

実践 CAD/CAM 技術科での金型製作 第2回 (22期生：コンセントキャップ)

千葉職業能力開発促進センター 齊藤 総一

1. まえがき

私が以前所属していた関東職業能力開発促進センターには、実践 CAD/CAM 技術科という独自コースがあり、機械加工部品の設計製造に関する技術技能習得に加え、プラスチック射出成形金型に関する内容も学び、6カ月目の総合課題では金型を設計製作する内容となっている。

私が担当した7年間に、約十数型の金型を製作している。設計時に工夫した点、実際に成形してみると不具合が発生した点、不具合への対処等、さまざまな出来事があったので、これらをまとめてみた。

2. 成形の工程および金型

2.1. 成形の工程

金型といってもいろいろな種類があるが、射出成形金型（以降「金型」と記す）に限定して話を進めることとする。射出成形は、以下の工程を繰り返すことで製品を連続で生産する。

- ① 金型を高圧で締め付ける。(型締め)
- ② 高速・高圧でプラスチックを流す。(射出)
- ③ 末端まで流れた後も収縮を抑えるため、圧力をかける。(保圧)
- ④ プラスチックを冷却し固める。(冷却) 次の成形のため、プラスチックを溶かす。
- ⑤ 製品を取り出すため、金型を開く。(型開き)
- ⑥ ピンなどで製品を突き出し、金型から取り出す。(突き出し)

2.2. 金型

金型を簡単に述べると、「製品の形を彫り込んだ2枚の板（以降「型板」と記す）」である。（実際の金型にはさまざまな仕組みが付加され、もっと複雑な構造となっている。）

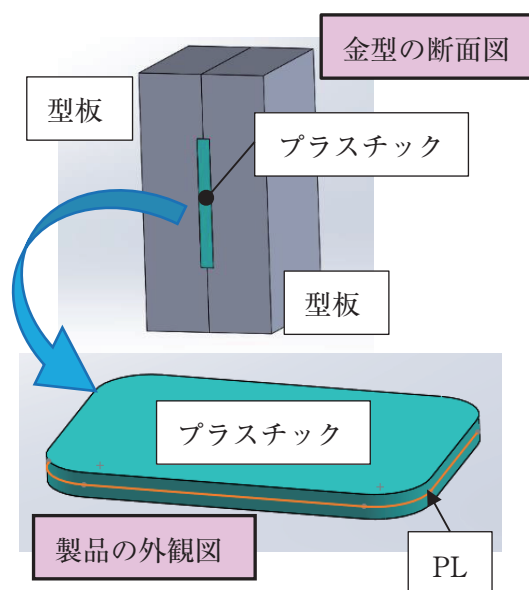


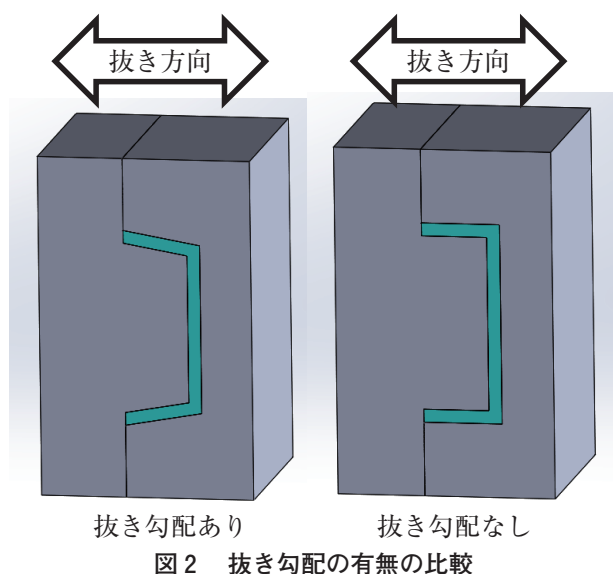
図1 金型断面図と製品

2つ型板の合わせ目が、製品の表面に線となって表れることがある。これをパーティングライン（以降「PL」と記す）と呼ぶ。（図1）金型の合わせ面のこともPLと呼び、会社によっては面のためPL面と呼ぶこともある。成形機に金型を取り付けて成形を行うと、PLを境に動く部分と動かない部分にわかれる。動かない部分を「固定側」、動く部分を「可動側（または移動側）」と呼ぶ。一般的に、固定側はプラスチックを流す仕組みがあり、可動側は製

