

平成20年11月7日

住友大阪セメント株式会社
稲畑産業株式会社
アイ・アンド・ピー株式会社

プラスチック成形に新しい形を与え、金属部品の樹脂化を可能にする ロストワックス精密樹脂成形法(LWIM)とその量産技術を開発、受注開始

住友大阪セメント株式会社（本社：東京都千代田区、社長：渡邊 穰）と、稲畑産業株式会社（本社：東京都中央区、社長：稲畑 勝太郎）と、稲畑産業の子会社であるアイ・アンド・ピー株式会社（本社：埼玉県東松山市、社長：松村 周治）とは共同で、ロストワックス精密樹脂成形法（略称「LWIM」：Lost Wax Injection Molding）とその量産技術を開発し受注を開始しました。

この技術によって、従来のプラスチック成形技術では不可能であった、複雑な三次元曲面形状や内側造形、中空形状などを安定した寸法精度で思いのままに一体成形できるようになり、また、金属精密鑄造部品などをスーパーエンブラで樹脂化することも可能になりました。

本開発品について気体・液体などの流体関連部品のほか、自動車部品、電気・電子部品、食品機器部品、照明機器部品など幅広く用途開発を進めていきます。

1. 概要

金属の精密鑄造品製造に使われているロストワックス鑄造のプロセスを、熱可塑性樹脂の精密成形に応用し新しい樹脂成形の量産技術としてLWIMを開発しました。

LWIMは、ロストワックス鑄造プロセスの脱ロウ工程と同じ考え方で、今回独自開発した”中子（なかご）”をオートクレーブで除去します。この結果、複雑な形状の一体成形、アンダーカット形状¹⁾の賦形、偏肉中空成形²⁾が可能になり、形状的弱点が少ない機能優先の設計ができるようになりました。またLWIMでは汎用樹脂の他に、スーパーエンブラなどの耐熱高機能樹脂を使うことができます。このLWIMで作られた部品は、樹脂溶着工法と違って継ぎ目がありませんので、組み立てコストの削減と構造的信頼性の大幅な向上が期待できます。

2. 従来の樹脂中空成形技術

2.1 従来技術のカテゴリー

中空体の製法は、継ぎ目の有無で大きく2つのカテゴリーに分けられ、LWIMは継ぎ目無し成形のカテゴリーに属します。継ぎ目有りの場合は、界面の接合技術が重要になり、溶着技術やダイ・スライド・インジェクション(DSI)などの方法がありますが、信頼性は継ぎ目無し成形で作られたものの方がはるかに優れています。

2.2 従来技術の問題点

ブロー成形の場合、PETボトルのように高い中空率を達成することはできますが、肉厚の制御や、内側の造形はできません。LWIMでは中空内側に文字を彫刻することも可能で、形状の形成能力には大きな違いがあります。

LWIMに最も近い従来の継ぎ目無し中空術は”ロストコア法“と呼ばれる方法です。これは融点の異なる2種の樹脂材料を選定し、融点の低い方を中子とします。これを外殻樹脂（製品になる樹脂）でインサート成形して組み合わせ、成形後に中子材料の融点以上かつ外殻樹脂の融点以下の温度に保持して中子を融かし出す（ロストコア）という方法です。さらに類似の方法では、中子に水溶性の樹脂を用いたり、低融点の合金を用いたりして中子を融かし出す方法などがありますが、安定的に量産された事例は少ない様です。

その大きな理由の一つは、中子材料と外殻樹脂の組み合わせに ” 制約が多過ぎる ” ことが挙げられます。例えば、水溶性の樹脂は一般に融点が100℃程度と低いため、それを包み込む外殻樹脂にスーパーエンブラなどの高性能樹脂は使えません。高性能樹脂は成形温度が300℃前後と高く、インサート成形すると中子が溶けて変形したり破損したりすることがあるためです。また、形状によっては中子が溶け出すのに1週間以上かかることもあり量産性にも問題があります。融点差や低融点合金を使う場合も、同様の理由や、設備が特殊であることなどの課題があるようです。

3. ロストワックス精密樹脂成形法 (LWIM) の特長

住友大阪セメントとアイ・アンド・ピーは新たに中子材料を開発し、大型の蒸気式オートクレーブによる除去プロセスを開発しました。このプロセスでは、中子に対して加水分解、溶融、水への融解という3つの作用がおこるため、融点の高い中子材料を用いることができるようになりました。その結果、外殻樹脂にスーパーエンブラを用いることが可能になり、また中子の除去時間が数時間に短縮されるなど高い量産性を実現しています。

