

肉厚可変中空成形ダイの先端技術： 新しいワシビルリングダイ

ハイイツ・グロス*
訳：酒井忠基**

【概要】
2007年のプラスチックエーシー12月号に中空成形品、パイプ、発泡シート及び共押出成形品向けの可変肉厚ダイ（ワシビルリングダイ）を紹介した。本報はこのワシビルリングダイのその後の進展を述べたものである。この肉厚調整システムは国際高分子成形学会（PPS）の技術賞を2015年に受賞している。このシステムは既存の中空成形ダイやパイプダイなどに取り付けることが可能であり、成形品の寸法精度向上や生産性の向上に資するばかりでなく、肉厚分布の大きき異なる中空成形品を効率良く生産することができ、

1. 序 論

形プロセスを改善し、製品の品質を向上させるための技術や工夫には終らない。その目的は材料の最小化、エネルギー消費量の低減、廃棄量の低減、メンテナンスの容易なことがあるが、メンテナンスの容易な改良にすることも重要である。成形加工装置には高い信頼性、生産だけでなく、運転のしやすさも求められる。現在用いられている成形装置は既に何世紀にもわたる改良を経てきたものであり、さらなる改良は容易でないため、その対象がその技術に振り向けられてきている現状である。つまり、成形加工の主要な要素に関してはそれ以上の改良を試みることは初めから諦められている。このような状況は、特にパイプ発泡フィルム・シート、ケーシング、射出中空成形品に幅広く用いられる分野である。

2. パイプや細管成形に用いられている従来のワシビルリングダイ

ワシビルリングダイは50年以上使用されているが、未だ改善の余地が残されている。しかし、ワシビルリングダイの設計に関する限り、目新しい改良は近年行われていない。ダイとワシビルとの相対的な位置決めに対する調整方法を見直せば、次のような課題が解決できる。

- 1) ワシビルに対して狙った中心位置にきちんとダイを取り付けること
- 2) ダイとワシビルとの相対的な位置決め

- 3) ダイの位置決め再現性を常に確保すること
 - 4) 運転員のスキルで最終製品の品質を清掃したり、生産するために調整が左右されないよう、手動での調整をなくすること
- このような課題解決策は肉厚調整許可値を改善するために重要であり、同時に生産コストを下げ、生産性を上げるためにも役立つことである。図1に示すように、ワシビルに対してダイを調節する方式の場合、ダイをワシビルの中心位置に精度良く取り付けることは不可能である。ワシビルに取り付けるときには、ダイはあらかじめ中心位置に設定されていないから、

