

射出成形と最近の成形材料

はじめに

最近の人手不足により、日本国内でもシール部材の複合成形化による一体成形が検討されるようになりました。また、国内ではまだ普及していない LIM 成形によるシール部材の成形が企業として考えられるようになってきました。

シール部材の等のゴム成形は、混練、ロール加工、加硫によるカレンダー成形や液状樹脂の LIM 成形が主流

を占めています。

スリーボンドでは、先に熱可塑樹脂の射出成形と、熱硬化樹脂の液状シリコーンを使用した LIM 成形を組み合わせたハイモールドシステムを発売いたしました。

今回のテクニカルニュースでは、ハイモールドに関連した熱可塑樹脂、射出成形の概要、液状樹脂の LIM 成形について説明します。

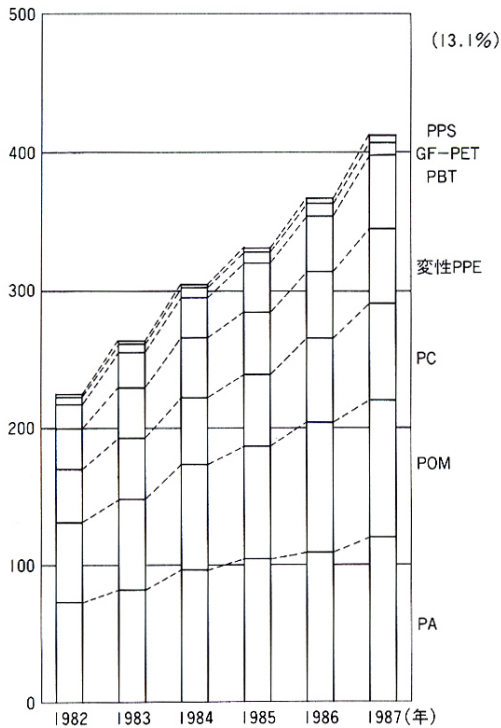
目次

| | |
|------------------------------|-----------|
| はじめに | 1 |
| 1. プラスチック材料の位置付け | 2 |
| 1 - 1. 最近のプラスチック | 3 |
| 1 - 2. プラスチックの性能向上要求項目 | 3 |
| 1 - 3. ポリマーアロイ、ブレンドの代表例 | 3 |
| 1 - 4. スーパーエンブラの代表例 | 4 |
| 1 - 5. ハイモールドとプラスチック材料 | 4 |
| 2. 射出成形、及び射出成形の概要 | 4 |
| 2 - 1. 成形機の種類 | 5 |
| 2 - 2. トグル方式 | 6 |
| 2 - 3. 直圧型締め方式 | 6 |
| 2 - 4. 金型と金型の取り付け | 7 |
| 2 - 5. 最近の金型の取り付け方 | 7 |
| 2 - 6. 成形条件 | 8 |
| 2 - 7. 成形条件の不良原因 | 9 |
| 3. ハイモールドへの応用と LIM 成形 | 10 |

1. プラスチック材料の位置付け

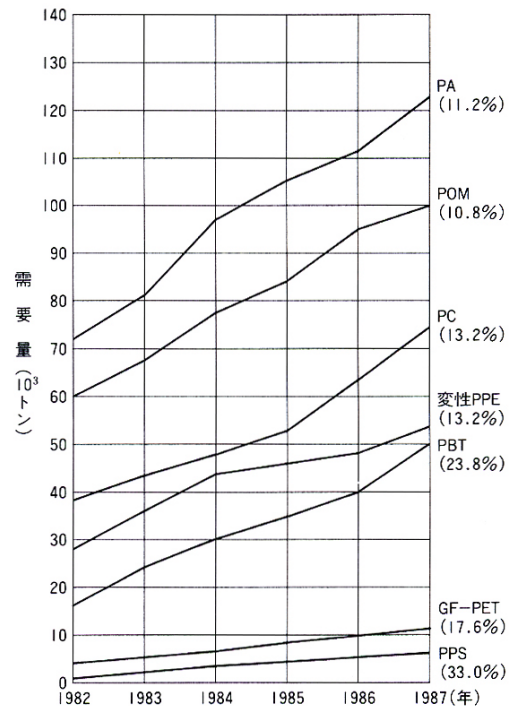
プラスチックが使用され始めたのは、今世紀初めにベークライトが発明されたのに端を発し、その後、数々のプラスチックが世に送り出されています。最近では、日本国内の生産

