

レオナの製品設計基準

射出成形品の設計手順	1
CAE	2
射出成形品設計の5原則	2
強度を確保する設計	3
寸法精度をよくする設計	4
外観をよくする設計	10
(1) 外観不良現象	10
1) ヒケのでない設計	11
2) バリのでない設計	11
3) シルバーストリークス	11
4) 曇り	11
5) 気泡	12
6) フロアマーク	12
7) ウエルドマーク(ウエルドライン)	12
8) 焼け	12
9) ジェットイング	13
その他トラブルを少なくする設計	14
二次加工のための設計	17
(1) 機械加工	17
(2) 機械的接合加工	21
(3) 物理的接合加工	39

射出成形品の設計手順

1. 製品の企画

この段階で使用材料の絞り込みを行いますので、プラスチックについて物性はもち論のこと、成形などについてもよく知っておく必要があります。

レオナの物性及び成形性などについては、技術資料及びカタログを御覧下さい。

2. 製品の意匠

レタリングの段階です。

3. 成形品の使用条件と使用目的の明示

使用条件、特に温度・荷重・環境についてははっきりとさせます。

クリープ、長期環境データについては技術資料をご利用下さい。

4. 必要特性のリストアップ

この段階では、必要特性の不明確な部分は、ないようにします。

5. 樹脂の選択、グレードの選定

試作金型、類似金型で性能の評価を行い樹脂の選択、グレードの選定を行います。

各種樹脂、各グレードのデータベースが利用できます。

6. 製品の設計・金型の設計

成形及び金型について充分留意しながら進める必要があります。

特に肉厚、ゲート位置、ゲートサイズ、ランナーの大きさ、ウエルドラインなどについては、CAEが利用できます。

また、パーティングライン、アンダーカット、抜き勾配についても配慮します。

7. 成形法、二次加工法

外観、寸法精度、材料と形状の制約、数量、納期、コストの制約などにより決定します。

CAE (Computer Aided Engineering)

CAE を駆使して、樹脂製品の構造を力学的にシミュレーションしたり、高分子の物理的、熱的特性などを使って金型内の樹脂の流動挙動をシミュレーションします。成形品および金型の設計を合理的に進めることにより、次のような効果をあげようとするものです。

1. 製品の樹脂化の検討、新製品の開発において、成型品の合理的な設計と金型設計を行って、開発期間の短縮及び開発費用の低減を図ります。
2. 成形品の強度や金型の温度分布などを設計段階でチェックできますので、高品質および均一な品質をもった製品を作れます。
3. トラブルの減少、特にウエルド不良やショートショットの対策に有効です。
4. 最適な成形条件の予測や金型設計などにより、生産性の向上が果たせます。

射出成形品設計の 5 原則

プラスチックの射出成形品の設計に共通して、下記の 5 原則がありますので、十分考慮してください。

(1) 極端な厚肉、薄肉を避ける。

通常 1～3mm とします。厚過ぎは、内部に巣、外部にヒケ、フローマークなどが出来やすく、薄過ぎはショートショットや反りの原因になりやすいからです。

(2) 肉厚を均一にする。

肉厚が厚すぎると収縮率が大きくなり、薄すぎると収縮率が小さくなります。収縮率の差異により、成形品に、反り、変形が起きます。形状によっては、残留応力が大きくなります。補強その他の目的のリブも肉厚が不均一となりヒケを起こすことがあります。概ね肉厚の変化はプラスマイナス 20% 以内とします。

(3) シャープコーナーを作らない。(折れ、割れの原因となります。)

コーナーの R (アール) のつけかたは、 $R/T = 0.25$ とします。(T : 肉厚)