LWIMで使える樹脂材料には非常に多くの種類があり、成形も一般の熱可塑性射出成形機が使用できますので、特殊な設備を必要としない汎用性に優れた量産技術であると考えています。

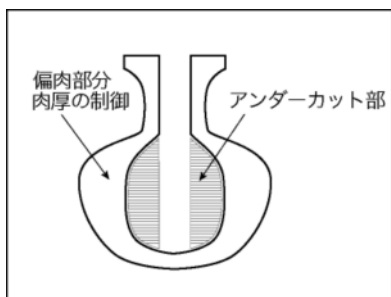
その効果は別紙の技術説明カタログに記載の通り非常に多く、軽量化等を目的とした金属精密铸造部品の樹脂代替のほか、今まで接合していた多くの樹脂部品が、完全な一体成形で製造できるようになりました。

4. 今後の予定

住友大阪セメントは中子材料と外殻樹脂の組み合わせなど材料加工技術、アイ・アンド・ピーは成形加工を中心とした量産技術、稲畑産業は両社に対する材料情報提供及びマーケティングを担当します。今後ともLWIMの改良を重ね、適用範囲や用途の拡大を目指して、さらなる技術開発を進めていきます。

用語説明 (図-1 参照)

1. アンダーカット形状：成形品を金型から取り出すとき、そのままの状態では離型できない凸形状や凹形状のこと。
2. 偏肉中空成形：樹脂の厚みを部分的に制御した成形のこと。



図－ 1



成形例

開口部が一箇所、内部を貫通するパイプ状の柱まで一体成形された樹脂製の鈴

【問い合わせ先】

住友大阪セメント株式会社
建材事業部 技術開発グループ ジーマチーム
T E L : 03-5211-4755 F A X : 03-3221-5183
Mail : z-ma@soc-tec.com

以 上

一体成形で機能と信頼性を向上

(特許出願中)

ロストワックス精密樹脂成形法(LWIM)は、従来金属の精密鑄造品の製造に用いられているロストワックス法のプロセスを熱可塑性樹脂の精密成形に応用した、全く新しい樹脂成形法です。ロストワックス鑄造品と類似の**水熱装置による加水分解反応を利用して中子除去(脱ロウ)**を行うため、複雑な形状の一体成形、アンダーカット形状の賦形、偏肉中空成形等が可能で、形状的弱点の少ない**機能優先の設計**ができると共に、組み立てコストの削減はもちろん、構造的信頼性の大幅な向上が期待できます。

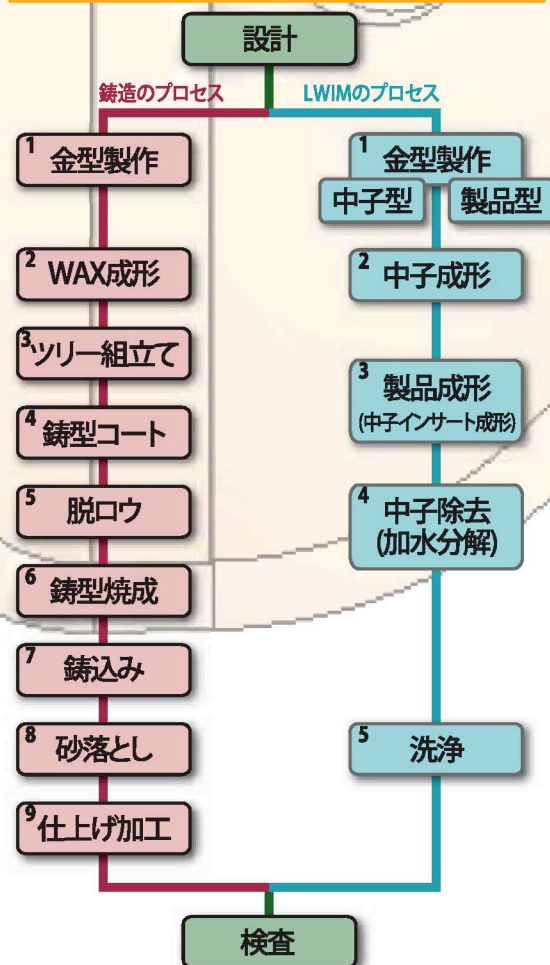
LWIMの成形モデル

開口部が一つしかなく、内部を貫通するパイプ状の柱が全て一体に成形された樹脂製の鈴(PC製)



