

金型の摩擦低減技術に関する研究

メカニクス系工学専攻 教授 東崎 康嘉
メカニクス系工学専攻 講師 橋本 知久

1. 緒言

樹脂製品の環境対応，安全性への要求は，近年益々高まっている．それにより，樹脂製品の成形段階における，成形サイクルの短縮，材料費の低減，燃費の改善，廃棄物排出量の削減等を目的に製品の軽量化が進められている．また，製品の薄肉化に伴う技術的対応として，高流動性材料の開発，CAE 解析による金型ゲート点数の追加，成形法として射出圧縮成形等採用されている．¹⁾さらに，樹脂製品の薄肉化に伴う弊害を金型キャビティや成形機内バレル，スクリュを構成する従来の金属材料に付着性を改善した表面改質処理を施す研究を行うために，金属材料と樹脂材料の付着力の研究 ¹⁾がモデル試験を用いてなされている．また，金型の耐摩耗性向上のためにダイヤモンドライクカーボン (DLC) 被膜の研究も行われている．²⁾

金型の摩擦低減技術の一つとして振動付加 ³⁾が知られているが，振動付加の適用が可能な金型に関する調査を大阪東部地域で実施した．その中で金型成形品の離型抵抗が，複数個の金型 (ピン) で構成製造される複雑形状の製品が薄肉化した場合に特に問題が大きくなることを産学連携の調査で見出し，この解決策を見出すことが国際競争力確保に繋がることが分かった．その離型抵抗を低減する方法を定量的に評価するため，二個のピンを有する試験金型を製作し，金型の表面処理 (表面粗さやコーティング) や樹脂の違いによる薄肉製品の離型力の基礎的関係を特殊計測により定量化し，今まで不明であった離型力の時間的な変化なども明らかにすることに取組んだ．

2. 実験方法および条件

射出成形機は東洋機械金属 Si-50 (型締力 50tonf, 射出量 65cm³) を用いた．射出成形機外観を図 1 に示す．



図 1. 射出成形機外観

次に図 2 に計測原理を示す．突き出しピン背面のエジェクタ板の中にロードセルを装着し，離型時の力を直接計測することを目的としたものである．突き出しピンの頭がコアから出ないように，寸法管理を行いエジェクタ板の加工を行った．

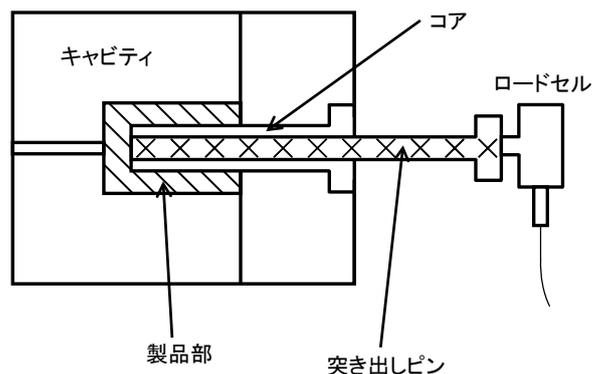


図 2.計測原理



図 3.コア装着状況

図 3 にコア装着状況を示す．今回キャビティの抜けテーパ角度は 1.3° である．コア先端に穴が開いており，そこから突き出しピンが離型時には頭を出す．エジェクタ板へロードセルの装着状況を図 4 に示す．なお，今回使用したロードセルの直径は 10mm で厚さは 3.5mm，1kN までの荷重計測が可能である．また，コアとして用いたピンは 2 本であるためロードセルも 2 個ある．

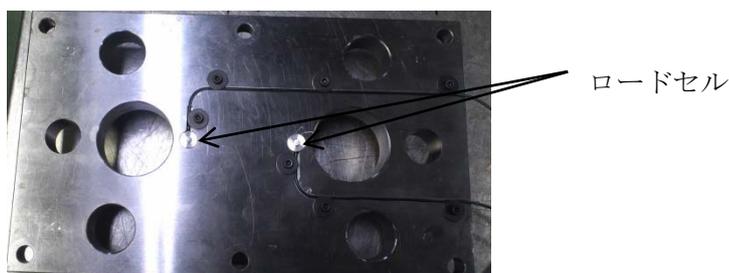


図 4.エジェクタ板への装着状況

今回の試験に用いた樹脂は PS (ポリスチレン)，PLA (ポリ乳酸)，ABS (ABS 樹脂) である．使用した材料のメーカーおよびそのグレードを表 1 に示す．

表 1.使用材料

	メーカー	グレード
PS (ポリスチレン)	東洋スチレン(株)	MWD4D
PLA (ポリ乳酸)	ユニチカ(株)	TE-2000C
ABS (ABS 樹脂)	旭化成ケミカルズ(株)	220

