連載

「金型考古学」

セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長
佐藤 功 Isao Sato
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607
TEL(044)533-7890

第16回 中空球体、半球体

世界初のセルロイド製品はビリヤードボールだった。日本ではかんざし用のかざり玉が最初だそうだ。いずれも中実の球体で、切削してつくられた。

日本初の中空球体は「吹き上げ玉」だったと言われている。吹き上げ玉を見ると（図1）、空気吹き込み孔や融着跡が残っているので、吹き込み成形だったことがわかる。このような中空球体はおもちゃや縁起物に多く使われた。

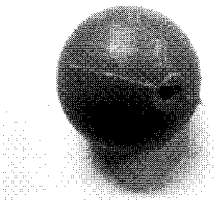


図1
吹き上げ玉

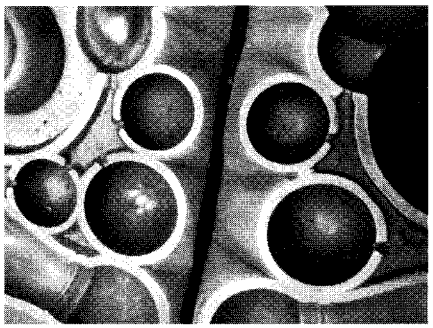


図2 ガラガラの金型にファミリー取りになっている球体部分

同じ中空球体でも卓球ボールは半球を接着し球体にしていた。今回は中空球体、半球体の成形法を概観する。

吹き込み成形

中空球体のみを成形する金型はセルロイドハウス（横浜市港北区）には収蔵されていないが、図2に示すように、ガラガラの金型には部品として中空球がファミリー取りになっている。この成形法では図1に例示したような吹き込み孔が成形品に残る。

押出し

卓球ボールは吹き込み孔が残っていない。また、規格が厳しく、寸法、重量などの高い精度が要求される。このため、押出しという方法[1]でつくられている。これはプラスチック加工で言う押出成形とは異なり、図3のような金型を使う。メス型(ニ)と板押さえ(ロ)の間にセルロイド円盤を挟み、熱湯中に浸漬し、加熱する。板が柔らかくなったらオス型(イ)を押し、半球を成形する。厚みを均一にするため、何回かに分けて少しずつ変形させる。十分変形したら、今度は冷水につけて冷やす。

このようにして得られた半球を接着し、球体とする。次いで接合部のバリをとる。高い真球度が要求されるので、さらに形状を修正する必要がある。こ

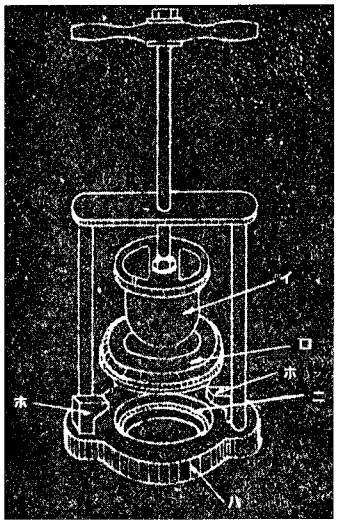


図3 卓球ボール成形器

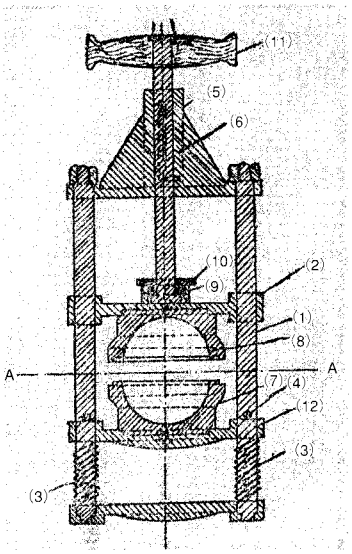


図4　卓球ボール整形器

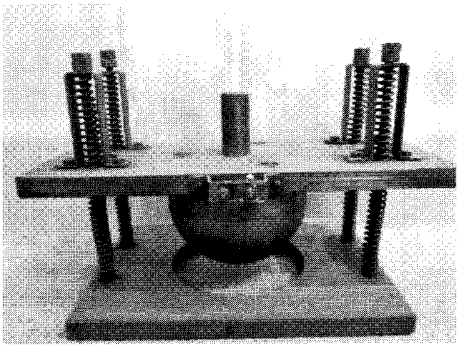
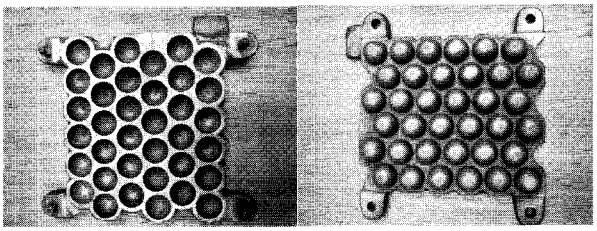


