

ノート

プラスチック射出成形におけるゲートの影響

安田 健^{*1)}, 長谷川 英暁^{*2)}, 清水 研一^{*3)}, 福田 良司^{*4)}, 柴野 三朗^{*2)}

Effect of width of gate on polymer injection molding

Takeshi Yasuda, Hideaki Hasegawa, Kenichi Shimizu, Ryoji Fukuda, Saburo Shibano

キーワード: プラスチック射出成形, ゲートの幅, 金型設計

Keywords: Injection molding, Width of gate, Mold design

1. はじめに

現在の我々の生活において、触れない日がないほど、プラスチックは必要不可欠のものである。そのプラスチック製品の多くは、射出成形で作られる。近年日本では、「少品種大量生産」から、「多品種少量生産」にシフトしている。射出成形において、「少品種大量生産」するために、一個取り金型から多数個取り金型にシフトし、その中で品質向上のため、金型内のランナバランスの問題が取り上げられ、射出成形 CAE ソフトウェア結果と経験により解決してきた。「少品種大量生産」を実現する多数個取りにおいては、スプルからゲートまでの形状および長さが問題となったが、「多品種少量生産」を実現するためには、同一の金型で異なる形状の製品を成形する必要が生じる。この技術は、製品の形状が異なるために、多数個取りにおけるランナバランスに加えて、製品に必要な充填圧力バランスを取ることが重要となる。良好な金型を作製するために、トライ&エラーを繰り返し、金型を改良していくことになるが、できる限り金型の修正は簡単なほうが生産効率の向上に寄与できる。例えば、ゲートやランナ部分を入れ子にして、交換することで、異なる製品の同時成形金型内の充填バランスを制御できれば、品質向上および短納期に貢献できる。そこで本研究では、射出成形金型におけるゲートの幅に着目し、充填時におこる現象について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 材料 成形材料として、ポリプロピレン(MA1B, 日本ポリプロ製)を用いた。

2.2 射出成形 射出成形機には、油圧式射出成形機(ネスタール 150/75, 最大型締め力 75 ton, 住友重機械工業製)を用いた。金型の模式図を図 1 に示す。製品形状は、JIS K 7113¹⁹⁹⁵ 1号形試験片である。ゲート A, B は、入れ子で

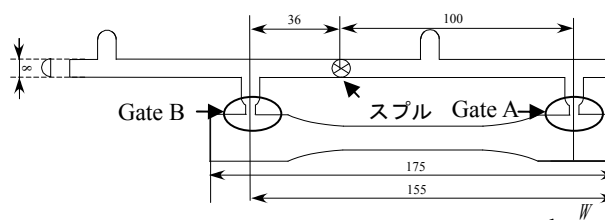


図 1. 射出成形品の形

厚さ, 幅を変えることができる。本研究では、ゲートの厚さは 2 mm とし、樹脂温度およびゲート A, B の幅を表 1 のように変えて成形を行い、試験片にできるウエルドラインの位置を計測した。すべての Case において、射出速度を 5.5 ~ 33 cm³/s の間で変化させた。金型は室温で使用した。

表 1. ゲートの幅と樹脂温度

	Width of Gate A	Width of Gate B	Resin temp.
unit	mm	mm	℃
Case 1	6	6	200
Case 2	2	2	200
Case 3	2	2	230

2.3 金型内流動結果の表示 ノズルから充填された樹脂は、スプルを通りランナで二方向に分岐され、片方の流動先端は 100 mm 先で分岐されゲート A に、もう片方の流動先端は 36 mm 先で分岐されゲート B に到達する。樹脂の温度変化を考えない場合(等温系), 流動距離の短いゲート B から充填された後、ゲート A が充填され、製品部におけるウエルドライン⁽¹⁾は図 2(a)のようにゲート A 側にできる。充填パターンの一つの指標として、そのウエルドラインの位置(以下 w)を測定した。w を、図 1 に示す座標系 W を用いて表す。

*1) 繊維・化学グループ

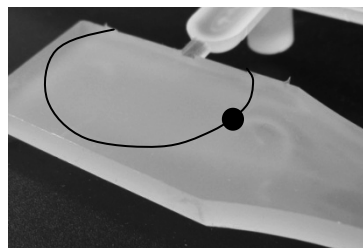
*2) 株式会社総合プラスチック

*3) 材料技術グループ

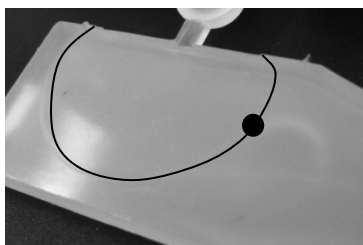
*4) 機械技術グループ



(a)パターン 1



(b)パターン 2



(c)パターン 3

図 2. 様々なウエルドライン

例えば、ゲート A からのみ充填される場合、 w は 175 mm となり、ゲート B からのみ充填される場合、 w は 0 mm となる。ウエルドラインが斜めの場合は、中心位置を測定した。図 2 (b), (c) のようなウエルドラインの場合(共に図 1 のゲート B 付近にできたウエルドライン)、図中の黒丸付近で測定を行い、(b) $w = 139$ mm, (c) $w = 150$ mm とした。