次に使用したコアの表面処理条件を表 2 にまとめた．コアの材質は大同特殊鋼の NAK80 を用いた．機械加工後のコアを基準にし，それに対して各種処理を施して離型抵抗の大きさの比較を行った．

表 2.コア表面処理条件

コア番号	処理条件
①	基準
②	磨き
③	磨き+特殊ブラスト処理
④	基準+特殊ブラスト処理
⑤	基準+特殊ブラスト処理+特殊フッ素コート
⑥	基準+特殊フッ素コート

特殊ブラスト処理の狙いは表面組織の緻密化・平滑化であり，特殊フッ素コートの狙いは樹脂との間の粘着性低下である．次に，各処理をしたコアの外観写真を図 5 に示す．

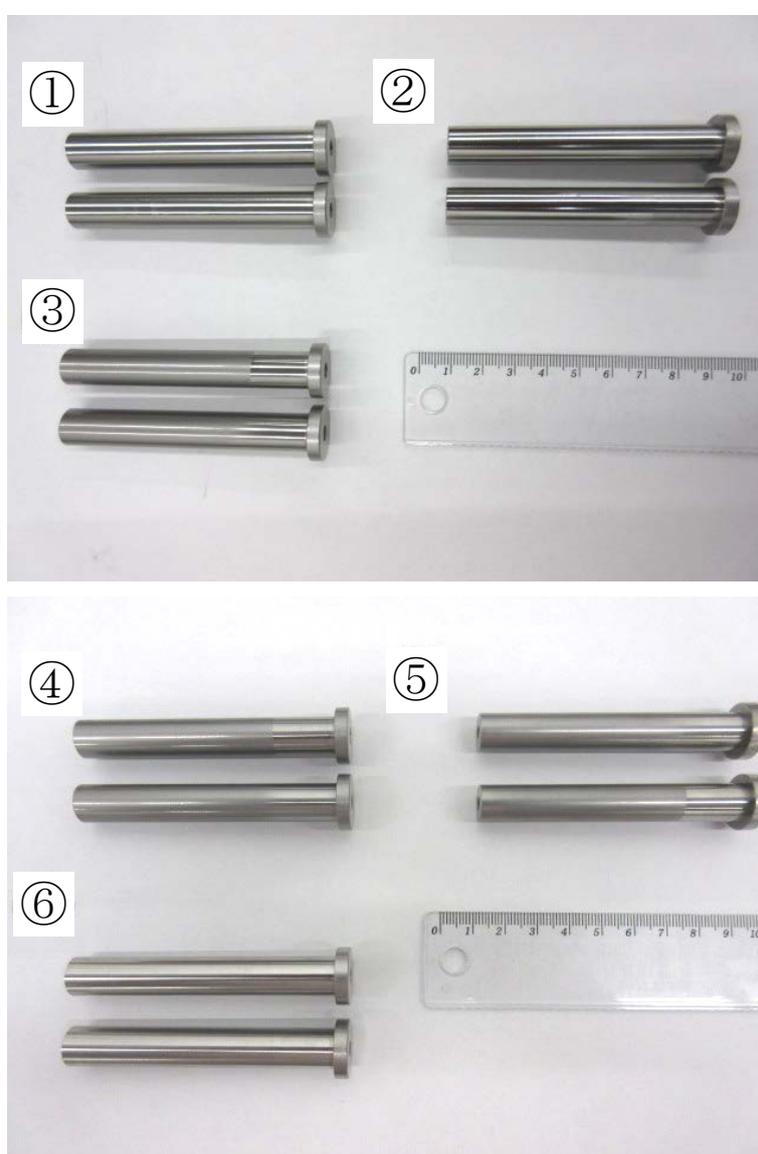


図 5.コアの外観写真

図 5 より，②の磨きが最も光沢があり，特殊ブラスト処理を施した②，③，④，⑤の表面が曇っていることが確認できる．

表 4.最大離型抵抗 PLA (ポリ乳酸)

離型時最大抵抗							単位 : [N]
条件		回数					平均
ピン	位置	1	2	3	4	5	
①	上	374.5	6.9	22.1	24.5	52.2	131.38
	下	428.1	167.3	86.2	71.4	80.6	
②	上	88.8	84.4	173.6	8.8	54.5	70.15
	下	230.2	25.6	2.3	6.7	26.6	
③	上	24.2	116.4	93.6	108	225.3	135.14
	下	339.8	137.7	92.1	124.7	89.6	
④	上	289.8	80.9	71.7	37.2	28.4	139.27
	下	344.2	111.8	158.6	138.5	131.6	
⑤	上	22.4	22.8	21.9	25.1	24.7	37.31
	下	136.4	17.6	22.5	35	44.7	
⑥	上	23.2	73.5	67.1	62.7	62.1	59.47
	下	40.9	61.9	68.6	68.8	65.9	
		: 金型開時、成形品がピンから抜けかけ					

