

プラスチック射出成形金型の設計・製作 ～金型グランプリへの挑戦～

機械システム系金型エンジニアコース 2021106 入江 勇斗
2021108 梅田 雄気
2020135 山田 一輝
指導教員 川崎 信人
松本 泰徳

1. はじめに

1.1 研究の目的

卒業研究を通して金型の設計・製作・成形を一貫して行うことで金型を作る為に必要な技術、金型を使う為に必要な技術について知る。さらに報告・連絡・相談を徹底してヒューマンスキル向上させ、それぞれの就職先で即戦力となる人材となることを目標に取り組む。

1.2 学生金型グランプリ

学生金型グランプリとは、INTERMOLD/金型展の中で開催されるグランプリであり、金型を専門的に学ぶ大学生がこのグランプリに参加している。日本金型工業会から送られてくる製品図面、3D データをもとに各学校で金型設計・製作・製品の成形を行う。完成した金型と製品を金型グランプリ会場で展示し、製作内容を発表する。

1.3 課題概要

今回の課題図は図 1 に示す名刺ケースで、Upper, Lower の 2 部品からなる。使用する樹脂はポリプロピレン (PP) である。今回の課題の難点として図 2 に示す Upper の下部 (赤丸部分) にアンダカット処理があることと、Lower 材料が PP であるため反りが発生することである。

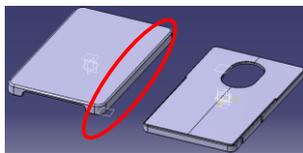


図 1 課題図 (左: Upper 右: Lower)

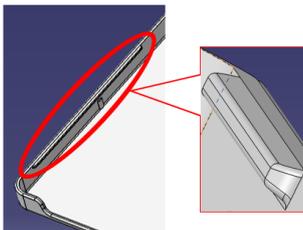


図 2 アンダカット処理 (Upper)

2. 金型構想

2.1 樹脂流動解析とは

今回の収縮率、反りを解決するために樹脂流動解析ソフト「3DTIMON」を使用した。3DTIMON は製品形状やゲート、ランナーなどの情報を入力することで、常温でどの程度収縮するか、どの程度形状が変形するかなどが数値化できるものとなっている。

2.2 成形収縮率

各部品の全長部の収縮率を求め、平均を成形収縮率とした。図 3 が解析結果で成形収縮率を 1.6% とした。実際の形状に反映させる際、寸法に 1.016 をかけた値を金型の形状寸法とした。

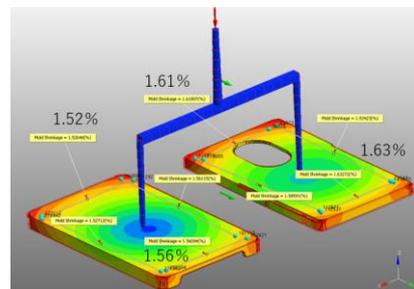


図 3 成形収縮率

2.3 そり

解析結果より Lower の形状のみ反ることが分かった。そり量は最大 0.45mm となったので、Lower 形状の天面の中心 0.45mm 逆そりにした形状を金型の形状寸法とする (図 4)。

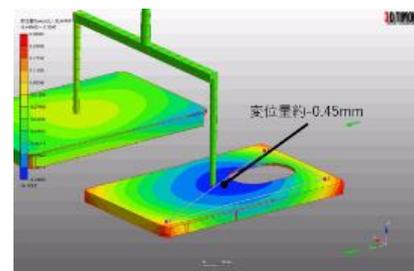


図 4 そりの変形量

2.4 測定箇所を公差内に収める

今回、測定箇所をすべて公差内に収めることを

目標とした。金型グラブプリの課題である名刺ケースは平坦部があり、かつ材料が PP であるため、非常に反りやすく収縮も大きくなっている。解析でわかる、反りや収縮率をもとに金型を製作することで達成できると考えた。

さらなる精度追求のため試型と本型の製作を行った。一つ目の試型で、ある程度製品の寸法、そりを把握し、二つ目の本型で微調整しようと考えた。金型設計、製作の流れを図 5 に示す。



図 5 設計・製作の流れ

3. 金型設計

3.1 アンダカット処理

アンダカットとは、成形した製品をそのまま取り出すことのできない形状のことで、製品を取り出すためにはアンダカット処理が必要である。今回の形状では Upper の下部にアンダカット処理を設けた。

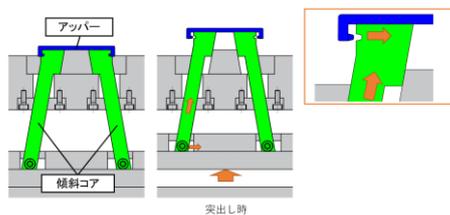


図 6 アンダカット処理 (傾斜コア)

このアンダカット処理に図 6 の傾斜コアを用いた。通常、傾斜コアは、スライドユニットなど高価な標準部品を用いるが、図 7 のように機構を担うパーツを一体化させて製作することで、コストを抑えた。また、スムーズな水平方向を実現するために安価なおねじ付きベアリングを用いた。傾斜がなるべく垂直に近い方が傾斜コアの負担が小さい。よって角度を 10° とし、スライド量をアンダカット部の倍に相当する 2mm にし、製作した。これによりアンダカット処理が可能である。

