

プラスチック射出成形の基礎

その3

ポリテクカレッジ浜松 生産技術科 岡 達
 (浜松職業能力開発短期大学校)

3.1 成形品構造設計の要点

(2) 抜き勾配 (ドラフト : Draft)

成形品は金型で作る。作られた成形品は金型から取り出さなければならない。

高温で金型内に射出・充填された成形品は、冷却・固化の際に熱収縮によって、金型のコア (雄型) を強く締め付けることになる。

一方、高い圧力 (おおむね40~50MPa) で射出・充填された成形品は、金型を開くことによって高い圧力から開放されて、若干膨張するものとみられる。

金型が成形品と接触する面は、精密にかつ滑らかに仕上げられているものの、それらの熱収縮、膨張が複雑に関連し合って金型から取り出しにくくな

ている。

また成形品と金型 (雄型) の接触面は、完全に密着して真空状態になっているため、離型の際負圧となって、一層成形品が金型から離れにくい結果となる。

離型に際して、成形品を傷や変形などを伴わないで金型から容易に取り出すためには、抜き勾配がぜひとも必要で、その役割は重要である (図12)。

この抜き勾配は、当然のこととして成形品にもつくことになるので、成形品の意匠・デザインの段階から考慮に入れておかなければならない。

抜き勾配がない成形品は、アンダーカット (金型を固定側と可動側方向だけに開いただけでは成形品

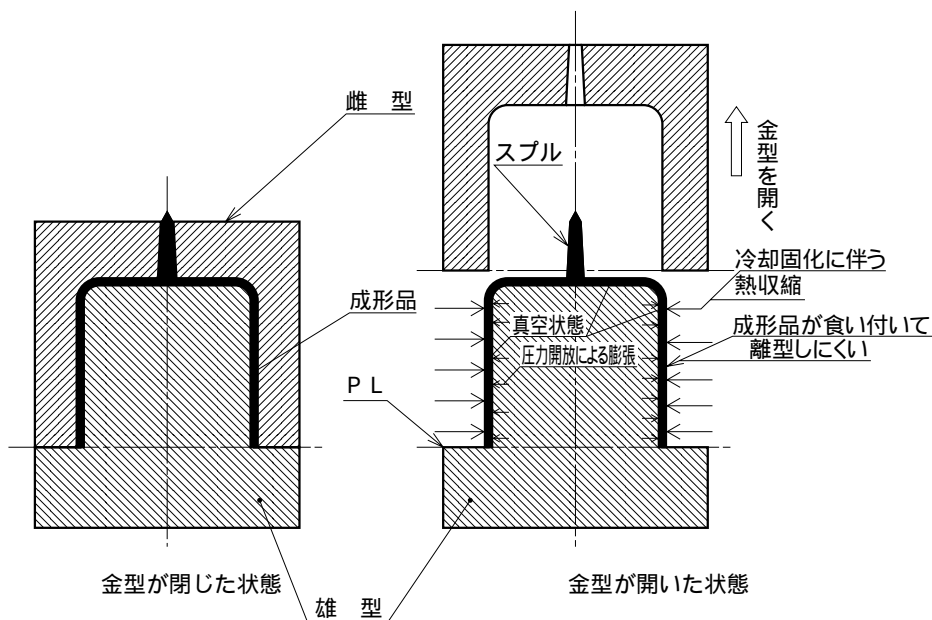


図12 抜き勾配の必要性 (模式図)

が金型から取り出せない形状)状態に置かれ, 金型の構造上複雑となり, いろいろな工夫を必要として, 金型自身の価格は高価となる。

抜き勾配をつけてなかったり, また勾配が少ないと,

- 成形品の取り出しが困難
 - 成形品の表面にかじりが発生
 - 金型から突き出す際にクラックが発生したり, 白化現象をもたらす
 - 成形品が変形したり, 破損したりする
- また, 抜き勾配の大きさとして,
- 成形材料の種類
 - 成形品の形状, 大きさ

