

# 金型設計

## 1. 成形品の設計

成形品の設計は、目的とする部品の要求性能をよりよく満足させる為に行なわれるもので、材料の性能、成形性、ショット数、成形条件等を総合的に判断して行なう必要がある。

成形品の設計において

- 1) 形状はできる限り単純にする。
- 2) 肉厚を均一にする。
- 3) 抜き勾配をつける。
- 4) シャープコーナーは作らない。
- 5) アンダーカットはなるべく作らない。
- 6) ガスベントを適切に設ける。

等は、基本的な必要事項である。

レニーの金型設計について、基本的な項目について以下に述べる。

## 2. スプルー及びランナー

スプルーは円形を基本形状として、なるべく短かいものを使用する事が望ましい。

スプルー径は、最小径を 5mmφ とし、通常 7~8mmφ のものを使用する。

スプルーブッシュの内径は、スプルーの取り出しを容易にする為に、3~5°のテーパーをつける。スプルーブッシュは焼き入れをし、抜け出しを防ぐ為には、ロケートリングでおさえる。又、スプルーブッシュ球面くぼみの曲率半径はノズル先端の曲率半径より少し大きくする。

ランナーは、溶融樹脂の流れを円滑、かつ均一にする為、できるだけ太く、短かくし、バランスよく配置し、各コーナーには丸み(R)を大きくつけて、流動抵抗を少なくする。

ランナーを溶融樹脂が流れると、冷い金型に接する樹脂は温度が低下し固化する。この固化した樹脂は断熱材として作用し、その真中を溶融樹脂は流れる。その為、円形ランナーが理想的である。

2枚プレート金型の場合、パーティング面が平面である時には円形ランナーを、パーティング面が複雑な2枚プレート金型及び3枚プレートの金型においては、台形ランナーを使用する。

又、スプルー下部には、コールドスラッグウエルを設けると良い。

### 3. ゲート

ゲートはダイレクトゲート、サイドゲート、ピンポイントゲートが多く使用される。その他、成形品の形状によっては、ディスクゲート、ファンゲート、タブゲート及びサブマリリングゲート等も使用できる。

#### (1) ダイレクトゲート

レニーの成形にもしばしば用いられるゲートである。

形状はスプルーとまったく同一で良いが、成形品とダイレクトゲートとの接合部のコーナーには、Rをつけて流れをスムーズにする必要がある。

ダイレクトゲートの欠点は、射出圧力が成形品に直接かかる為、残留応力が容易に発生しやすい事と、スプルー基部をあまり太くすると、特に肉厚が薄い場合には、ヒケや気泡が生じる事である。肉厚の薄い場合には、スプルー基部の直径は、肉厚の1~2倍が良い。

又、ゲートを後で切断しなければならないし、表に出るものであれば、あと仕上げが必要である。

#### (2) サイドゲート

成形が比較的易しく、ゲート跡も小さい為、レニーの成形に多用されるゲートである。

ゲートの大きさは、材料の流動特性、成形品の肉厚、キャビティへ射出される樹脂量、樹脂温度等多くの要因によって左右される。

ゲートの深さは、成形品肉厚の1/2以上、好ましくは2/3が良い。

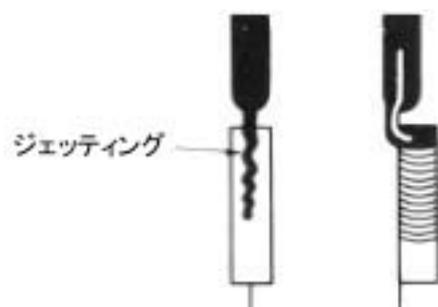
又、ゲートは、肉厚の厚い所から薄い所に樹脂が流れるように、ゲート位置と肉厚を決める必要がある。

ガラス繊維は熔融樹脂の流れに配向する傾向があるので、ゲートの位置が成形後の変形やそりを最少限におさえる上で重要です。

コップ状あるいは、箱状成形品において、サイドゲートを使用すると、キャビティの片側を早く樹脂が流れ、それによる圧力差でコアがずれる。その為反対側の肉厚は薄くなり、その上、ウエルドラインの弱さが重なって、成形品が弱くなる為、この場合は、センターゲートを使用すべきである。