量も年間1千万トンを超し、鉄鋼の生産量と同じくらいになっています。



出典：シーエムシー「内外化学品資料」
()は、年平均成長率、87年は一部推定を含む。

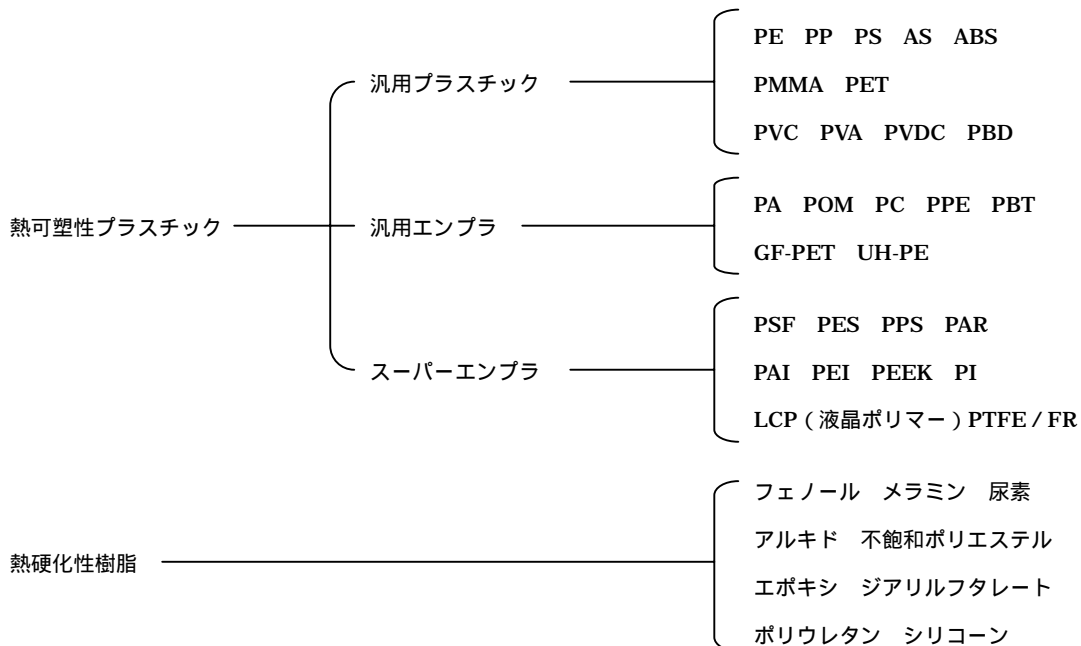
図1 日本の汎用エンブラの需要動向
(1982~1987年、その1)



出典：シーエムシー「内外化学品資料」
()は、年平均成長率、87年は一部推定を含む。

図2 日本の汎用エンブラの需要動向
(1982~1987年、その2)

現在使用されているプラスチックを分類すると下図のようになります。



エンジニアリングプラスチックとは耐熱性が 100 以上、機械強度が 500kgf/cm² 以上、曲げ弾性率が 2400kgf/cm² 以上の物性をもつ樹脂をエンジニアリングプラスチック（エンブラ）といい、更に耐熱温度が 150 以上で長期間使用できる樹脂材料を特にスーパーエンブラと呼んでいます。

エンブラについては、1960 年デュボン社が金属に代わるプラスチックとしてポリアセタールホモポリマーを商品化、また、

従来は繊維用として使用されていたナイロン樹脂を射出成形に使用し、その後各社がポリアセタールコポリマー、ポリカーボネート変性ポリフェニレンエーテル、ポリブチレンテレフタレートが開発され価格も 1000y/kg 以下と比較的安価であることと、射出成形技術の向上と相俟って順調に需要が伸び全プラスチックの生産量の 7% 以上に達しています。

1 - 1 . 最近のプラスチック

自動車関連企業では、自動車の燃費向上から車輻重量の軽量化が盛んで部品のプラスチック化が進んでいます。また、そのほかの業界でも製品の軽量化、人手不足、組み立ての簡略化、デザイン面、加工性の要求により部品のプラスチック化は一段と加速されています。