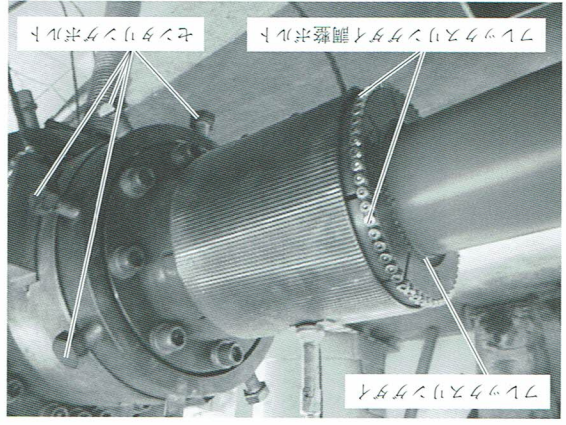


図1 従来のワシビル調整型パイプ成形ダイヘッド（ワシビルに対してワシビルリングダイが移動している）

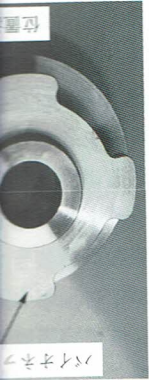


図3 コム製のワシビル

その操作のための運転員が必要となる。生産ラインを一時停止する必要がある。なぜなら、生産ラインが動き始めてからタイヤの位置をきめ細かく調整しなければならぬからである。しかし、通常、調整ボルトとそのドッチは大きすぎて、きめ細かい調整がほぼ不可能である。しかも、調整ボルトを動かしても、タイヤがすぐに移動するわけではない。ある一定以上の力が生じ、タイヤとヘッドとの間の摩擦力を越える。タイヤは力のかかった方向に移動する。しかし、運転員はタイヤがどれだけ動いたかを知ることができず、手動でタイヤの移動量の調整をマイクロメータレベルですることは絶対に不可能である。しかも、調整が終わってもヘッドに對するタイヤの正確な位置を計測することもできない。そして、ヘッドを清掃したり、異なるサイズの製品を生産するためにタイヤを交換したりするたびに、このような微調整を繰り返さなければならぬ。これは時間や材料を無駄にすることであり、当然、生産ラインの能力を低下させ、更に、良好な品質の製品を再現性よく生産するためにも阻害要因となっている。なぜなら、細管あるいはパイプの肉厚分布はヘッドとタイヤとの相対的な位置関係に大きく依存しており、微調整操作が再現性良く行われないと生産ヘッドに応じて製品品質にわずかな違いが生

じてくる要因となるからである。

3. 細管及びパイプ成形のための傾斜タイヤ構造のリングヘッド

