

特集 インサート成形に防水シール性を付与する加熱 ピン抜き成形技術*

New Waterproofing Technology of Insert Molding : Heatpin-draw Molding Technique.

尾上 勉 浅野圭吾 荒井 毅 古橋正至 上野山博文
Tsutomu ONOUE Keigo ASANO Tsuyoshi ARAI Masayuki FURUHASHI Hirofumi UENOYAMA

In the field of automotive parts, demand for products with waterproof structure is increasing along with the multi-functioning and downsizing of products. Our company has been aiming to abolish the additional waterproofing process (Potting, O-ring, etc.), and has engaged in a new molding technology to form both waterproof structure and overshell of the product at the same time. This paper reports the completion of that new molding technology and overcoming the weakness of this process, that is preciseness of inserted parts.

Key words : Waterproof, High-precision, Insert molding

1. 緒言

近年,自動車部品の分野では,製品の小型多機能化,一体化に伴いコイルやターミナル等のインサート成形が増加し,製品内部を防水する技術が必要になってきている.従来,樹脂成形品内部の防水には,Oリング等の部品の追加や後工程でのポッティング材塗布などを行っていた.そこで,我々は,これらの防水工程廃止のために,樹脂成形のみで製品の外形を作ると同時に内部の防水シール性を付与する成形技術の開発に取組み,実用化したので紹介する.

従来技術である通常のピン抜き成形は,インサート品を保持ピンで支えて樹脂を射出し,射出終了直前にピンを抜き,ピン穴に溶融樹脂を流し込む成形法であるが,ピン周りの樹脂の溶着が不十分で,自動車の足回り部品に適用できる防水レベルではなかった.本研究では,ピン抜き部に伴う未溶着部(スキン層とスキン層の合流跡)を無くすために,当社製セラミックグローブラグ**を活用した小型ヒータピンを用いて,ピンを加熱しながら抜き,インサートの位置決めと同時に完全防水シールする新技術(加熱ピン抜き成形技術)を開発し,ABS用スピードセンサに適用した.また,この加熱ピン抜き成形技術を応用し,二つの異なるインサート部品を同時に高精度に位置決めし,かつ防水シール性を確保する成形技術を開発し,MREセンサに適用した.

**セラミックグローブラグ:ディーゼルエンジンの燃焼室内に配置される着火,燃焼の始動補助装置.

* 2001年9月14日 原稿受理

瞬時昇温が可能であり1100℃で使用される

2. 通常のピン抜き成形の概要と問題点

Fig.1に通常のピン抜き成形の概要を示す.

インサート部品を抜きピンにより保持する.

樹脂を充填する.

樹脂が固化する前にピンを抜く.

周辺の溶融樹脂により,保持ピン穴が埋まる.

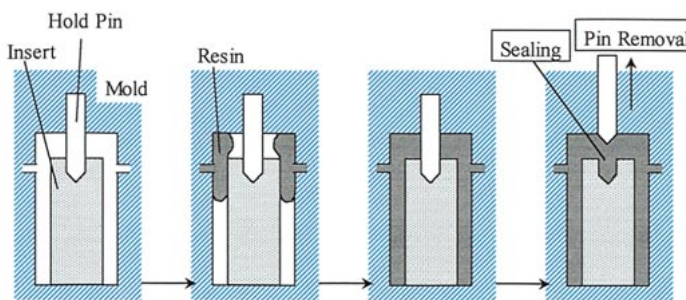


Fig.1 Pin-draw molding technique

このような成形工程をとることにより,インサート部品を位置決めした状態で,樹脂によりインサートを被覆することが可能となる.しかし,この際,ピン抜き部には, Fig.2のSample.1及びSample.2に示すような未溶着部が発生する.写真は,ピン抜き部を浸透液で着色した断面であり,Sample.1では,上下から浸透液の浸透が確認でき,また,Sample.2では,ピン抜き部を浸透液が貫通しており,防水シール性は確保されていないことが確認できる.

