

中大型樹脂成形品の無人化生産システム

社団法人 日本工業技術振興協会 堀内義康*

はじめに

日本省力機械㈱は、プラスチック製品の被削材を切断する刃物に強力な超音波振動を与えて加工する技術の開発に成功、仕上げロボットとのシステム化を図り中大型樹脂成形品の無人化生産の構築に目途をつけた。

当社では技術開発を会社の理念の一つとして捉え、以前から特許取得に注力し技術の差別化と知財の集積に務めてきた。その結果、㈱アイ・ピー・ピー社による1993年以降、2008年までの「バリ取り装置」分野のpatent評価においてpatentスコア「A」を取得し、No.1に評価された。

更に、経済産業省が主催する地域イノベーション創出研究開発事業に積極的に参加し技術開発に注力、日本一に輝くことができた。昨年には、同開発事業に「ならい位置決め表面処理仕上げ技術を用いた低型縮力射出成形技術の開発」を報告した。

当社はプラスチック製品の工業生産において、刃物を使って切断する基本的な作業に超音波技術を加え、中空成形(ダイレクトブロー)製品の無駄部分を除去する作業を無人化する技術開発手法を射出成形にも波及しようと考え、キャピティ内圧すなわち型縮力を

大幅に低減させひずみを減少した薄肉成形を可能にする「バリを意図的に容認した金型(オーバーフロー付き金型)」と、射出圧縮成形技術に加えて「ならい位置決め自動バリ取り装置による表面仕上げ技術」を開発した。この開発は、自動車や家電の大型樹脂部品の低コスト、高品質、安定生産に結びつける「成形の無人化生産」に目途をつけたものであり、アジアの新興国が台頭しはじめたモノづくりの世界に対して、「日本のモノづくり」技術力を死守せんとするものである。

1. 開発の目標

現在の樹脂部品成形工場では自動取出機による生産が主体であり、小物精密射出成形においては、バリを出さない金型技術と高性能な成形機を主体にした無人化成形がなされているが、バリが出やすい中大型成形では取出し後にバリ取り作業を人力に頼っていることが多い。このため作業者が複数台の成形機を担当してバリ取りするにしても後工程でやるにしても、完全な無人化は極めて困難であった。それゆえに単純なバリの出やすい成形加工は、人件費の安い新興国に流れてゆく傾向にあったのが実情で、そこでは金型や設備の悪さもあるが成形機の周辺に何人もの作業員を配置して作業させている光景が見られてきた。

日本国内においてもこのような生産形態が残らざるを得ないのは、国内生

産せざるを得ない商品があるためであり、そのため何としても無人化生産を図る技術が希求されていた。

中空成形におけるバリソブロー成形は、金型で喰い切られたバリソンの外側部分は無駄肉として除去しなければならない。成形後製品が金型から取り出されたときは未だ熱をもって柔らかいが、その作業は常温になって硬化する前に行わなければならない。常温まで冷却され硬化すると、切り離し作業は困難、又はできにくくなる。

喰い切り部に直接ナイフを入れる場合と、無駄部分をむしり取ってから仕上げするときには片刃の小刀を使う。この作業は習熟していないと切り残しや切り込み過ぎが発生し修正不能な不良品となったり、怪我をすることも多く熟練を要し、誰でもすぐにできるほど簡単ではない。

当社は既に、自動車や家電製品に用いられている三次元形状の中空成形品のバリ取りを無人で行う生産技術に取り組んでいる。

一方、射出成形においてはバリの出ない金型を製作する技術を求めて、製品設計、金型設計、金型鋼材、工作機械、精密加工、樹脂素材、成形機、成形技術などの工程に技術開発の高度化を図り駆使してきた歴史が世界に冠たる日本の金型技術の根幹でもあった。

ここにあってバリを出して成形したらもっと低圧で成形できるのではないかと考えた人達がいた。

これは射出成形に携わっていなかった人が想起でき

* Yoshiyasu Horiuchi
日本省力機械㈱技術顧問CMfg
E(SME/USA)