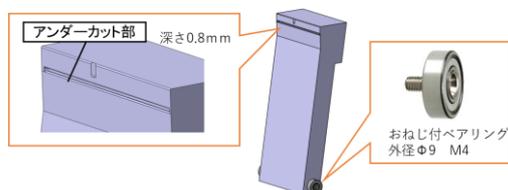


図 7 傾斜コア

3.2 突き出し機構について

安定して製品を金型から取り外すためにエジエクタピンはできるだけ大きくし、Lower は製品の角隅に 4ヶ所、Upper は傾斜コアに突き出しの機能を持つため、反対側の角隅に 2ヶ所設けるのみとした (図 8)。

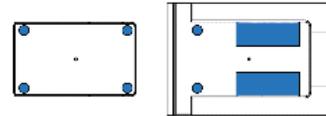


図 8 突き出し機構について

3.3 エアイベント

エアイベントとは空気の逃げ溝のことである。キャビティ内にあった空気が流れ込んでくる樹脂によって逃げ場を失ってしまう。成形の際にそのまま空気が残って最後まで流れ込まないショートショットや、高圧となり黒くなる焼けが発生する。これを防ぐために最終充填位置にエアイベントを設ける。充填解析による最終充填位置は図 9 に示す。今回、Upper 部のエアイベントはスリット方式を用いた。エアイベントの位置は流動解析によって求めた最終充填位置近くに設け、エアイベント深さは成形品部、製品部ともに $15\mu\text{m}$ とし、エアイベント長さ 2mm、エア逃げ溝 1mm に加工した (図 10)。

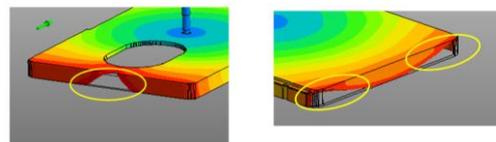


図 9 充填解析による最終充填位置

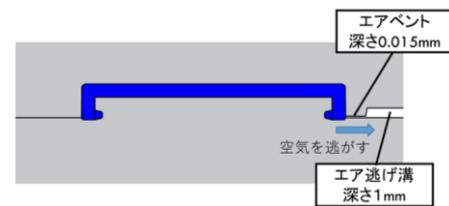


図 10 空気の排出機構

Lower 部に関しては図 11 に示す入れ子を二つに分ける分割入れ子を採用した。そうすることで分割のすき間から空気を排出することが可能である (図 12)。

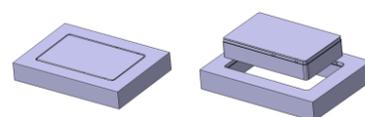


図 11 分割入れ子

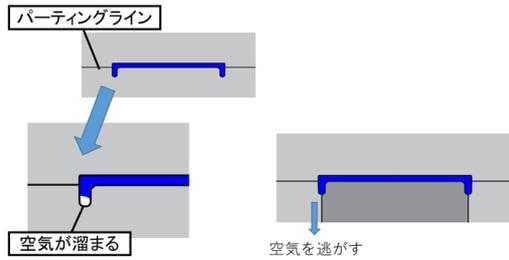


図 12 分割入れ子の空気の逃げる仕組み

4. 金型組立

図 13 に示すように完成した部品を組み合わせて金型組立を行った。省スペースとなる一体化した傾斜コアを用いたことや、無駄なスペースを極力なくすよう取り組んだことで金型を小型化することができた。完成した金型のサイズが 250×280×245 となり、総重量が 101.6 kg となった。



図 13 完成した金型

5. 試し成形 1

5.1 突き出し問題と対策

一回目の試し成形にて成形を行った際、Lower 側に大きなそりが見られた。突き出しを確認すると、図 14 に示すように製品を突き出す際、エジェクタピン付近の形状のみ製品をはがすことができず、アーチ状に折り曲がった。これは製品の離形抵抗が強く、突き出しが不十分なためである。対策として、図 15 に示すように突き出しによって離形不良が起こった部分に新しくエジェクタピンを配置し、確実に製品をはがすことができるように再度加工した。



図 14 おり曲がった製品

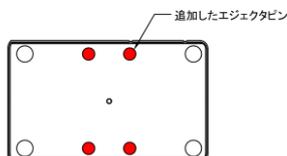


図 15 追加したエジェクタピン

6. 試し成形 2

6.1 寸法測定

試し成形 1 での問題点を改善し再度成形を行い、30MPa で課題の寸法公差内となることが分かった。図 16 に示すように保圧の変化によって寸法を調整できることから、成形収縮率の違う入れ子を製作する必要はないと考えた。

