

## プラスチック射出成形における複合成形技術の進展

## Progress of Composite Injection Molding Technology

上村 孝志  
Takashi Uemura辻 和也  
Kazuya Tsuji西田 正三  
Shoso Nishida植田 祐治  
Yuji Ueda

## 要 旨

近年の成形業界において、製品に合わせた『ものづくり』の高付加価値化及び差別化技術の独自開発が必要不可欠となっている。環境意識の高まりと、射出成形機に求められる低価格、高性能、軽量化、高機能化や、幅広い加工範囲の機械仕様が要求される中、これら多様化するニーズに積極的に取り組む姿勢も強く求められている。このような成形業界の動向に伴い、当社としては、お客様ニーズに応えるための『ものづくり』の効率化に主眼を置き、新たな成形プロセスや複合成形技術の開発に注力している。一例として、射出成形機の付加価値向上を目的として、成形後の工程を削減することによる低コスト化や、『ものづくり』の無駄を削減することを検討している。本稿では、金型内で複数部品が組み立てられるDSI成形(Die-Slide-Injection-Molding)と、DSI成形技術を発展させた技術であるHP-DSI成形(Hot Plate-DSI)の2つの中空体製造技術について紹介させていただく。

## — Synopsis —

Process innovation with original technology is required in injection molding industry to be competitive. According to the interest in the environment, the requirement of molding machines shall be updated such as low-price, high-performance, light-weight, multi-function, and also expanding to related processes.

JSW, as a leading company of injection molding machines, shall be expected to respond to such trend.

Development of brand-new injection molding processes and composite molding processes are focused in JSW to support process innovation in customer facilities. The development will be brush-up also JSW injection molding machines.

In this paper, the JSW original DSI (Die-Slide Injection) molding technology for in-mold assembling and HP-DSI (Hot-Plate-DSI) for hollow products, as a variation of the DSI, are introduced for examples of the activity.

## 1. DSI 成形法 (Die Slide Injection)

## 1.1 DSI 成形法の概要

DSI 成形法は、射出成形法がベースとなった中空体製造技術である。中空体の肉厚の調整が自由で、後工程(バリ仕上げ、後溶着など)が一切不要であるだけでなく、射出成形機の金型内で部品を組み立て、製品を完成させることができるため、大幅な工程数削減、専用溶着設備が不要など、従来の中空成形法の欠点を解決した成形法である。さらに、金型にスライドさせる機構を追加するだ

けで通常の射出成形機がそのまま使用できるため、設備投資を最小限に抑えることができる。

DSI 成形法の特長は、1次成形後に金型をスライドさせた後に2次射出を実施し、射出溶着により組立一体化させるところにある。DSI 成形法のプロセスを図1に示す。最初に1次射出で1次成形品(中空品の半割り体)を成形し(b)、成形品を金型内に残し金型を開く(c)。金型は、射出成形機に設けたダイスライド機構で1次成形品同士が向き合う位置にスライド移動させ(d)、再度型を閉じる(e)。1次成形品を突き合わせた部分に、ハチ巻き