金型の構造, エジェクト方式
 金型面の仕上げ程度と仕上げの方向
 成形条件
 製品要求 (特に寸法精度)
 肉厚

などによって異なるため, 一概に抜き勾配はいくらにしたらよいかを決めることは困難である。

しかし, 一応の目安としての標準的な値を決めておき, そのときの状況に応じて抜き勾配を増減せざるを得ない面も多々ある。

金型を製作した後で, 具合が悪かったので修正するという方法は時間と経費がかかりすぎ, 現実的ではない。このようなことから経験に頼らねばなら

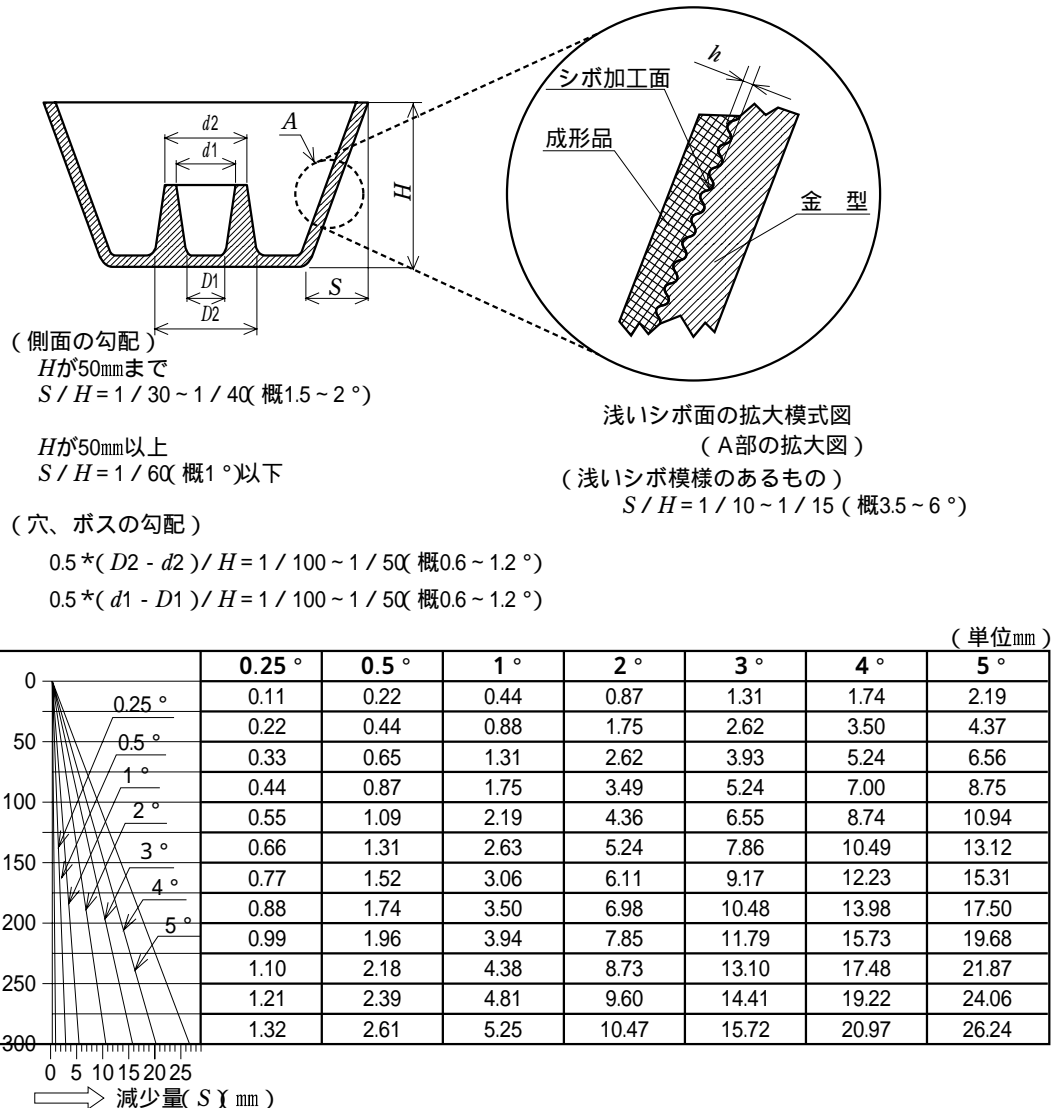


図13 抜き勾配の大きさ例

ない要素がきわめて大きいのも事実である。

一般的に発注者は、抜き勾配のほとんどない成形品を好む傾向にあるが、抜き勾配をつけてもよいという場合には、できるだけ大きな抜き勾配をつけることが好ましい。

抜き勾配の要点

実用性、機能、外観に支障のない範囲内で可能な限り大きくつける

射出成形品の場合は $1 \sim 2^\circ$ 以上つけ、最小でも 0.5° はほしい

ガラス繊維入りの場合は、大きめにつける