品を突き出す仕組みがある。そのため、金型が開いたときに製品が突き出し側にないと、製品を自動で取り出すことができない。

2.3. 離型抵抗

可塑化したプラスチックは流れが悪く、高温高圧で金型内に押し込まれる。そのためプラスチックは金型の製品部分に密着し、取り出すことが困難である。この困難さを「離型抵抗」と呼ぶ。



製品を金型から取り出す方向を「抜き方向」とすると、抜き方向に平行な部分ほど離型抵抗が大きい。少しでも取り出しやすく（抜けやすく）するために、製品形状に抜き勾配を設けることが一般的である。（製品の用途にもよるが、勾配で通常 1° 程度がよく見られる。製品表面の状態で、 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 程度になることもある。）図2は金型の断面図であり、抜き勾配の有無の比較である。

また離型抵抗は、プラスチックが金型に密着しようとする力の大きさに比例し、かつ密着する面積に比例する。イメージとしては、手のひらをテーブルに押し付けてテーブル面上を動かすとき、押し付ける力が強ければ強いほど動かしづらい。また、指先を押し付けた時と手のひらを押し付けた時を比較すると、手のひらのほうが動かしづらい。これと同じことである。

金型設計を行う際には、この離型抵抗がとても重

要な要素であると、私は考えている。例えば先ほど「金型が開いたときに製品が突き出し側にないと…」と説明したが、この離型抵抗を調整して突き出し側に製品が残るように金型設計を行うこととなる。

2.4. 圧力損失

プラスチックは流れが悪いので、成形機での高圧は金型内部まで伝わらない。これを圧力損失と呼ぶ。プラスチックの種類などにもよるが、成形機射出部では100MPa以上あった圧力が、金型内では40MPa以下に落ちてしまう。

3. プラスチックを流す仕組み（ゲート）

3.1. ゲート

プラスチックを流す仕組みには様々な種類があり、一般的に〇〇ゲートという名称で区別されている。それぞれに特徴があり、どのゲートを使用するかは、その特徴によって決められる。

これらゲートの種類は、4つに大別できると考えている。ダイレクトゲート、サイドゲート、サブマリンゲート、ピンゲートである。（以降「DG, SG, SMG, PG」と記す）

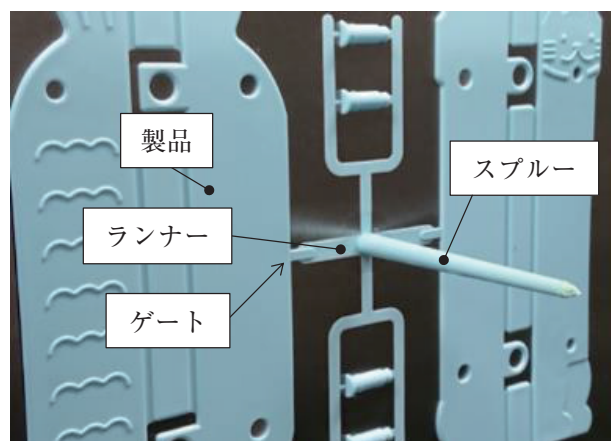


図3 流路の名称

まず、プラスチックが流れる流路の名称から説明を行う。成形機から射出されたプラスチックは、金型に加工されたテーパー穴を通り、PL面に到達する。このテーパー穴を「スプルー」と呼ぶ。次にPL面に加工された流路を通り、製品近くに到達す