図5　大型半球成形器



キャビティ側　　コア側（コアが亜鉛合金）

図6　半球の圧搾金型

れには図4のような治具を使う[1]。この中に成形品を入れ、熱湯に浸漬すると、セルロイドが柔軟化すると同時に内側の空気が膨張し、整形器の内側にセルロイドが押し付けられ、外形を整えることができる。形状が整ったら水につけて冷却する。一連の工程は自動化されたが操作の基本部分は変わっていない。その様子をネットで見ることができる[2]。

セルロイドハウスにはさまざまな大きさの押出金型が収蔵されているが、最大のものは直径が16 cmある。図5からわかるように型内にヒータが入っているので、加熱に熱湯は使わなかった。この成形品は起き上がり小法師の底などに使われた。

圧搾成形

セルロイドハウスには図6のような半球の圧搾成形の金型がある。型板は吹き込み成形用だ。型板は真鍮鋳造品だが、コア部分のみが亜鉛合金になっている。オス、メス両型があるので肉厚精度が高かったことが推定される。成形品の用途やなぜこのような成形が行われたか、あるいはコアを亜鉛合金にした理由などは今のところわからない。

☆

中空球体とその半製品である半球にはいろいろな製法があったことを金型調査から知ることができた。

表　中空球の製法

成形法	金　型	特　徴	備　考
吹き込み	メスのみ	成形時に融着	空気吹き込み孔が残る
押出し	オスのみ	成形後に接着	成形後に補正
圧　搾	オス、メス使用		肉厚均一

これらを表にまとめた。中空球、半球は用途ごとに事情があり、それぞれの成形法に必然性があると推定される。

ブロー成形でつくられていたプラスチック製中空球体を半割りの射出成形品の溶着に変え、精度、性能を向上させた経験がある。セルロイドでも製品の要求特性によって成形法が使い分けられてきたことがわかった。検討を進め、成形法の特徴と製品の特性の関係をさらに明らかにしていきたい。

参　考　文　献

1）関戸力松：訂正増補セルロイド加工法、日本セルロイド時報社（1933）、p.60
2）サイエンスチャンネル　ピンポン球ができるまで：https://www.youtube.com/watch?v=3HmCkRrTL9A

連載

「金型考古学」

セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長
佐藤 功 Isao Sato
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607
TEL(044)533-7890

第17回 打抜き型

セルロイド材料はほとんどが板状で提供されたため、板を切り抜いて使うことが多かった。その後、成形したり、曲げたり、組み立てたりして最終製品になった。切抜きに使われるのが打抜き型だ。今回はこれを取り上げる。

打抜き品の用途

例えば今でも使われているギターのピックは、セルロイド板をおむすび型に打ち抜いてつくられる。しかし、打ち抜いただけで製品になる例は少なく、部品として使われた例が圧倒的に多い。例えば縁起物を飾る花や短冊、オルゴールやガラガラの飾り部品などだ。成形の前加工として使われることもある。例えば卓球ボールの成形は、セルロイド板から円盤を打ち抜くところから始まる。メガネフレームや櫛も打抜き板が素材になる。

このように、打抜き加工は独立した作業として成り立っている例は少なく、加工工程の準備作業として位置づけられることがほとんどだった。

必要なものは打抜き型とプレスだ。プレスはほとんどの成形で使われるので、これを流用することができる。

さまざまな型

打抜き型の例を図1に示す。厚さ2mm程度の帯鋼が意匠に合わせて曲げ加工されている。ループ状になった刃の終端やチャックは溶接されている。曲げ加工して一方の面を研いで刃にした後、焼きを入れ、他面にチャックが取り付けられている。

円柱や角棒の場合、チャックがないものもある。これは上述したように、さまざまな工程で使われているプレスに合わせていたためだろう。大型品はチャックがないものが多い。この場合は刃の反対側が平面になっているので、材料の上に刃を置いて、直接加圧して打ち抜く。

