

第5回 適量の樹脂とは

★樹脂製品の射出成形加工とは、

2枚の型がつくる空間に樹脂を流し込んで固めて、型がつくる空間の形状を樹脂でコピーする加工である。

はじめに

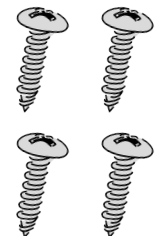
第4回では、金型のランナなどの空間を流れていく水あめ状の樹脂の流れ方についてみてきました。射出成形機で水あめ状になった樹脂は、加熱筒先端のノズルから金型のスプルを通じて注入されます。注入される樹脂は加熱筒の内側のネジ状の棒（プランジャ）で、注射器の押し棒（プランジャ）を押し込むように注入されます。

このとき、プランジャの押し込む速度で樹脂の注入量をコントロールする射出速度制御（V）で金型内の空間をほぼ満たします。水あめ状の樹脂は、金型内に入って金属壁と接触すると熱を奪われて固化します。この固化した壁が断熱材となった断熱パイプが、水あめ状樹脂が流れる道（ランナ）になります。

金型内の樹脂の流れをコントロールする方法は4つあります。

★金型内の樹脂の流れをコントロールする方法

- | | |
|---------------------|--------------------|
| a) 水あめ状樹脂の流れ易さ | : 可塑化条件 |
| b) 金型への充填スピード | : 射出速度 |
| c) 樹脂の熱が奪われる速さ | : 金型温度 |
| d) 金型内樹脂流路の空気の抜けやすさ | : 金型設計、ガスベントの調整・追加 |



以上が前回の振り返りです。

今回は、ランナを流れてきた水あめ状樹脂が製品形状の空間に充填され、熱を奪われながら空間の形状をコピーしていく工程を樹脂の視点から見てみます。

適量の樹脂とは

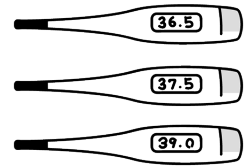


1) 熱が奪われると体積が減る

射出成形機のノズルから、金型のスプル～ランナと流れてきた樹脂は、ゲートと呼ばれる狭い通路を抜けて、成形品の形状に加工された空間に充填されていきます。

成形品形状の空間に充填された樹脂が持つ熱（エネルギー）は、接している金型の金属面を通じて奪われていきます。熱が奪われた水あめ状樹脂は固まりになっていきますが、ここで問題が起こります。それは、熱が奪われると体積が小さくなるという問題です。

例えば、赤い液体が入った温度計を思い浮かべてください。温度が高くなると赤い棒が長くなっていますね。これが、熱を与えられた状態です。逆に温度を下げる。つまり赤い液体に与えられる熱が少なくなると体積が小さくなるから赤い棒は短く液体だまりの方に近づいていきます。



さて、成形品形状の空間に満たされて、熱をどんどん奪われている水あめ状樹脂に話を戻します。このまま樹脂が固まってしまうと、どのようなことが起きるか想像してみてください。金型と接している樹脂は、すでに固まって膜状になっています。まだ水あめ状である樹脂は、金型壁に近い側からどんどん熱を奪われて固まり、縮んでいくことが想像できると思います。

2) 減った分だけ樹脂を補給する（保圧工程）

水あめ状の樹脂が熱を奪われて縮む力は強いので、金型表面から樹脂の膜が剥がれて凹んでしまいます（ヒケ）。これでは美しいコピーが出来上がりません。そこで、射出成形機側から樹脂を補充してやります。金型表面にできた樹脂膜が硬くて変形しにくい樹脂では、柔らかい内部の樹脂が外側にひかれて空間（ボイド）ができることがあります。この場合も、収縮分の樹脂を補うことで防ぐことができます。

水あめ状樹脂が動いているうちは、樹脂を流すことができます。寒冷地で水道管が凍結して破裂しないように、蛇口を少し開けて一筋の水を流し続けるのと同じ理屈です。

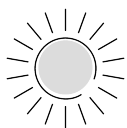
この射出成形機から樹脂を送り続けることを射出圧力制御 (P) と言い、圧力を一定にするように保つので「保圧工程」と呼ばれます。ちなみに VP 切換えとは、水あめ状樹脂を金型に注入する際にプランジャの押し込む速度を一定にする管理から、設定圧力を基準にプランジャ押し込み量を調整する管理に変えるポイントのことです。一定の圧力がかけられた水あめ状の樹脂が、ランナ、ゲートを経由してジワジワと補充されていきます。