前述のような課題を改善する新しい技術が開発されている。その革新的な方法とは、図2に示すように、ヘッドとタイヤとの間に新開発の機能ジョイントを挿入することである。このジョイントはゴムあるいは金属でできている。当然、素材に応じて使い方は異なるが、どちらも簡単な構造である。製作も容易である。まず、タイヤとヘッドの結合部をシールする。そして、ヘッドに對してタイヤが傾斜できるようにする。最終的には、タイヤがヘッド軸に平行に一定の距離を移動すること

が可能となる。ここでは、タイヤとヘッドは常に密着している。これによって、タイヤはヘッドの中心位置に挿入でき、結果として、タイヤを取り付けることにヘッドの中心位置に自然に収まることになる。

ゴム製ジョイントを使用する方法では温度が300℃までしか使えないが、図3に示すように、パイオネットヘッド方式を用いることができる。金属製ジョイントを用いる方式は高温で使用できるが、パイオネットヘッド方式は材料を含む樹脂材料を成形する場合などではゴム方式は適さず、金属方式の方が適しており、金属方式の方が調整幅もかなり大きい。タイヤを調整す

図2 金属(4.1)とゴム(4.2)とを使用した新開発の機能ジョイントを組み込んだ基本構造 (ドイツ特許: DE 10 2012 022 409 B3)

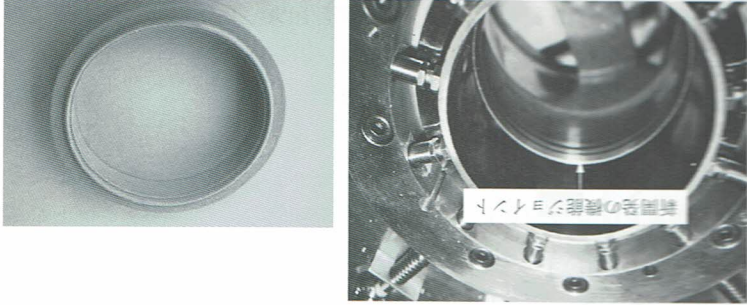
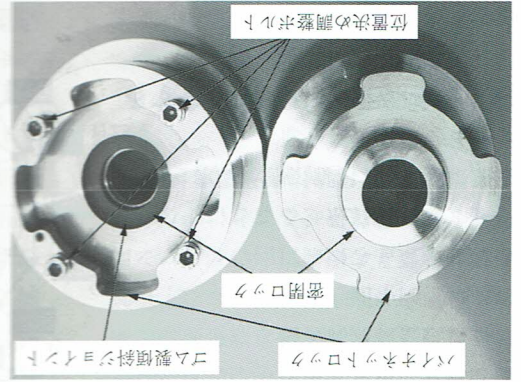
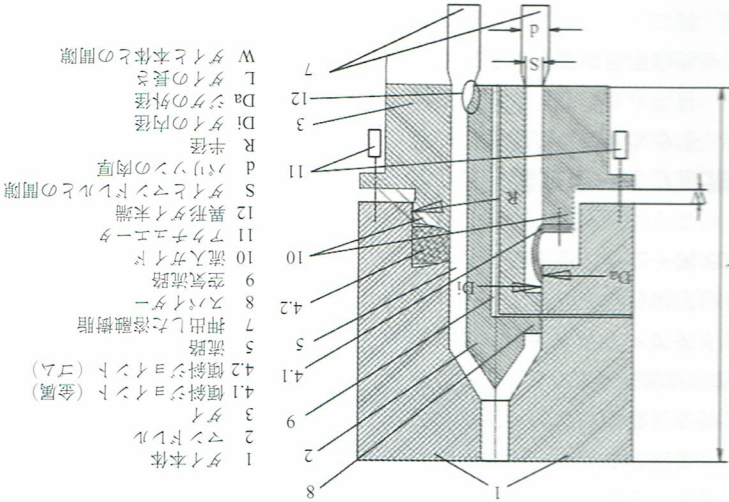
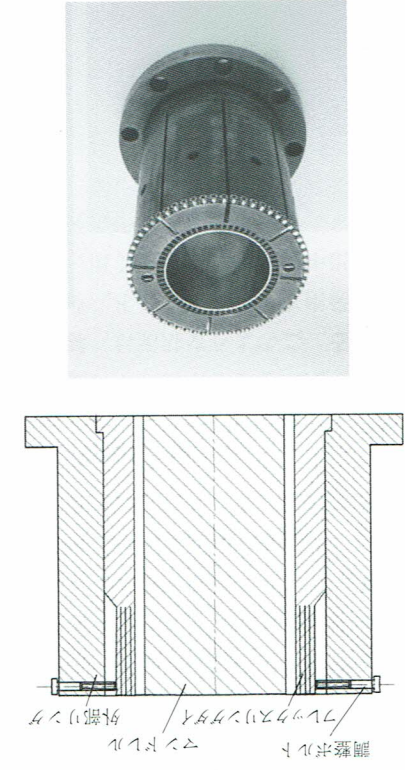


