

★★★やさしい技術解説★★★

★熱可塑性樹脂射出成形技術の基本理解

1 プラスチックのイメージ

プラスチックは、日本語では合成樹脂、英語では plastics 、中国語では塑料と言います。

プラスチックのイメージとして、太さ 1 mm、長さ 10 mの糸を想像します。

このイメージのプラスチックは、熱可塑性樹脂です。英語では thermoplastic resin 、中国語では熱塑性樹脂と言います。

多数の糸が絡み合っていますので、固体です。成形材料は米粒状にしてあり、「ペレット」(pellet)と言います。

加熱しますと、絡み合っている糸がほどけて、流れるようになります。これを「メルト」(melt)と言います。「流れる」ので、液体と表現することが多いですが、実際は液体ではありません。水や熔融金属の流れとは全く異なる「お餅」の流れです。そこで、熔融（溶融とは意味が違います）と言わずに可塑化と言います。

流れる状態で、金型内に射出します。ここで、成形品の形ができます。

冷却しますと、糸が絡み合っ、固体になり、成形品になります。成形品を金型から取り出します。

射出成形は、英語では injection molding 、中国語では注塑成型と言います。中国語がイメージを良く表しています。

以下の数値は、多くの場合の事例ですが、射出成形を理解する上で、非常に重要です。

メルトの最大圧力（金型内）は 40 MPa（400 kgf/cm² 相当）程度です。

メルトの温度は 200 °C 程度、金型の温度は 40 °C 程度、成形サイクル時間は 30 sec程度（中形成品）です。

2 射出成形機のイメージ

射出成形機は、射出部と型締部とから構成されます。

射出部は、成形材料を加熱（200 °C程度）して可塑化するシリンダー（加熱筒）と、メルト（成形材料）を高い圧力（40MPa程度）で金型（40 °C程度）内に押し込むスクリーから成ります。

型締部は、金型を取り付けるダイプレートと、射出時の高い圧力で金型が開かないように押さえつける型締機構とから成ります。

射出部は、スクリーとは限りませんが、大多数の射出成形機はインラインスクリー式（スクリー 1本で可塑化と射出をする）です。

射出の動力は油圧式が基本でしたが、純電動式が主力です。油圧式と電動式のハイブリッド機種もあります。

ここで、わざわざ「純」と言っているのは、油を一切使わないため、環境（油汚染）や安全（油火災）に非常に有利だからです。

型締部は、直圧式とトグル式とがあります。直圧式の原理は一目瞭然で、成形現場でわかりやすいのです。油圧シリンダーで直接型締めします。

トグル式は、てこの原理で力を増強して型締めします。純電動式はトグル式同様のメカニズムです。

射出成形機の耐用年数は8年（異なる外国もあります）、毎年 1/8 の費用負担と考えるとわかりやすいのです。実際の減価償却はこれと異なる定率式が多いのですが、まずはわかりやすく考えます。

3 成形材料のイメージ

成形材料（コンパウンド、複合物という意味）は、基本ポリマー（有機高分子）に多くの配合剤を加えたものです。外見的に均質に見える成形材料も、相溶、非相溶配合剤を例えば数パーセントの配合剤を加えた「マイクロコンポジット」です。