R/T が 0.25 のときの応力集中係数は 2 で、0.25 以下では急速に増大しますが、0.75 以下ではあまり変化がありません。

コーナーのアールをあまり大きくすると、部分的な肉厚部ができますので注意が必要です。

(4) 単純な形状にする。

アンダーカットなどを避けます。特殊な型構造にならないように配慮し、金型で均一冷却しやすい形状とします。

(5) 抜き勾配をつける。

一般に箱型のもののキャビティー側で最低 1 度です。

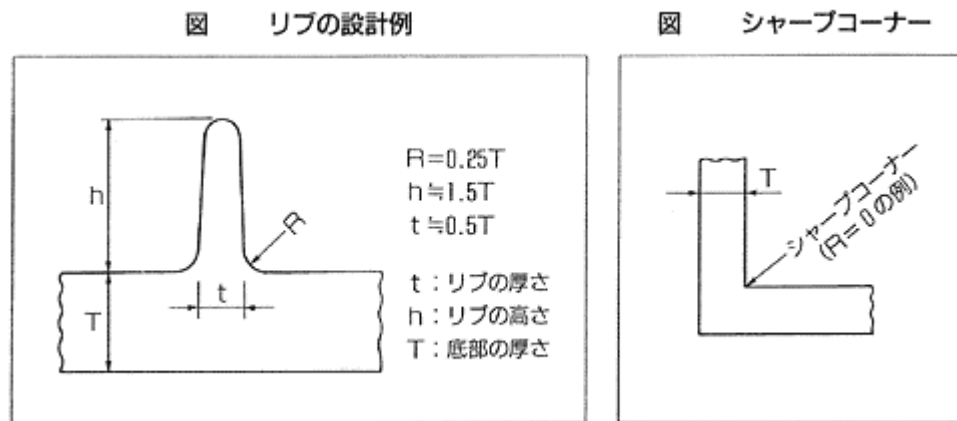
(深さ 50mm～100mm では 1.5 度、100mm 以上で 1 度)

レザー模様はその種類によっては抜きにくい(すりきずがつく)ので、十分大きい抜き勾配(少なくとも6度以上)が必要です。

リブ(底のリブ)は0.5度位、壁につく縦のリブは0.25度位が適当です。肉ひけを防ぐ為根元は壁の二分之一、先端は金型製作上の制約から最低1mmとするのがベターです。

格子は格子のピッチを3mm以上(あまり小さいと抜けない)とし、格子部全体の長さが高いほど抜き勾配は大きくします。

通常は5度位です。



強度を確保する設計

レオナの剛性は金属に比べると二桁低いので強度計算では注意が必要です。

また水分を吸いやすい性質をもち、その時には強度および弾性率が低下し、平衡水分率時(大気、23℃、50%RH)では、絶乾時の60~70%の値になりますので注意が必要です。

- (1) 肉厚を薄くしすぎないこと。
- (2) 引張強度を基準とした安全係数は、静荷重で5程度をイメージして下さい。
曲げ強度を基準とする場合は、許容変形量にも注意して下さい。
- (3) 応力の大きい所や荷重による変形が大きい場合にはリブ補強を考えて下さい。

リブの厚さ(t)は立てようとする底部の厚さ(T)の約1/2位が適当です。(肉厚を余り大きくすると巣が発生することがありますので、その時はリブの補強が有効です。)

(4) シャープコーナーを作らないこと。

シャープコーナーには、応力集中が発生します。低温時の耐衝撃性を確保するためにも、シャープコーナーを避ける必要があります。

またシャープコーナーがありますと、成形時に流れが急に変わり、成形品の外観不良を起こす原因になります。

(5) 大きな応力の発生する個所にはウエルド部を作らないようにすること。

ゲート位置を工夫する。

ウエルド部の肉厚を厚くする。

寸法精度をよくする設計

(1) 寸法精度の検討

寸法精度を検討するに当たっての留意点

次のことを念頭において下さい。

1) プラスチック成形品と金属製品の違い

一般にプラスチック成形品は切削された金属製品に比較すると次のような違いがあります。(~)

線膨張係数が大きい。

成形収縮や加熱収縮がある。

経時変化がある。

湿度(水分)に影響される。

金型構造上、寸法が決まりにくい場所があります。

その他、使用環境によって変わる場合がある。(クリープ、溶剤など)

柔軟であり、組み立て時に一時的に変形させることができる。

また嵌合(はめあい)は、融通性に富む。

金型製品の寸法精度をプラスチック成形品に要求することには無理があります。しかし、金属品よりゆるい精度であっても、上記 などにより、実用上支障のないことも多々あります。