図3 ギョム製の部品とパイオネットヘッドで集めたヘッド (右) とタイヤ (左)
図4 フレックスリングに取り付けた金属製のジョイント (左)、ギョム製のジョイント (右)

される。
 タイを傾斜させる力は小さくても、サイヌの小さな調整ボルトを細かいピッチで取り付けることができ、これにより、非常に精密な調整が可能となる。この傾斜調整機構の有利な点は既存のタイヘッドにも適用できることである。特に、新規にヘッドを導入する場合ならば、従来の調整機構を採用するよりも低いコストで対処できる。そして、傾斜タイを用いれば、肉厚分布の許容範囲を更に狭めることができるので、生産コストの低減化が可能となる。つまり、タイの位置決め運動開始当初からきちんとできることから、運転開始時のムダな作業が減らせるので、生産ラインに対する中断時間を低減する。製品の肉厚許容範囲を向上し、生産ラインの開始が早くなるため、材料のロスも間違いなく低減

図5 フレットスリッダの横断面(上)と外觀(下)



4. 肉厚分布の許容値が厳しいパイプや細管の生産に対応したフレットスリッダ付きリングヘッド

タイが理想通りに中心に位置していても、通常の中空押出成形では円周方向の肉厚分布に変動が存在する。このような肉厚変動は必ずしも対称ではな

るので、タイの位置を微調整すること

が不可欠となる。この場合、肉厚分布

が狙い通りにいかない部位の狭い間隔

を変更しようとするのが一般的である

が²⁾、フレットスリッダを活用す

示すように、フレットスリッダの

出口は複数の薄層で構成されており、

各層がお互いに支え合っているので、

樹脂圧にも耐えられる。そして、各層

は個別にスライドでき、表面での変形

は極端に小さい。その結果、フレット

スリッダでは直線的な弾性変形の

範囲内で大きな流路調整が可能となる。

図6はフレットスリッダ方式に換

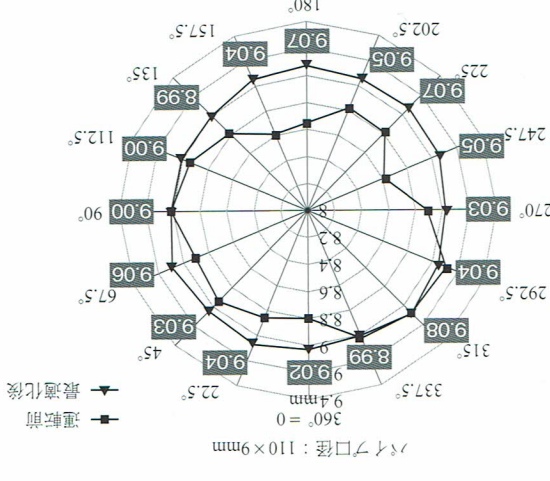
えたヘッドがパイプの肉厚分布を最適

化できる様子を示した一例である。

5. 灌漑用パイプ成形用リング状ヘッド

灌漑用パイプ成形用のヘッドでは付

図6 マンボレル(■)の肉厚分布とフレットスリッダ(▲)を用いた最適流路間隔



るように、タイは感度

高く傾斜できる必要が

ある。フレットスリッ

ダタイを用いれば、流

路の間隔調整によって

円周方向の肉厚分布の

ばらつきも最小化でき

る。最終的には、タイ

の流路はわずかに円錐

形となるが、タイをマ

ンボレルと相対的に移

動させることによって

パイプの肉厚に対する

微妙な調整が可能とな

る。このようにして、

6. 押出中

肉厚分布が

成形では正確

に肉厚分布を

生成すること

タイから押し

分布を軸方向

調整できるこ

円錐形タイ

用いられ、

に軸方向に

術であり、

ボレルの相

となる。こ

入では通常

る。しかし、

な形状の製

厚を大きく

極め

7. 円錐形

円錐形

は、既に

円錐形タイに対する肉厚調整技術は、既に70年代に開発されている。

従来のPWDS技術

7. 円錐型形状の流路を有する

円錐形タイ及び円錐形マントルを用いば、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることは容易な技術であり、半径方向でもヘッドとマントル間の相対位置を移動させれば可能となる。これは現在の中空成形プロセスでは通常行われている調整操作である。しかし、円錐形タイを用いて、複雑な形状の製品の円周方向のパリンソンの肉厚を大きく変化させることはかなり難しく、極めて難しい技術が要求される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

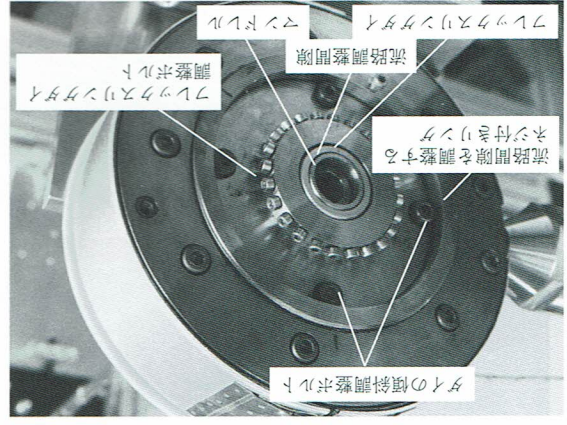


図7 機能ジョイントを内蔵したフレックスマントル装着灌漑パイプ成形用ヘッド (タイの十分な傾斜と軸方向への移動が可能)

これはタイの出口部でインを停止しなくとも、各種の肉厚分布をもつパイプを生産することが可能となるのである。

6. 押出中空成形用のヘッド

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

円錐形タイ及び円錐形マントルを押し出す際には、パリンソンの肉厚を押し出し中に軸方向に変化させることが重要である。そのため、タイから押し出されるパリンソンの肉厚分布を軸方向及び円周方向に自在に調整できることが要請される。

この壁の薄い壁で構成されているが、この壁面の間隙を調整するのは技術的にも難度が高く、費用もかかり、しかも複雑な形状の中空成形品に適用するには限界がある。特に、パリンソンの円周方向の肉厚を変化させなければならない場合は非常に困難である。一例として、自動車のウインドウオッシャータンク(図9)のように、肉厚分布が円周方向で変化させなければならない場合などには対応不可能である。タイの変形ではパリンソンの肉厚を変えることができず、部位は180度あるいは90度の位置に最大4箇所しかないためである。PWDSの場合には更に自由度が少なく、フレックスマントルはタイの変形に合致しない位置か、あるいはそれぞれのタイの構造に応じた固有の位置にしか設置できないからである。これには技術的な課題だけでなく、コスト的な課題も生じてくる。従って、一般にPWDS技術は急激な肉厚変動を有する複雑な中空成形品には適用できない。更に、PWDS技術を半径方向の肉厚調整に利用したくても、適用できるタイの口径には制約があり、比較的小さな、あるいは、かなり大きな中空成形品の肉厚分布を改善することは困難である。PWDSシステムを活用したタイの最少口径は50mm¹⁾である。これでは包装用途の主流である1リットル以下の充てん量の小型中空成形品には対応できないことを示している。また、動的な肉厚調整機構を有する口径675mmレベルの大型PWDSタイでも、大型タンクの肉厚分布の改良には対応できていない。

