押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

概要

ブロー成形は、飲料ボトルのような空洞のプラスチック製品を製造する手法だ。一般的に炭酸飲料のボトルや牛乳ボトル（深い細口ボトル）を大量生産するのに用いられる。ボトル等の容器全般はスピーディーかつ低いコストで生産されているが、試作開発は日数を要しコストがかかっている。

切削加工による型作成を、FORTUS 3次元造形システム（以下FORTUSシステム）で造形するFDM（熱溶解積層法）型に置き換える事で、ブロー成形の試作品が５日以内に作成できる。ブロー成形の試作品は、FORTUSシステムで造形できるPC（ポリカーボネート）樹脂の物性により、型設計や成形プロセスをわずかに変更するだけで作成することが可能になる。

ブロー成形は、空洞型に熱せられたプラスチックを空気圧で膨らませて成形する生産手法で、飲料ボトルの様な肉厚の薄いプラスチック容器の製造に用いられる（図１）。
ブロー成形は射出成形より射出圧が低いので、大型のプラスチック容器を作成するのにも適している。
ブロー成形には、エクストルージョン（押出ブロー成形）、インジェクション（射出成形）、ストレッチ（延伸ブロー成形）の3種類の手法がある。
押出ブロー成形は、間欠式と連続式を含めて、3手法の中で最もよく使用されている。

押出ブロー成形は、空洞型にプラスチックの溶融管を押し出し、圧縮空気で膨らませる（図２）。射出成形は、2段階の手順で行う。最初に射出成形により試験管状のプリフォームを成形し、プリフォームが固化する前に最終形状金型に変え、圧縮空気で膨らませる。延伸ブロー成形は、射出成形と同じ手順だが、膨らませる前にプリフォームを引き伸ばす。分子結合方向にそって伸ばすため強度の高い成形品を作ることができる。

図１

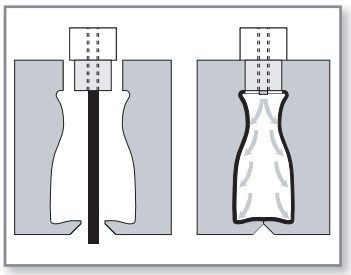

図２

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

ブロー成形には、ポリスチレンやPC、ポリ塩化ビニル（PVC）などの一般的なプラスチックが使われている。中でもよく使われるのが、高密度ポリエチレン（HDPE）、低密度ポリエチレン（LDPE）、ポリエチレンテフタレート（PET）だ。

図3

ブロー成形の設計や成形パラメータの仕様は、品質要望、デザイン性、成形技術の組み合わせで決まる。ピンチオフや注入口の形状、型温度、ブロー圧の変更が、成形結果に多大な影響を与える。これらのパラメータを確認し設計承認を早く進めるため、試作型の切削が必要だが、切削による試作型の作成はコストと時間の両方がかかる。

そこで、リードタイムと費用を削減するために、FORTUSシステムで作成された型が採用されてきている。ブロー成形製品品質に近い試作品の金型の設計・作成が５日以内にできるからだ。

図4

FORTUSと押出ブロー成形

FORTUSシステムをブロー成形型の作成に用いた時、試作品のリードタイムは、週単位から5日以内へと短縮され、試作品のコストは切削より安くなる。ほとんどのケースでアルミニウムを切削して型を作成するより、1/3から1/2のコスト削減が可能だ。

FORTUSシステムでの造形は、熱可塑性樹脂を使用できる事が特徴であるため、ブロー成形向けのラピッド・ツーリングとして有効である。
FORTUSシステムで作成されたPC（ポリカーボネート）モデルは、ブロー成形で必要とされる温度や圧力に耐えることができる（図３）。壊れず変形しないモデルは、HPDE、低密度ポリエチレン、PET、塩ビ、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリエチレンのなどの一般的な材料を使用した成形を何百、何千回も行うことが可能だ（図4）。
他のプロトタイプ造形手法とは異なり、FORTUS造形は標準の型設計と成形パラメータにわずかの修正を入れるだけで対応可能だ。そのため、従来の慣行を大幅に変えずにFORTUSモデルでブロー成形型の試作を作成できる。