最近では特に汎用プラスチックの安価性とプラスチック部

品の要求特性の高度化が要求されるようになり新しいグレードの開発が盛んで、プラスチックの ABC 化と呼ばれています。

- (イ) Alloy ポリマーアロイの開発
- (ロ) Blend 樹脂のブレンドによる開発
- (ハ) Composite 複合化による材料特性の改善

1 - 2 . プラスチックの性能向上要求項目

- a 安価で耐熱性と易成形性、高衝撃性と高剛性、と従来のプラスチックには無い相反する物性の要求
- b 特殊機能（制電性、感光性）の付与とユーザーニーズへの対応
- c 難燃性、自己消火性、成形性の向上のために混入している難燃剤、可塑剤等の低分子化合物の物性向上
- d 耐久性、耐候性の向上に対する長期保存物性の向上
- e 耐熱性、高剛性を目的としたプラスチック物性の向上、及び他物質との複合化（ガラス繊維、無機フィラー、炭素繊維、金属粉、金属フィラー）による補強剤の練り混みによる物性改善

1 - 3 . ポリマーアロイ、ブレンドの代表例

| | | |
|------------------------|-------------------|----------------------------|
| 変性 PPE / PS | 耐熱性、機械強度、成形性、価格改善 | (GE、旭化成) |
| 変性 PPE / PA | PPE の耐薬品性の改善 | (GE、旭化成、三菱樹脂) |
| STPA / 変性ポリオレフィン | ナイロンの耐衝撃性改善 | (三菱樹脂、住友化学) |
| PA / 変性 ABS | ナイロンの寸法安定性の改善 | (三菱モンサント) |
| PA / DAR / エラストマー | ナイロンの寸法安定性の改善 | (ユニチカ) |
| PC / PS.ABS | 耐熱性、成形性、価格改善 | (三菱化成、帝人、三菱瓦斯化学) |
| PC / ポリエステル | 耐薬品性、ストレスクラック性改善 | (GE、三菱化成、帝人、三菱瓦斯化学) |
| PET / PBT | PBT の低反りグレード | (セラニーズ、ポリブラ、三菱化成) |
| STPBT / PBT / MBS / PC | PBT の衝撃性改善 | (GE、三菱化成、東レ) |
| PET / ポリオレフィン系 | GF-PET の成形性改善 | (デュボン、帝人、三菱化成、東洋紡績、三菱油化) |
| POM / 熱可塑ポリウレタン | POM の耐衝撃性改善 | (ポリブラ、デュボン、三菱瓦斯化学) |
| 透明性 PAR / PET | PAR の透明性改善 | (ユニチカ) |

1 - 4 . スーパーエンブラの代表例

| | |
|----------------|------------------------------------|
| LCP (液晶ポリマー) | 高剛性高強度、寸法安定性、易成形性が特徴 |
| PAR (ポリアレート) | 難燃性、耐衝撃性、耐候性が良く吸湿性が少ない |
| PSF (ポリサルフォン系) | 耐熱性、機械強度、難燃性、衛生性 (加水分解性) 耐クリープ特性が良 |
| PEEK (ポリケトン系) | 耐熱性 (240) 難燃性、対放射線性が良 |
| PEK | |
| PAEK | |

1 - 5 . ハイモールドとプラスチック材料

ハイモールド成形の2次側樹脂は熱硬化性樹脂で1次側樹脂の残余熱と金型温度の熱で急速に硬化させてシール部材を成形しているため、樹脂の種類によっては次のような特徴があります。

- イ 熱たわみ温度の低い樹脂 ABS PS AS PE
金型温度を高く設定でき無いためシリコーンの効果に時間がかかる
- ロ 可塑剤の影響 PVC 系
PVC 系の樹脂に配合されている可塑剤の影響でシリコーンが硬化しない
- ハ ガラス繊維強化樹脂はハイモールド化が容易