尚、コアの倒れ防止には、金型のよりどめが必要である。

又、細長い成形品の場合には、長手方向にゲートをつけると、ジェットイングが生じる為、短方向にゲートをつける。(図1)



### (3) ピンポイントゲート

3枚プレート金型の1個取りないし多数個取りの金型で、金型構造は多少複雑になり成形もやや面倒であるが、ゲート跡も小さく、後加工もいらないので、レニーでも多用されるゲートである。

ゲート径は、 $0.8 \sim 2.0\phi$  が使用されるが、 $1 \sim 1.5$  が標準である。

薄肉成形品の場合は、ゲートをあまり太くすると、成形品の一部が引き取られる為、注意が必要である。

しかし、ゲートをあまり細くすると、流動性が悪くなり、ゲートの固化も速すぎて、保圧が充分かからずヒケを生じる為、太めに設計する方が良い。

成形品のそり防止には、ピンポイントゲートが最も良いが、ウエルドが生じ、ウエルドの影響で、そりや変形が生じる場合がある為、ゲート数については、試作成形を行ってから決定する必要がある。

## 4. 抜き勾配

### (1) 箱又は、ふた

金型から成形品の取り出しを容易にする為には、抜き勾配が必要である。

この抜き勾配は、成形品の形状、材料の種類、金型構造、金型表面の仕上状態などによって異なるが、 $1/30 \sim 1/60$  ( $2 \sim 1^\circ$ ) が必要である。

レニーは、成形収縮率が比較的小さい材料である為、成形品によっては、離型不良を生じる場合があるので、抜き勾配を多く取っても差支えない時は、許せる範囲で多くつける事が好ましい。