打抜き品の形状を確認するため、厚紙の打抜きを試みた。打ち抜いた例を図2に示す。打ち抜いてみると、刃先面と板の平行を保つことが大切だとわかった。このため、チャック部での角度合わせは重要だ。特に大型になると精度高く取り付けることが難しかったので、直接加圧板で押していたのだと思われる。

図1 打抜き型の例

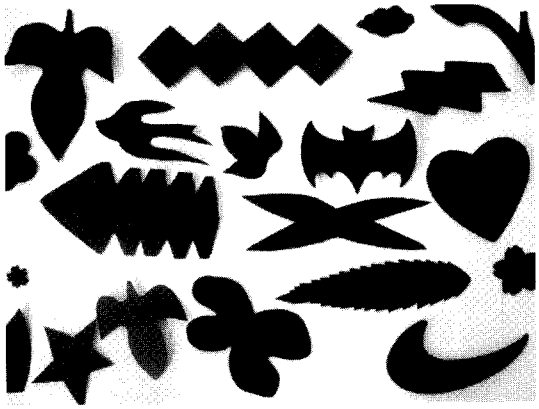


図2 厚紙を打ち抜いてみたもの

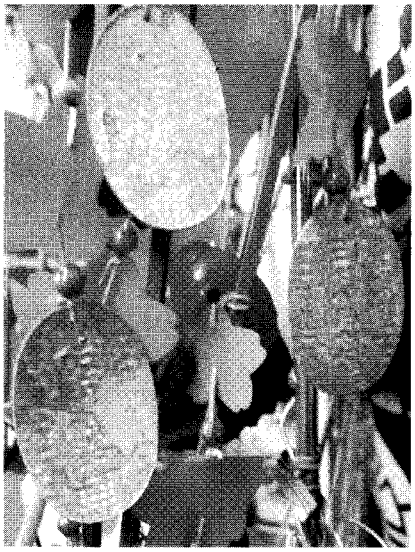


図3　縁起物に使われている小判の例

小　判

打抜き型の中から小判型が出てきた。熊手や福笹の飾りに使うものだ。製品例（図3）と比べてみると意匠、サイズともほぼ同じものがあった。製品の方は金色をしているので、表面を着色（例えば真空蒸着）した原板が使われたものと思われる。

この型は切断と表面の模様づけを同時に行っている。模様づけは本物の硬貨にも使われている圧印に相当する。

この型をどう分類してよいか迷う。ほかの打抜き型は刃をもっており、それを板に加圧して切るタイプだ。しかし、この型はオス型、メス型があり、これでせん断するようになっている。模様づけに注目すれば圧搾加工と見ることができるが、板材を変形させている点に注目すれば型締め加工とも見ることができる。

実際の作動は図4のように、まず板は表面に意匠が彫られているオス型に挟まれ、下降する。ここでメス型に押し付けられ、周囲がせん断される。その後オス型同士が加圧され、表面に意匠が転写される。なお意匠の彫りは極めて浅く、0.2 mm 程度だ。上下オス型を合わせてみると、上下型の彫りの凹凸が対応していることが確認できる。型、成形品とも表面が劣化しており、定量的な確認はできないが、

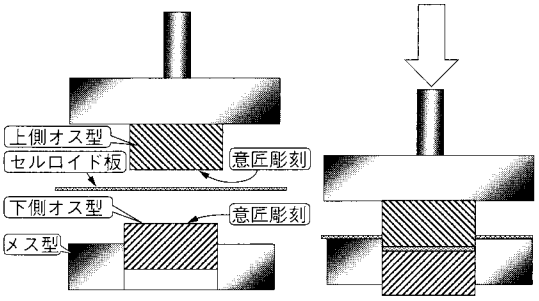


図4　小判型の作動

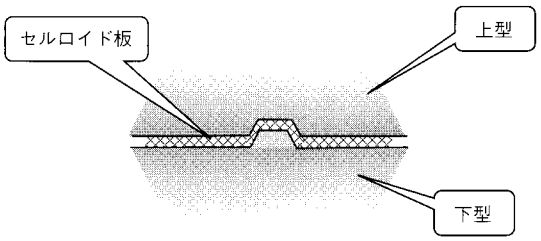


図5　圧印部詳細（推定）

上下型の彫りは、図5に示すように板厚に相当するギャップをもたせて意匠部を変形しやすくしている。

☆

打抜きは金属、紙、布、さらには食品まで広く使われている。このため、特に刃の製作はほかの用途と技術を共有しており、複雑な形状の刃も比較的容易に入手できたことが推定される。打抜きは室温でできることが大きな特徴だ。このため、手軽な加工法としてさまざまな分野で使われていた。