る。この流路を「ランナー」と呼ぶ。最後に、製品直前では細くくびれた流路となっている。この部分を「ゲート」と呼んでいる。(図3) ゲートの種類によっては、ランナー等が無いものや、仕組み自体が全く異なるものもある。

3.2. DG (ダイレクトゲート) (図4)

スプルー穴から製品部分に直接プラスチックが流れる方式を、DG と呼ぶ。流路が短く太いため、圧力損失が少ない。よって大きい製品でも、隅々までプラスチックがいきわたる。また、流れが悪いプラスチックに適している。その他の特徴を以下に記す。

- スプルーが製品に付いたままになり、しかも太いためカットすることが困難である。
- 製品のスプルー付近では、冷却時にひずみが発生し、ゲートカットの際に割れが発生する場合がある。
- 1つの金型で1サイクルにつき、1つの製品しかつくることができない。
- 小さい製品、板状の製品に用いることは、ほとんど見られない。

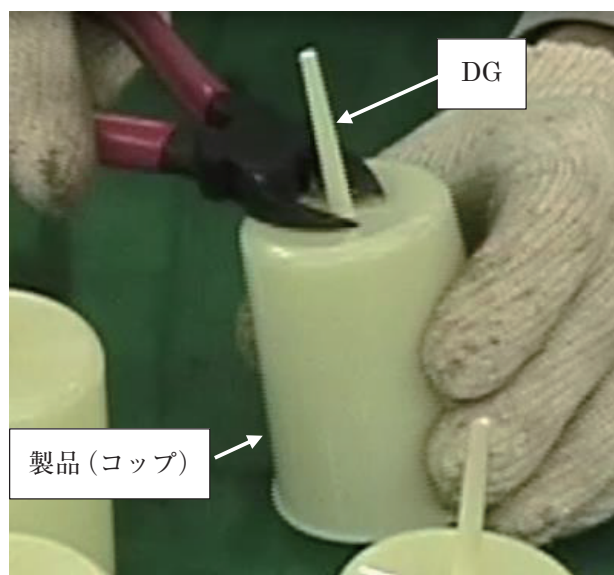


図4 DGをニッパーでカット

3.3. SG (サイドゲート) (図3)

製品のPLから(側面から)プラスチックが流れる方式を、SG と呼ぶ。スプルー、ランナー、ゲ-

トに関しては、3.1で説明したとおりである。ゲート部分は、金型のPL面に加工することになる。SGの特徴を以下に記す。

- 1つの金型で1サイクルにつき、複数の製品がつくれる。
- ランナーが製品に付いたままになり、成形後カットする必要がある。

3.4. SMG (サブマリンゲート)

スプルー、ランナーに関してはSGと同じだが、ゲート部分の仕組みが異なる。ゲートは金型のPL面ではなく、型板にあけた円錐形の穴となる。(図5) 固定側型板にゲートを加工した場合は型開きの時に、可動側型板にゲートを加工した場合は突き出しの時に、自動でゲート部分が切り離される。プラスチックの「しなる」性質を利用しているので、プラスチックの種類によってゲートの角度に限界がでてくる。SMGの特徴を以下に記す。

- 成形後にゲートをカットする手間が省ける。
- 圧力損失が大きい。
- 小さい製品でも、一定の厚み(高さ)がないと金型の加工が困難である。(図6のAの高さが必要となる。)

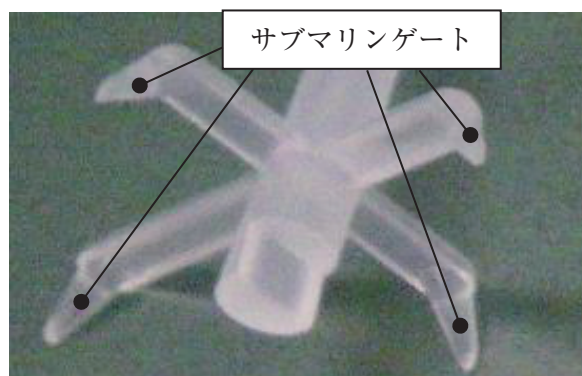


図5 SMGの外観(可動側に加工)