状に樹脂を2次射出させて、融着一体化させる。1次成形品は、温度が下がることなく効率良く融着一体化される。

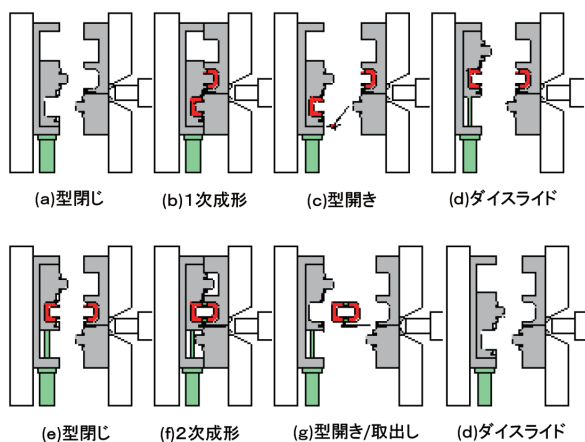


図1 DSI プロセス

### 1.2 DSI 成形法の接合形状と強度

DSI 成形法における射出溶着の機構を図2に示す。金型内に2次射出された溶融樹脂は、1次成形によって囲まれてできるキャビティの中を高圧で流動する。(図1 (f)) 高温の2次樹脂は、既に固化している1次成形品表面に熱を伝え、表面を再溶融させながら充填される。そのため、溶着過程の2次成形においても射出成形で行うため、金型外で溶着処理される振動溶着法に比較すると数倍の圧力で溶着処理されていると推定される。図3にDSI 成形法と振動溶着法で成形した各成形品の内部に水圧をかけて破壊させた強度限界を示す。振動溶着法と比較し約1.7倍の耐圧強度が確保されている。なお接合部については、製品形状、要求耐圧強度により様々な接合形状の開発が行われてきた。図4は、DSI 成形品と振動溶着成形品との基本的な接合形状を比較したものである。DSI 成形品では、ダイをスライドさせる工程において、金型を開放すると成形品が収縮によって開放された方向に倒れ込むため、接合部がずれ、融着用の溶融樹脂を注入した際に溶融樹脂が内部に漏洩する可能性がある。この対策として、金型内にL字型の防止溝を設け成形品を溝に固定し接合部の変形を抑制させている。これを内倒れ防止溝と呼ぶ。

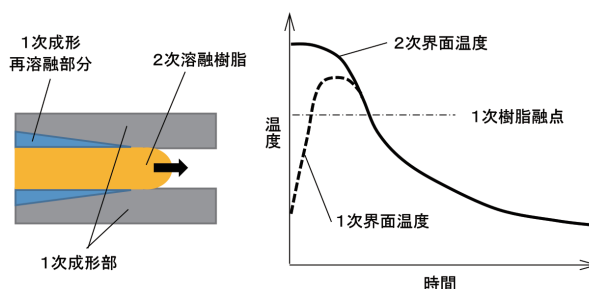


図2 射出溶着の機構

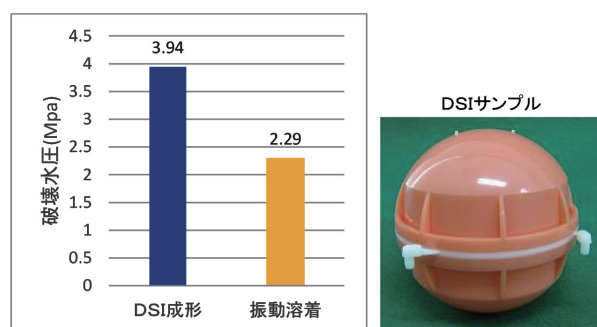


図3 破壊水圧強度比較 (PA6-GF30)

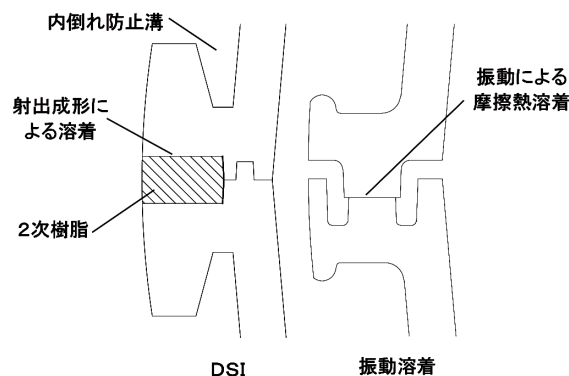


図4 接合形状比較

### 1.3 DSI 成形法の事例

DSI 成形法は、中空成形品の金型内組立に積極的に利用されている。特に、工程の短縮や品質バラツキの低減が求められる自動車部品の成形へ多く採用されており、中でも、複雑に屈曲した三次元形状であるインテークマニホールドの成形には早くから採用されている。また新しい用途事例としては、自動車用ランプ(サイドターンシグナル)の自動成形システムがある。このシステムは、2頭の射出機構を搭載したDSI 射出成形機、バルブや端子のインサート、製品の取り出し、検査工程をする自動機などから構成され、ランプの組立までをすべて射出成形機内で行うことにより30%以上のコスト削減を可能としている。