### (2) 格子

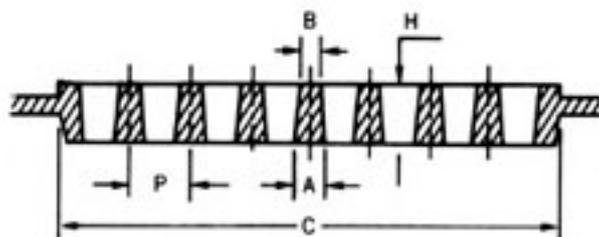


図 3 格子状成形品の抜き

$$0.5(A-B)/H=1/9 \sim 1/11$$

格子のピッチ(P)が 4mm 以下になる場合は、抜き勾配を 1/10 程度にする。

格子部の(C)寸法が大きい程抜き勾配を多くつける。

### (3) タテリブ

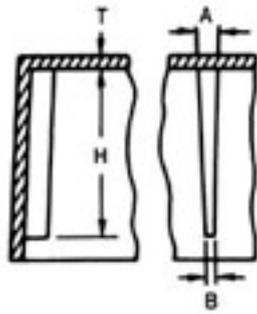


図 4 内壁のリブ

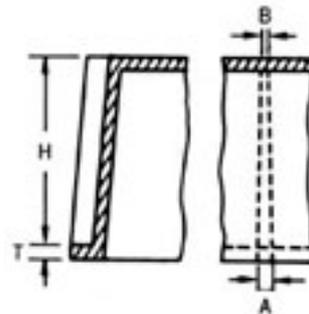


図 5 外壁のリブ

補強として多く用いられる、タテリブの抜き勾配は、側壁、底肉厚によって A、B の寸法がきめられるが、多く用いられる抜き勾配を示す。

$$0.5(A-B)/H=1/350\sim 1/200$$

図 4 は内側壁、図 5 は外側壁にリブのあるものを示す。

$A=T\times(0.5\sim 0.7)$  多少ヒケを生じてよい場合には、 $(0.7\sim 0.9)$  にする場合がある。

$B=1.0\sim 1.8\text{mm}$  工作上的制限があるため。

### (4) 底リブ

底リブはタテリブと同様の用途に用いられ、タテリブと同じ考えで、抜き勾配をきめる。

多く用いられる抜き勾配は

$$0.5(A-B)/H=1/150\sim 1/100$$

$A=T\times(0.5\sim 0.7)$  多少ヒケを生じてよい場合には、 $(0.7\sim 0.9)$  にする場合がある。

$B=1.0\sim 1.8\text{mm}$  工作上的制限があるため。

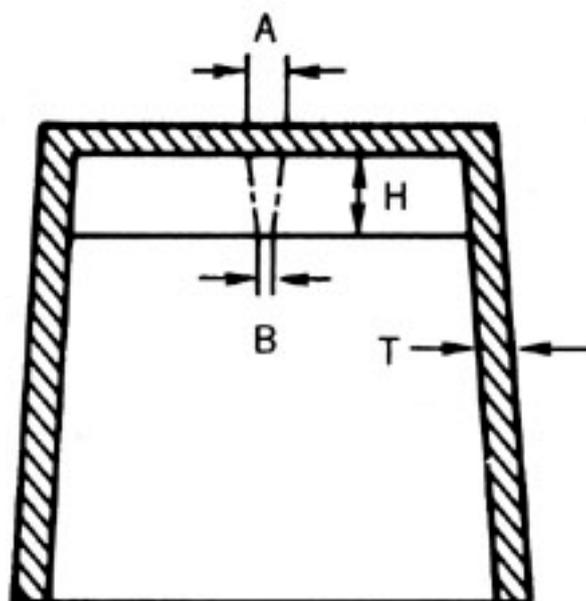


図 6 底つきリブ

## 5. 成形品の肉厚

良い成形品を作る為には、肉厚を均一にする必要がある。しかし、成形品構造、あるいは、成形上から肉厚を変化させたりする必要もある。

成形品肉厚については、次の点を考慮して決めるとよい。

- 1) 構造上の強度
- 2) 離型の際の強さ
- 3) 衝撃に対する力の均等分散
- 4) 埋込み金具部のクラック防止  
(成形材料と金属の熱膨張の差による収縮時のクラック)
- 5) 穴、窓、埋込み金具部に生ずるウエルドの補強
- 6) 肉厚部にできるヒケ防止
- 7) ナイフエッジ状の部分並びに薄肉部の流れをよくし、充填不足を防止する。

肉厚の厚い成形品は、ヒケを生じやすく、又、成形時に冷却時間が余計にかかり、材料の使用量も多くなる等の不利な点がある。

一方、肉厚が薄すぎると、流動性が悪くなり、多大な射出圧力が必要で、又、ゲートの位置によって薄肉部分にウエルドラインがくる場合には、クラックが発生しやすい。(レニーの流動性については、技術資料「射出成形編」参照)

レニーは、そりやヒケが比較的少ない材料であるが、薄肉成形品の場合には、そりが発生する事がある為、適度な肉厚が必要である。

又、レニーの 1~2mm 厚の成形品は、80℃程度の金型温度では、結晶化が十分進行せず、急冷されて熱変形温度の低いものしか得られない。その為、薄肉成形品の場合は、130℃程度の金型温度で成形すべきで、そり防止には補強リブ等を用いて対策をはかる必要がある。

尚、肉厚 3mm 以上の成形品については、80℃程度の金型温度でも成形品内部は除冷されて結晶化する為、実用上問題のない成形品が得られるが、レニーの特性を十分発揮させる為には、130℃程度の金型温度が望ましい。

## 6. 補強と変形防止

### (1) コーナーの曲率半径(R)

図7に示す片持ち梁の先端に荷重Pをかけると、応力は梁断面の変化するRの部分に集中する。今、このR部分の曲率半径を変化させると、応力の集中度も変化する、曲率半径が大きくなるに従い応力は集中しなくなる。