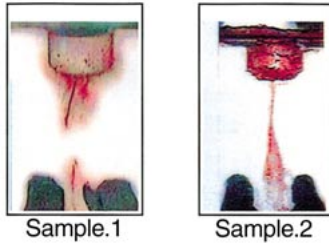


Fig.2 Non-welded line

3. 2次元FEM熱解析によるメカニズムの推定と加熱ピン抜き成形の効果の検証

ピン抜き部の樹脂の状態変化は観察が不可能なため、2次元FEM熱解析(MARC)により、内部の温度変化を解析した。まず、通常のピン抜き成形を行った場合の結果をFig.3(1)に示す。樹脂充填完了時からのA(金型付近の樹脂)、B(中央部の樹脂)の温度の変化をFig.4に示す。A(金型付近の樹脂)の温度は樹脂充填完了から急激に下がり徐々に型温に近づいていく。一方B(中央部の樹脂)の温度は、ピンを抜いた後から上がりはじめ、樹脂充填後1.5秒後(ピン抜き後1.0秒後)には、樹脂の融点の230以上となっている。

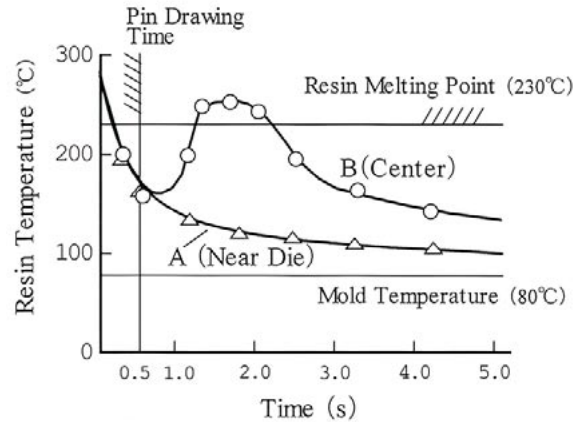


Fig.4 Resin temperature transition near die and center

融点以上にならないため未溶着部が残ると推定した。

そこで、未溶着部を無くすためには、ピン抜き後に融点以上になる範囲を金型表面まで拡大すれば、ピン抜き部は完全に封止できると考えた。しかし、ピンを加熱する方式では保持ピンを最初から融点以上の温度にしておくとし、インサート樹脂が熱変形してしまい保持できなくなるため、インサートを保持している樹脂充填中はピンの温度は上げず、樹脂充填後にピンを昇温する方法をとる必要がある。この場合、一度冷却固化したピン部の樹脂がピンを加熱することで再び融点以上の温度まで達する