## 2. HP-DSI 成形システム (HOT Plate-DSI)

DSI 成形法は、中空部品の外周部のみを溶着する工法であるが、製品の多様化や高機能化により外周部だけでなくリブやボスの溶着のニーズがある。このニーズを満足すべく開発したのが HP-DSI 成形法である。

### 2.1 HP-DSI 成形法の必要性

中空部品を得る代表的な工法としてはブロー成形法があるが、射出成形品のような高精度のものを得ることができない。そのため、ほとんどの中空部品は射出成形機で成形した後、それら成形品を専用溶着機で後工程として溶着一体化させて組み立てられている。しかし射出成形機で成形された射出成形品は、冷却による熱収縮で成形品に寸法変化を生じ、対の成形品を正確に合わせ得ることが困難なため、多少のズレや変形を考慮した専用設備を用いて溶着がおこなわれている。そのため接合形状は、接合面のズレや変形を考慮した溶かし代が必要となり、大型化する傾向にある。さらに、正確に合わせが出来ず無理に押し付けられた状態で接合が行われると、溶着時に生じる残留応力が接合部分に残った状態で溶着され、経時と共に発生するクラックや割れ不良を招く要因となる。

DSI 成形法は上記の問題を解決したもので、成形品が熱変形する前に金型内で溶着させるため、応力の問題が発生し難い。また DSI 金型に熱板を組み合わせる HP-DSI 成形法も、DSI 成形法と同様に応力が発生し難く、更に DSI 成形法では困難であったリブやボスの溶着を可能にしている。写真1にタンク内部にリブを有した3Dタンクサンプルを示す。

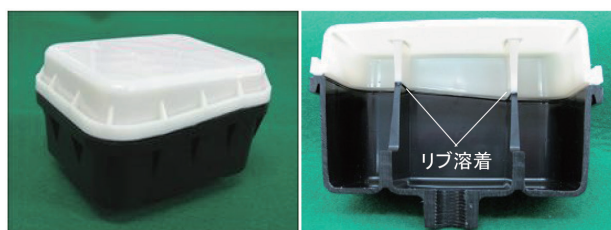


写真1 3Dタンクサンプル

DSI 成形法は半成形品を高い精度でキャビティに残して金型をスライドできる特長があり、熱板溶着は接合部を全面溶着できる特長がある。この2つの技術を融合したのが HP-DSI 成形法である。

熱源にカーボンヒータを用い、放射熱を対象物に照射→吸収により急速に加熱させる方法である。OFF状態からわずか3秒程度で1000℃に達するため(図5)、溶着工程時のみ高出力設定にでき、周部が高温にさらされることも無く接合部の全面溶着が可能となった。DSI 成形法では、接合面外周に射出することで溶着一体化させるため、

中空体内部に樹脂が漏れないように内側に堰を設け樹脂漏れ防止を行う必要があるが、この堰部は溶着しないために、自動車のガソリタンクのように内圧・外圧作用が生じる製品には DSI 成形法が適用できなかった。一方 HP-DSI 成形法は、その接合面の全面をヒータで溶融させて溶着一体化するため、接合面の全面溶着が可能である。(図6)