るものであって、成形に関連した人達では絶対に考えない方向である。品質の良い成形品をつくるために最小限の高圧をかけて成形しても、金型の素材、加工精度、工作機械性能、成形条件とも絡み合って生産初期はなくても途中でバリが発生してしまう。そこでやむを得ず、バリ取り工程が付加されることになるのが現状であった。

ここで当社は積極的にバリを出して仕上げる方向を選んだ。バリ取りはロボット加工可能であれば、完全無人化生産が可能になると考えた。

「バリ容認金型」による低型縮力圧縮成形の実用化によって大型製品の薄肉化を図り、材料コストの低減、ひずみの少ない成形とばらつき低減による不良削減、低圧成形によるマシンのダウンサイジング、エネルギー消費の大幅な低減、

などにより低コストでの生産を実現することが可能となる。

意図的に設定したバリ（オーバーフロー）の除去は、成形後、取出しのロボットでそのまま既開発の「ならい位置制御によりバリを除去する表面仕上げ装置による無人生産システム」で完全に取り除き、高品質製品の完全自動無人システム開発を構築する取組みを究極の目標としたものである。

2. 技術開発体制

上記の技術開発は経済産業省が進める「地域イノベーション創出研究開発事業」による補助金事業において、「バリを容認したオーバーフロー付き金型設計技術」と「低型縮め力射出圧縮成形法の研究」をテーマとし取り組むことになったものである。2008年に申請し、以下のような目標で体制が組織された。

研究組織及び管理体制のそれぞれの役割分担は次のとおりである

- ・ ㈱群馬県産業支援機構…事業管理、
予算計画指導
- ・ 日本省力機械㈱…事業全体総括、仕

上げロボットとのシステム化

- ・ 群馬県産業技術センター…事業企画
立案、技術検証、評価、報告
- ・ 併千葉工業大学…切断技術、CAE
による樹脂流動解析
- ・ ㈱日本工業技術振興協会…型技術計
画と技術進捗管理
この他に開発委託先の金型、成形機、樹脂材

料、周辺機器、各メーカーの多くの技術者、及び技術士の方々の協力を得て進められた。

本稿では、経産省に報告した内容そのものは非公開とされているので、要点を絞って解説することにする。

3. バリ容認金型

(1) バリ容認金型の特徴

射出圧縮成形法において型圧縮を行うことは金型メーカー、機械メーカーに困難な課題を与えてきた。通常の成形で型圧縮するためには、成形品のPL外周において垂直に摺動する固定側(キャビティ)と可動側(コア)との間に機械の動作方向と平行なすり合せ構造部分(隙間)を持たなければならない。

これを喰い切り(シャーエッジ)と言うが、金型が開閉動作するシャーエッジにバリの出ない隙間(最大0.02 mm以内)で高精度な摺合わせ加工を行うことは大型金型になるほど非常に難しい。

金型メーカーは、バリを出さないために垂直シャーエッジを精密に加工するほど成形ガスが逃げなくなり成形条件の選択を困難にし、バリを出せば後の仕上げ工程で人力に頼らざるを得なくなる。

更にキャビ、コアに型温度の不均衡による膨張差があった場合、あるいは型盤面の開閉動作が高精度平行にできなかったとき、金型に致命的なカジリ現象を発生させてしまう。微少な隙間を確保する金型加工技術、また金型温度精密制御、金型材料の選定、熱処理

更に成形機の精密制御が必要なゆえんである。

実際の成形ではそれでも問題が起こる。射出圧縮成形品の多くは全面平板形状であって、中央にゲートを設定できずサイドからファンゲートであるケースが多い。そのときに射出時の偏荷重によるPL面の傾きが発生、成形機型盤の平行移動精度の狂いなどがあり、それを避けるために隙間を多くするとバリが発生してしまうのが常であった。機械メーカー、金型メーカーがどんなに成形機性能と精密加工技術によって初期性能を保証しても、いつかバリとカジリの問題が発生してしまう。

