

樹脂の射出成形加工 –樹脂の流れに着目して考えてみる–

## 第2回 樹脂材料が水あめ状に流動する

★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1回では、熱が与えられると水あめ状になり、熱を奪うと再び固まる熱可塑性樹脂を使って、2枚の型が作る空間の形状をコピーする、射出成形加工の全体像についてお話ししました。

今回からは、射出成形加工の工程で起こっている事柄を「樹脂」の視点で、射出成形加工の工程順にお話ししていきます。

- ・樹脂材料が水あめ状に流動するまで : 射出成形機の加熱筒内で行われる可塑化・計量工程
- ・金型内へ水あめ状の樹脂を注入 : 射出成形機の加熱筒と筒先端のノズルが絡む射出工程
- ・金型内に注入された樹脂の変化 : 射出成形機側で制御する保圧工程と金型内の冷却工程

### 樹脂材料が水あめ状に流動する

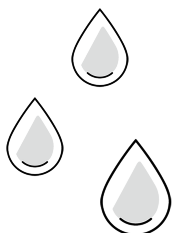
#### 1) 樹脂材料

樹脂材料は、成形品の用途によって選ばれるので、成形加工の現場では簡単には変更できません。一般的には、熱や力を加えると柔らかくなり、水あめ状になる熱可塑性樹脂が使用されます。水あめ状になるために必要な熱や力は樹脂材料によって異なるので、樹脂材料メーカーの指示を理解しておく必要があります。



樹脂材料の形状は扱いやすく、熱や力が伝わりやすいように米粒より少し大きい粒状（ペレット）になっています。粒状にすると砂のように流れるので、成形機に連続して供給することができます。

#### ☆ワンポイント☆ 「樹脂は水分を吸収しやすい」

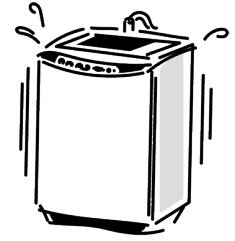


樹脂材料は水分を吸収しやすいため、注意が必要。通常、湿気の侵入を防げるように包装されており、開封すると、空気中の水分を吸収してしまう。樹脂材料を成形機に投入したときに与えられる熱によって、樹脂材料が吸収した水分は水蒸気になる。この水蒸気は、空気に冷やされて水滴になるため、粒状の樹脂ペレットがベタついて流れにくくなる。

また、水分があると樹脂材料の熱分解が進みやすくなる可能性もあるため、一般的に、成形機に投入する前の樹脂を乾燥する設備が準備されている。成形工程の停滞や成形不良、あるいは成形品の性能へも影響することがあるため、成形時は樹脂材料の含水量にも気を使う必要がある。

## 2) 樹脂材料を成形機へ投入する

乾燥して所定の含水量にした粒状の樹脂材料を射出成形機の加熱筒にある樹脂投入口に入れます。一般的には「ホッパ」というロート状の容器になっていますが、乾燥機とホースで接続され自動供給できるようになっていることもあります。

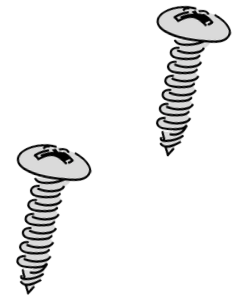


## 3) 加熱筒内で水あめ状の樹脂になる

樹脂投入口から加熱筒内に入った樹脂材料は、ネジ状の長い棒で出口に向かって運ばれます。この出口が、金型に水あめ状の樹脂を注入する部分「ノズル」です。

ネジ状の棒（スクリュ）は、加熱筒の中に注射器のように入っており、回転させることができます。ネジ状の棒は、スクリュとして回転しながら粒状の樹脂材料をノズルの方向に送っていく機能と、注射器の押し棒（プランジャ）として加熱筒内に溜まった水あめ状の樹脂をノズルから押し出す機能の二つの役割を担っています。

スクリュで、加熱筒の中をノズルの方向に送られる樹脂材料には、筒の外側に巻かれた電気ヒータの熱が与えられます。さらに、スクリュのネジの深さには工夫があります。加熱筒の壁面との隙間を狭くして、粒状の樹脂を圧縮して押しつぶす力も加えられています。