4 成形材料の選び方

成形材料は、用途上の要求特性で選定しますが、製造上（ここでは射出成形と二次加工）の要求特性を十分に考慮する必要があります。

成形材料の選定はとくに実績を重視します。他社の製品を見るのが非常に重要です。

5 射出成形用金型のイメージ

金型は射出成形機の交換可能な一部（成形品ごとに製作する）と考えるとわかりやすいのです。

金型は、成形時の高い圧力（40MPa程度）で高い精度を維持しなければなりませんので、高剛性かつ高精度の精密金型で、成形機本体より高価になることもあります。

金型は、製品（成形品）技術と成形加工技術のノウハウが集積されていますので、使用終了後も取り扱いを慎重にしなければなりません。

金型はコア（雄型）とキャビティ（雌型）から成り、コアとキャビティの空隙にメルトを流れ込ませて（射出という）成形品を作る原理です。

金型の耐用年数は2年（異なる外国もあります）、2年後の価値は1円（異なる外国もあります）になりますから、2年以内に稼いでしまう経営方針が重要です。

長い年月金型を使うこともあります。その場合、金型の保管費用をどこが負担するのか、とくに、金型の所有者が成形工場と異なるとき、配慮が必要です。

6 成形品設計のポイント、成功・失敗の記録整備

まず、既存（又は類似）の製品をよく調べて類似の設計をすることです。

実際には全く新しい設計をするよりも、従来の設計をトレースするか、組み合わせるか、少々手を加える、などのことが現実が多いからです。

成功した実績によりますので、失敗のおそれが少ないのです。

事業を長く継続しているところでは、実績のある設計図が豊富にありますから、これを引き出して組み合わせれば大抵間に合います。

図面、仕様書、マニュアルないし標準等は、技術管理部（相当部署）に集結し保管します。いつでも引き出せるように整理します。ただし、社外にリークしない工夫が非常に重要です。

設計図はないが製品がある場合は、製品をスケッチし、コピーすることから始めます。自社では新製品だが他社に類似品があるときなどです。

世界に類のない新製品は、めったにあることではありませんから、まずは類似の製品を探してみることで、自分が知らないだけのことが多いのです。

7 コストダウンの工夫

このように設計をしたあとで、コストダウンの工夫を考えるとというのが一般的な設計の手順です。

コストダウンの数値目標をたてます。目標は低めにして、成功し、次の目標を立てること（ステップバイステップ）が成功の鍵です。

低い目標でも成功すれば「いつも成功する縁起良い人」になり、益々重用されます。経営者は失敗を恐れず高い目標にチャレンジする者を評価すると言いますが、失敗すれば「いつも失敗する縁起悪い人」になります。

8 成形品見本展示室の整備

小規模工場でも2カ所を確保します。1カ所は客先と協議する場所です。工場の歴史がわかることが非常に重要で、理想モデルは博物館です。

1カ所は秘密の場所です。他社製品を分解調査するなどは秘密です。また、不良やトラブルの事例も秘密にします。ここにできるだけ多くの見本を集めます。

金型は実物を集めることは困難ですが、成形品を見れば、金型構造の見当がつかます。

9 トラブルの再発防止

多くの工場は、予期しないトラブルで、納期・品質・コストに支障を来しています。しかし、トラブルの内容は、ほとんどが過去にあったものです。トラブルの解決は、その場だけのことでなく、再発防止の手立てを講じなければ効果がありません。

記憶で議論すると方向を誤ります。

間接情報（他人が調べたデータ）では不十分です。上司が部下の報告を聞いて判断するなどでは成功しません。まずは現場に行くことです。

正確なデータを記録します。データは利用できる形になっていなければなりません。測定値等は信頼おけるものがが必要です。

10 不良対策の事例

「今後気を付ける」では対策になりません。

かならず、「設備」「機械」「型」「治具」など、何らかの技術的対策が必要です。つまり不良の再発防止にはお金がかかるのです。「やる気」などの精神論は役に立ちません。

次工程に不良品を送れば、送った人の責任になります。責任の所在はいつでも明らかで、次の工程に不良品を送った人です。

不良が起きたとき、「犯人はだれだ」とし、犯人を見つけて「申し訳ありません」と言わせても、言わせた人が責任逃れするだけのことです。

11 つくりすぎない工夫

射出成形工場では、大量生産で生産性を高くし、コストダウンすると言われます（外国に多い）が、それだけでは、つくりすぎることがあります。

大量生産は大量在庫にもつながります。「変化に対応する融通性」が非常に重要な時代です。

射出成形でよく話題になることに、多数個取り大形成形機が有利か、少数個取り小形成形機が有利かというのがあります。詳しく計算しますと、多数個取り大形成形機にしてコストダウンするという話になることがあります（外国に多い）。