連載

「金型考古学」

セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長
佐藤 功 Isao Sato
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607
TEL(044)533-7890

第18回 ビーズ金型

日本のセルロイドは装身具分野から実用化していった。最初の用途はかんざし用にサンゴ玉を模したもので、輸入された赤いセルロイドブロックを球状に切削してつくられた[1]。その後、サンゴ以外に象牙、べっ甲、宝飾類の代替品がつくられた。当初、これらは在来品を加工していた技が転用され、切削や研磨などで加工されたが、需要が拡大するにつれて成形されるようになった。

ブローチ類は意匠面が片側だけなので、成形は型板1枚のみを使い、本連載の第1回[2]で述べた圧搾成形が使われた。ところが、ビーズなどの粒状宝飾品は表裏に意匠がある。このため、表裏を分けて金型を2枚つくり、これを合わせて成形する必要がある。

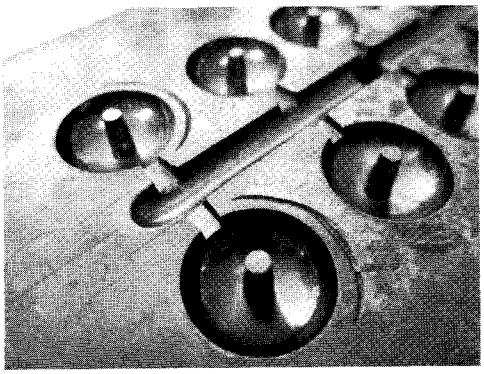


図1 コアピンが型開き方向に配設された射出成形金型の例

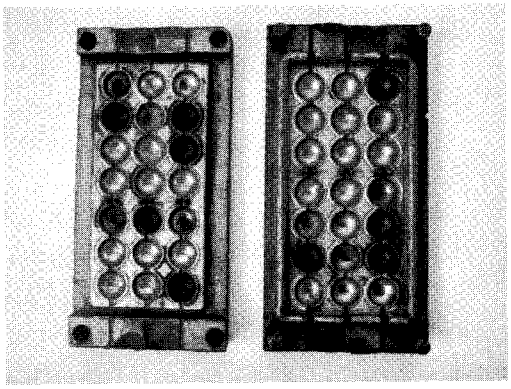


図2 ビーズ成形用圧搾金型

型構造

ビーズは穿孔し、糸を通して使われることが多い。このため、成形時に穿孔した方が便利だ。射出成形なら型開閉方向にコアピンを立て、型開きによってピンを抜く方式が普通だろう。図1にその例を示す。この例では両キャビティに抜き勾配をもったコアピンが立っており、型を閉じたとき先端が接触し、連通孔が成形できるようになっている。

圧搾成形では図2のような金型が使われた。この金型では型合わせ面に針金を置くための溝が設けられている。実際の成形は図3のように行われたと想像される。

成形に際して、コアピンの役割をする長い針金はキャビティを貫通するように置く。この状態で軟化した成形材料を載せ、型を閉じれば針金を抱き込んだ成形品ができる。これを取り出すと、成形品を針

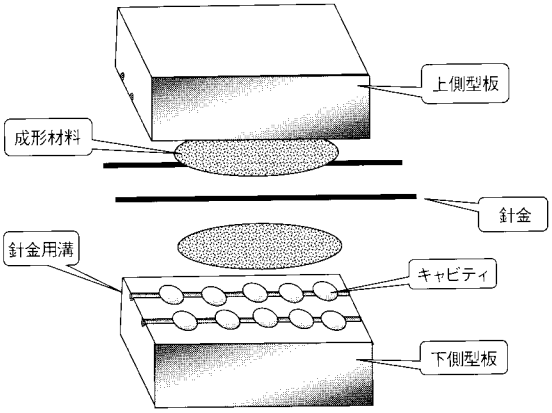


図3 ビーズ金型成形の様子（推定）

金が貫通し、串団子状になっている。成形後、針金を外せば孔のあいたビーズが出来上がる。

針金は置き中子の役目をしている。成形後は離型装置としても機能する。電子部品などの成形で使われるフープ成形のキャリアと機能が似ている[3]。図2を見ると針金をガイドする溝が型端まである。成形時には金型より長い針金を挟み、成形後、型を開いて針金の両端を引っ張って成形品を取り出したことが推定される。