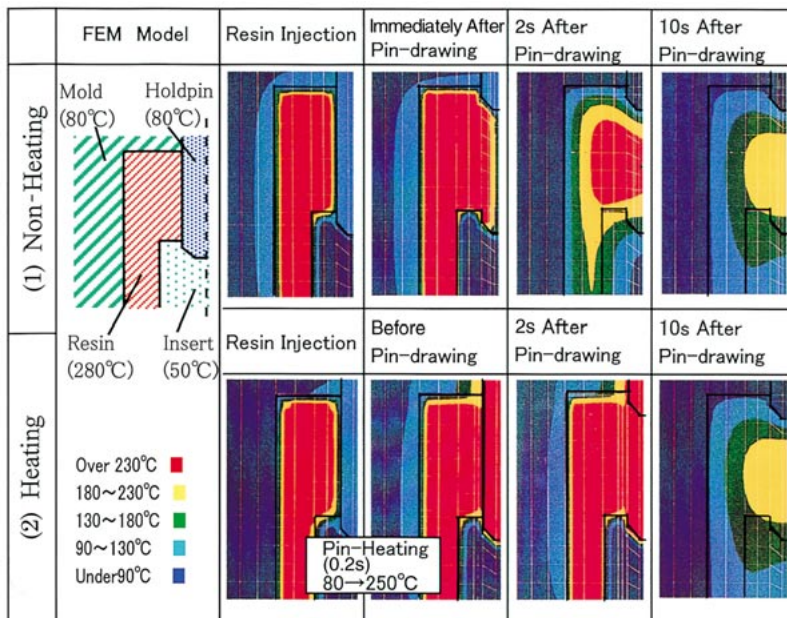


Fig.3 Resin temperature transition by FEM analysis

これらのことから、未溶着部の発生メカニズムは、樹脂充填時、ピンの周辺にはスキン層が成長する。ピン抜き時、スキン層はピン抜き部に移動する。その後、中央部のスキン層は周りの溶融樹脂の熱による影響を受け、再度融点以上になり消失する。しかし、金型及びインサート付近では、樹脂の熱が奪われスキン層が

ピンを加熱することで再び融点以上の温度まで達するのと同様な2次元FEM熱解析により事前検討した。

Fig.3(2)に、樹脂充填後にピンを加熱した場合の2次元FEM熱解析結果を示す。ピン温度を金型温度の80から250に加熱した場合、ピン抜き部のピン表面の樹脂温度は、加熱0.2秒後にはすべて融点以上になるという結果となり、ピンを加熱すれば、ピン抜き直後の温度分布から未溶着部は発生しないと考えられる。

4. 加熱ピン抜き成形技術の概要と実験システム

Fig.5に本技術の概略を示す。金型内にインサートを加熱ピンにより保持しておき、溶融樹脂を射出し、保持ピンを加熱しながら引き抜き、保圧工程にてピン穴に溶融樹脂を流し込むこととした。

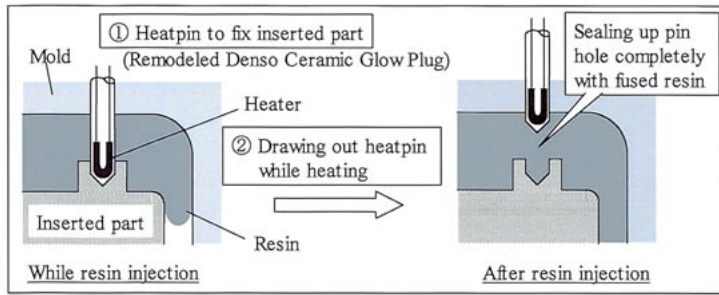


Fig.5 Outline of heatpin-draw molding

実験に使用したシステムの概要をFig.6に示す．保持ピンの抜き差しはエアシリンダにより行い，パソコンと電磁弁を連結させて任意のタイミングで動作可能なシステムとした．

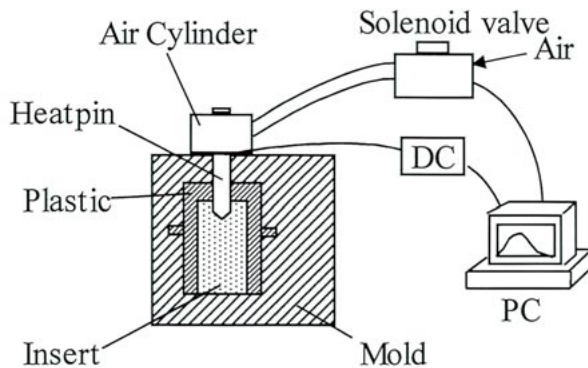


Fig.6 Outline of test die structure

加熱ピンに必要な要求特性として、インサート保持及びピンのしゅう動に耐えうる強度を要す．また、昇温、降温の要求特性は、Fig.7に示すように、境界線の発生がないこと
インサートの変形がおこらないこと