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

FORTUSシステムは無人で稼動できるため工場効率が上がり、造形している間、熟練工は他の仕事に取り組むことができる。

飲料ボトルの試作品依頼

ある容器メーカーが、ブロー成形による試作のコスト削減と時間短縮をStratasys社に依頼してきた。目標は、製品品質に近い試作品の作成を数週間から5日以内に短縮する事だった。その会社は、パイロット・プロジェクトとして3インチの直径で高さが６インチ(76x152mm)のボトルを指定した。FORTUSのPC樹脂ブロー成形型は、キャビティとしてアルミニウムから削り出したモールドベースに組み込み、たった2日で設計・製作された。型設計と成形プロセスのわずかな修正のみで、ボトルはBP Solvay Fortiflex ®のHP 58、高密度ポリエチレン(HDPE)で成形された。
それは全工程5日以内で完成し、生産品質に近い基準を満たしていた。

型寿命について

FORTUSのPC樹脂で作成された型で、そのメーカーは８００本のPETボトルをテスト製造した。時間的な制約と試作品の目的量の問題からテストは８００本で終了し、PC試作型に破損や歪、寸法的な変形がない事を検査で確認した。そして必要であればFORTUS試作型で何千もの製品を作成できると結論付けた。

プロセス概要

押出しブロー成形はプラスチック樹脂を通常175～260度に熱する。溶融樹脂は型を通して押出され、パリソンと呼ばれる丸いパイプ状の中空樹脂を形成する。連続式では（図5）、パリソンは左右中間部に固定し型が閉められる事で底が閉じられる。間欠式では（図６）、溶融樹脂をアキュムレーターに満たして型空間にパリソンを広げる。パリソンが押し出された後、ブローピンを突き刺す。通常は85-120psi (586-827kPa)の圧縮空気で型表面にプラスチックを押付けるくらいパリソンを膨らませる。成形品は冷却後に排出される。

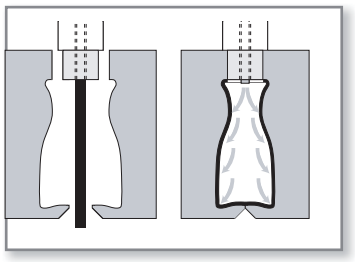

図5

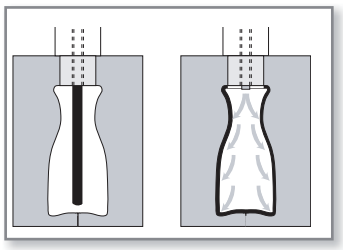

図6

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

プロセス

FORTUSシステムのPC樹脂型は、今まで一般的にアルミニウム、鉄、ステンレス、ベリリウム銅で作られてきた切削加工型に取って代わり、金属切削の労力と費用を不要にする。

型設計

FORTUSモデルでのブロー成形は、一般的な型設計を若干修正するだけであり、典型的なブロー成形と同様にピンチオフ、フラッシュポケット、冷却システム、固定版を組み込んでいる。しかしながらFORTUS型では、抜き穴を必要としない。FORTUS型は造形方法の特徴から機密性がないため、成形されるプラスチックと型表面に閉じ込められた空気は、型自体を通して逃げることができる。

型設計は抜き勾配やキャビティの輪郭周りにリブを作成する修正が行われる。このリブは、型の両半分側の間の圧縮シールとしての役割をし、パリソンにきれいな遮断と最良なピンチオフを与える。ポリエチレン(HDPE)でテストした際は、幅3.2mm , 高さ1.5mmのリブで良い結果が得られた。リブは（図７）に示される様に外側に向けて斜めにつけられる。これらの仕様は、製品の大きさ、プラスチックの種類や成形条件により異なるので調整が必要となる。型設計には、以下３つのやり方がある。