針金には抜き勾配がないので、外すのに適した温度がある。ある程度冷却が進んだ段階で針金を抜けば、ひずみは回復させることができた。本連載の第7回で述べた[4]ように、大きなアンダーカットのある成形が問題なく行われていたのと同様だ。

射出成形への波及

針金置き中子方式は射出成形でも試みられた。図4はその例で、型の構成は図2の圧搾金型と似ているが、ランナーがあるので、射出成形移行直後の金型であると推定される。キャビティは、概要を表に示すように7種類あり、総取り数93個の多数個取りの金型だ。パーティング面射出で、図2の圧搾金型と同様に針金用の溝がキャビティを貫通して型面の両端に達している。射出成形可能な材料（おそらくセルローズアセテート）が登場し、射出成形が導入された時代の金型だ。圧搾成形をしていた製品を射出成形に移行させるために圧搾成形と同様に、針金を置き中子にする方式を採用している。

☆

この金型はさまざまな特徴をもっている。キャビティはさまざまな大きさのものがあり、ランナーを止め駒で切り替えるようになっている。ゲートはサイドゲート方式だ。修正跡からいろいろな経緯が想像できるが、最終的な姿は1キャビティのみ2ゲートになっている。キャビティの配置は今見ると大変バランスが悪いが、さまざまな思考の末に到達した姿なのであろう。このように見ていくと本型は試作・実験用の金型であった可能性もある。

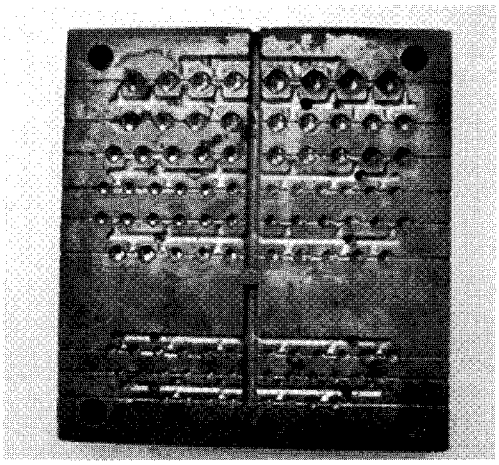


図4　射出成形ビーズ金型

表　ビーズ金型のキャビティ構成

ビーズ径	キャビティ数
13.2	4
11	18
10	7
8.7	8
7	30
6.8	6
5	20
合計	93

参考文献

1）岩井薫生、ほか：我が国セルロイド工業の軌跡、産業考古学研究、No.2（2015）、p.1
2）佐藤功：圧搾金型、型技術、Vol.33、No.1（2018）、p.78
3）佐藤功：新・一歩進んだ射出成形技術、プラスチックス・エージ（2018）、p.210
4）佐藤功：圧搾金型のアンダーカット、型技術、Vol.33、No.9（2018）、p.86

連載

「金型考古学」

セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長
佐藤 功 Isao Sato
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607
TEL(044)533-7890

第19回 腕 輪

成形品長さが25 cmもある細長い図1のような圧搾金型がある。何に使われるかわからなかったが、セルロイド製品の中から、この成形品を輪にした腕輪を見つけた。さらに、図1の金型に対応する製品も見つけた（図2）。腕輪は主にインドに輸出されていた。今回は腕輪の金型と製品について検討する。

金 型

図1の金型は2個取りだが、1個取りのものもある。細長い型は扱いにくいうえ、温度ムラが出やすい。2個取りにすれば、少なくとも温度分布は改善される。このため、1個取りは試作ないしは初期生産に使われ、量産に入ると2個取りにしたことが推察できる。