このようにして、成形品の空間で熱を奪われている樹脂の固まりが収縮して歪まないように、樹脂の表面が金型の金属面と密着し続けるようにします。この時に、充填不足となることを心配して保圧を高くし過ぎると、金型が開いてしまい、薄板状の樹脂（バリ）が出来ることがあります。これは、金型を痛めるので注意が必要です。

では、「保圧工程」の終わりはいつでしょうか？・・・それは、ランナから成形品形状への繋ぎになっている狭い道「ゲート」の樹脂が固まった（ゲートシール）タイミングです。ゲート部の樹脂が固まってしまうと、もう樹脂を補充することができなくなります。ですから、このタイミングが保圧工程の終わりなのです。実際の成形では、成形機・金型温調器の設定でゲートシールのタイミングを調整し、収縮分の樹脂量を補充できるようにします。特に結晶性の樹脂（一般的にペレットのナチュラル色が不透明な樹脂）は、収縮量が多く、収縮に時間がかかるのでゲートシールまでに十分な量の補充ができるように成形条件を設定します。

☆ワンポイント☆ 「クッション」



「樹脂の計量値の設定が適切か」、「金型への樹脂の充填状態が安定しているか」ということを、射出成形機側で確認するポイントとして「クッション」がある。

「適量の樹脂」は、金型内の空間容積と樹脂が固まる際の収縮分を補うのに必要な量だが、「適量の樹脂」をドンピシャで計量値を設定してしまうと、加熱筒の先端とプランジャの先端が一致する位置までプランジャを押し込むことになる。この状態で、樹脂の収縮を抑えられるだけの樹脂を補充したと判断することは難しい。

そこで、必要量の計量値に余裕を加えて設定をする。この余裕分は、保圧工程終了後も加熱筒に残っている樹脂量で「クッション」と呼ばれる。「クッション」の値が安定していれば、樹脂の充填状態も安定していると推定される。ただし「クッション」は次回射出時に成形品となる樹脂なので、必要最低限の量に設定する。



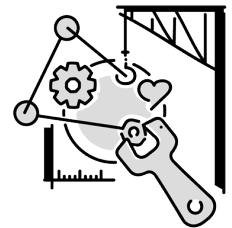
3) 樹脂が変形しなくなるまで熱を奪う

ゲートの樹脂が固まったら、2枚の金型を開いて出来上がった成形品を取り出すことができるのでしょうか？
・・・答えは、多くの場合、NOです。

ゲートは、成形品の樹脂収縮分を補うのに必要な時間だけ、固まらない太さに設計された樹脂の道です。金型の中でも細い道ですから、樹脂の熱が奪われやすく、固まりやすい場所です。ゲートが固化した後は、金型の樹脂の入り口「スプル」から「成形品の形状」までの中で、一番厚みのある場所、太い場所の樹脂が固まるまで、樹脂の熱を奪い続ける必要があります。どのくらいの熱を奪う必要があるかという、2枚の金型を開いて成形した樹脂の固まりを取り出す時に変形しない硬さになるまでです。

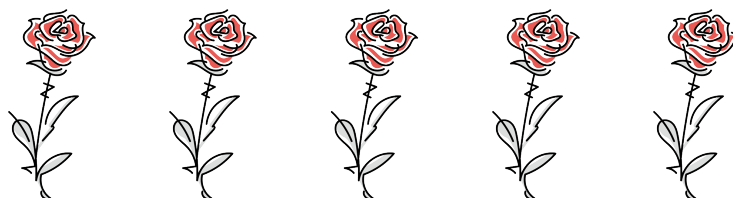


したがって、金型を設計するときには、成形品の強度などが確保できる樹脂の厚みを確保し、成形品の形状に必要な樹脂を流せる樹脂流路を確保する中で、金型内の樹脂の厚みや太さができるだけ薄く、細くなるようにします。樹脂の厚みが薄ければ、水あめ状の樹脂から熱を金型に奪いやすいので、早く固めて取り出すことができます。



また、成形品の強度や機能を確保するために肉厚な場所を作らなければいけないときは、その肉厚部分の樹脂の熱を奪いやすいように、水管を配置するなど金型設計時に工夫しておく必要があります。薄肉部分の熱は奪わず、厚肉部分の熱を奪いやすくするように設計すると、樹脂の流れを確保しながら、成形品取出しまでの冷却時間を短くできる金型が生まれます。