しかし、「変化に対応する融通性」からすればそうではありません。生産量は不足でも、生産性は低くても、小形成形機の方が有利になります。

また、多数の成形機を備えた工場では、成形材料の供給パイプラインや成形品の搬出コンベア、金型冷却水の集中冷却装置などに大がかりな設備をすることがあります。この事例も外国に多いのです。

生産性向上によるコストダウンが目的ですが、融通性の視点からは不利になります。

集中して大規模にすれば効率は良くなっても融通は利きません。個別に小規模にすれば費用も安く融通が利きます。それに細かい制御がしやすく精度が高まるという利点が大いなのです。

設備はいつも動かしていなければ損だと考えるのが普通ですが、作りすぎたのではもっと損です。設備を動かすのは事業の目的ではなく手段なので、仕事の状況によっては設備を休ませることもあります。そのときは小型軽量の工場が有利になります。

変化に対応するには「設備本位」から「仕事本位」に考えを改めなければなりません。これは、それだけ

価値の高い仕事をしなければならないという、さらに高度な方向です。知恵があればチャンスになりますが、なければピンチになります。

12 成形品使用上のポイント、使用温度範囲

普通は、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度ですが、用途によって異なります。100 $^{\circ}\text{C}$ を超える場合は、選べる材料が少なくなります。また長時間の熱で劣化します。プラスチックは金属やセラミックのような耐熱性はないことをあらためて認識します。

用途を細かく把握して、使用温度範囲を決めます。

東京とサハラとシベリアでは気温が全く異なります。世界中どこでも走れる自動車を作ることは可能ですが、事実上地域限定の自動車を作ることも現実的です。

13 屋外使用の有無

普通は、屋内使用ですが、用途によって異なります。屋外使用の場合は、耐候性グレードを使います。室内でも紫外線発生源があることがあり、そのときは耐候性グレードを使います。

屋外屋内の区別は、実際に使用する状況で決めます。家庭用カメラは袋に入れて持ち歩き、実際に屋外にさらす時間は短いので、屋内として良いのです。洗濯機はベランダに置くことがありますので、屋外を考慮します。

14 油付着の有無

普通は、油は付着しません、付着する可能性がある場合は、選べる材料が限定されます。プラスチックに関わる者全員が知っておくべき最重要知識です。

成形品の環境応力亀裂（ストレスクラック、ソルベントクラック、ケミカルクラック）は、出荷1ヶ月後に10%の成形品にクラックが発生するなど極めて重大なトラブルになることがあります。

樹脂によって大きく異なります。ポリアセタール系は発生なく、ポリスチレン系とポリカーボネート系は多発します。

注油するかもしれない歯車や軸受にポリカーボネート製がないのはこのためです。

基本は成形品に油が付着しないようにすることです。油の付いた鉄板を成形品に固定するなどが無いようにします。

実際に使用する樹脂と、付着するかもしれない油（洗剤もある）の組み合わせと、荷重をかけた状態で、クラックがおきるかどうか、1週間テストして確認するのが普通です。

15 新技術、新製品の開発

自分では新技術、新製品だと思っても、調査が不十分なだけだった、ということはよくあることです。

新技術、新製品の開発には、非常に多くの時間と費用がかかりますが、その成否の鍵は調査にあります。

す。良い調査ができれば大幅に時間短縮、費用節減ができます。

現代の技術は非常に複雑で、1人や2人の知恵では現実に対応困難になっています。多くの人の知恵を集めること、つまり事実上、調査で対応するしかありません。

情報活動では、情報を「かぎわける」能力がとくに重要です。非常に多い情報の中から役に立つものを瞬時に選ばなければならないからです。

例えば、新材料は加工（成形など）ができてはじめて実用になります。加工のデータのない新材料は、いくら話題になっていても役に立つ情報にはなりません。

情報を表現する能力も非常に重要です。わかりやすく表現するポイントは、説明と意見とを明確に区別することです。

16 その他の重要事項

世間には自称アイデアマンがいて、用途以外の使用を新発明のように言うことがありますのでご用心ください。

家庭用洗濯機を成形品の洗浄に使うなども、用途以外の使用です。