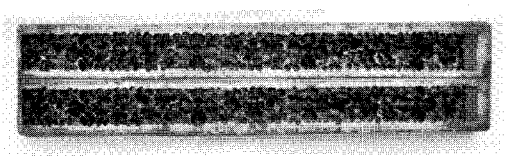


図1 腕輪金型

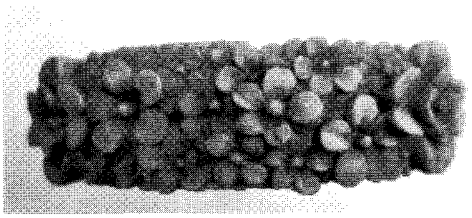


図2 腕輪（図1の金型に対応）

腕輪の製法

腕輪の製法は次のように推定される。

① まず、図1に例示した型を使って、圧搾成形により短冊型の成形品を成形する。
② 成形品を加熱軟化させ、円環に曲げる。
③ 端部の模様合わせをして接合代を削り出す。
④ 両端を合わせ接着し、円環にする。

曲げ加工はピンポン球（第16回参照）などの例から推察して温湯中で加温、軟化させていたと思われる。

継ぎ目

金型を見ると、図3に示すように一方の端に約5 mmの薄く勾配がつけられた部分がある。製品（図4）を見ると、この部分で接合されている。裏からは継ぎ目がわかるが、表面ではほとんどわからない（図4の矢印が表面接合部）。花弁のアンダーカットで接合部を隠し、わからないようにしている。

いかに目立たせずにつなぐかが製作上のポイントだ。金型を見ると（図3）、型端の張り合わせ部にろう付けなどで補正した跡があり、接合の様子を見ながら形状を補正したことがうかがえる。

このような検討から、図5に示すような接合部の調整法を推定した。成形品は腕輪のベースになる基帯部とその上に施された彫刻部からなる。基帯部は厚さが約1 mmある。この上に厚さ数mmの彫刻が施されている。基帯部はつながっているが、彫刻部は立体的な意匠が前面に施されているため、つ

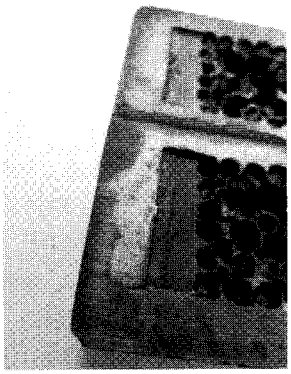
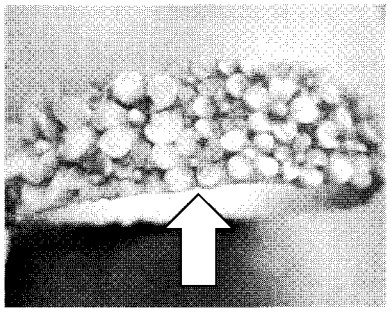
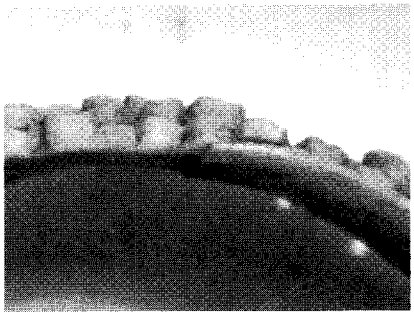