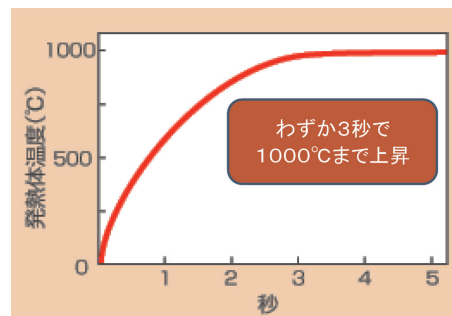


図5 カーボンヒータの温度変化

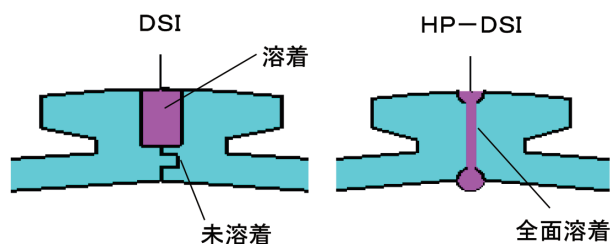


図6 DSI / HP-DSI 接合部比較

### 2.2 HP-DSI 成形法のプロセス

HP-DSI 成形システムは、DSI 成形システムの発展技術として進化しており、図7に示す通り成形プロセスは DSI 成形法と酷似している。1次成形をした後に成形品をキャビティに残す形態で一旦金型を開き(a)、ダイスライドさせる(b)。その後一對の成形品を合わせる工程で、型閉じ途中停止された一定の隙間に(図8)、金型側部に設けられた挿入装置によりQCHカーボンヒータを金型内に挿入させる(c)。金型内に残された成形品の接合部のみを溶融させた後、ヒータを型外に引出し、再型閉じにより(d)一對の成形品を付合わせて溶着接合する。

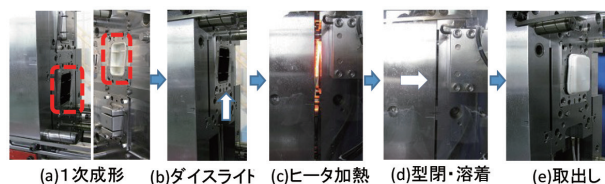


図7 HP-DSI 成形プロセス

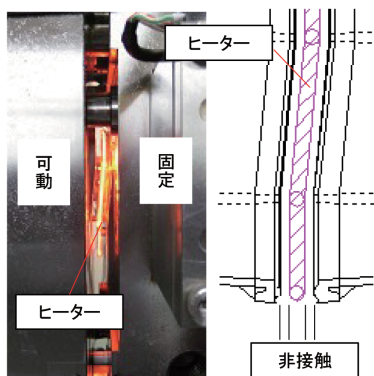


図8 ヒーター挿入状態

用性が大幅に向上した。このW型スイング式ヒーターをKSHシリーズと称しサイズ別にφ100～φ250の4機種シリーズ化されている。

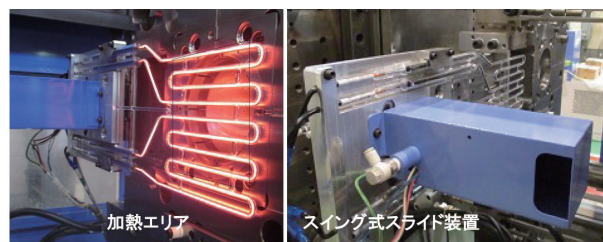


写真3 W型-QCHヒーターとスイング式スライド装置

### 2.3 QCH ヒータとスイング機構の採用

本ヒーターはクアーズテック株式会社（本社・東京）製で、半導体関連で実績のあるQCH-HEATER (Quartz Carbon Hybrid - HEATER) を、初めてプラスチック製品の加熱装置として採用するために製作をお願いしたものである。成形金型内に組み込み樹脂を溶融させることは世界初のことであり、成形品の接合部に合わせた形状にヒーターを製作し内外周部を各々制御が出来るよう2ゾーン式で製作されている。なおQCHカーボンヒーターは、石英ガラス管にカーボンワイヤーを通して製作されている。(写真2)