ロストワックス精密鑄造に対する比較

LWIMでは中子用と製品用(外殻)と二つの型を製作する必要があるが、工程段階は約半分とシンプル。成形は通常の成形機で良く汎用性も高い。



加水分解反応独特の多彩な効用

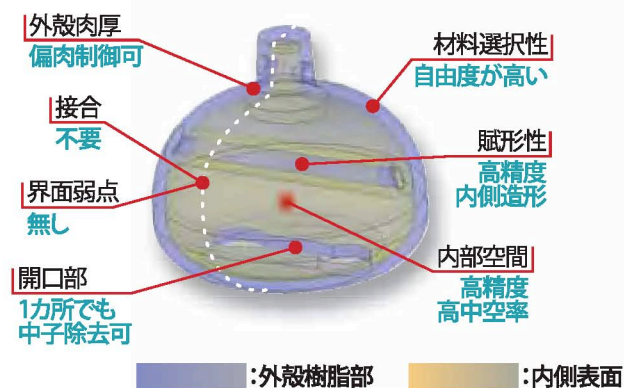
一体成形によって信頼性を向上させるためには、アンダーカット部になる空間を『中子』と呼ばれる蠟に相当する材料で充填して外殻樹脂でくるみ、後でこれを除去しなければなりません。

従来、こうした中子材料に水溶性や低融点の樹脂、合金を用いる技術がありましたが、多くの課題があり、量産技術として成立した事例は少ないようです。**LWIM法ではセメント会社独自の加水分解式中子除去工法を開発**することで従来の課題を解決し、量産性に優れた樹脂成形法としてプラスチックに新しい形を与えることに成功。その効用は実に多彩です。

- 樹脂成形の新しいアプローチ
形状の形成能力はロストワックス鑄造とほぼ互角
- シンプルなプロセス
鑄造の半分程度とシンプルな製造プロセス(左図)
- 高い量産性
中子の除去が数時間以内であり、量産性が高い
- 偏肉成形、高精度内側造形
肉厚の制御はもちろん、製品の内側に精密な造形が可能
- 高耐熱外殻
外殻樹脂(製品)にスーパーエンブラを使用可能
- 高中空率、高閉塞度
開口部が一箇所でも中子を除去可能
- 自由度の高い製品サイズ
手の平サイズから2m程度の製品まで製造可能
- 中子材料にリサイクル材を使用可能
廃スプルランナ等の廃材を中子に利用することが可能
- 化石燃料節減
除去後の中子廃材はセメント工場でサーマルリサイクルセメント原燃料として活用し、化石燃料を節減
- 対鑄物では排出CO₂量低減
材料比重差が大きい＝軽量化になるため、製品1個あたりの排出CO₂量を低減することが可能

各種の樹脂一体(中空)成形に対する比較

下図はLWIMの特徴的モデル。ブロー成形並の高中空率は勿論、高精度な偏肉成形や内側造形が継ぎ目無く一体で成形でき、しかも加水分解ならではの高効率な量産性が達成されている。



主なメリットと活用方法

LWIMはその名の通り、プロセスの考え方も量産装置もロストワックス精密鋳造とほぼ同様ですから、鋳造品で得られる効用はそのまま継承されます。たとえば、

- 複数・複雑な部品の一体化
- アンダーカット形状
- 内側造形、偏肉部を有した中空体

の効率的量産が可能であり、設計の自由度と部品の信頼性は大きく向上します。さらに金属では不可能ですが**PCのような透明樹脂を使用することも可能**です。その活用例としては、

- 鋳造品で樹脂代替可能なもの
- 継ぎ手、配管等の気・液体搬送経路、容器
- 透明樹脂の場合、例えば光・照明関連部品
- 各種ケース、カバー、ホルダー類
- 医療関連部品
- 複雑な彫刻、意匠製品 等