図9 従来技術で成形したタンク(重さ:0.56kg)とGWDS技術を用いて成形したウオッシャータンク(重さ:0.48kg)との比較

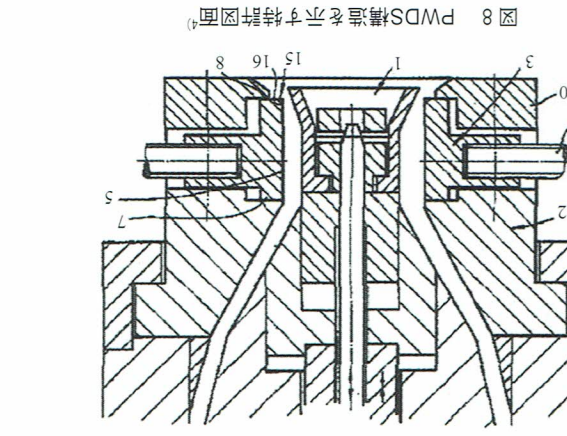
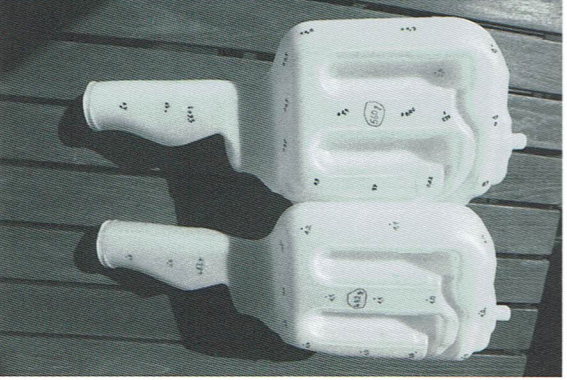


図8 PWDS構造を示す特許図面¹⁾

0に示すように、ほんの短い部位の
ソンの肉厚制御が可能である。図
自動車部品(図10)に対してもパ
基本的に不可能と思われていた形状
る。例えば、これまで押出中空成形で
な円筒状の肉厚制御が簡便にでき
れば、これまで考えられなかったよ
単純に円錐形タイを円筒形タイに交換
品も最適化することが可能である。
無関係に適用でき、どのような肉厚の
適用できる。これはタイのサイズに
用いられているどのようなヘッドに
的に高度ではなく、通常の中空成形
システムである。このシステムは技
可の肉厚を静的にも動的にも調整でき
システム⁶⁾とは、パリンソンの円周方
GWS(クロス肉厚調整)肉厚制
の適用

3. 円筒流路向けのGWS技術の適用

肉厚だけが極端に薄い、他の部位は
平均5mmの均一な肉厚を有するパリ
ソンの形成されている。このようにそ
れぞれの成形品で求める肉厚分布を有
するパリンソンの得る調整技術は他には
見当たらない。
このプロセス技術は追加コストを要
することなく、既存の中空成形ライソ
ンに導入できる点がある。製作が
容易で、価格の低いタイとパリンソ
ンだけで済み、システムを制御するソフト
や付加的なアキュムレータなどを装
備する必要もない。成形運転中、タイ
はメンテナンスフリーである。その結
果、PWDS方式の肉厚制御よりも
GWS肉厚制御システムは購入コスト
、運転コスト、プロセスの適用性の
高さなどで優れている。

図12 肉厚差が極度に大きく(右、0.9~9.5mm)、しわのない真一直径なパリンソン(左)とこれを可能にする複雑形状のGWS方式パリンソ(中)