図6は、型開きの際のSMGの断面図である。(SMGは固定側に加工)これらの図の抜き方向(型開きの方向)は、上下方向となる。また実際には、固定側がそのままの位置で、可動側が下に移動している。

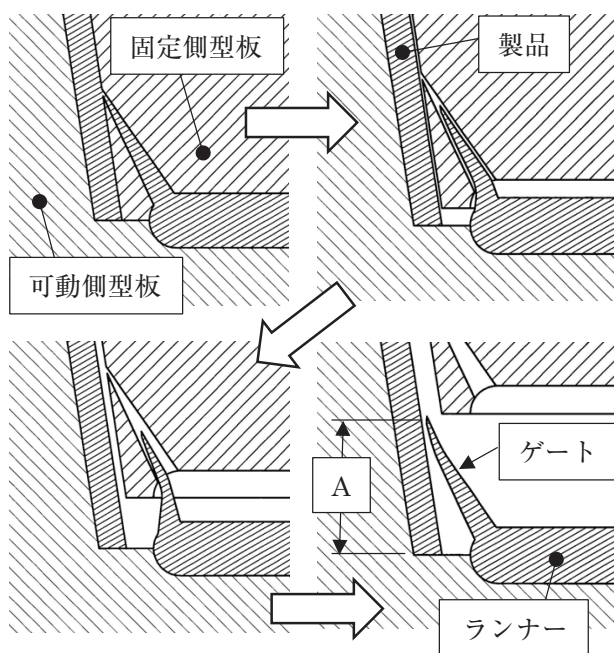


図6 型開き時におけるSMGの様子

3.5. PG (ピンゲート)

金型構造を含め、前記のゲート方式と大きく異なるため、ここでは省略させていただく。主な特徴としては、金型構造が複雑になることや、成形時にゲートを自動でカットすることなどがあげられる。

4. バナナゲート

4.1. 特徴

バナナゲート（以降「BNG」と記す）はSMGの1種であり、同じようにゲートカットの手間を省くことができる。（本によって分類は異なり、独立している場合もある。また比較的特殊なゲートのため、呼び方もまちまちである。）円錐形のSMGに対して、メリットは「製品に一定の厚みがなくてもよい。」ことである。そのため板状の製品でも、使用可能となる。しかし、金型加工の手間が増えるというデメリットもある。また、折れやすいプラスチックでは、成形不可能となる。図7は、今回作成した金型のBNGの写真である。