我々は後工程で「ならい位置決め自動バリ取りシステム」が控えていることから、制御されたバリ「オーバーフロー」を設けることを考えた。

大型成形品であってもPL部のバリを一切認められない商品がある。製品のPL部エッジに手が触れて怪我をすることを防ぐため、微小なエッジや糸バリすら許されず、玉縁断面としたり、手作業により面取り作業を付加している。

開発した金型技術はキャビ、コアの擦り合せ部「シャーエッジ」に数度の傾斜をつけるとともに、微小な流動部「オーバーフロー」を設けたものである。数度の傾斜を設けることは、圧縮成形において金型を寸開することで製品の全周囲にガスの逃げ道ができ、どんなに高速で射出してもガス焼けの心配がない。また難しい真空吸引も不要である。

ここが本技術のポイントであって、現場の生産技術者の悩みを解消する。ここに容認されたバリが後工程である「ならい位置決め自動バリ取りシステム」に結びつき、完全自動化への道を拓くことになった。また炭素繊維入り材料で成形された繊維のヒゲだけが出ている製品の仕上げ加工はきわめて難しいが、樹脂で覆われていれば炭素繊維

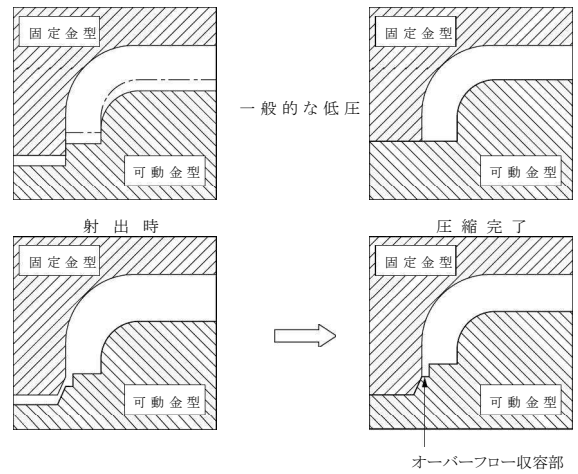
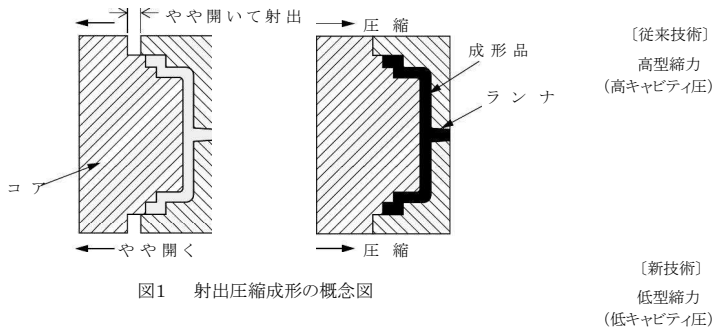


表1 試作製品概仕様

項目	単位	長方形天板	26" テレビ前面枠
外形寸法	mm	316×211×5	660×408×5
(TV内寸)	mm	—	568×320
樹脂材料		PC	PC/ABS
基準肉厚	mm	1.0(可変域0.5~2.5)	2.0(可変域0.5~2.5)
基準容積	cm3	73	187
重量	g	87	210
投影面積	cm2	667	875
所要型締力	ton	270(内圧400kg/cm2)	310(内圧350kg/cm2)
流動長L/t		200	125(1t:250)

表2 試作に供した金型仕様と成形機能力

項目	単位	長方形天板	26" テレビ前面枠
金型寸法	mm	550×450×460	900×700×760
ランナ		ホットランナ	ホットランナ
ゲート形式		バルブゲート1点	バルブゲート4点
圧力センサ		2箇所	2箇所
温度センサ		2箇所	2箇所
寸開センサ		1個	1個
射出成形機	形式	電動トグル式	電動トグル式
型締力	ton	280	450
スクリーン径	mm	63	76
射出圧力	kg/cm2	1,760	1,830
射出率	cm3/s	499	726