側面に文字やシボ面がある場合には、その深さにも関係するが、 $1/10 \sim 1/15$ ($4^\circ \sim 6^\circ$) くらいはほしい (図13)

大形成形品の場合には、大きな勾配をつける
薄肉成形品の場合には、大きな勾配をつける

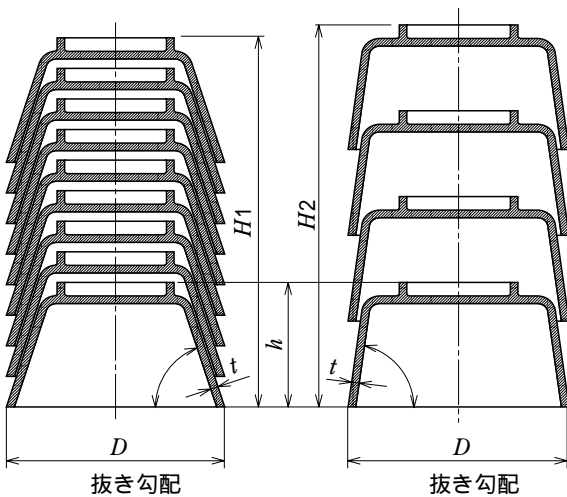


図14 スタッキングを考慮した抜き勾配

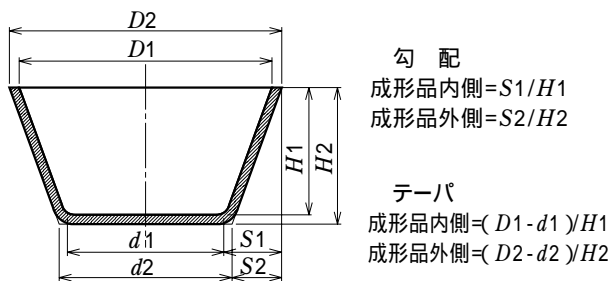


図15 抜き勾配とテーパ

箱物で深物成形品の場合には、内側の勾配を 1° くらい大きくする

- ・強度上
 - ・成形上
 - ・商品価値
- } 有効

相手部品との勘合、接合、組み合わせやスタッキングも考慮する (図14)

抜き勾配と抜きテーパの混同 (図15)

(3) アンダーカット (Under-Cut)

金型内で冷却・固化された成形品を金型から取り出すためには、金型 (雄型と雌型または可動側と固定側) を開かなければならない。

金型を型開き方向に開いただけでは、PLや抜き勾配などを工夫しても、金型から成形品を抜き取ることができない部分や形状をアンダーカットという。言い替えれば、金型を開放する方向に対して「引っかかり」を生ずる部分でもある。