表 5.最大離型抵抗 ABS (ABS 樹脂)

離型時最大抵抗							単位 : [N]
条件		回数					平均
ピン	位置	1	2	3	4	5	
①	上						
	下						
②	上						
	下						
③	上						
	下						
④	上						
	下						
⑤	上	411	474.5				452.175
	下	446.8	476.4				
⑥	上	420.6					451.4
	下	482.2					
		: イジェクトピン突き出し時、成形品突き破り					

ここで、金型開時、成形品ピンから抜けかけとあるのは、今回キャビティの抜けテーパ角度は 1.3° であったが、製品（成形品）がキャビティ側にもっていかれることを意味している。計測されたデータは具体的に次のような形で得られている。

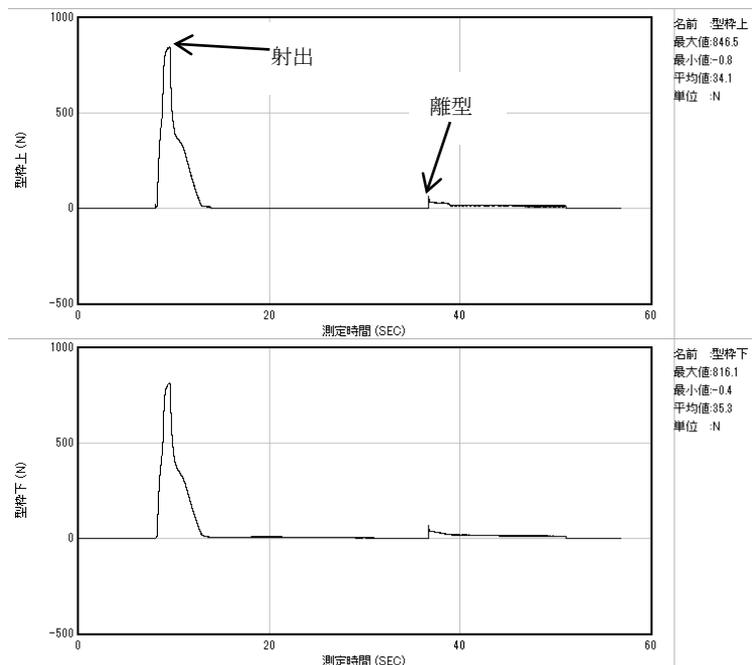


図 7.ロードセル計測データ（コア⑥，PLA（ポリ乳酸），4 回目条件）

図 7 のデータは、⑥のコアで PLA（ポリ乳酸），4 回目の条件である。最初の山が射出の時で，2 回目の山が離型であり，表 3～表 5 の値は離型時のデータを読み取ったものである。

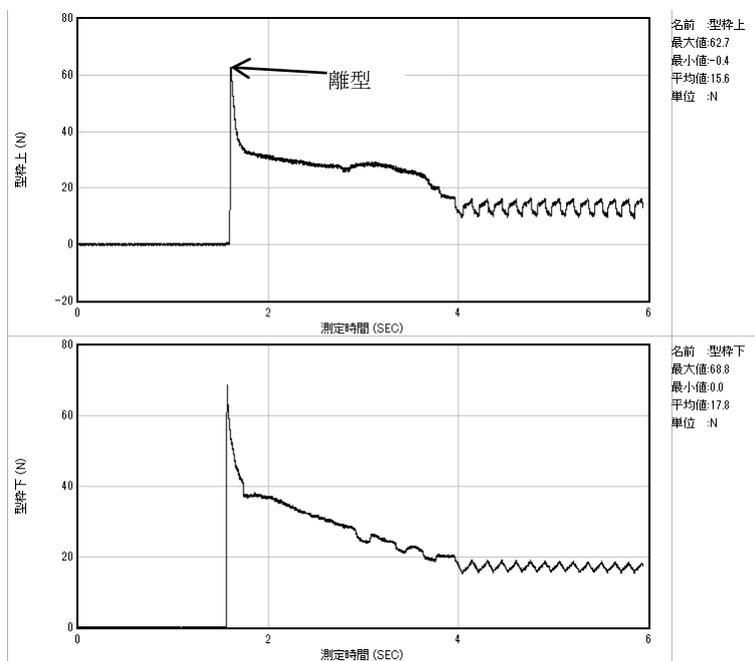


図 8.離型時計測データ（コア⑥，PLA（ポリ乳酸），4 回目条件）

実験の結果，PS（ポリスチレン）と ABS（ABS 樹脂）では，突き出しピンにより，製品（成形品）を突き破る事象が発生し満足なデータが得られなかったが，PLA（ポリ乳酸）では各表面処理間で差が生じた。良好な結果が得られたコアは⑤および⑥で，共通していることは特殊フッ素コートが施されていることである。ただし，今回コアおよびキャビティの抜けテーパ角度は 1.3° であったが，製品（成形品）がキャビティ側にもっていかれる事象が⑤のコアでは多く発生した。