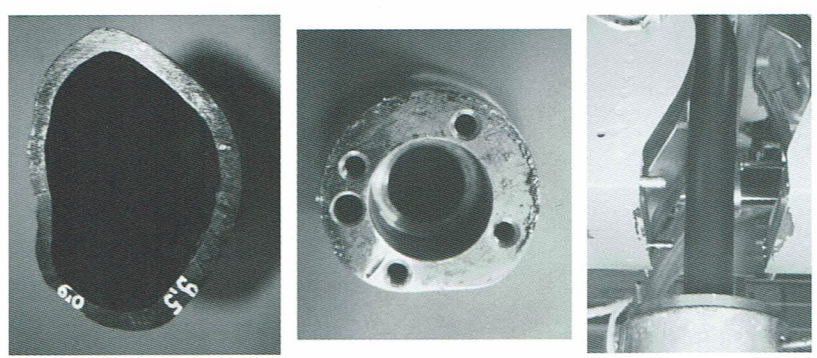


図10 大きく異なる肉厚分布のパリンソン(延伸せずに冷却, 単位はmm)

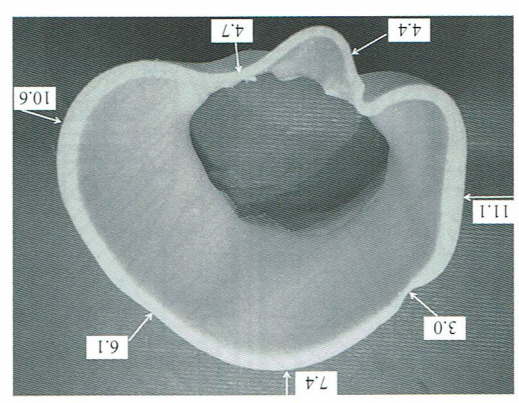
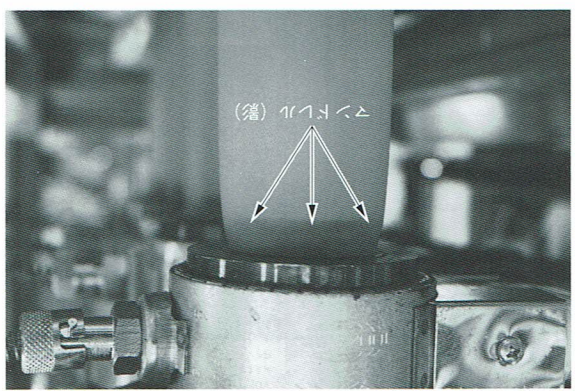


図11 多数ヘッドに組み込まれたGWSタイ(40mm): 成形中に円筒状パリンソンがタイから押し出されている。(写真の影の部分)



異なる、タイとパリンソンの出口流路
が円錐形ではなく、円筒形であるとい
うことである。これによって、タイと
がつかることなしに、あるいはタイ間
隙の大きさを変えずに、パリンソを
突き出すことができる(図11)。従っ
て、タイ部の樹脂流れに影響を及ぼす
ことなく、成形品の特定な部位だけに
対してパリンソを望む形状に変形さ
せることができる。大型中空成形品で
構造の場合、的に平行となる
課題となるピンチオフ部の厚肉化を避
けるために、端部では少し大きな肉厚
調整を行うこともできる。
タイの外側で特別な形状への変更が
パリンソの樹脂流れやタイから押し出されるパリ
ソンの肉厚分布には影響がない。これ
によって、パリンソを動かしてタイ
開口部の流路形状を変えることが可能
となる。パリンソの円周方向の肉厚分
布を均一にするためには、わずかに円
錐形をした円筒形タイとパリンソ
の端部に取り付けられるだけよい。
GWS肉厚制御システムを有する
タイでは、複雑で、高価な静的可変パ
リンソ(SFDR)を備えたパリンソはも
はや不要である。成形品に応じた特
有な形状調整はGWS方式の肉厚調
整システムだけで対応できるからで
ある。そして、これによってPWDS肉
厚制御よりもタイの出口部での大きな
肉厚調整が可能となる。これを図12