アンダーカットのある成形品は、

- ・金型の構造が複雑化
 - ・トラブルが発生しやすい
 - ・型設計と工作が面倒
- } コスト高

となるので構造上、機能上必要とする場合以外は避けるべきである (図16)。

アンダーカットの問題点として、

金型の開閉に伴ういろいろなトラブルが発生しやすく、耐久性も劣る

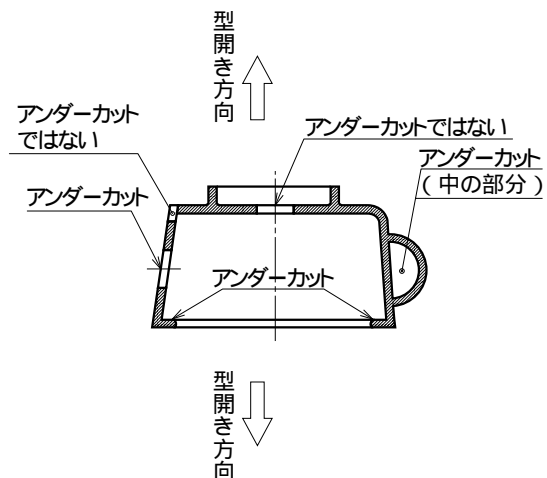


図16 アンダーカットの成形品例

PLが複雑になり、バリが発生しやすい
 高い射出圧力がかけられないので、高い寸法精度の成形品が得られにくい

金型構造が複雑になり、突き出し機構、キャビティ、冷却機構などの配置に制約を受ける
 金型が大形化し、必然的に使用する射出成形機も大形化せざるを得ない

金型構造が複雑になり、型締め、型開放の際にピン抜き、コア抜きなどの余分な動作が追加されるので、成形能率が低下する

金型の製作コスト、成形コスト、金型補修費がかさむ

などのデメリットがある。

(4) 肉 厚

プラスチック射出成形品の肉厚は、基本的には均一にすることが大原則である。

しかし、成形品は製品構造上、または成形上から肉厚を変化させざるを得ない場合がある。

その大きさを決める場合、1つ目として、その製品の機械的強度や使用条件、機能、形状、大きさなど、主として依頼者の要望によって決まる場合がある。

2つ目として、成形する材料の成形性や機械的な性質、取り扱いなどによって決まる場合がある。

前者の場合は別として、成形材料の性質からの成形品の肉厚の決め方について述べる。

何度も出てくるが、射出成形加工は、溶融・可塑性した樹脂を高い圧力で金型内に射出・注入し、金型の隅々まで充填させ、金型内で冷却・固化させ金型から取り出して製品とするものである。

射出・充填された直後の高温の成形品は、金型のコアおよびキャビティ面に接触することによって外側（接触面）から冷却されるため、成形品の表面が

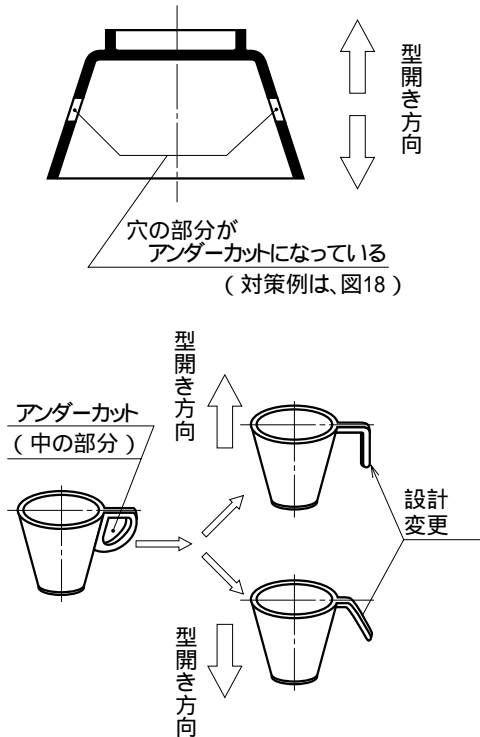


図17 アンダーカットの対策例(1)