と、一体成形によって機能と信頼性が向上するものや、従来賦形できなかった物の多くが活用事例として考えられます。

外殻(製品)に使用可能な樹脂の種類

水熱装置による加水分解式中子除去工法の最大の特徴は、中子材料に対して**加水分解・溶融・融解という3つの作用を同時に与え、中子除去効率を飛躍的に高めた**所にあります。この中子材料には、成形工場で副産される樹脂廃材を用いることもでき、外殻樹脂の成形温度と圧力に負けない、即ち変形しづらい弾性率と耐熱性を付与できます。従って、従来不可能だった**成形温度の高いPPSや芳香族PA、サルフォン系のようなスーパーエンブラも外殻樹脂(製品)として使用できるようになりました**。このように成形温度が高く高機能な外殻樹脂は、従来のように中子を温水で溶かし出したり、融点差を利用して流動除去するような方法では使用不可能でした。3つの除去作用を複合することで初めて可能となったと言え、それは取りも直さずアプリケーションの幅が大きく広がったことになるでしょう。

LWIMでは、様々な実験データを元に数種類の中子/外殻樹脂の組み合わせを持っており、外殻樹脂の種類と形状によって、最適かつ最も経済的な中子材を提案します。現在、外殻樹脂として使用可能と判断されている外殻樹脂材料は、

- 非水溶性
- 融点または構造的問題となる熱変形温度が110℃以上
- 成形温度350℃以下

なる条件を満たす必要がありますが、念のため事前の検討段階において耐性評価、即ちその外殻樹脂がLWIMの水熱プロセスに耐えるか否か、について物性変化量を確認する必要があります。外殻樹脂がエステル結合等の加水分解性結合様式を有している場合、その分解性の程度によっては使用不可となりますが、多くの場合、最適中子材と除去槽の条件を設計することで、使用できる可能性が高くなります。また、透明樹脂を外殻とする場合は、プロセス前後の透明度の保持等について、最適条件を求める必要があります。

WIM製品の寸法精度

LWIMは、一般の射出成形機と金型を使用する汎用性の高い量産プロセスです。従って、外殻樹脂(製品)の精度、特に中子と接触しない部分の精度は使用する外殻樹脂の性質そのものを反映する、と言って良いでしょう。

中子と接触する部分の寸法精度は、正しく設計された中子材料を使用していれば成形時の変形やゆがみは最小限に抑えられるため、やはり使用する外殻樹脂の性質そのものを反映すると言えます。但し、中子と接触する面の平面度、面粗等を精密に規定したい場合は、中子そのものの面の状態と、後の除去工程中における表面状態の変化に注意が必要です。

WIM製品で作れない形

LWIMにおける外殻樹脂の成形作業は中子を金型内に固定したインサート成形となるのが標準です。従って、

- 中子が安定して金型に保持できない形状
- 外殻樹脂の成形圧で中子に変形・移動・破損する形状
- 中子が除去できない形状(閉じた空間がある)
- 中子にアンダーカットがあるような形状

等は作ることができません。中子と外殻樹脂を同時に成形する2色成形が可能な場合もありますが、設計の際には金型構造を良く考え、上記条件に抵触しないか?を充分ご確認下さい。

WIMのコストに対する考え方

LWIMで製品を作る時には、鋳物や樹脂など比較対象となる材料は勿論、元々分割されていた部品の場合はその組み立てコストがあり、さらに形状も千差万別であるため、一概に従来の材料・製法と定量的なコスト比較をすることは困難です。

最も重要な事は、LWIMは継ぎ目無し一体系工法であるため必ず機能の向上を伴うということです。従って、そのコストはVE(Value Engineering)的手法の中で評価されるべきです。

$$\text{VALUE} = \frac{\text{FUNCTION}}{\text{COST}}$$

この式におけるFUNCTIONの数値化は一般に難しいと思われませんが、概念的にはVALUEは最低1以上で、より大きい程有効であると考えます。その時、実際のコストが従来工法と比較しても妥当なレベルにあることが重要です。

例えば、信頼性を確保するために継ぎ目無しの一体化が不可欠であり、かつ軽量化などの観点から樹脂化も必要な場合、VALUEは大きな値となり、LWIMの効用が得られるでしょう。

一方、溶着など複数部品の組み立てによる一体系工法でも十分に信頼性が確保でき、かつ効率良い量産システムが構築できる部品の場合、VALUE値はおそらく1を下回り、LWIMを活用するメリットは生まれません。

我々は、このような観点から各部品毎に充分な協議を行い、まず初めにLWIMの効用があるか否か?の判断を行って回答します。有効であると判断した場合、引き続き最適な中子・外殻材料とプロセスを提案します。新工法である故、事前検討を効率的に行うことは極めて有意義です。是非ご相談下さい。