（１）FORTUS型：
　　型全体をFORTUSモデルで構築（図８）。

（２）ハイブリット型―直方体インサート：
　　長方形のFORTUSインサート型とアルミのベース型のペア.。

（３）ハイブリット型―輪郭インサート：
　　製品形状輪郭に沿って造形したFORTUSインサート型とアルミのベース型のペア（図９）。

現在、（３）の輪郭インサートのハイブリット型が最も良い結果を出している。

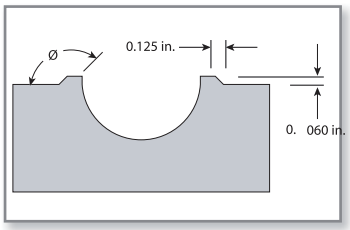

図7

図8

図9

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

FORTUS型設計

通気孔が無い事と輪郭リブの追加以外、これらの型は機械加工の型と同様に設計される。冷却用の溝はFORTUS型でも作成することはできるが、冷却ライン付きの標準的な取付けプレートを使用した方が簡単で速い。

図10

ハイブリット型—直方体インサート

キャビティ型周りの最小肉厚に0.5インチ（12.7mm）は必要だ。例えば、6インチの高さの直径３インチ(152.4x76.2mm)のボトルでは、７x４x２インチ(177.8 x 101.6 x 50.8 mm)　の寸法を持つ2つの直方体が左右部分の型となる。

同じ大きさの直方体の空洞を持つアルミ削り出し型にFORTUSインサート型をマウントする。型用ベースのコストと時間を最小限にするには、標準サイズの在庫を持ち、それらに合うサイズでFORTUS型を設計する事だ。注意すべき点としてアルミニウム製のモールドベースは、ブロー成形中にPC樹脂のインサート型が膨張することで型割れを起こす可能性がある。これを防ぐには冷却サイクル時間を増やす必要がある。

ハイブリット型—輪郭インサート

インサート型の表面には、型のキャビティ周囲を最小肉厚として0.25インチ（6.4mm）は必要だ。長方形のインサート型とは異なり、各々のFORTUSインサート型は輪郭の裏側がある（図10）。成形面の曲線に沿い、少なくとも0.25インチ（6.4mm）オフセットした面を作成する。
この成形手法は材料費や造形時間の短縮に効果的だ。また、より少ない熱で済むので成形のサイクル時間が短縮される。
長方形のインサート型と同じく、成形品の標準的なサイズに合うようなアルミ削り出し型ベースを作成する。輪郭インサート型であるため、インサート型の裏面とアルミ削り出し型の間に隙間ができる。

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS 3D PRODUCTION SYSTEMS

冷却システム

ハイブリット型では、通常の冷却溝の設計を使用してアルミ削り出し型の冷却システムを組み込む。サイクル時間を短縮するために、冷却ラインは成形品が射出された後に型表面に圧縮空気を吹きつける事で補うことができる。特別な設計仕様はまだ確立されていないが、水冷方式も調査している。サイクルタイムを最小化するために、FORTUS型やインサート型は中空で作成して内部空洞に冷却水を流し込ませる。

図11

型の構築

型の凹部をＺ軸に直立する様に割り面を配置する。高さ方向に長い造形には時間がかかるが、型のキャビティ面をきれいに作成できる。また、左右の型の中間部の密閉にも有効である。通常の造形パラメータでFORTUSモデルを作成するが、キャビティ形状に沿った輪郭パスを複数本形成する事で（図11）、型内の隙間を減らせ、より良いモデルを作ることができる。

ABS樹脂およびPPSU/PPSF樹脂は、ブロー成形型にあまり適していない。ABS樹脂はブロー成形型で必要とされる温度と圧力に耐える十分な物性がなく、PPSU/PPSF樹脂は強度があり耐熱性もあるが、熱を多く持ってしまいブロー成形品が型から外れにくい。これらの理由によりブロー成形型にはPC樹脂を推奨する。

