

### ★★★やさしい技術解説★★★

### ★★射出金型の基本知識★★

射出金型のとくに重要な基本技術 青葉堯（技術士・化学部門）

日本の金型工場の大多数は、家族の零細工場です。家族ですから、仕事を勝手にやめることはできません。粘り強く仕事をし続けなければならないのです。

射出金型は、昔の日本（1950年頃）にはありませんでした。米国に教えてもらって作り始めてから、今は三代目です。父から子、子から孫へと伝承された、その工場のKNOWHOWなのです。

これは、家族だけがわかればすみますからで、外部の人には説明しません。説明したとしても、外部の人には非常に難解です。

しかし、私は、工場秘伝のKNOWHOWも、実は90%が基本事項であることに注目し、ここに新しく、基本技術から成るわかりやすい独自の解説をつくりました。わかりやすいことと、初歩的であることとは全く違います。わかりやすくても相当に高度な内容です。

ここでは、90%適用できれば良いとして、単純化して考えたことが最大の特徴です。単純化したために生じた現実との違いは、誤差として認めることにしましょう。誤差を認めるとしたことが、実用的なKNOWHOWであったのです。

型は、英語では「MOLD」（英国式にMOULDと言う国があります）日本語では「型」、中国語では「模具」と言います。型は金属製とは限りません。

型は、「ばらつきのない大量生産方式」として、人類史上最大級の発明です。

型の技術は、古代からの基本技術です。しかし、いつの時代でも最先端技術が使用されています。

射出金型の基本は、強靱な鋼鉄製です。

射出金型には、とくに大きな特徴があります。成形材料では化学の知識、金型では金属と機械の知識、成形機械では物理と機械の知識が必要です。

応用化学科とか機械工学科とかを学んだだけでは射出金型は作れません。これらを総合した広くて深い知識が必要です。だから技術者・技能者の育成には、時間がかかるのです。粘り強く仕事を続けてはじめて得られる、これが日本のKNOWHOWです。

なお、高度のAIを使用すれば、自動制御の機械だけで、射出金型がつかれる、という主張があります。AIが世界中の知恵を集めて目覚ましい進歩をし続けているからです。

しかし、AIが人間を超えるのは物語の世界です。射出金型は人間の細かい気配りでできているのです。

（実用的な事例）金型の誤差と成形の誤差の原理

成形品は金型よりも少し小さくなります。その程度を成形収縮率と言います。これは常温での大まかな比較ですが、金型設計をするときは厳密に必要です。ただし、部位によって異なります。成形の流れに平行方向と垂直方向では同じ収縮率ではありません。

しかし、収縮率を変えて金型設計をしますと、金型がねじれた形状になり、金型製作そのものが難しくなります。金型を高い精度でつくるのが難しくなります。そこで、どこも同じ収縮率とするのが、KNOWHOWです。実際の成形品の形状は誤差とするのです。これを金型の設計誤差と言います。

金型設計の誤差には、成形材料のばらつきがあります。成形収縮率の数値は、KNOWHOWです。

INTERNETで調べて決めるようなものではないのです。

さらに、金型の工作誤差があります。工作誤差を設定しなければ加工できません。工作機械の能力で決まりますが、測定機の能力もあります。測定できないものは工作できない原理です。

#### (実用的な事例) 金型の誤差と成形の誤差の管理方法

ここに示した数値は、何かの規格ではありません。ある工場のKNOWHOWです。

成形品のばらつきを平均値 $\mu$  (MYU:) と標準偏差 $\sigma$  (SIGMA) で管理します。

成形品のばらつきは、金型の誤差と成形の誤差で生じます。

金型の誤差とは、図面指定寸法と平均値 $\mu$ との差とします。

成形の誤差は、 $\mu \pm 3\sigma$ とします。(3 $\sigma$ の管理と言います)