特許申請
装着すれば
れ、更にラ

9. タイ
きいている(

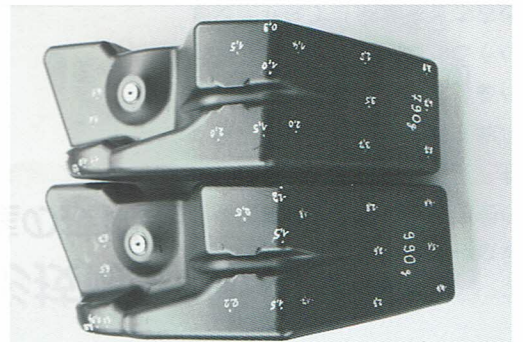
また円周方
大きく変形
で流動する
とも樹脂は
り、例え押
まり、本質
で、同様に
のは通常
構造の場合
的に平行と
対してパリ
せることが
課題となる
けるために
調整を行う
タイの外側
樹脂流れや
ソンの肉厚
によって、
うことであ
がつかるこ
隙の大きさ
突き出すこ
て、タイ部
ことなく、
対してパリ
せることが
課題となる
けるために
調整を行う
タイの外側
樹脂流れや
ソンの肉厚
によって、
うことであ
がつかるこ
隙の大きさ
突き出すこ

特許申請の新聞発能ジョイントを装着すれば、ヘッドにタイがシールされ、更にラジナ部の間隔を調整するた

9. タイを動的に傾斜させる新聞発の機能ジョイントの活用

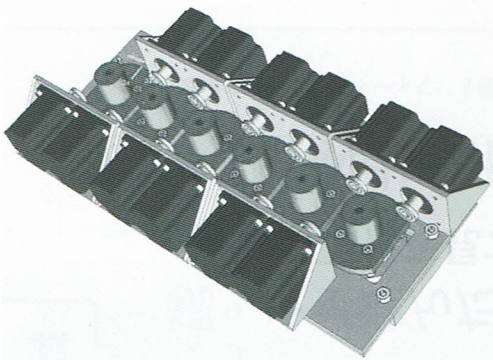
従来の円錐形タイでは大きな変形を示す。タイの円周方向で樹脂の流速に大きな変化が生じてくるのは避けようがなく、その結果、バリソンをまっすぐに押出すことが困難になる。この問題はGWDS肉厚制御システムタイを用いれば容易に克服できる。ラジナ部で流動抵抗が調整され、流路は本質的に平行となるからである。異形タイ構造の場合でも、ラジナ間隔が異なるのは通常タイの末端部のみであるので、同様に取扱いができる。つまり、本質的にはラジナ部は平行であり、例えば押出口部の形状が同じでなくとも樹脂はどの方向にもほぼ同じ速度で流動するからである。ラジナルが大きく変形しているも(図12中央)、また円周方向に肉厚が大きく変動していても(図12右)、GWDSタイ(図12左)ではバリソンが波打たず、まっすぐで押し出すことができる。このようにしてウインドウシヤータンクでは重量を20%以上軽減することができている(図13)。

図13 従来のタイを用いて成形した場合(990g, 上部)とGWDSタイを用いた場合(790g, 下部)との製品重量の比較



めにタイが傾斜し、ラジナルに対して相対的に動かすことができる。タイを傾斜させる力は小さくすむ。レバーームを用いて、棍子の力で増幅するのも容易であり、低価格のラジナユータで充分対応できる。例えば、応答速度が速く、低価格のスタックモータの適用である。新聞発の機能ジョイントを備えた傾斜タイは運転中のメソナソスは全く必要ない。図14に6個のヘッドをもつGWDSタイを示す。各タイは2個のスタックモータで動的に中央位置決め、あるいは中央からずらすために個々に傾斜させることが可能である。それぞれのモータ軸にはこのために備置したホルムバリアソンがタイのラジナ部位に取り付けられている。

図14 6個のGWDSタイを有する中空成形ヘッド：2個のスタックモータで望む方向に自由に調整可能



ですむ。運転員に要請されることはスタックモータを生産ラインのシステムとつなげることだけである。

引用文献

- 1) Gross, H.: ドイツ特許 10 2012 022 409 B3
- 2) Gross, H.: 肉厚可変タイが切り開く新規模出成形技術, トラスタックスエーシ, 53 (12), p.116-123 (2007).
- 3) Gross, H.: ドイツ特許 198 31 540 A1 C2
- 4) Feuerherm, H.: ドイツ特許 199 31 870 C2
- 5) Bruch, O.: Feuerherm, H.: Neue PWDS - optimierte Wanddickenverteilung auch für kleine Blasformteile. In: Blasformen 2015, VDI Verlag, p.69-80, ISBN 978-3-18-234339-
- 6) Gross, H.: EU特許 2 768 653 B1