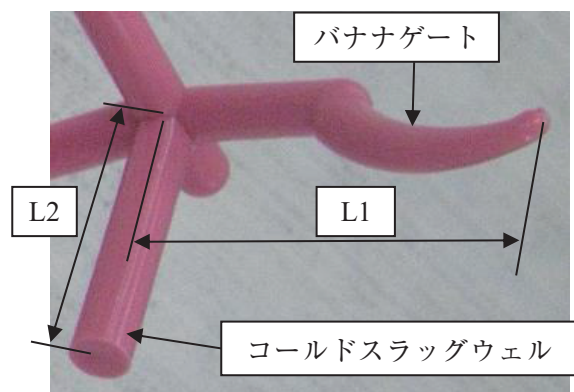


図7 BNGの外観

4.2. 突き出しの様子

図8～10は、突き出しの際のBNGの断面図である。これらの図の抜き方向は、上下方向となる。突き出しの際の図のため、可動側の部品のみである。

図8は、突き出し開始直前の図である。プラスチックは、「ランナー → ゲート → 製品」を流れ固化したため、製品とゲートはつながった状態である。

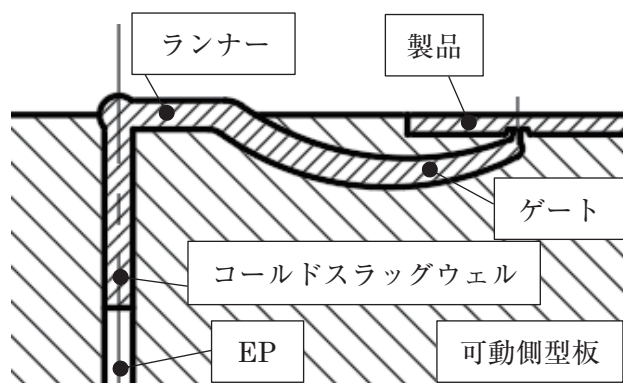


図8 BNGの突き出し①（抜き方向上下）

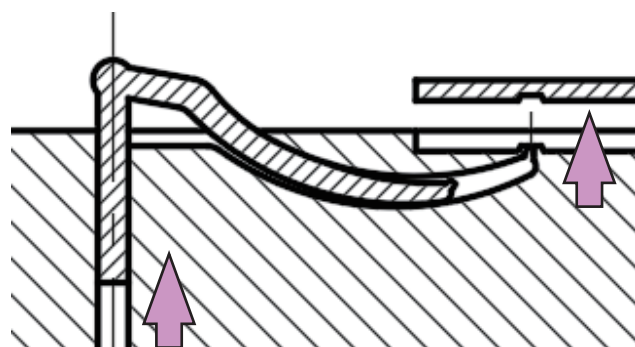


図9 BNGの突き出し②（抜き方向上下）

図9は、突き出し直後の図である。ゲートは突き出されたランナーに引っ張られ、製品はEPに突き

出されることで、自動的にゲートカットが行われる。突き出された製品は、自動落下する。

図10は、ランナーの突き出し完了前の図である。ゲート部分がしなることにより、ランナー部分は左方向の力を受け、かなり変形している。ただコールドスラグウェルが穴の中に納まっているため、突き出しの力がランナーへと伝わっている。

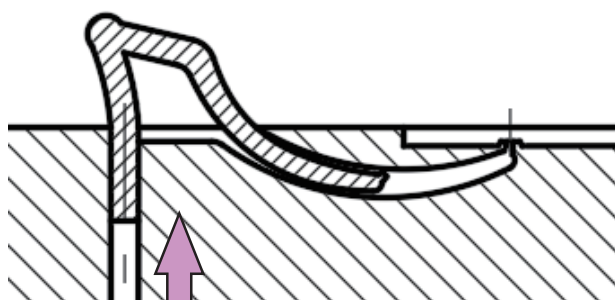


図10 BNGの突き出し③（抜き方向上下）

5. コンセントキャップ

22期生たちは、図11に示すコンセントキャップを作成した。コンセントに埃などが入らぬよう、また濡れた手などで直接コンセントに触れないことを目的としている。市販の製品は無機質なため、動物の顔をデザインすることで、親しみのある製品としている。

下図は製品の写真であり、突き出し側にはBNGを確認することができる。

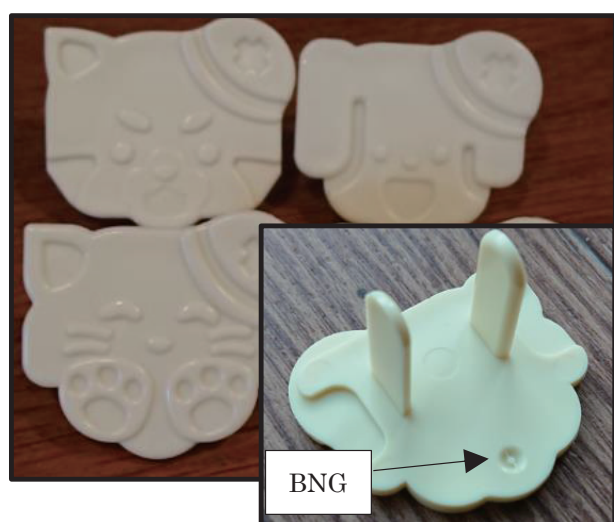


図11 製品外観

6. 設計時に工夫した点

6.1. ゲート用のEPの長さを短くする

この内容は、BNG用金型部品を販売する会社のカタログ技術データを参考にしている。図7の形状で、以下のように加工するよう指示が載せられている。

$$[L2 = L1 \times 0.8]$$

コールドスラグウェルの本来の目的は、温度が下がった品質の悪いプラスチックが製品に流れないように溜めることである。しかし今回は目的が異なると思われ、以下のように考察した。