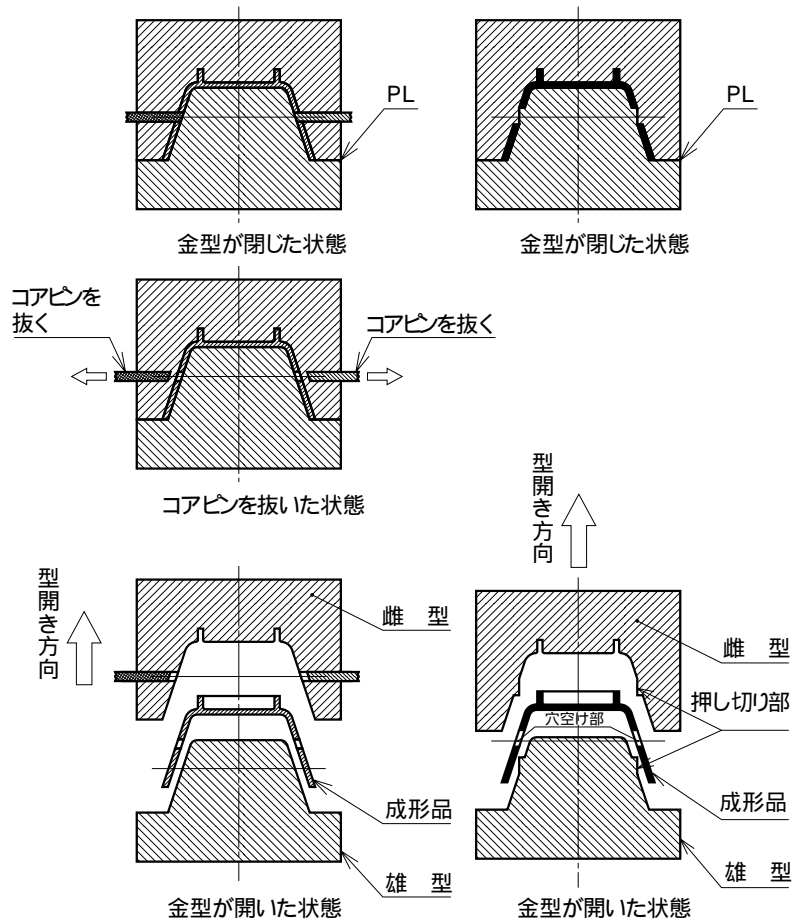


図18 アンダーカットの対策例(2)