による試作品の仕様である。

4. 射出圧縮成形

低圧成形を目標にするには射出圧縮成形法しかないと考え、同法を採用した。古くは、ローリング法をはじめとして各種の技術が開発され実生産されてきた歴史があり、特に目新しい技術ではない。

射出工程においてわずかに金型を開いておき一定量の樹脂を射出し、しかるべきタイミングに型を圧縮する。今回は既設のトグル式電動成形機で圧縮成形動作制御回路が付与された機種を

維を超音波ナイフで簡単に切断できる。

この切断技術を応用し、「バリ容認、低型締力射出圧縮成形技術」の開発にテーマを絞り、そこで考え出されたのが「オーバーフロー」付き金型である。「オーバーフロー」とは意図的に制御されたバリの呼称として我々が命名した。

(2) 金型開発

通常の射出圧縮成形の概念を図1に示す。今回開発したオーバーフロー付き金型構造のポイントは、図2のような断面構造を持つている。従来技術では垂直の喰い切り（シャープエッジ）構造で設計するが、新方式は傾斜したシャープエッジ構造である。表1はこの新技術

使用した。最近の電動成形機は圧縮成形の研究が注力されているようである。表2に試作に用いた金型仕様と成形機の能力を示す。

どのような条件で成形することが良い成形品を生み出すかは、経験とノウハウに関与するため詳細は述べられない。

通常の成形では、型締力280tonを必要とするPC製品が、バリ出し容認金型による射出圧縮成形では型締力1/5の薄肉成形が可能であることを確認できた。表3に長方形天板の成形条件、表4に同じく26in TV前面枠の成形条件を示す。図4はその流動解析と実験値の比較である。

更に、ポリカーボネートで超低压縮成形の結果、型締力40ton(t:1mm)で成形できた(型内平均圧力60kg/cm²これは通常圧力の1/5以下である)。0.8mmの超薄肉成形では100tonで可能であった(L/t:250)。

表3 長方形天板の成形条件

項目	単位	炭素繊維30%入りPP		ポリカーボネート	
		圧縮成形	ソリッド成形	圧縮成形	ソリッド成形
型締力	ton	50	50	50	50
射出圧力	MPa	150	150	102.5	150.2
充てん時間	sec	0.4	0.4	0.3	0.3
冷却時間	sec	25	25	25	25
樹脂温度	℃	220	220	280	280
金型温度	℃	60	60	100	100
肉厚	mm	1.0	1.0	1.0	1.0
重量	g	80.8	77.1	86.3	—
圧縮量	mm	0.5	0	0.5	0
充てん率	%	100	不完全	100	25

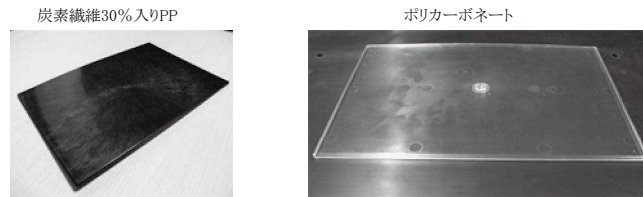


表4 26" テレビ前面枠の成形条件

項目	単位	PC/ABS		PC/ABS	
		圧縮成形	ソリッド成形	圧縮成形	ソリッド成形
型締力	ton	100	350	350	450
射出圧力	MPa	73	112	90	124
充てん時間	sec	0.77	0.79	0.72	0.69
冷却時間	sec	25	25	15	15
樹脂温度	℃	250	250	270	270
金型温度	℃	90	90	85	85
肉厚	mm	2.0	2.0	1.3	1.3
重量	g	226	219	216	216
圧縮量	mm	0.5	0	0.5	0
充てん率	%	100	100	100	100