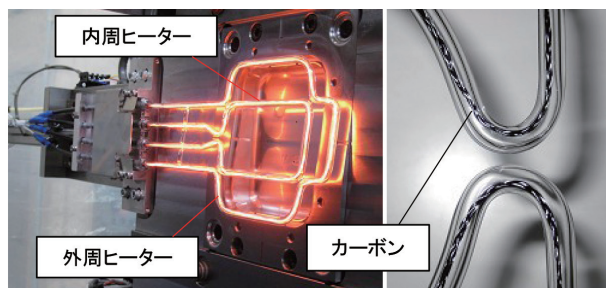


写真2 QCH ヒーター

QCHヒーターの採用により、溶着強度も一般の樹脂であればDSI成形法を上回る強度が確保でき非常に高性能なヒーターと実証されている。しかし開発初期の段階では、製品の接合したい箇所に合わせてヒーターを製作する必要があり(写真2)、製品形状が少しでも異なると新たにヒーターを製作する必要があることから普及の妨げとなっていた。対応策として、加熱可能エリアを拡大するためにヒーター形状をW型に変更した。(写真3)但し従来のヒータスライド装置のようにヒーターを前後進させるだけでは、接合面内でヒーターとの距離の違いによる授与熱量のばらつきが発生し溶融ムラが生じる。そこでスライド装置にスイング機構を付加しヒーター自体を動かす事で(写真3)、接合面内での授与熱量のばらつきをなくし均一溶融を実現している。(写真4)このスイング機構を付加することにより、ヒーターの加熱エリア内であればどの場所に接合箇所があっても溶融が可能となり汎

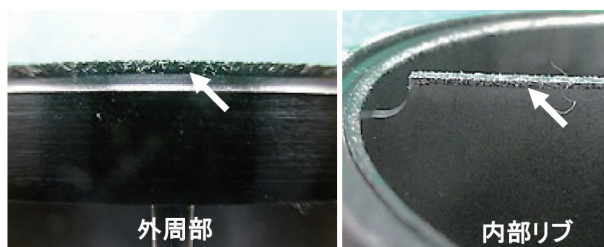


写真4 スイング式装置による均一溶融

### 2.4 HP-DSI 成形法の特長

- 1) 成形直後、金型内で溶着させるために熱変形の影響も最小限に抑えられ精密な溶着が可能。
- 2) 経時に生じる吸湿の心配も無く、安定した溶着が可能。
- 3) 不良率の削減が可能。
- 4) 加工工程数が削減でき、コスト低減が可能。
- 5) 金型内で溶着が可能のため、溶着機への移動や中間在庫管理が不要。
- 6) 内部リブやボス形状溶着も可能。
- 7) 加熱体(ヒーター)が非接触加熱方式であり、熱板溶着に見られるようなテフロンシート等の付着対策は不要。
- 8) 瞬時に昇温が可能であり、成形に連動した温度管理により、ヒータ周辺部の環境管理が容易。
- 9) 他のヒーターと比較して、高速昇温・設計の自由度・寿命・クリーン・耐薬品性に優れている。

### 2.5 HP-DSI 成形法の実績

HP-DSI成形法は成形金型と熱板溶着を融合させた技術であるため、通常は溶着部にバリを生じるのが普通であり(写真5)、機能部品には採用されているが外観部品には採用困難とされてきた。家庭向けオリジナルアイデア商品を展開している株式会社曙産業(新潟県燕市)で2つの外観部品をHP-DSI成形法で開発着手し販売開始したので紹介する。