離型時の強度と耐熱性の改善で2次側樹脂の硬化容易
ニ 溶融温度の高い樹脂は残余熱も高く2次側樹脂のシリコーンの硬化時間は短い
が1次側樹脂の離型には注意が必要

ハイモールド成形には、金型設計時離型対策とシール構造を検討し金型を作ることでほとんどのプラスチックに対応できます。

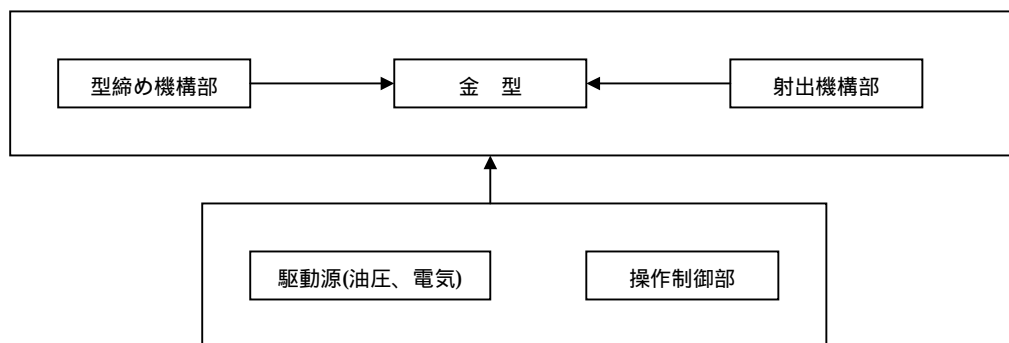
ハイモールドD方式による成形が困難な場合は、1次側を成形した後で2次側のシール部材を別に成形するO方式を利用することで一体成形化を進めることもできます。

2 . 射出成形機、及び射出成形の概要

射出成形は、他の成形加工と異なり、短時間に寸法精度の良い成形品を一体加工で生産する加工方法で基本加工工程はつぎのようになります。

- イ 樹脂材料の熔融 樹脂を加熱低粘度化させる
 - ロ 成形 (賦形) 型内に樹脂を加圧射出し形を作る
 - ハ 冷却 (固化) 樹脂の熱を取り型内で固める
- 上記の加工工程を順序よく、工程別に動作させ、成形品

を生産する機械が射出成形機で、金型の取り付け、金型の開閉、成形品の取り出し機能を果たす型締め機構部、成形材料の送り込み、加熱溶融、加圧射出を行う射出機構部、それぞれの動作を制御する制御部、及び各動作の駆動源 (油圧、その他) から射出成形機は成り立っています。