図3
金型端部



表面（矢印部分）



側面

図4
製品接合部

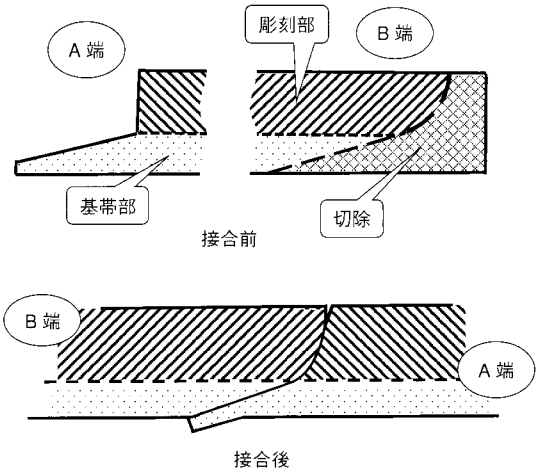


図5　接合法

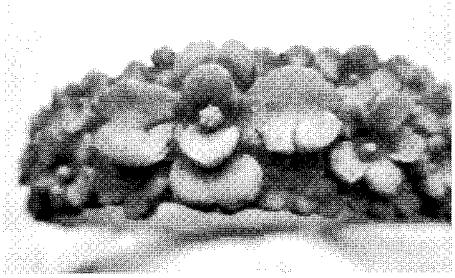


図6　花弁に見られる湯しわ

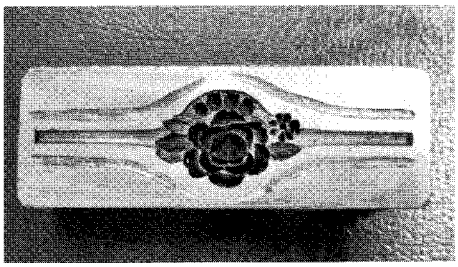


図7　指輪の金型

ながっていない。

成形品の一方の端（図5、A端）の約5mmは彫刻がなく、基帯部の末端厚みが約0.5mmになるよう傾斜している。この部分が接着面になる。もう一方の端（図5、B端）は成形後、手加工で切削し傾斜をつけている。このとき、継ぎ目が目立たないような位置の調整が行われていたと推定される。彫刻にはアンダーカットの大きい花弁が多数ある。花弁を切り落とさないで、切除端に残せば、花弁によって基帯部の継ぎ目を見えなくすることができる。実際の作業では彫刻部は不連続なので刃が彫刻部に達すると花弁を残して切れたのかもしれない。

接着部の形状設計を綿密に行い、B端の接着部も金型を傾斜させて彫り込み成形すれば切除加工による調整が省けるようにも思える。接着部の基帯部が薄くなると彫刻部の転写が阻害されたり、離型時に割れが生じたりするリスクがあり実現できなかったことが推察できる。このため、模様を合わせ、段差をなくすには手加工による調整が必須だった可能性もある。

彫刻部は微細、複雑なので、転写が難しい。成形品を観察すると、なかには図6に示すようなウェルド様の溝、未充填部を見つけることができる。

応　用

図7に例示するような金型がいくつかある。これも環状に加工して指輪に使われていたものと推察できる。環状に加工する例は、腕輪、指輪以外に見つかっていないが、髪留めなどで平板を成形しておいて、弓なりに曲げる加工は広く行われていたものと推察できる。対応する成形品との突合せを進め、後加工例を増やしたい。

連載

「金型考古学」

セルロイド金型に見る プラスチック成形の ルーツと先人の知恵

佐藤功技術事務所 所長
佐藤 功 Isao Sato
〒212-0052 川崎市幸区古市場1756-2-607
TEL(044)533-7890

最終回 金型製作法

本連載では、セルロイド金型をさまざまな観点から見てきた。用途、成形法が違えば型に要求されるものが異なる。このため、これに応じた金型がつくられる。それぞれの型に適した製作法が選ばれる。今回は最終回なので、製作法に注目して全体を整理する。

各型の製作法

成形法ごとに金型製作法をまとめると表1のようになる。どの成形法でも使いやすく、より安価な型をつくろうとする努力が続いており、製法が固定しているわけではない。各分野での製法の多様性についても簡単に触れている。表1の最右欄に本連載で取り上げた回と本誌の号数を記載しておいた。

微細な加工が求められるため、圧搾型は真鍮に手彫りでつくられる。成形法を見ると安価な鋼材でも使えると思う。それにもかかわらず、真鍮が使われている理由の一つに加工しやすさがあると思う。変更の多い型部品に加工しやすい材料を使うことは現場のノウハウとして聞いたことがある。数は少ないが電鋳法で製作し、亜鉛合金でバックアップした金型もある。

型締め型は鋼材を切削して製作する。現在の射出成形用金型に近い製法だ。型締め成形は金属板のプレス成形がモデルなので、板金プレス金型の製法がそのまま適用されたものとも解することができる。

吹き込み成形用の金型は石膏型を砂型に写して真鍮で鋳造される。真鍮の代わりにZAS（亜鉛を主体とした低融点合金）を使った例がある。これは価格が安く、融点が低いため、型費用の節減を狙ったものだ。製法は真鍮型と同じだが、ZASは融点が低いので、石膏から直接転写ができ、工程が短縮できる。

ピンポン球で代表される押出し成形の型機能は型締め型に近い。金型は切削加工でつくられている。加工を高温水槽内で行う小型品は防錆の観点から真鍮が使われている。これは吹き込み成形と同様だ。

セルロイドからプラスチックに移行直後の金型は、現在の金型のように鋼材を機械加工してつくられた。一部、セルロイド圧搾成形用の真鍮製金型をキャビティに流用している例が見られる。