Rを大きくすることは材料の流れを容易にしたり、突出しに対する強度の面からも有利となる。

図8にR/tと応力集中の関係を示した。

R/tが0.3以下では急激に応力が増し、0.8以上ではあまり効果がない。

R/t=0.5以上が好ましい。

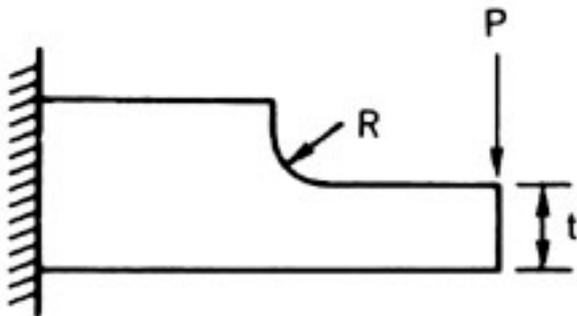


図7

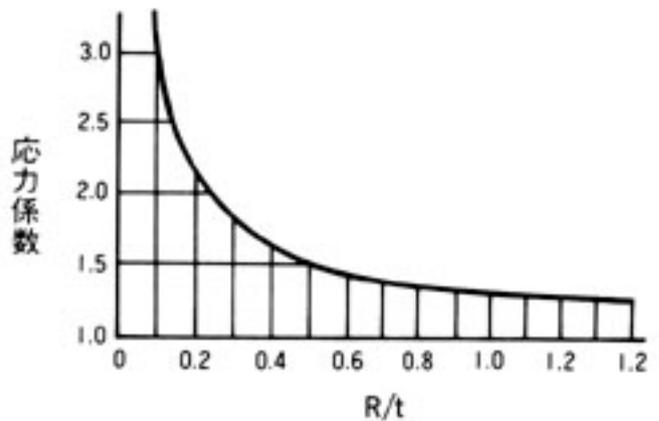


図8 R/t と応力

図9、10は適正なRのつけ方の例で、図9は内面隅に肉厚の1/2のRをつける事によって、応力集中を減少する事ができる。この場合肉厚は1/3増加する。

図10は、外面にも肉厚の1.5倍のRをつけたもので、最良のものを示す。

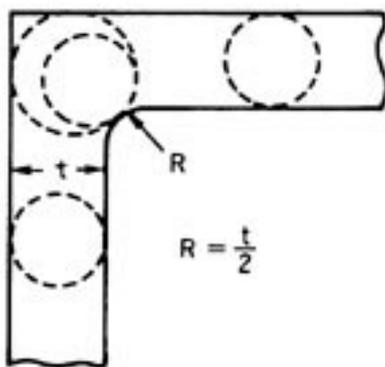


図9

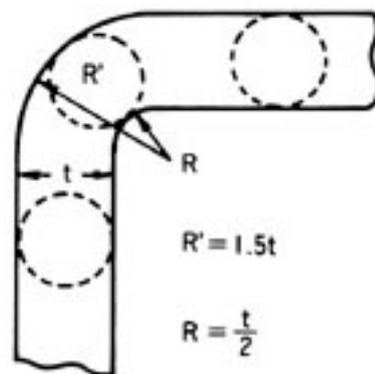


図10

### コーナーの R

## (2) 肉付けと形状の変化

側壁及び縁に剛性をつける方法として用いる。これは変形に耐える強度と、他の肉厚との収縮を均一にする為に効果があり、又、流れの悪い場合に補強の意味ばかりでなく、材料の流れを良くする為にも用いられる。