2 - 1 . 成形機の種類

射出機構部と型締め機構部の配置による分類

横型射出成形機

縦型射出成形機

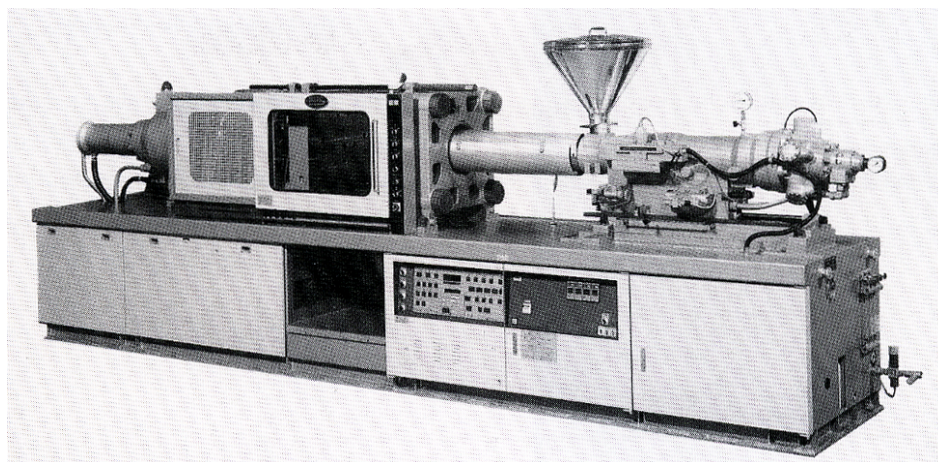


写真 - 1 射出成形機

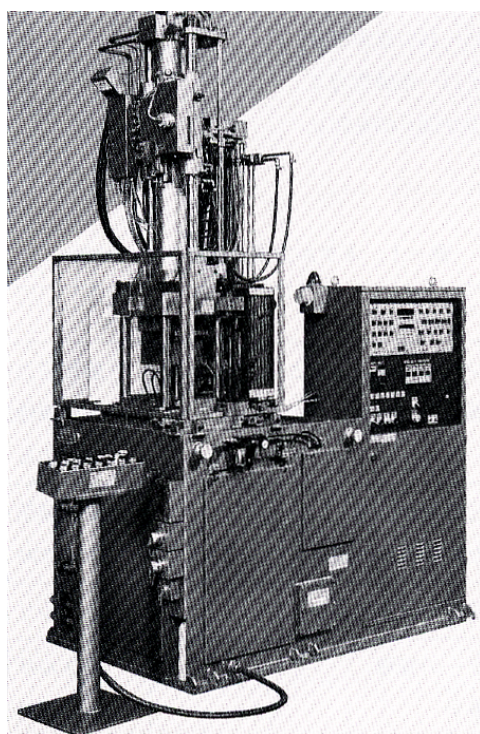


写真 - 2 縦型射出成形機

型締め機構による分類

トグル方式

直圧型締め方式

その他

2 - 2 . トグル方式

金型取り付け板の開閉動作と型締め力の発生をトグル機構を利用した方式でシングルトルグ、ダブルトルグの機構が成形機に使用されています。

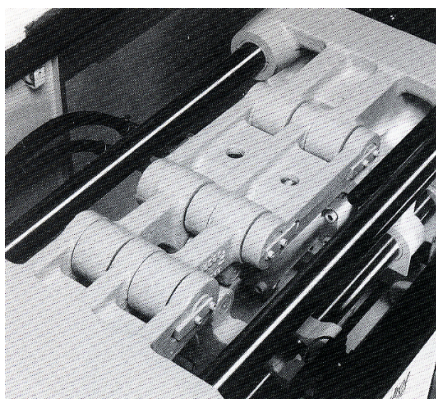


写真 - 3

トグル方式の最大の特徴は、トグルリンクが死点を越えリンクが伸びきった位置で型締めされているため、金型が僅かに開けば射出圧力によりタイバーが引き伸ばされタイバーが元に戻ろうとする力がタイバーの弾性力で作用し、型締め力が自動的に増大して型が開くのを防止するため型締め力が安定しています。

2 - 3 . 直圧型締め方式

金型取り付け板の開閉動作と型締め力の発生を油圧シリンダーで直接行っている型締め方式で、動作の機構が単純で金型保護の動作である低圧型締めの操作性が良い。

直圧方式はプースターラム方式、補助シリンダー方式を用いて型開閉時の高速化を計っています。

その他について、

最近ではプレス機械の型開閉に利用されているクランクカム方式を成形機に採用して型開閉時間の高速化をはかっているメーカーもあり、その他にウエッジ方式（楔）や複合方式の型締め方式があります。

表 - 1 . トグル方式と直圧方式の比較

| | 直 圧 方 式 | ト グ ル 方 式 |
|-----------|----------------------------------|--|
| 型 締 め 力 | 型締めシリンダーのラム面積と油圧発生力以上の型締め力は発生しない | 射出圧力によりタイバーが伸び、タイバーの弾性力により型締め力が射出圧力に対応する |
| 型 開 閉 速 度 | 型締め力昇圧時間が必要 油圧制御のため操作性は良い | 高速開閉が可能、またトグル機構の特徴で終点時スローダウンする |
| 型 厚 調 整 | 圧力切換え位置の設定が良い | トグルリンクの位置調整作業が必要 |
| 保 守 管 理 | 油圧シリンダーの管理 作動油量が多い | トグルリンク部の保守が必要（リンクピンの磨耗）作動油量が少ない |
| 耐 久 性 | 作動油のシール性 | 型取り付け板の平行度維持が絶対条件 |
| 型締め力表示 | 油圧計で管理 | タイバーの伸びで管理 |

2 - 4 . 金型と金型の取り付け

金型は成形機の取り付け板にネジ穴加工がされており、ネジ穴を利用してクランプ爪で成形機に取り付けられるのが標準ですが、最近では金型交換作業の段取り時間短縮のため、各社より種々の金型交換方式が発表されています。