「今そこにある金型」で成形加工する場合は、樹脂に与えるエネルギー（熱・力）が、射出成形機での可塑化から成形品の空間に充填される全工程を通じて最小となるように条件設定できることがベストだと考えます。そのためには、金型に樹脂を充填する工程でも、できるだけ樹脂の圧力が高くないようにする工夫が有効です。例えば、金型内の空間の空気が排出されやすいようにするなどの工夫です。



このように、樹脂の流れを工夫して、美しいコピー品を最小の時間で成形できるように以下の（a）から（d）4つの観点から射出成形条件を設定していきます。条件設定では、バランスが大切です。美しいコピー品が取れる条件を設定出来たら、その設定を変えずに、たくさんのコピー品が連続して作れる条件が良い設定と言えます。

a) 水あめ状樹脂の流し易さ	: 可塑化条件
b) 金型への充填スピード	: 射出速度
c) 樹脂の熱が奪われる速さ	: 金型温度
d) 金型内樹脂流路の空気の抜けやすさ	: 金型設計、ガスベントの調整・追加



考え方のポイントは、樹脂が分解して発生するガスが少なくなるように、余分なエネルギーを与えないことです。樹脂が充填できないからといって、ヒータの設定温度を高くしたり射出速度を上げたりしてしまうと、樹脂が分解しやすくなり、金型清掃のために成形加工を止める時間が長くなる可能性が高くなるからです。

射出成形加工は、樹脂材料に成形機でエネルギーを与えて可塑化し、金型で与えたエネルギーを奪い形状を固定する加工です。地球の環境保全の考え方からも、消費するエネルギーを適正化することが求められます。そのためには、段取り時間を短縮し、不良品の発生を抑制することにより、エネルギーのロスや材料のロスを削減することが有効です。段取り時間を短縮するためには、射出成形機や金型（金型温調器）が量産に適した状態になるまでのアイドリング時間をムダに長くしない工夫が必要です。

ここで問題になるのが、**金型の状態を知る方法**です。現在は、射出成形機と金型温調器を生産条件に設定し、それぞれの設定値で安定したところで樹脂材料を使って「捨て打ち」と呼ばれる成形を複数回行い金型の状態を量産に適した状態にします。ですから、捨て打ち回数分のエネルギーと樹脂量を、必要最小量に抑えることができれば、環境に配慮した成形を行えるはずですが、そのためには、**金型の状態が安定したことを知る手段「金型内計測システム」**が有効だと考えています。



また、射出成形機や金型温調器の設定を変更しなくても、樹脂のロット、金型の汚れ具合の影響で「不良品」が発生することがあります。このような場合も、金型内にセンサを設置して監視することで「良品成形時との違い」を検出し、その警告を受け取ることで、連続して不良品が成形されることを防ぐことができるかもしれません。



このようにして金型内のセンシングを行うことで、射出成形時のエネルギー消費や樹脂材料の廃棄を削減する取り組みができると考えています。技術の伝承面からも、「**経験**」や「**勘**」を**グラフや数値で客観的に伝えることができる金型内計測システム**は有効だと考えられます。

これまで、射出成形機や金型温調器の設定を変えて試しの成形を行い、「**経験**」や**経験に基づく「勘」**で設定を修正する方法で対応されてきました。射出成形機や金型温調器の設定や制御状態はそれぞれの機器でモニタリング出来ませんが、金型の中が見えないために「**経験**」や**経験に基づく「勘」**が重要でした。そのような**金型内での樹脂の振舞いを、グラフや数値にして見せるのが「金型内計測システム」**です。ですから、「**経験**」や**経験に基づく「勘」**を**グラフのパターンや数値で説明することにより、技術伝承を定量的に客観的に進め易くなる**と考えています。

番外編では、当社が提供する**金型内計測システム**“**モールドマーチャリングシステム**”についてお話しいたします。

双葉電子工業株式会社 <https://mms.mtb.futaba.co.jp/>

◎記載内容について 射出成形加工での各機械や装置の役割がイメージしやすいように表現しています。ご興味がありましたら、教科書や解説書をお読みください。

◎お問合せについて このリーフレットについてのお問合せは、上記ホームページまでお願いいたします。リーフレットの記載内容は2022年9月現在のものです。記載内容は予告なく変更することがあります。