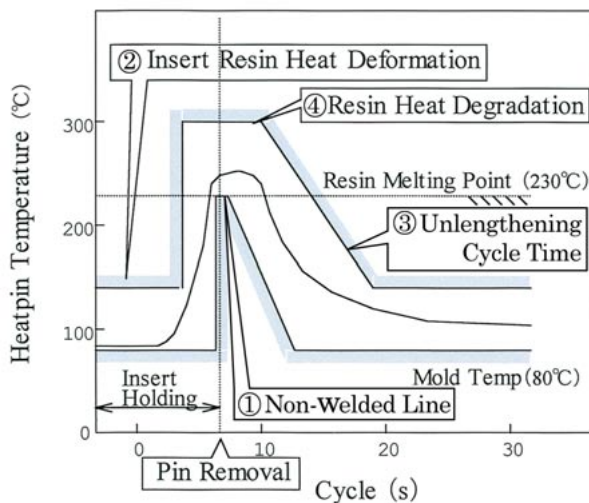


Fig.7 Temperature efficiency demanded

サイクルタイムが長くないこと
樹脂の熱分解がおこらないこと
があげられ、これらすべてを満たす必要がある．これら強度及び昇温、降温特性を有するピンとして当社製セラミックグロープラグを活用したFig.8の小型加熱ピンを製作、使用した．

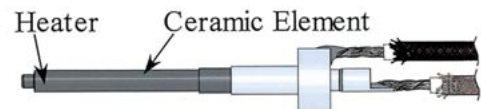


Fig.8 Outline of heatpin

5. ピン加熱方式による検証実験結果

Fig.9に、上記実験システムを用いたピン抜き部の金型表面の成形中の樹脂温度変化を熱電対により測定した結果を、ピン加熱ありとピン加熱なしに分けて示す．

ピン加熱なしの場合の金型表面付近の樹脂温度は、熱解析結果と同様に融点(PBT:230)以下であるが、ピンを加熱すると、ピン抜き時に樹脂の融点である230 以上が確保できることが確認できた．

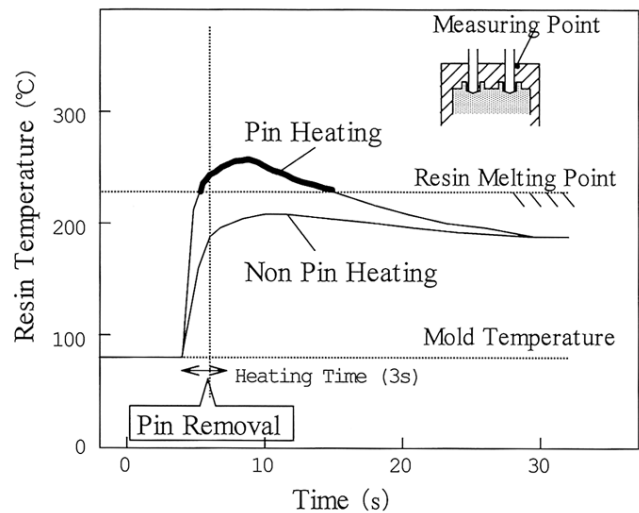


Fig.9 Temperature transition result of pin heating and non-heating

6. 製品への適用

6.1 ABS用スピードセンサ

本技術をABS (Antilock Braking System) 用スピードセンサに適用した (Fig.10, Fig.11). ABSとは、急ブレーキ時の車両安定性と操作性を確保するために、車輪の回転状況を検知し、各種路面状況に応じてブレーキ液圧を電子制御する装置であり、車輪の回転状況