BNGでは突き出し時にゲート部分が大きく変形するため、離型に大きな力を必要とする。離型が完了する前にEPと接触するプラスチック部分も変形してしまふと、EPがプラスチックを突き出すことができなくなる。プラスチックの変形防止のため、突き出しが完了するまでは穴の中にプラスチックが残り、確実に突き出しができるよう工夫している。図12は、EPの長さを短くなかったために発生した、突き出し不良の図である。

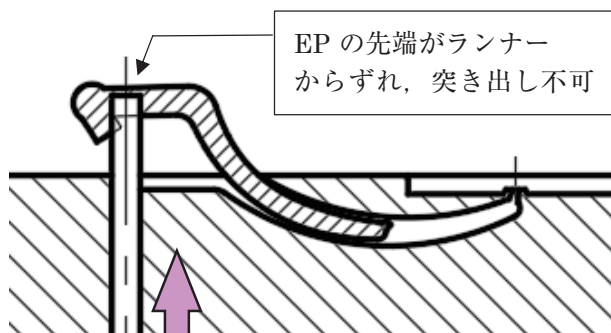


図12 突き出し不良（抜き方向上下）

6.2. 入れ子によるガス抜き

今回の製品は、コンセントにリブ2枚をいれる形状である。金型としては深い溝を2か所作ることになり、加工方法とガス抜きが問題となってくる。そのため入れ子構造とし、入れ子の向きを変えてマシニングセンタ加工を行い、さらにガス抜きを付加することとした。（16期生スマホスタンドにおける、カエルの足部分と同様の考え方である。）

図13は、入れ子を組み合わせた後の断面図であ

る。矢印の合わせ目から、ガス抜きを行っている。
また、図14は、マシニングセンタでリブを加工した後の写真である。(写真の反対側にも、マシニングセンタでリブを加工している。)

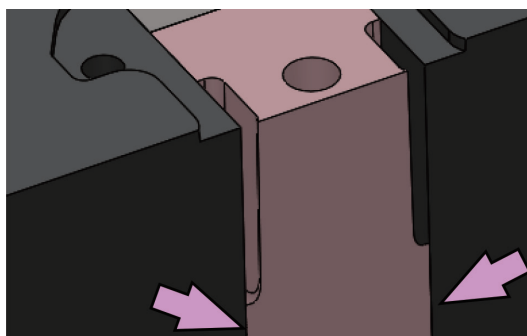


図13 リブの入れ子断面図

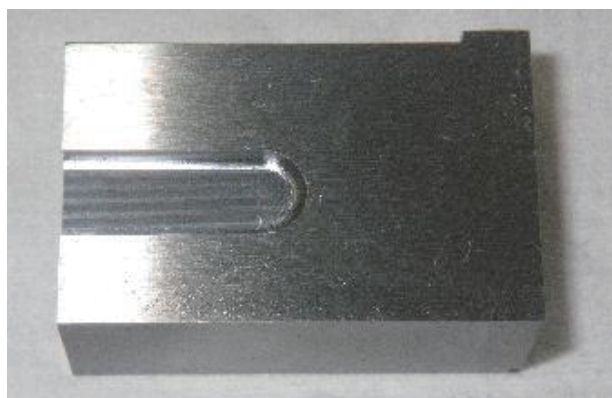


図14 リブの入れ子 (写真)