ら固化することになる。

その際、冷却・固化の現象は、金型に接している面と薄肉部分から始まり、引き続いて肉厚部分へと冷却・固化が進行していくことになる。

それに伴って成形品は、収縮を起こし、肉厚部分の表面にはヒケ（くぼみ）を生じたり、肉厚部の中心部には空洞（気泡、巣または内ヒケなどともいう）

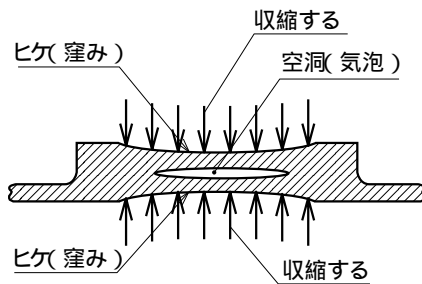


図19 ヒケ、空洞の成因（模式図）

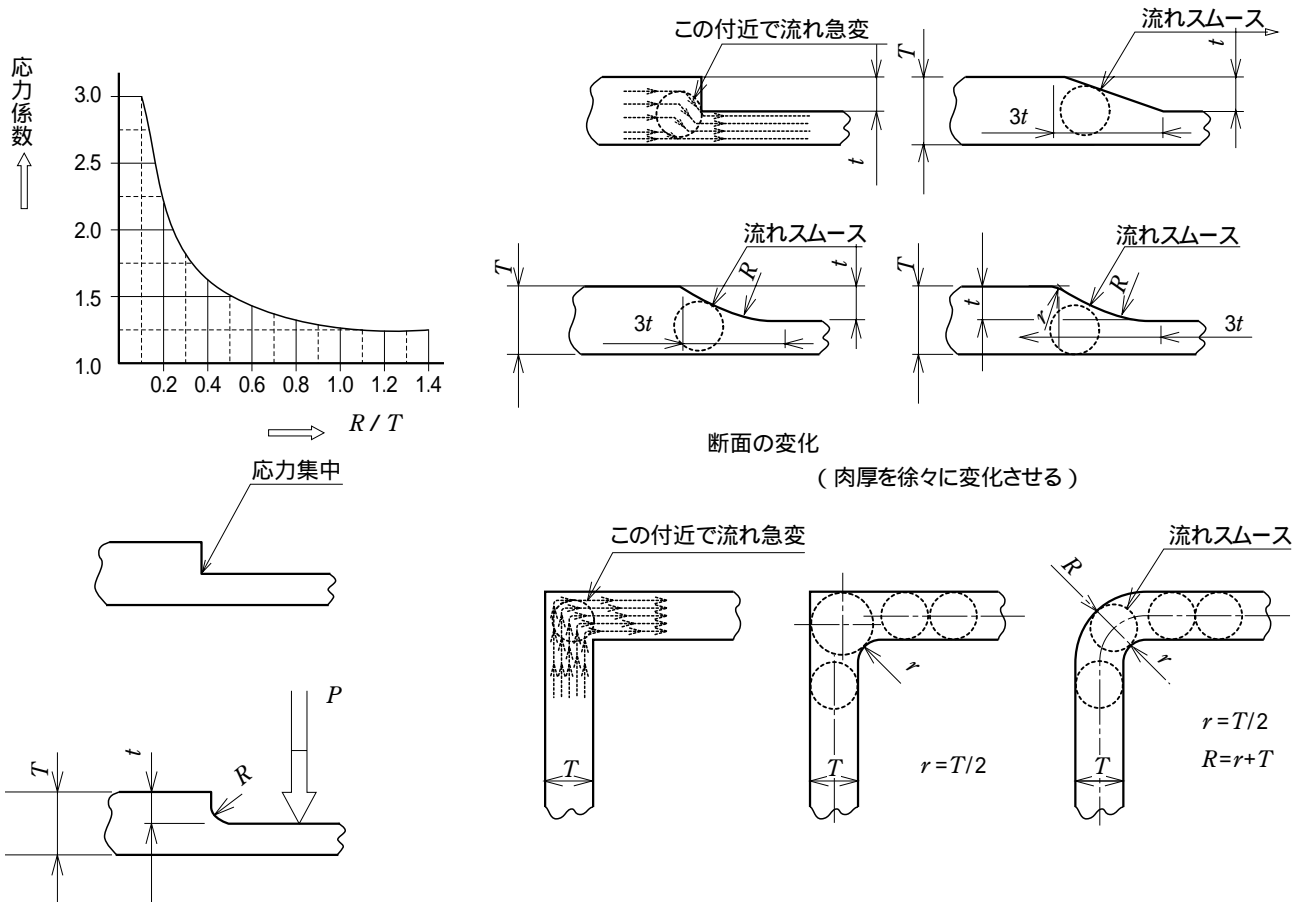
が生じたりする（図19）。

それらを防止または減少させる方法としては、金型設計製作や成形条件などの工夫（金型構造，成形技術の項で述べる予定）である程度のカバーはできるとしても、その選定には十分な配慮が必要である。

溶融・可塑化した樹脂を金型（キャビティ）の隅々まで完全に充填させるためには、材料の種類（流動性の良い材料や良くない材料）にも大いに関係することであるが、それなりの容量（肉厚）がなければならない。

仮に、肉厚が薄すぎると溶融・可塑化した材料を金型の隅々まで完全に充填できないうちに冷却・固化してしまい、結果として充填不足や光沢不良、フローマーク発生などの成形不良の原因となる。