図 11 はケースの側壁に帯状の補強をした例で、図 12 は側壁のひずみ防止に効果のある方法である。

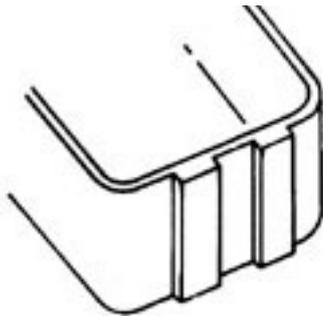


図 11 帯状の補強

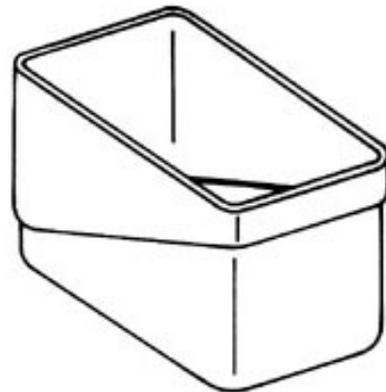


図 12 側壁の補強

図 13 はケースの縁の各種補強の例である。

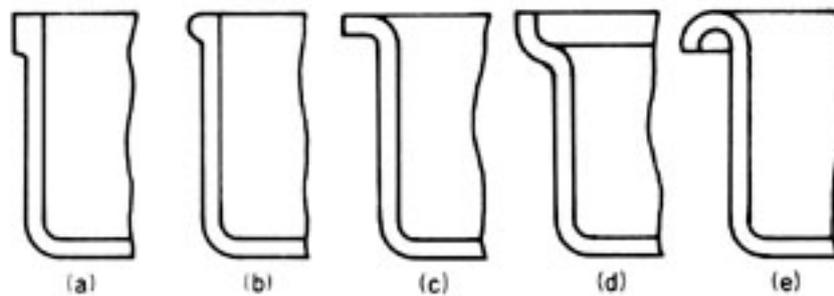


図 13 縁の補強

平面部は最もそりやすいので、平面部を少なくする意味から、湾曲、波形の凹凸を設けるとよい。

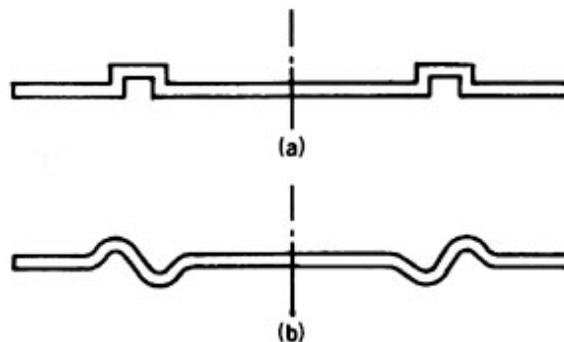


図 14 平板の補強

ケースの最も注意すべき点は底部である。この部分は広い平面部で強度上、変形防止上から、波形、ピラミッド形、あるいは、底周辺に R をつけ応力を分散させる。(図 15、16、17)  
底部が大きい場合は周辺の R を大きくしたり、ステップを設ける事が効果的である。(図 18)