金型の誤差に寸法公差の1/3を割り付け、成形の誤差に2/3を割り付け、別々に管理します。

金型の誤差は、設計誤差(1/2)と工作誤差(1/2)とします。

従って工作誤差は寸法公差の1/6となります。

成形の誤差は、成形条件のばらつきである、とします。

成形材料の僅かな違い(着色でも)で金型内の流れ方が違ってきます。

金型温度の僅かな違い( $\pm 1^\circ\text{C}$ )で成形品の外観と寸法が違ってきます。

金型温度の精密調整が非常に重要です。

成形条件は成形材料のLOTごとに新たに設定します。

#### (実用的な事例) 成形品の精度と仕上がり程度

ここに示した数値は、何かの規格ではありません。ある工場のKNOWHOWです。

##### (1) 成形品の寸法精度

並級  $\pm 0.5\%$

准精密級  $\pm 0.2\%$  (金型の動かない部分で構成される寸法)

精密級  $\pm 0.1\%$  (同)

超精密級  $\pm 0.05\%$  (同)

寸法の議論は「どのようにして測りましたか」を聞いてからします。測定機に数字が表示されても、測定機に合否判断させては問題がおきます。人間が判断するものなのです。

##### (2) 成形品の仕上がり程度

B級 欠陥が見えても、実用上差し支えないと判断した場合は、合格にします。

准A級 1m離れて見て、欠陥が見えません。

A級 肉眼で見て、欠陥が見えません。さらに、表面に天井の直線灯を写して直線に見えます。

超A級 10倍の顕微鏡で見て、欠陥が見えません。

##### (3) 金型工作精度

並級  $\pm 0.05\text{mm}$

准精密級  $\pm 0.02\text{mm}$

精密級  $\pm 0.01\text{mm}$

超精密級  $\pm 0.005\text{mm}$  ただし測定ができる場合に限りです。

#### (4) 金型みがきの程度

※製品裏面及びRUNNERなど

並級SAND PAPER #600

※製品表面

准精密級 SAND PAPER #1200

精密級（鏡面） DIAMOND POWDER 3 $\mu$ （#8000相当）

超精密級（超鏡面）DIAMOND POWDER 1 $\mu$

※推奨・製品裏面とRUNNER

外観を求められていなくてもSAND PAPER #600

※推奨・製品表面

外観を求められていなくてもSAND PAPER #1200

求められている場合はDIAMONDPOWDER 3 $\mu$ (#8000相当)

(実用的な事例) 連続体力学の理解

実際の樹脂の流れは、MICRO（分子）ですが、MACRO（連続体）で考える、わかりやすい方式を説明します。これとは違う方式もあることをご了承ください。

連続体力学の基本は変化率の取り扱い（微分）です。連続体の動きは微分方程式で表されます。そこで求められた式で、CAE（COMPUTER AIDED ENGINEERING）PROGRAMが作られました。誤差を認めて単純化したことが基本原理です。

その誤差は、現象のMODEL（簡略化）でも生じます。また、誤差のある近似の数値解析をします。

(実用的な事例) 粘弾性の理解

金型内を流れる熔融樹脂（熔の字は火へんです）をMELTと言います。

金型内を流れるMELTの動きは、THIXOTROPY（速度が増すと粘度が下がる）と、DILATANCY（速度が増すと粘度が上がる）があります。

これは、一般の物理の法則（NEWTON力学）に従わない特殊な粘弾性現象です。普通の物理の教科書には出てきません。しかし、射出成形工場では毎日使っています。

THIXOTROPYとDILATANCYの程度は、成形材料の配合の僅かな違い（色が違えば違う）で、大きく異なります。しかも、高速で流動する場合（射出成形）は、測定が困難です。

実際に成形してみなければわからない、というのが現実です。

従って、成形材料が違うとき（LOTが違えば違う）は、その都度、成形条件を新しくしなければなりません。

この意味は非常に重要です。射出成形機には以前に同じ成形をした成形条件が記録されていますが、それをそのまま使って生産開始すると問題がおきるということです。

なお、成形条件を探るTRYSHOTの成形品は生産個数に数えないことも重要な理解です。