反対に、肉厚が厚すぎると金型内への充填はスム



出所：プラスチック技術総合資料集，p.466，アイピーシー

図20 応力集中の緩和例

コーナーR
（クラック防止，離型性と流動性の向上）

図21 外力の分散と流動性の向上例

ースにいくが、冷却・固化に要する時間が長引き、成形サイクルが長くなって成形品コストが高くなっていくことになる。

それにも増して良くないことは、成形品の表面に「ヒケ」が発生する外観不良や成形品内部に空洞が発生する成形不良の原因にもなることである。

一方、成形品の肉厚に厚い部分と、薄い部分があれば、薄い部分は冷却・固化速度が早く、厚い部分は冷却・固化速度が遅くなり、冷却・固化速度の違いによって、成形品は歪みや変形が生じたり、内部応力が発生してしまうことになる。

したがって、射出成形品の設計においては、できる限り、成形品の肉厚が過大、過小にならないように、また成形品の肉厚を均一にできるように配慮することが重要である。

成形品の肉厚を決めるときの留意点として、

要求機能、使用条件

構造上の強度

応力集中の防止（図20）

外力の分散と流動性の向上（図21）

離型の際の強度

重量

寸法制約

材料コスト

外観上

樹脂の流れの難易

ナイフエッジ、薄肉部の充填不足の防止

冷却時間、固化時間

収縮時間

ネジレ、ヒズミなどの変形

インサート（成形材料と埋め込み金具の熱膨張の差による収縮）時のクラック防止

厚肉部にできるヒケの防止

薄肉部にできる焼けの防止

などの要因からも検討する必要がある。

次に成形品の肉厚が大きすぎたり、小さすぎたり、また不均一であったりした場合の特徴を述べるとともに、標準的な成形品の肉厚の例を整理して紹介する。

肉厚が過大なる場合

特	強度は、強くなる
	溶融樹脂の流動状態は、良好となる
	成形品の変形は、少ない
徴	冷却、固化に要する時間は、増大する
	成形サイクルが長くなり、経済性が悪い
	成形材料のコストは、高くなる
	ヒケが発生して外観が悪くなる

図22 肉厚が過大なる場合の特徴

肉厚が過小なる場合

特	強度が低下する
	離型の際にクラックの発生や破損が起こる
	溶融樹脂の流動性が悪くなる
徴	ショートショット(Short Shot: 充填不足)の発生
	ウエルドライン(Weld Line)やフローマーク(Flow Mark)などが発生して外観不良を招く

図23 肉厚が過小なる場合の特徴

肉厚不均一の場合

溶融樹脂はゲートから均一に流入せず、最初は厚肉部分に流れ込み、厚肉部分の充填圧力が上昇してから薄肉部分に流れ込むことになる。

図25に不均一な肉厚部の改善例を示す。

特	ゲートからの樹脂の流入が安定しない
	厚肉の部分から薄肉の部分へと充填が進み、結果として、
	<ul style="list-style-type: none"> ・フローマーク(Flow Mark) ・ウエルドライン(Weld Line) ・エア抜け不良 ・ガス焼け ・ショートショット(Short Shot) などが発生して、外観不良を招く
徴	冷却・固化速度が異なるので、
	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却収縮歪みが発生しやすい ・ネジレ ・変形 ・ヒケ、空洞 ・寸法のばらつき などの成形不良が発生しやすい