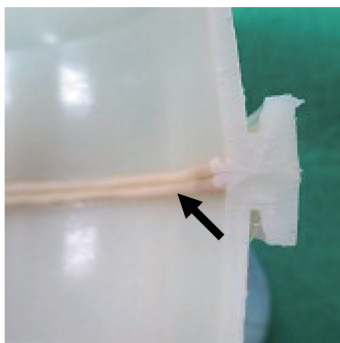


写真5 HP-DSI 成形の溶着バリ

### 家庭用寿司げた部品

本部品は従来、射出成形→超音波溶着の2つの工程で生産されていたが、成形金型から取り出すとそり変形が生じ重要な品質課題となっていた。そこで品質改善・コスト低減策として成形金型から取り出さずに金型内で溶着一体化する方式への製法転換が検討された。(株)曙産業は既に他部品でDSI成形法を適用しているが、今回の製品については外周に加えて内部のリブも溶着する必要がある、さらに、接合部に収縮防止溝を設ける事が許されない製品である事からDSI成形法が適用できなかった。そのため溶着工程で2次射出を必要とせず簡易な接合形状で対応可能なHP-DSI成形法に絞って検討された。HP-DSI成形法の懸念事項として外周部に生じる溶着バリが心配されたが、新たな接合形状の採用及び加熱条件の調整により溶着バ리를最小限に抑える事に成功し、成形後のバリ仕上げ工程も不要となっている。(写真6、7) 外観のみならず外周・内側リブも適度に溶着しており強度面も満足している。更に反り変形も従来の超音波溶着品に比較すると大幅に改善されている。

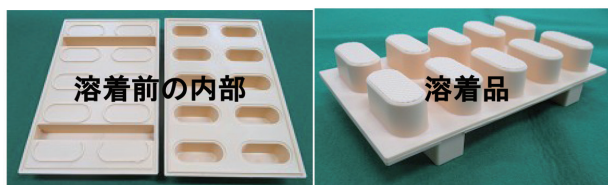


写真6 HP-DSI 成形で量産されている“寿司げた”

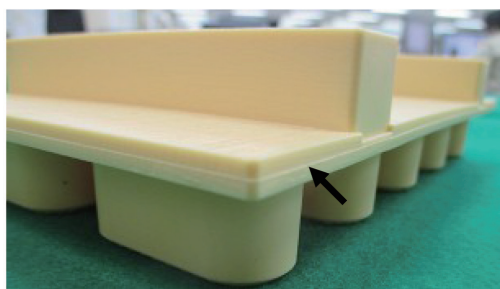


写真7 綺麗な接合部

### 家庭用コーヒーサーバー

本部品は新商品であるが、「寿司げた部品」でのHP-DSI成形法の成功により当初からHP-DSI成形法での製造を前提に検討がなされた。本製品の場合、透明樹脂であるため接合部の外観向上は更に難易度が高く、更なる接合形状・寸法・加熱条件の見直しを強いられた。試行錯誤を重ねた結果、高外観の製品が実現し現在販売開始されている。(写真8)

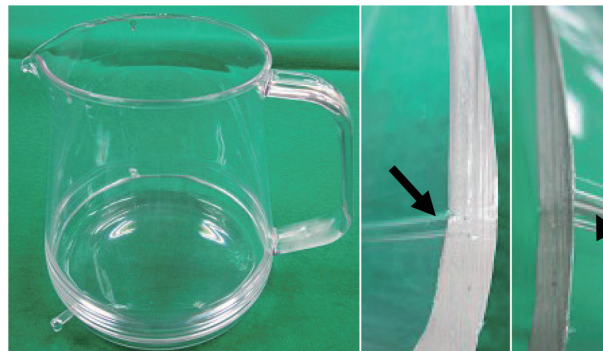


写真8 HP-DSI 成形の高外観コーヒーサーバー

## 3. おわりに

DSI成形法は自動車業界を中心に高付加価値化・高機能化・工程数削減目的で用途開発が進んでおり、それら差別化技術を備えた機械の需要が一層高まってきている。さらにDSI技術を発展させたHP-DSI技術に関してもDSI成形法では対応困難な製品分野が対応可能である事が大きな特長となっている。HP-DSI技術に関しては、外観部品での製品化にも成功し適用範囲が拡大されたといえる。

今後とも絶え間ない技術革新・技術改良を行い、魅力ある複合成形の開発に貢献していく所存である。