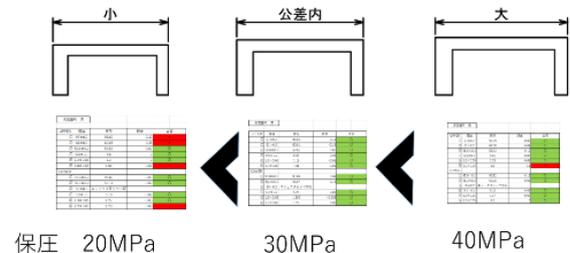


図 16 保圧と寸法の関係

6.2 成形品の変形問題と対策

図 17 に示すように製品の Lower 側に波打ったような形状変形が見られた



図 17 そりの様子 (イメージ)

これは、逆反り形状が部分的に残ったからではないかと考えた。この形状から金型を製作することもできるがさらにうねりが増えることが予想される。そのため逆反りのない平坦な入れ子を再度製作することにした。

7. フィルムインサートへの挑戦

7.1 真空成形を利用したフィルムインサート成形

今回の課題について私たちは製品にさらなる価値を付加できるのではないかと考え、真空成形を利用したフィルムインサート成形に挑戦することとしたが、非常に困難なものだった。まず専用フィルムが入手困難で、入手可能なフィルムで実験を重ねたが失敗が続いた。真空成形用の型を 2 度製作し、薄膜のカッティングシート (PVC) のみ真空成形可能だったが、金型にフィルムを取り付ける際にしわができてしまい確実な位置決めができなかったため、量産不可能と判断し断念することとなった。このことから真空成形を利用したフィルムインサート成形を設計開発し、量産している企業の技術力の高さが分かった。

フィルム	金型	インサート成形
<ul style="list-style-type: none"> 専用フィルム ラミネートフィルム 耐水紙 (PP) CHPシート (PS) 透明プラバン (PS) カッティングシート (PVC) 	<ul style="list-style-type: none"> 真空成形用金型1 真空成形用金型2 	
<ul style="list-style-type: none"> × 入手不可 × 成形不可 × トリム不可 △ 可 	<ul style="list-style-type: none"> × 成形不可 × トリム不可 △ 可 	<ul style="list-style-type: none"> × フィルムの位置不可

図 18 フィルムインサートへの挑戦

び可能なケースとして使えるのではないかと考えた。



図 21 穴なし形状

8. 成形

8.1 寸法精度

図 19 に示すように型温 55°C 保圧 40Mpa 樹脂温度 220°C で成形した寸法を測ってみるとすべて公差内に収まっていることが確認できた。

測定箇所表

型温 55°C 2.0 mm/sec 樹脂温度 220°C

UPPER	課題	実際	合否	誤差
①	97±0.2	96.89	○	-0.11
②	61±0.2	60.81	○	-0.19
③	58.6±0.2	58.65	○	0.05
④	6.6±0.1	6.63	○	0.03
⑤	1.2±0.05	1.19	○	-0.01
⑥	1.0±0.05	1.01	○	0.01
LOWER				
①	95.8±0.2	95.89	○	0.09
②	58.2±0.2	58.07	○	-0.13
③	56±0.2	55.83	○	-0.17
④	5.2±0.1	5.25	○	0.05
⑤	1.3±0.05	1.295	○	-0.005
⑥	1.2±0.05	1.22	○	0.02

図 19 測定結果

8.2 製品評価

成形した製品を見てみると波打った形状をなくすことができ、さらに成形条件を変化させることで反りを小さくできる結果が得られた。

9. 穴なし Ver. の製作

9.1 製品の新しい価値の追求

図 20 に示すように今回の製品では名刺ケース以外の使い道としてポイントカードのケースなどの限られた価値しかない。

用途	可否
・名刺ケース	○
・救急ケース	○
・いもねじ	×
・クリップ	×
・釣り具	×
・ヘアピン	×
・割ピン	×

図 20 用途

そこで私たちは、さらなる製品の付加価値の追求として、図 21 に示すように Lower の穴なし Ver. を製作することで、小物を収納できる持ち運

9.2 穴なし Ver. の製品評価

穴なし Ver. の Lower キャビティ入れ子を新たに製作した。Lower キャビティ入れ子を交換するのみで穴あり、穴なしの二種類の製品を成形できる。図 22 に示すように、実際に成形品の用途であるヘアピンやクリップ入れとして使えることも確認でき用途を大幅に拡大することができた。

穴なし Ver. 用途



図 22 穴なし使用用途

10. 終わりに

10.1 まとめ

卒業研究を通して金型の設計、製作、成形、修正、評価を一貫して行うことができ、金型の構造だけでなく樹脂の性質、成形機の取り扱いなどプラスチック射出成形における幅広い分野を体験することができた。また、全ての測定ポイントを公差内に収めることができたこと、金型自体もかなり小型におさえることができたこと、モールドベースから設計製作をすべて自分たちで行ったことは金型グランプリでの発表にて強みになると考える。「穴なし Ver. も成形可能となり、製品の価値を上げたこと」ができた。4 月に開催される学生金型グランプリで金賞を目指せる自信のある金型ができたと思う。

今後、卒業研究で身につけた知識や技術、対応力をそれぞれの就職先で生かし、技術の向上に努めていきたい。

謝辞

今回の研究にあたり、カラーマスターバッチを無償で提供して頂きました日本ピグメント株式会社様に深く感謝申し上げます。