5. 射出圧縮成形機の性能

最近の電動成形機には、圧縮成形を制御する回路を標準に組み込んだ機種が上市されているが、技術的に完全にこなれたレベルには達しておらず、未だいろいろな問題がある。解決しなければならない課題を下記の示す。

- 1) 射出速度超高速化で射出率の大幅アップ
 - 2) 超高速圧縮
 - 3) 盤面の高精度平行制御
 - 4) 金型の寸開量の正確な制御
 - 5) 型盤の直進移動性と倒れこみ防止
 - 6) 小射出量、低型締力のバランス
- の上に立つたプラテンの盤面サイズ

ズ大型化
以上を単純に説明するなら、既存機の型盤寸法を拡大し、超高速射出、高

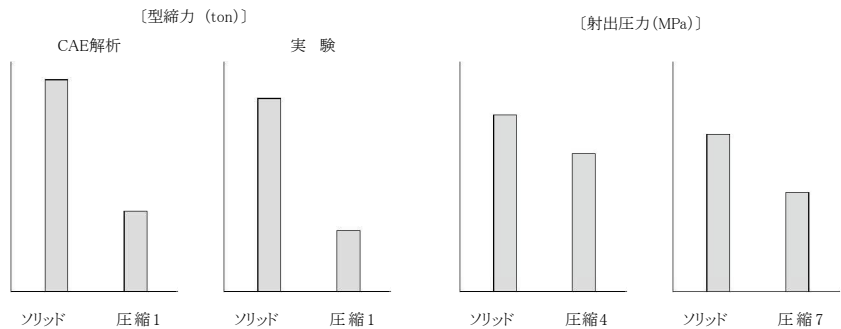


図4 TV全面枠の流動解析と実験値の比較

速圧縮の大幅アップを図った機械である。今回は成形機の開発までには至っていないが、我々はすでに専用機の基本設計を完了している。

参考にするのは、1970年に導入された米国UCC社が開発したSF成形技術である。窒素ガスを樹脂に混練し高速射出し、大型製品を低压縮めで成

形する発泡成形技術である。
押出機で混合計量し、アキュムレータを備えたピストンで高速射出する。発泡成形で型内は低圧で成形されるため、鋼板を切断した型盤に型締めシリンダを直接取り付けられた極めて簡素な機械であった。厚肉成形を得意としスワールマークを許容した特定の大型製品に向けられた。

射出圧縮成形法は古くに開発された既存技術であり、すべての製品に適用できるわけではない。低圧成形であるならアルミ金型か寸法を小さくした金型で十分であり、バリ容認金型を用いる専用低圧縮力射出圧縮成形機の開発を提案したい。

6. 取得特許

開発成果に基づき2件の特許を申請受理され、認定証の交付を受けた。

i) 特許第4491041号
「樹脂製品製造システム」—平成22年4月9日

ii) 特許第4586105号
「樹脂製品製造システム、製造方法、樹脂生計装置、及び金型」—平成22年9月10日

7. まとめ

「ならい位置決め表面仕上げ技術を用いた低圧縮力射出成形技術の開発」の研究開発事業は、2008年度から2年間にわたって実行され、2010年度に経済産業省に報告をもって完了、現在はその技術の具体化取組みに邁進している。今後は、本システムを無灯の成形工場に設置し、黙々と無人生産するシステムの完成に向けて力を入れたい。

低圧射出圧縮成形は、平面的で抜き

孔の少ない製品が好適な形状である。今後ご興味を持たれた企業から提案をいただき、特許を活用した共同開発に取り組みれば幸いである。

なお本稿は、筆者が振興協会所属で進捗を担当させていただいた関係で作成した。すべて現場を含めた多数の方々との協力の賜物であり氏名を記すべきであったが、あえて組織名のみとした。ご容赦と御礼を申し上げたい。