を検知するセンサが、スピードセンサである。スピードセンサは、車輪の内側の雨水などにさらされる場所に設置されており、そのために内部の防水シール性確保が必要である。

本製品では、開発した加熱ピン抜き成形技術を適用し、樹脂成形工程のみで製品の外形を作ると同時に内部の防水シール性の付与を安価に実施している。

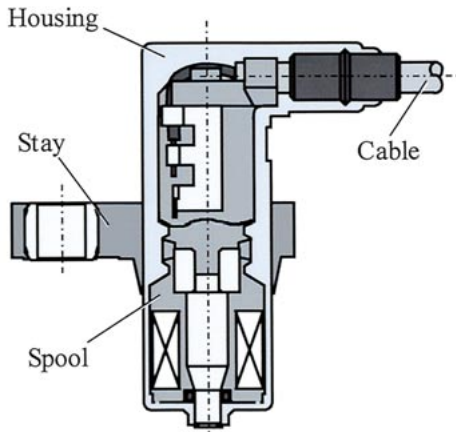


Fig.10 ABS speed sensor



Fig.11 Applying example: ABS speed sensor

加熱ピン抜き成形実験結果をFig.12に示す。横軸に射出開始からのピン抜きタイミングを、縦軸にイン

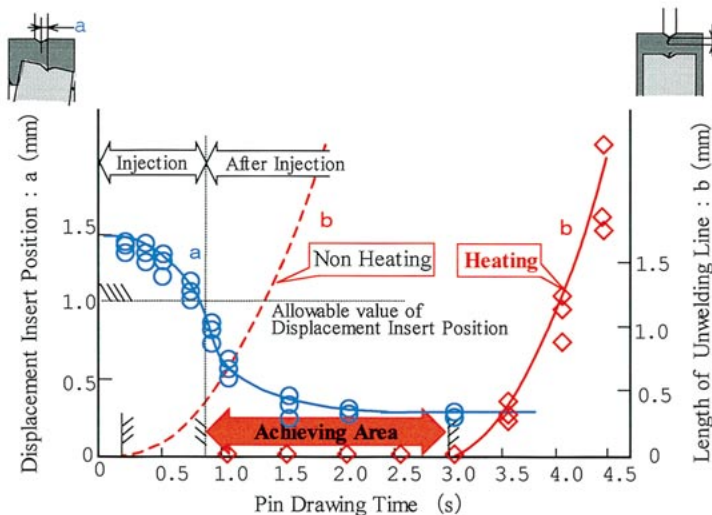


Fig.12 Test result of mass producing condition

サートのずれ量 a 、未溶着部の長さ b を各々示してある。インサートのずれ量 a は、樹脂充填完了時を境として大きく異なり、充填完了後にピンを抜けば a は許容範囲内であることが分る。また、ピンを加熱しない場合の境界線の長さ b は抜きタイミングが遅い程長くなり、規格 $b=0$ を満足する範囲は、0.1秒以下とほとんどなく、ずれ量 $a < 1.0\text{mm}$ かつ、未溶着部の長さ $b=0$ を両立する範囲は存在しない。

一方、ピン加熱を行うことで未溶着部の長さ $b=0$ の範囲がピン抜きのタイミング3.0秒まで可能で、インサートずれ許容範囲 ($a < 1.0\text{mm}$) とピン抜き部の完全封止 ($b=0$) の範囲の両立できるピン抜きのタイミングが0.8 ~ 3.0秒と確保できた。

また、Fig.13に示したこの時のピン抜き部断面写真(浸透液着色)を見ると、ピン加熱なしの場合は中央部が赤く染まっており、未溶着部の存在が確認できるが、ピン加熱を行った場合は、未溶着部が全くなく、加熱ピンを用いることでピン抜き部の完全防水シールが可能となった。

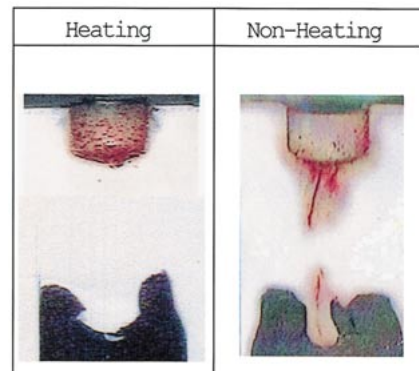


Fig.13 Observation result of cross section photograph

6.2 MRE センサ

6.2.1 製品とシステムの概要

製品の構造をFig.14に示す。本製品は、

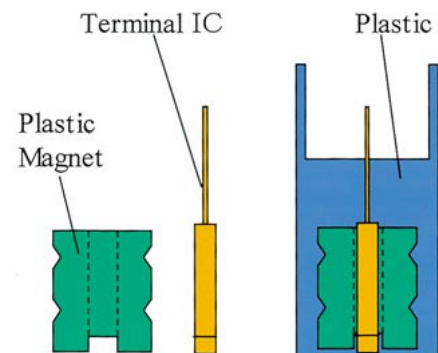


Fig.14 Crank position sensor (MRE sensor)