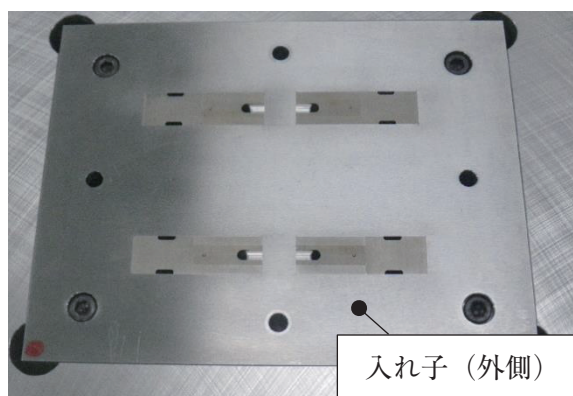


図15 入れ子の組み立て写真 (全体)

図15は、入れ子 (外側) にワイヤーカットで四角い穴を4か所あけ、リブの入れ子とゲート用入れ子を組み込んだ写真である。(マシニングセンタの加工を行う前の状態)

1つの四角い穴には、リブの入れ子1個とゲート用入れ子2個を組み込んでいる。(図16) その後、

組んだ状態でマシニングセンタに乗せ、製品形状やランナーを彫り込んでいる。(図17)

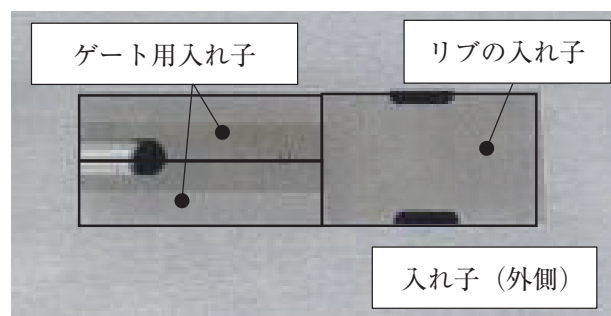


図16 入れ子写真 (エンドミル加工前)

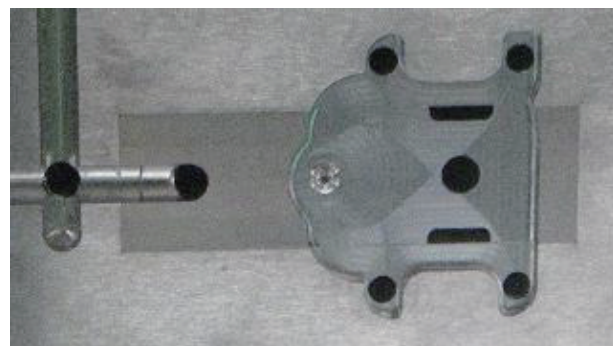


図17 入れ子写真 (エンドミル加工後)

6.3. 入れ子の隅形状

今回はガス抜きやゲート用の入れ子外周を、ワイヤーカットで作成している。ワイヤーカットではコーナーを完全な角にすることができない。そのため隅形状を図18矢印部分のように設計し、手作業の工程を減らしている。

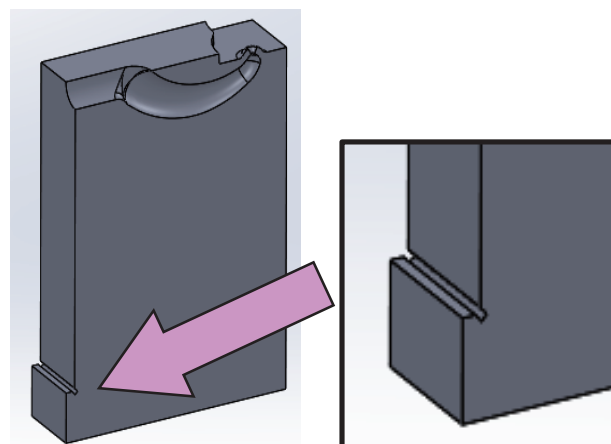


図18 ゲート用入れ子外観

7. 成形時に不具合が発生した点

先ほど、BNGが持つ「円錐形のSMG」に対してのメリットは、「製品に一定の厚みがなくてもよい。」と明記した。実際に成形してみると、「厚み」に対して、注意しなくてはならないことがわかった。