図24 肉厚が不均一なる場合の特徴

標準的な肉厚

一般的に、厚肉、薄肉といわれる基準について、 L/T 、 L/S で表すことがある。

$$L/T = \frac{\text{ゲートからの流動距離 (mm)}}{\text{肉厚 (mm)}}$$

L/T は、溶融樹脂の流れやすさ、流れにくさの目安となる係数で、当然のこととして、係数が小さくなれば流れやすくなるし、逆に大きくなれば流れにくくなる。

$$T/S = \frac{\text{肉厚 (mm)}}{\text{ゲートからの流動面積 (cm}^2\text{)}}$$

T/S は、溶融樹脂の充填のしやすさ、しにくさの目安となる係数で、当然のこととして、係数が大きくなれば充填しやすくなるし、逆に小さくなれば充填しにくくなる。

一般に、成形品の肉厚は、 T/S の値が、

厚肉 $T/S = 0.03$ 以上の場合

普通 $T/S = 0.001$ 程度

薄肉 $T/S = 0.0004$ 以下

などと表したり、また、成形樹脂によって異なるが、

厚肉 $T = 3.5\text{mm}$ 以上

普通 $T = 2.5\text{mm}$

薄肉 $T = 1.5\text{mm}$ 以下

などと表す場合もある。

一方、

$T = 0.8\text{mm}$ 以下の場合、成形が困難

$T = 5\text{mm}$ 以上になると、ヒケなどが発生

して外観不良を起こす危険があるので、好ましい状態ではない。(つづく)

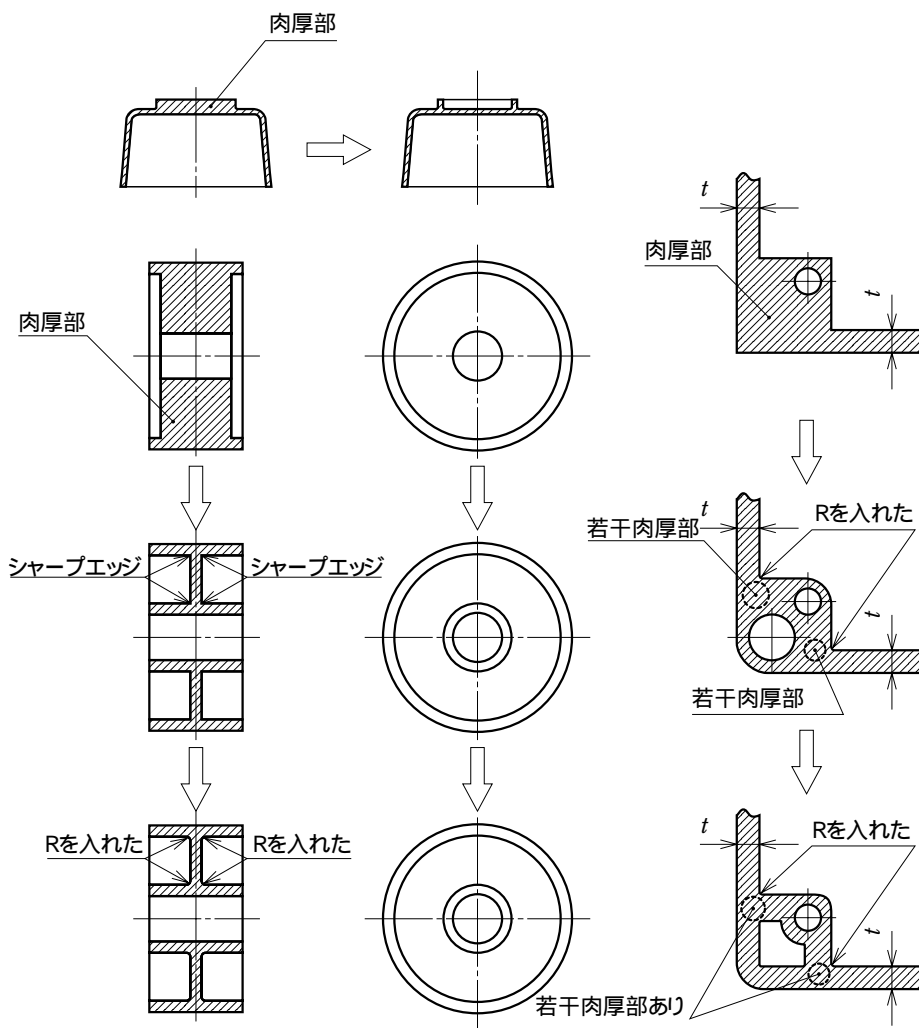


図25 不均一な肉厚部の改善例