3. 結果と考察

Case 1 ~ 3 における成形条件の違いによる w を図 3 に示す。ゲート A, B の幅が 6 mm である Case 1 においては、射出速度が変化しても w は変化しなかった。一方、Case 2 では、射出速度が速くなると w が小さくなった。Case 3 は、Case 1 と比較すると w が大きく、また、射出速度が速くなるとわずかではあるが w が小さくなる傾向を示した。

射出成形は、加熱した樹脂を金型に充填する成形方法で、高温の樹脂が金型により冷却される過程と粘性発熱による温度上昇する過程が複合している。ゲートの幅が 6 mm である Case 1 においては、射出速度によらずウエルドラインの位置が同じことから、等温系の考え方で w (充填挙動) が予想できる。Case 1 と Case 2 は、ランナ部での金型からの冷却および発熱は等価であるが、ゲート断面積の小さい Case 2 のほうが、ゲート部での圧力損失は大きくなる。金型内流れは、ファウンテンフロー⁽²⁾であるため、固化相の形成により実際に流動できる断面積は本来の断面積より小さくなる。射出速度が小さければ、固化相は大きくなる。

そのため、ランナ部で同じ厚さの固化相を持つと仮定すると、Case 1 と Case 2 のゲート断面積に対する流動断面積の比 (流動断面積/ゲート断面積) は、Case 2 の方が小さくなり、流路断面積が小さい方がより金型からの冷却の影響を受ける。しかし、冷却だけしか考えないと Case 1, Case 2 とともに、ゲート A, ゲート B では、流動断面積であるため、 w は同じはずである。ランナ部における発熱を考慮すると以下のように考えることができる。射出成形では、ファウンテンフローであるため、現象として全く同じではないが、ランナ部における発熱量は、射出速度が大きくなると増えるが、温度分布が完全発達するまでの距離が長くなる⁽³⁾。スプルから分岐された樹脂は、ランナ部で発熱する。スプルからの距離の短いゲート B への到達時の樹脂の温度は、スプルからの距離の長いゲート A に比べて低いため、幅 2 mm (Case 2) のゲートのように流路の断面積が小さい場合、樹脂がゲートを通るのが難しいと考えられる。射出速度が速くなるとゲート B の樹脂温度が高くなり、ゲート B でも通りやすくなると考えられる。また、Case 3 のように成形時の樹脂温度を上げることにより、発熱量が少なくてもゲート B から流入しやすくなり w が小さくなると考えられる。特定の金型や成形条件によるが、ゲートの大きさにより充填挙動を変化させることができることがわかる。

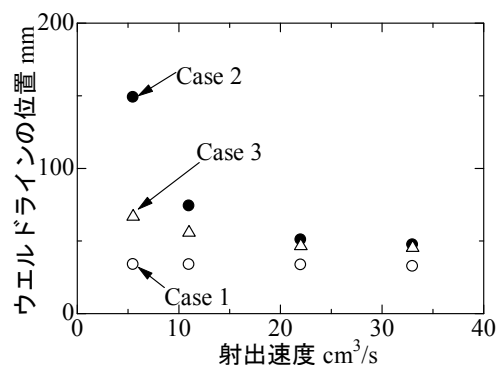


図 3. 射出速度、ゲート幅、樹脂温度が与えるウエルドラインの位置への影響

4. まとめ

本研究で、ゲートの大きさを変化させることにより、金型内充填挙動が変化した。そのため、形状の異なる製品を多数個取りする場合などの充填バランスの調整の有効な方法の一つであることが示唆された。

(平成 23 年 5 月 19 日受付, 平成 23 年 6 月 30 日再受付)

文 献

- (1) 例えば、プラスチック成形加工学会編：「流す・形にする・固める」, シグマ出版, pp. 161-162 (1996)
- (2) 例えば、プラスチック成形加工学会編：「流す・形にする・固める」, シグマ出版, pp. 160-161 (1996)
- (3) 安田 健, 田上 秀一, 家元 良幸：「円管ダイスウェルの非等温粘弾性シミュレーション-熱移動の影響-」, 成形加工, Vol. 22, No. 12, pp. 685-691 (2010)