FORTUS型が完成した後処理として、サポート材料を剥離しキャビティ内をブラスターで研磨する。この簡単で迅速な２段階のプロセスは、FORTUS型表面を生産用金型の品質に近づける。
ブラスト処理する前に割り面やピン角部をマスクで覆ってから、60から90psi(414～621kPa)の圧力で型のキャビティ部のブラスト処理を行う。このブラスト処理は機械加工や手仕上げを必要とせず、キャビティ内部の仕上げの時間を短縮してくれる。ブラスト処理されていない面はきれいな合わせ面で、バリが最小になる。最後にＰＣ樹脂で作成されたキャビティ部をアルミ製の金型ベースに組み込み完成となる。

押出ブロー成形でのPC樹脂型の製造実例

FORTUS
3D PRODUCTION SYSTEMS

ブロー成形

ブロー成形用試作型は（図12、13）、プロセスとして１つだけ変更が必要になる。PC材料で作成された型が熱を持つため、冷却サイクルを延長する。その冷却サイクル時間は型形状や成形材料により異なり、トライ＆エラーが必要だが、以下内容が参考なる。

冷却サイクルは、金属製のブロー成形型の５倍から試してみる。成形が成功すれば、冷却時間を減らしながら再成形し、成形品を型から取り出すサイクルタイムを減らし続ける。最後に成功した成形サイクルでブロー成形を開始し試作品を作成する。

ヒント：型からパリソンが外れにくくバリが多い場合は、PC樹脂のキャビティ型とアルミ製の金型ベースの隙間をつめるようにする。

冷却サイクルを長くしたにも関わらず、PCキャビティの温度が上昇し続けて、成形品が型から外れにくくなる事がある。この現象が発生した場合には、型を開けて適温に戻す。また圧縮空気（工場エア）を型に吹きつける事でも冷却を早められる。
ブロー成形による試作品ができたらバリを取り除く。これでブロー成形の試作品は完成となる（図14）。

まとめ

これらの手順により、FORTUSシステムは試作に関する時間とコストの削減を可能にする。試作成形品は時間面で50から70%速く、コスト面で50から60%安く提供できる。
FORTUS型は、従来の切削型にわずかな設計と手順の変更で置きかえられ、ブロー成形品の試作プロセスに容易に組み込むことができる。また最終製品に近い品質が得られ、多種のブロー成形材料の選択に最適である。スピードとコストの両方にメリットがあるFORTUSシステムは、製品やプロセスの分析、顧客デザインの承認を加速、促進させる。

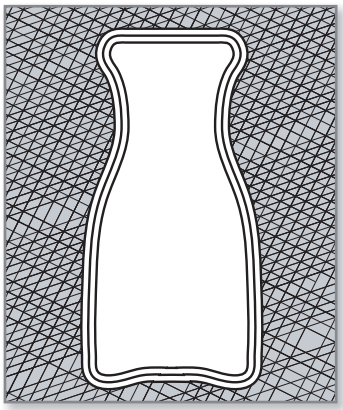

図12

図13

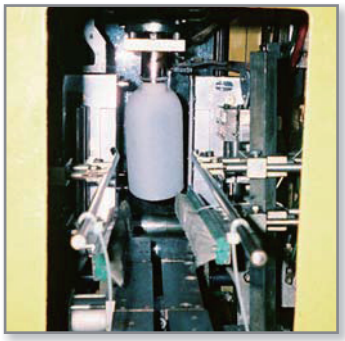

図14

丸紅情報システムズ株式会社

http://www.marubeni-sys.com/de/stratasys/

本社：〒150-0002 東京都渋谷区渋谷三丁目12-18渋谷南東急ビル　TEL：03-5778-8583／FAX：03-5778-8909
お問い合わせ／製造ソリューション事業本部　モデリングソリューション部
（名古屋）052-238-3475（大阪）06-6395-5525

STRATASYS
Make It Real