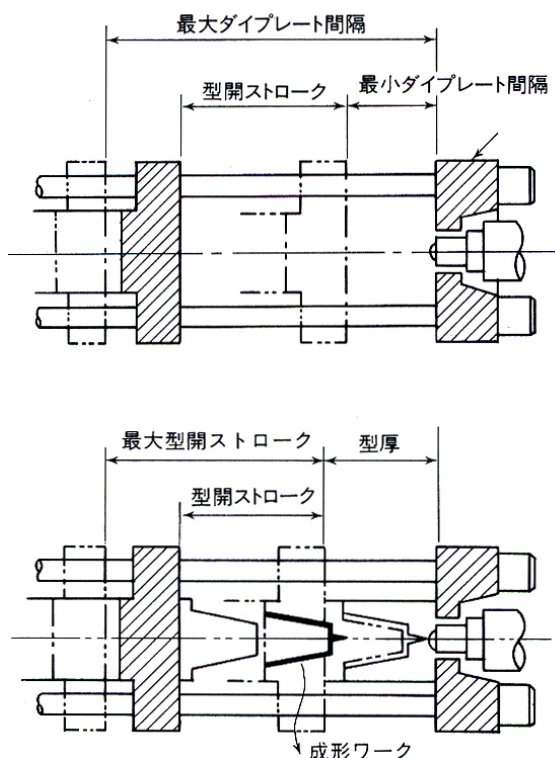


図 - 3

金型取り付け板と取り付けられる金型の大きさの関係は、タイバー間隔、デライト、最小型厚で表示されます。

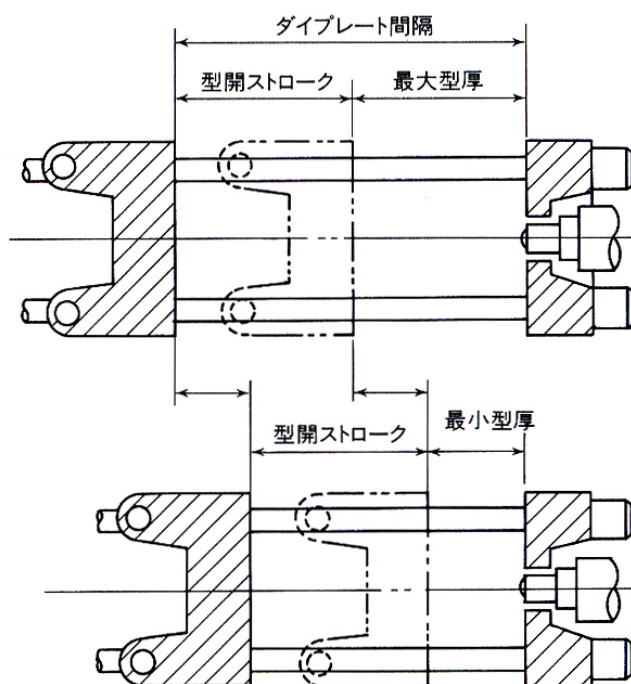


図 - 4

2 - 5 . 最近の金型の取り付け方

- イ 成形機の取り付け板にアタッチメントを取り付け金型の外形寸法を標準化し、油圧またはエアー圧を利用してクランプし取り付ける方法(大型成形機での横方向からの金型の挿入交換システムが各社より発表されています)
- ロ 標準の金型ベースを成形機に取り付け、金型の製品部分である入駒部分に相当するブロックのみを交換する方法

日精樹脂工業 FPシステム
住友重機械工業 カセットタイプシステム

新興セルビック コマンドシステム
その他 カセットシステム
 カプセルモールド

金型の取り付けによる段取り換え時間の短縮は、成形作業の多様化に伴い今後ますます盛んになっていくと思います。

また、金型は成形機のシステムの一部として考えられ成形機メーカーによる金型製作も手掛けられ、特種精密成形や真空成形法も取り入れられています。

2 - 6 . 成形条件

射出成形加工では射出成形機、金型、成形条件が最大の要素となっており、特に金型の設計、成形条件の設定には次の項目の検討が必要です。

設計条件設定項目
 キャビティレイアウト
 キャビティ数
 ゲート、ランナー構造
 温調配管レイアウト
 成形条件設定項目

温度条件（シリンダー温度、金型温度）
 可塑化条件（スクリー回転数、背圧）
 射出条件（圧力、速度、時間）
 冷却条件（時間、型温、離型取り出し）

イ 成形機の選定

金型構造からキャビティ数、投影面積、ランナー長を推定し、製品材料からおおよその充填圧力が推定できるため次の項目を検討し成形機を選定します。

- a) 最少流動圧力と型締め力の関係（必要型締め圧力）
- b) 樹脂材料より成形機の可塑化能力
- c) 成形機の射出容量
- d) 金型取り付け面積とデライトの関係