このように、粒状だった樹脂が熱と力のエネルギーをもらって徐々に水あめ状に変化します。樹脂の立場から見ると、周囲からもらったエネルギーで熱くなり、固体の状態が維持できなくなって液状に変わるというイメージです。樹脂をどのようにでも形作れるように、水あめ状に変えるこの工程を「可塑化工程」と言います。この工程で、室温だった粒状の樹脂が 100℃以上の高温になるほどのエネルギーを受け取っているのです。

この時に与えるエネルギーは、樹脂の状態を観察しながら 2つの点に注意して調整します。

- ① 金型に注入しやまいように、適度な流動性（粘度）にする
- ② 粒状の樹脂が混じらないように、均一な水あめアメ状の樹脂にする

調整できる項目は、「加熱筒の電気ヒータの温度設定」、「スクリュの回転速度」と「背圧（バックプレッシャ）」の 3項目です。具体的な調整方法は、樹脂の種類や射出成形機、成形品によって変わってきますが、樹脂材料メーカーさんが作られた資料が参考になります。

この可塑化工程でもう一つ気を付けなければいけないのは、樹脂材料の分解を防ぐことです。

外部からのエネルギーを与え過ぎると、樹脂内のエネルギーが溜まり過ぎてしまい、樹脂そのものが分解してガスを生成します。このガス自体が悪さをしますし、樹脂の分解により樹脂の特性も劣化します。樹脂材料には樹脂製品の性能を改善・向上するための添加剤も含まれていますが、このような薬剤も過熱すると分解することがあるので、エネルギーの与え過ぎは避けた方が良さそうです。

### ☆ワンポイント☆ 「エネルギーの流れと時間」



エネルギーは、高いところから低いところへ向けて流れる。エネルギーが集まっているところの「温度」は高く、エネルギーが少ないところの「温度」は低く観察されるため、「温度」を設定してエネルギーの流れを調整する方法がわかりやすい方法だが、「時間」が加わるとどうなるか？



例えば電子レンジで食品を温める時、「W数」と「時間」をセットして、「チン♪」する。WはJ/s、つまり時間（秒）当たりの熱量（ジュール）と書き換えることができるため、食品には、[単位時間に与えられるエネルギー量 × 時間] 分のエネルギーが与えられているという訳だ。

好みの熱さに食品が温まっていなかったら、もう一度レンジに入れてエネルギーを与える時間を延ばすが、少なくとも食品が受け取ったエネルギー量が増えた分だけ、熱くなっているはずだ。これを「温度」設定で制御するにはどうしたら良いかを考えるのも、また面白い。

#### 4) 加熱筒の先端に水あめ状の樹脂を溜める

可塑化工程で水あめ状になった樹脂は、どこへ行くのでしょうか？最終的には金型内に注入されますが、その前に加熱筒の先端部に溜まります。この工程を計量工程と言いますが、可塑化工程と同時に行っているため、可塑化・計量工程と表現されることが多いです。

計量工程は、注射器で薬液を吸い込むことを想像していただくと理解しやすいかもしれません。注射器の場合は、薬液の中に先端をつけて押し棒（プランジャ）を引くことで薬液を筒の中に計量します。注射器の側面には目盛りが付いていますよね。射出成形機でも同じように、水あめ状の樹脂を計量します。ただ、成形機の場合は、プランジャと加熱筒の隙間を抜けた水あめ状の樹脂がプランジャを押し下げながら溜まっています。一般的に、金型内の空間の体積 +  $\alpha$  の樹脂を計量します。その理由は、次回以降に説明します。



今回の可塑化・計量工程を締めくくるにあたって、射出成形加工全体の中で可塑化・計量工程に使われている時間について簡単に示しておきます。

水あめ状の樹脂を金型内に注入し、保圧工程が終了して樹脂の熱を奪って固める時間「冷却時間」と同時進行で可塑化・計量が行われています。樹脂成形品が十分に固まったら、2枚の金型を開いて成形品を取出し次の成形サイクルに備えます。一般的に、「冷却時間」内に可塑化・計量が完了する必要があります。

**可塑化・計量時間は、他工程の影響を受ける**ということが重要なのです。樹脂が受け取るエネルギー量には、時間も関係していることを思い出せばお分かりいただけると思います。

常に同じように流れる水あめ状の樹脂を金型に注入するためには、金型内を流れて固まっていく樹脂の状態も一定に保つ努力が必要だといえます。

第3回では、加熱筒先端とプランジャの間に計量された水あめ状の樹脂を、金型内に注入（射出）する工程を見ていきます。楽しみに。