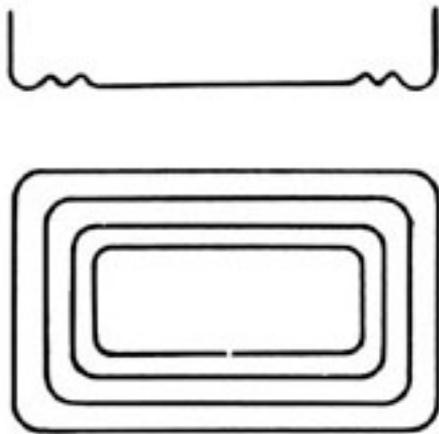


図 15 底部の補強

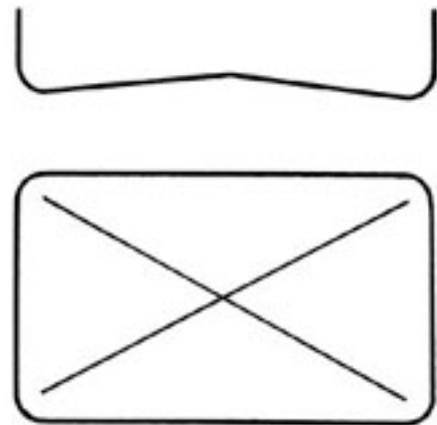


図 16 底部の補強

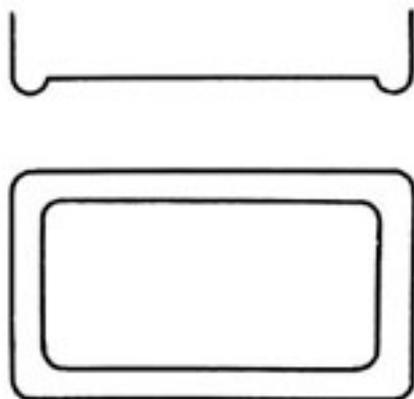


図 17 底部の補強

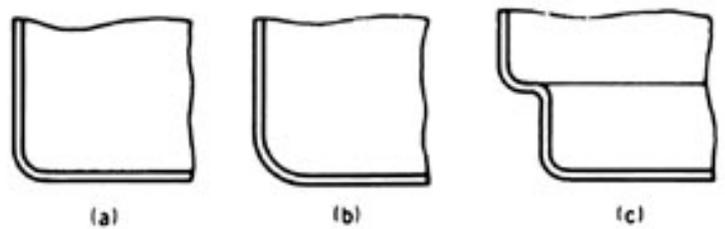


図 18 底周辺の補強

### (3) リブ

リブの効果は、肉厚を厚くしないで、剛性や強度を持たせるもので、又、広い平面のある成形品では、そりを防ぐ為にも用いられる。

図 19 にリブの取り方の標準を示す。

リブの厚みが大きくなると、その基部にヒケや気泡を生じやすくなる為、リブ厚は壁厚の 50～70%にする事が望ましい。

リブ厚を厚くするよりは、リブ数を増した方がよいが、リブのピッチは壁厚の 4 倍以上にする方がよい。

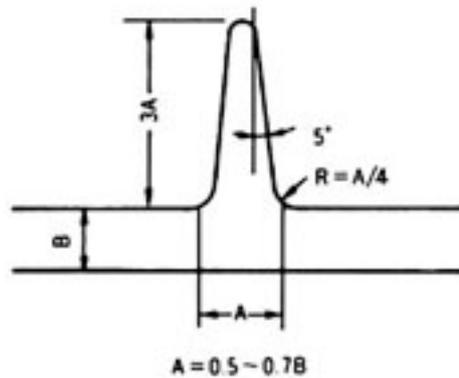


図 19 リブのとり方

## 7. 穴

成形品は穴のあるものが比較的多い。しかし、穴は成形品にウエルドを残し、強度も弱める原因になる。穴の設計に際しては、以下の注意が必要である。

- 1) 穴と穴のピッチは、穴径の 2 倍以上に取る。
- 2) 穴周辺部は厚くする。
- 3) 穴と製品の縁との距離は、穴の径の 3 倍以上が望ましい。
- 4) 材料の流れ方向に直角な盲穴で、 $1.5\phi$  以下の場合、ピンが曲げられる恐れがあるので、穴の深さは、穴径の 2 倍以上は好ましくない。
- 5) ピンで付き合せる場合は、上下穴の偏心の恐れがあるので、どちらか一方の穴を大きくとる。

## 8. ガス抜き

金型内に樹脂が急速に充填される時、金型内の空気が逃げないように設計されていないと、空気は急速に断熱圧縮される為、圧縮熱によって成形品の表面に変色やガス焼けを生じたり、充填不良になる。

その為、成形品の最終充填部やウエルド部には、ガス抜きをつける必要がある。

ガス抜きは、深さ  $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 、幅  $3 \sim 10\text{mm}$ 、ランド長  $2 \sim 3\text{mm}$  とし、少なくとも深さ  $1\text{mm}$  程度の導気溝を型外まで設ける。

## 9. 金型材質

レニーは、主としてガラス継維で強化した成形材料であり、グレードによっては、カーボン繊維や無機フィラー、その他種々の強化材を配合した複合材料です。

又、金型温度としては、130℃程度を標準としている為、金型材質としては、硬度が高く(HRC50～60)、耐摩耗性の良い焼入焼戻し鋼(合金工具鋼)を使用すべきである。

焼入焼戻し鋼としては、SKS2、SKD11 があげられ、SKD11 系としては、PD616(大同特殊鋼)、HPM31(日立金属)、又、耐食鋼 SUS 系としては、PD555(大同特殊鋼)、HPM38(日立金属)等が好適です。

熱処理を施す金型の製作で管理しなければならない事は、入コマの組合せや可動、固定の組合せで構成される金型の場合は、すべての材料方向を統一しておく 事が必要である。材料方向で寸法変化率が異なる為、材料方向を一定にしておかないと組合せ時くい違いができたり、最悪の場合はその金型を不良にさせてしま う。

ショット数があまり多くない場合には、あらかじめ加工できる範囲に熱処理されているプレハードン鋼も使用されますが、通常の機械構造用炭素鋼(S50C、S55C)はさけるべきである。

プレハードン鋼としては、析出硬化系の NAK80(大同特殊鋼)、HPM50(日立金属)、SKD61系の DH2F(大同特殊鋼)をおすすめします。

又、これらの鋼材は、表面処理が可能で、ガス軟窒化やイオン窒化処理を施すと更に好適です。

参考文献:日本金型工業会 プラスチック射出成形用金型設計基準