ロ 成形条件

最適成形条件とはできるだけ低い温度で、低い圧力で金型

内に樹脂を充填し成形することが大切です。成形条件設定の基本は最適温度条件を見つけることで、温度条件がその他全ての設定項目に関連します。

温度条件の影響は特にシリンダー温度と、金型温度で、充填される樹脂は金型のランナー、ゲート構造で樹脂の流動特性は変化します。

樹脂の流動特性は樹脂の種類により温度依存性の高い樹脂、圧力依存性の高い樹脂がありますが、使用される樹脂の流動特性を良く考えて温度条件を設定する必要があります。

また、樹脂材料は圧力依存性の高い樹脂でも温度の上昇により急激に流動特性が良くなることが判っています。

安定した流動特性を得るには、その樹脂の温度領域を知ることが大切です。

熱可塑樹脂は温度によっては熱分解を起こしその物性が劣化します。熱分解は比較的低い温度でもシリンダー内に長く滞留すると発生します。樹脂の熱分解はシリンダー内だけでなくゲート、ランナー部を通過する時の速度が速い場合は、樹脂内に剪断力が発生し、発熱が起こり、熱分解が部分的に発生します。

温度条件の目安としては、成形機のノズル部を通過する樹脂温を知ることが大切です。

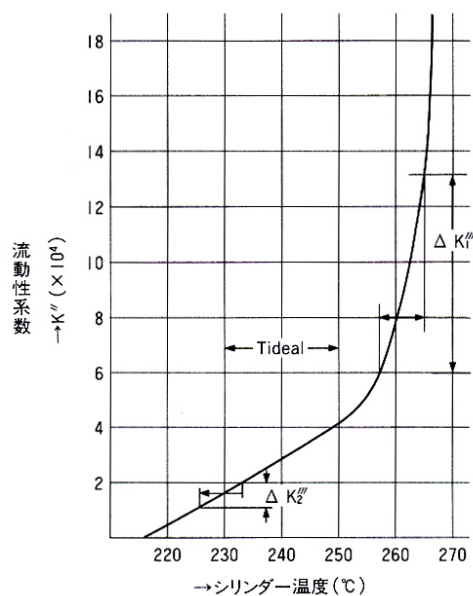


図 - 5

八 圧力の影響

成形品の寸法制度を支配する因子としては、樹脂の粘度(温度特性) 射出圧力、射出率ですが、お互いに関係があり三因子の相乗効果によって最適条件が決まります。特に圧力の影響は成形機の油圧回路の動作の安定性が問題で安定した油圧駆動源が望まれ、ショットごとの圧力変化を起こさない条件設定が必要です。

最近の成形機は、射出圧力も高く、高射出率の成形機が多く、成形機の制御システムも進んでますが、製品の品質特性をよく把握した圧力設定を捜すことが大切です。

二 射出率の影響

射出率の影響とは、熔融樹脂をいかに速く均一に金型に充填させるかということで、原則的には高射出率が望まれます。金型内への高速充填は、充填圧力から保持圧力への切り替えタイミングや、ゲートシール時間の把握が難しく成形品の外観品質特性への影響もあり(樹脂焼け、フラッシュ、ジェティング、フローマーク) 射出速度の設定を行う必要があります。