自動車のカム・クランク角を検出するセンサであり、マグネットとターミナル付ICの2部品のインサート品より構成されている。

本製品の特性上、各々のインサート部品には±0.1mmという高精度な位置決めが必須であり、かつ、内部の防水シール性が必要である。そのため、インサート部品の位置決めには、3方向からの加熱ピン抜き成形が必要であり、Fig.15に示すシステムとした。

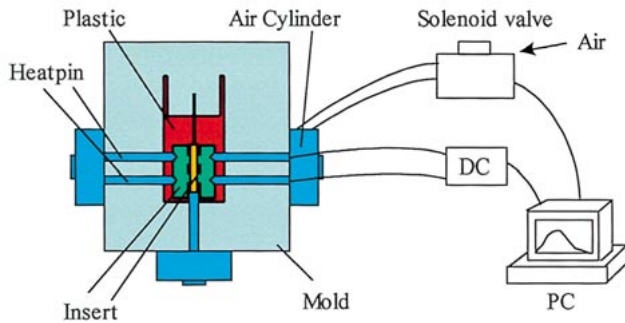


Fig.15 Outline of test die structure

6.2.2 部品同時インサート高精度位置決めの方
内部インサート部品を高精度に位置決めする方法として、Fig.16に示すようにインサート部品周辺の2次成形樹脂部に薄肉部(C)を設けて、この部分のみを先に冷却固化させることでインサートの位置きめを行ない、その後、加熱したピン抜き、ピン穴を防水シールすることとした。

課題は、薄肉部寸法の設定 ピンの加熱タイミングの設定 ピン抜きタイミングの設定 ピン穴への溶融樹脂流入路の確保、などである。

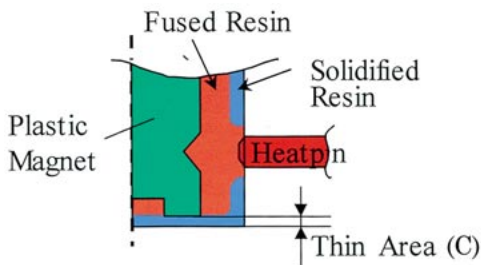


Fig.16 Thin area formed to decide high accuracy

6.2.3 ピン抜き成形工程概要

Fig.17に本製品の工程概略を示す。
インサート2部品を型内にセットする。
溶融樹脂を型内に充填する。その際、すべての保持ピンを樹脂溶融温度まで加熱し、ピン周りの樹脂の

固化を抑制させておく
樹脂が流動しにくい反ゲート側のピンa付近に設定した薄肉部領域が固化するタイミングで、ピンaを抜き、保圧にてピン穴に溶融樹脂を充填する。
ピンb付近に設定した薄肉部領域が固化するタイミングにてピンbを抜き、保圧にてピン穴に溶融樹脂を充填する。
樹脂冷却工程後、ピンa、bをキャビ型から抜き成形品を離型する。

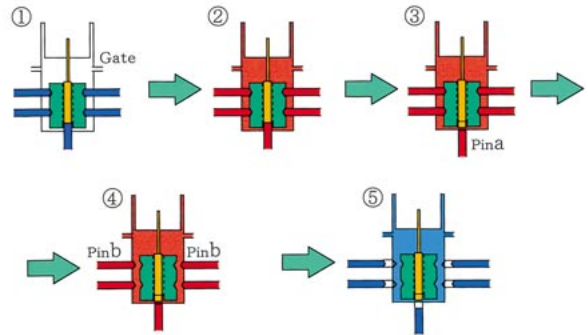


Fig.17 Heatpin-draw molding process of deciding high accuracy position

6.2.4 実験結果

Fig.18に加熱ピン抜き成形により製品を作製した時のプラスチックマグネットの位置精度の結果を示す。ピン抜きタイミングが射出開始後2秒以下では、設定した薄肉部がまだ固化しておらずマグネットが移動してしまう。また、3秒以降では位置ずれは規格内だが、ピン穴がシールできていない。ピン抜きタイミング2~3秒の範囲で、マグネットの位置ずれが規格内であ