鋳造法

金型製作に鋳造が広く活用されていた。概要を表

表1 主要成形法と金型

成形法	型材料	加工法	備考	参照
圧搾	真鍮	直彫り	ノミの入らない部分は鋳造、電鋳型もある	第1回（2018.1） 第11回（2019.1）
型締め	鋼	機械加工	一部で真鍮が使われている。おそらく熱伝導度を配慮	第2回（2018.2）
吹き込み	真鍮	鋳造	ZAS鋳造の例がある	第3回（2018.3）
パカ				
押出し	真鍮	機械加工	大型品は鋼（ヒータ加熱）	第16回（2019.6）
打抜き	鋼	手加工		第17回（2019.8）
遷移期	鋼	機械加工	圧搾型の流用、ZAS鋳造の例もある	第5回（2018.5）

表2　鋳造プロセスのまとめ

成形法	製作法	マスター材質	工　　程	型材	参　照
圧搾成形	アルギン酸	ろう	ろう→アルギン酸→石膏→真鍮	真鍮	第11回（2019.1）
	電鋳	電極（材質不明）	銅（めっき）→枠に貼り付け→ZASでバックアップ	銅	
吹き込み	石膏	クレイ	クレイ→石膏→砂型→真鍮	真鍮	第3回（2018.3）
	ZAS		クレイ→石膏→砂型→ZAS	ZAS	
遷移期金型	ZAS	真鍮	真鍮→ZAS	ZAS	

＊アンダーライン：陰刻

2に示す。まず注目されるのは吹き込み成形だ。金型のほとんどが鋳造法でつくられている。これはマスターがクレイで提供されていたことと関係がある。なお、クレイ原型が1つしか製作されず、多数個取り金型ではマスターを取り数だけ増やす必要がある。このため、表2に示したクレイマスターをつくるためにクレイ原型→石膏型→型取り用クレイマスターという前工程がある。

圧搾成形では彫刻が原則だが、アンダーカットが大きく、ノミが入らない場合は鋳造が活用された。この場合はアンダーカットでも離型できる型取り材が必要で、低温で流出するろうや柔軟で無理抜きができるアルギン酸の組合せで型取りが行われていた。原型は低温で塑性変形可能なろうが使われた。

前述したように電鋳法も圧搾金型で使用されていた。具体的な使用状況、製作法などはまだわかっていないが、微細転写性が選択理由の一つにあったと思われる。

加工法を問わず、ZAS金型が多く見受けられる。これは新しい型材への期待があったと考えられる。特に初期射出成形金型ではいくつかの事例を見ることができる。この場合、マスターは真鍮が使われている。マスターはけがき跡が残っているものがあるので、手彫りでつくられたことがわかる。耐熱性が高いので、ZASを直接鋳込んだ。

なお、ZASや電解銅の金型は損傷が激しいものが多い。圧搾成形の電鋳金型ではバリによる型面のへこみ、電鋳層の剥離などが目立つ。ZASではクラック、表面腐食が目立つ。このような損傷の発生しやすさが克服できず、主製作法にはなれなかったと思える。

☆

モノや技術は時代が進むに従って複雑化する。特に昨今は複雑でわからないモノ、コトが多い。こんなとき、ルーツに近い姿に触れることによって理解を深めることができるような気がする。こんな思いから、古いモノに興味がある。このため、博物館のようなところをよく利用する。そこでは古い姿を知ることができるだけではない。時代による変遷を知ることもできる。眺めていると製作者の意図や苦悩が伝わってくる。その中に新しい発想を見いだしたり、励ましを感じたりする。

そんな期待から、プラスチック技術者である筆者は、横浜市のセルロイドハウスを訪ねた。そして、ここで大量に収蔵されている金型と出会った。このとき、直感的に「これを調べれば何か新しい発見があるのではないか」と思った。これがきっかけとなりセルロイド金型の調査をすることになった。

まだ全貌を把握できない状態で、金型の錆、汚れを落としながら観察を続けている。その中で見つけたさまざまなことを書かせていただいた。長い間お付き合いいただきありがとうございました。

セルロイド金型なので、最も新しいものでも昭和40年代につくられたものだ。もちろん完全にアナログの時代で、現代の金型づくりとはまったく異なる。そんな時代だったからこそ、何か学ぶものがあるのではないかと思っている。