2 - 7 . 成形条件の不良原因

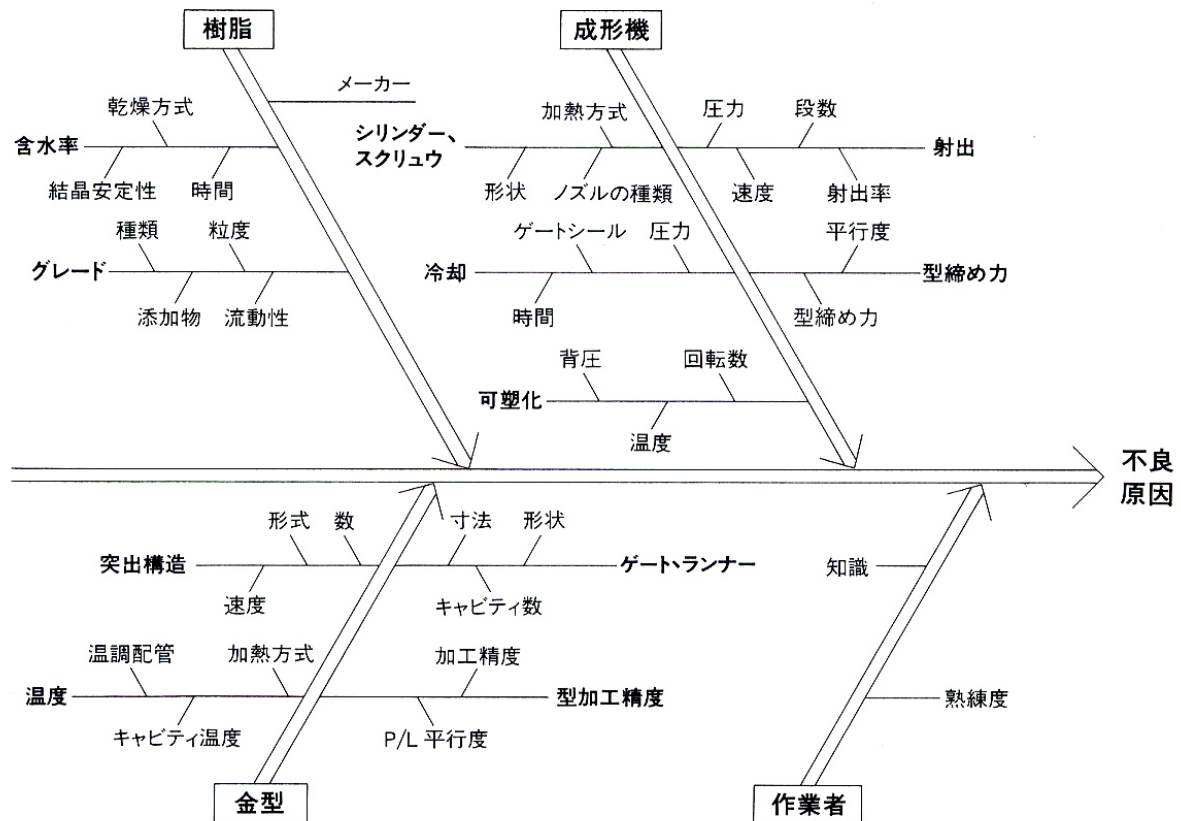


図 - 7 成型不良の特性要因図

3 . ハイモールドへの応用と LIM 成形

スリーボンドのハイモールド成形は1次側成形は熱可塑樹脂の成形で、2次側は熱硬化性 LIM 成形の組み合わせとなっています。LIM 成形は液状樹脂の2液をシリンダー内で混合し加熱硬化させゴム状物質を成形します。

常温で液状のため粘度が低く射出は低圧射出が可能です。また、シリンダー内の温度も常温で管理されるため温度管理が簡単です。

従来の LIM (RIM) 成形では射出は押し切り成形でパーティング面よりのバリ発生は付き物で仕方がないこととっていました。

ハイモールド方式では、金型構造で工夫しパーティング面

からのバリを無くしたことにより保圧をかけた状態の成形が可能になり、ノンバリ成形と共に成形品の取り出しの自動化も可能にしました。

スリーボンドのハイモールドシリコーン樹脂を使用し簡単な射出装置で LIM 成形もできます。ハイモールドO方式は、エヤー駆動の射出装置と小形の型締め機構に金型を、金属面、プラスチック面にシール部材を成形することが出来ます。

LIM 成形は今後いろいろな面に使用されて企業化されて行くことと思います。

株式会社スリーボンド研究所
技術部 システムグループ
清水 通