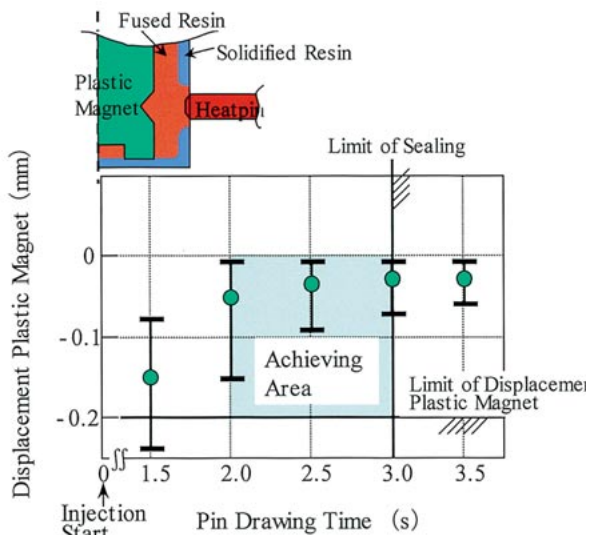


Fig.18 Result of heatpin-draw molding test

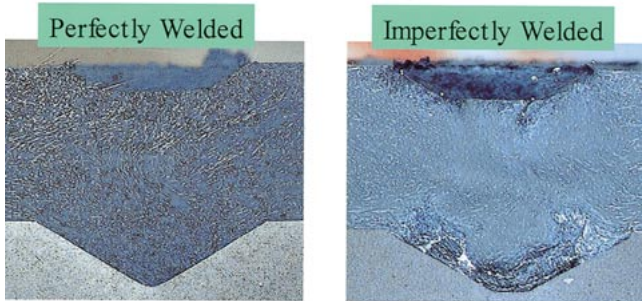


Fig.19 Observation result of cross section photograph

り、かつ、Fig.19に示す断面写真のように、ピン抜き部に未溶着部が全くないことが確認できた。

このように、加熱ピン抜き成形を応用し、2次成形品の一部に冷却固化促進部である薄肉部を設けることで、2部品のインサート品を同時に高精度に位置決めし、かつ、完全防水シール性を確保することが可能となった。

7. 結言

インサート保持ピンを樹脂の融点以上に加熱して可動させるという新発想の加熱方式によるピン抜き成形技術を考案し、瞬時加熱が可能な当社製セラミックグロープラグを活用した小型加熱ピンを使用することで、従来のピン抜き成形では必ず発生していたピン穴部の未溶着部を無くすことができ、ピン抜き成形での完全防水シールが可能となった。この技術を応用し、2次成形品の一部に冷却固化促進部である薄肉部を設けることで、2部品のインサート品を同時に高精度に位置決めし、かつ、完全防水シール性を確保することが可能となった。

<参考文献>

- 1) 尾上, 浅野, 茅野: 第10回プラスチック成形加工学会予稿集1999, pp.235-236.
- 2) 尾上, 荒井, 上野山, 淵上, 茅野: 第12回プラスチック成形加工学会予稿集2001, pp.191-192.
- 3) 特許: 特開昭55 - 91642.
- 4) 「ゴルフボール生産ライン」NIKKEI MECHANICAL 1987, 5, pp.82-85.

<著者>



尾上 勉
(おのうえ つとむ)
生産技術開発部
樹脂成形技術の開発に従事



浅野 圭吾
(あさの けいご)
生産技術開発部
射出成形CAEの開発に従事



荒井 毅
(あらい つよし)
生産技術開発部
成形シール技術研究に従事



古橋 正至
(ふるはし まさゆき)
安全走行技術2部
車輪速センサ開発に従事



上野山 博文
(うえのやま ひろふみ)
IC技術2部
半導体回転センサの設計開発に従事