4. 考察

今回の実験で使用したコアの表面粗さを計測しまとめたものを図9に示す。②の磨きをおこなったものの以外は大きな表面粗さの差は見られなかった。

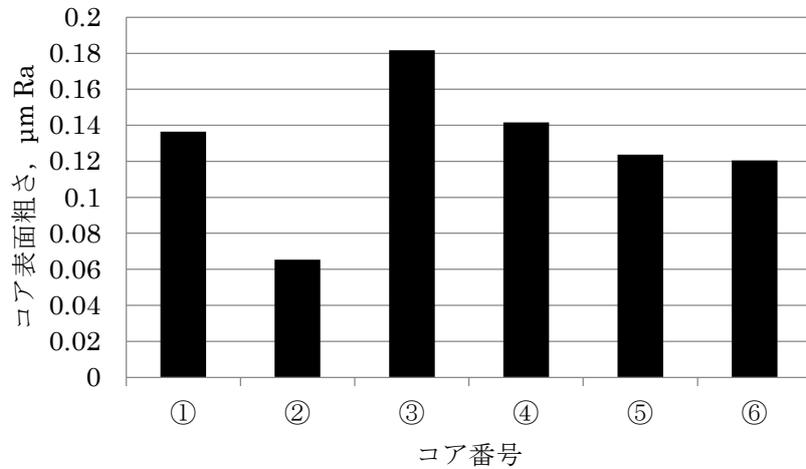


図9.各コア表面粗さの比較

次に、表面粗さと離型力の関係を比較した。図10には各データを元に直線の近似線を示したが、表面粗さとは相関のある関係とは言えない。むしろ、特殊フッ素コートが施されている⑤と⑥の離型力が小さいことが明らかとなった。

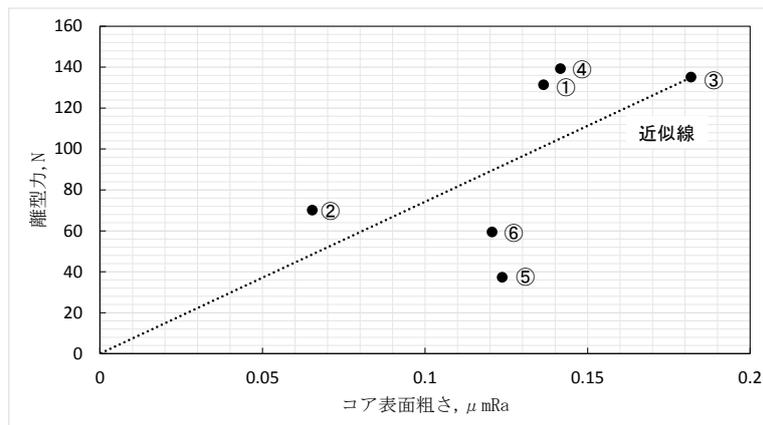


図10.表面粗さと離型力の関係

5. 結言

離型抵抗を低減する方法を定量的に評価するため、二個のピンを有する試験金型を製作し、金型の表面処理（表面粗さやコーティング）や樹脂の違いによる薄肉製品の離型力の基礎的關係を特殊計測により定量化し、今まで不明であった離型力の時間的な変化なども明らかにすることに取組んだ。その結果、下記の点を明らかにした。

- (1) 突き出しピン背面にロードセルを装着することで、射出から離型までの一連の力を直接計測することができた。
- (2) PLA（ポリ乳酸）樹脂成形時には特殊フッ素コート処理をしたコアの離型抵抗の減少が確認できた。
- (3) コアの表面粗さ自体は離型力に直接影響を与えることは無かった。

6. 謝辞

本実験の実施にあたりご支援を頂きました株式会社クニムネ殿に謝意を表します.

7. 参考文献

- [1]西田：金型の離型性に及ぼす表面改質の影響，日本機械学会茨城講演会講演論文集，2001-9（2001）271-272
- [2]西口：マイクロ金型・ツール開発における表面処理技術微細化のアプローチ，日本機械学会誌，1040，108（2005）558-560
- [3]前野・小坂田・森：荷重振動による板鍛造における摩擦低減，塑性と加工，585，50（2009）951-955