因子の他に、キャビティ壁面近傍における樹脂粘度および伝熱現象に大きく影響を及ぼす樹脂温度、そして、キャビティ厚さを支配因子として新たに考える必要があることが明らかになった。

5. 結 言

本論文で得られた結論を以下に列記する。

- (1) 金型温度を一定として、樹脂温度を上昇させた場合では、温度ピークが生成されなくなること、一方、樹脂温度を一定として金型温度を変化させた場合では、温度ピークが生成されるものの、生成状況には、ほとんど差異が現れないことが確認された。また、上記現象

が、樹脂温度および金型温度条件によって変化するキャビティ壁面近傍における温度勾配と樹脂粘度とに起因するものと考察した。

- (2) キャビティ表面性状を梨地面と鏡面にそれぞれ調整して温度分布計測を行った結果、キャビティ表面性状の変化が、温度ピーク生成状況にほとんど影響を及ぼさないことが確認された。
- (3) キャビティ表面性状変化の影響が及ぶのは、温度ピーク生成領域の外側からキャビティ壁面にかけての領域である。鏡面よりも梨地面の方が、界面における熱抵抗が大きくなるために、この領域における温度が高くなるものと考えられた。また、上記温度差は、射出開始直後ほど、射出率が増加するほど、GPPS-8KよりもPP-J 300の場合の方が大きくなることが確認された。
- (4) キャビティ厚さを変化させた場合、キャビティ壁面から同じ距離だけ離れた場所に温度ピーク点が位置すること、また、ピーク点からキャビティ壁面にかけての温度勾配がほぼ等しくなることが確認された。
- (5) 上記(4)項より、キャビティ厚さの変化が、キャビティ壁面近傍におけるせん断発熱現象および伝熱現象に対してほとんど影響を与えず、むしろキャビティ厚さ中央部の温度一定領域の広さに影響を与えることが示唆された。
- (6) 前報⁶⁾において得られた結論と、上記(1)～(5)の結果を総合することにより、①射出率および②樹脂の結晶化温度 T_c あるいはガラス転移点 T_g 付近の粘度特性、③結晶化潜熱、④熱伝導率、⑤樹脂温度、⑥キャビティ

厚さの以上6つが温度ピーク生成現象の支配因子となることが明らかとなった。

以上のように、本センサにより、これまで詳細に解明することが困難であった、せん断発熱による温度ピーク生成現象の支配因子をはじめ実証的かつ系統的に明らかにすることができた。これらの結果は、本センサの実用性と有効性を実証するものであり、今後、可視化計測技術および樹脂圧力計測技術等を併用することにより、未知の成形プロセスおよび成形不良現象のさらなる解明が期待できる。

謝 辞

センサの製作にご協力下さいました(株)サンワード、ならびに樹脂をご提供下さいました三井化学(株)、住友化学工業(株)に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 横井秀俊, 村田泰彦, 塚越 洋: 成形加工, **8**, 107 (1996)
- 2) Thienel, P. and Menges, G.: *Polym. Eng. Sci.*, **18**, 314 (1978)
- 3) 黒崎晏夫, 佐藤 勲, 石井浩一郎: 日本機械学会論文集 (C編), **56**, 504 (1990)
- 4) 林 博巳: プラスチックス, **31**, 99 (1980)
- 5) 佐藤 勲, 斉藤卓志: 成形加工, **11**, 874 (1999)
- 6) 村田泰彦, 阿部聡, 横井秀俊: 成形加工, **14**, 257 (2002)
- 7) 横井秀俊, 河村達次: 成形加工シンポジア'94, 150 (1994)