今回の製品は図19形状のコンセントキャップのため、円錐形状のSMGでも問題なかった。(製品の色の濃い面が、製品のPLである。)しかしガス逃げのために入れ子を製作するのであれば、ゲート用の入れ子を追加しても工程はさほど増えないとの判断で、BNGを選択している。

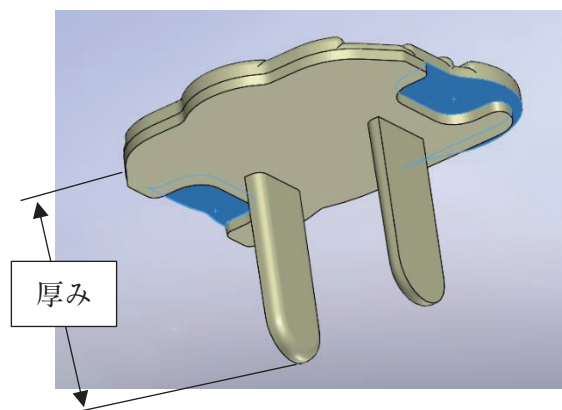


図19 コンセントキャップ外観

円錐形状のSMGでも離型の際にプラスチックがしなり、ランナーやゲートがたわむ現象が発生する。これがBNGになると、たわみはかなりの量となる。そのため離型時にたわみが元に戻る勢いで、ランナーやゲートが単純落下ではなく固定側に向かって飛びながら落下するという現象が発生した。それ以上に問題なのは、たわんだゲートが元に戻るときに（図20および図21矢印）、離型して落下途中の製品とぶつかった場合である。丁度、落ちてきたボールをバットでスイングするかのように、ゲートが製品を弾き飛ばすこととなる。毎回ではないが、何回かに1回はタイミングが合ってしまい、上記の現象が発生した。これにより製品に傷がつき、また床に落ちることでゴミや埃の付着が発生し、商品価値を下げることとなった。

これに関しては、成形条件などを変更しいろいろ

な対処を試みたが、決定的な対処方法を見つけることはできなかった。製品の厚みが薄くランナーより製品が先に離型するか、逆に厚みが厚くランナーより製品が遅れて離型する場合に、BNGは有効であると考えている。

また厚みだけではなく、金型内に製品をどのように配置するかも、重要となる。

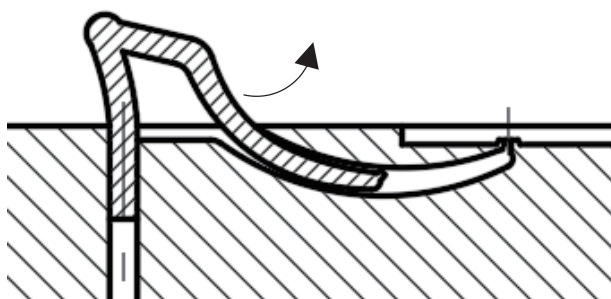


図20 ゲートが離型する直前① (抜き方向上下)



図21 ゲートが離型する直前② (抜き方向左右)

8. あとがき

今回考察した「EPの長さを短くする」理由は、この2年後に作成した金型（26期生）で不良が発生した際に、対処方法を考えるうえでとても役に立った。カタログなどの技術データでは、「なぜそのような加工が必要なのか」といった理由まで書かれていない。しかし、その理由を考察することは、とても重要であると実感した。

最後に、当時の実践CAD/CAM技術科講師の皆さま（津嶋先生、木下先生）および訓練生に感謝申し上げます。

参考文献：ミスミWEB

https://jp.misumi-ec.com/pdf/mold/12_mo0999.pdf