表 非強化ナイロンの寸法公差

寸法 mm	金型合わせ面のない部分の 寸法公差			金属合わせ面が擦り合わせ 面を含む部分の寸法公差		
	公差等級			公差等級		
	標準	準精密	精密	標準	準精密	精密
$a \leq 1$	±0.13	±0.09	±0.06	±0.16	±0.11	±0.09
$1 < a \leq 3$	±0.15	±0.09	±0.07	±0.18	±0.12	±0.10
$3 < a \leq 6$	±0.17	±0.10	±0.08	±0.20	±0.13	±0.11
$6 < a \leq 10$	±0.20	±0.11	±0.09	±0.22	±0.14	±0.12
$10 < a \leq 15$	±0.22	±0.13	±0.10	±0.25	±0.16	±0.13
$15 < a \leq 22$	±0.25	±0.15	±0.11	±0.28	±0.18	±0.14
$22 < a \leq 30$	±0.28	±0.17	±0.13	±0.31	±0.20	±0.16
$30 < a \leq 40$	±0.32	±0.20	±0.15	±0.35	±0.23	±0.18
$40 < a \leq 53$	±0.37	±0.24	±0.17	±0.40	±0.27	±0.20
$53 < a \leq 70$	±0.44	±0.28	±0.20	±0.47	±0.31	±0.23
$70 < a \leq 90$	±0.50	±0.34	±0.24	±0.55	±0.37	±0.27
$90 < a \leq 115$	±0.60	±0.41	±0.29	±0.65	±0.44	±0.32
$115 < a \leq 150$	±0.75	±0.50	±0.35	±0.80	±0.55	±0.38
$150 < a \leq 200$	±0.95	±0.65	±0.45	±1.00	±0.70	±0.48
$200 < a \leq 250$	±1.20	±0.80	±0.55	±1.30	±0.85	±0.60
$250 < a \leq 315$	±1.40	±0.95	±0.66	±1.50	±1.00	±0.70
$315 < a \leq 400$	±1.60	±1.20	±0.82	±1.90	±1.30	±0.85
$400 < a \leq 500$	±2.20	±1.50	±1.00	±2.30	±1.60	±1.10
$500 < a \leq 630$	±2.60	±1.90	±1.20	±2.90	±2.00	±1.30
$630 < a \leq 800$	±3.50	±2.40	±1.50	±3.60	±2.50	±1.60
$800 < a \leq 1000$	±4.40	±2.90	±1.90	±4.50	±3.00	±2.00
$1000 < a \leq 1300$	±5.50	±3.60	±2.40	±5.60	±3.70	±2.50
$1300 < a \leq 1600$	±7.00	±4.40	±3.10	±7.10	±4.50	±3.20
$1600 < a \leq 2000$	±9.00	±5.40	±3.90	±9.90	±5.50	±4.00

(出典：ISO)

表 強化ナイロンの寸法公差

寸法 mm	金型合わせ面のない部分の 寸法公差			金属合わせ面が擦り合わせ 面を含む部分の寸法公差		
	公差等級			公差等級		
	標準	準精密	精密	標準	準精密	精密
$a \leq 1$	±0.13	±0.06	±0.04	±0.16	±0.09	±0.07
$1 < a \leq 3$	±0.15	±0.07	±0.05	±0.18	±0.10	±0.08
$3 < a \leq 6$	±0.17	±0.08	±0.06	±0.20	±0.11	±0.09
$6 < a \leq 10$	±0.20	±0.09	±0.07	±0.23	±0.12	±0.10
$10 < a \leq 15$	±0.22	±0.10	±0.08	±0.25	±0.13	±0.11
$15 < a \leq 22$	±0.25	±0.11	±0.09	±0.28	±0.14	±0.12
$22 < a \leq 30$	±0.27	±0.13	±0.10	±0.30	±0.16	±0.13
$30 < a \leq 40$	±0.30	±0.15	±0.11	±0.33	±0.18	±0.14
$40 < a \leq 53$	±0.35	±0.17	±0.13	±0.36	±0.20	±0.16
$53 < a \leq 70$	±0.38	±0.20	±0.15	±0.41	±0.23	±0.18
$70 < a \leq 90$	±0.43	±0.24	±0.17	±0.46	±0.27	±0.20
$90 < a \leq 115$	±0.50	±0.29	±0.20	±0.55	±0.32	±0.23
$115 < a \leq 150$	±0.60	±0.35	±0.24	±0.65	±0.38	±0.27
$150 < a \leq 200$	±0.75	±0.44	±0.30	±0.80	±0.47	±0.33
$200 < a \leq 250$	±0.90	±0.55	±0.36	±0.95	±0.60	±0.39
$250 < a \leq 315$	±1.10	±0.70	±0.44	±1.20	±0.75	±0.47
$315 < a \leq 400$	±1.30	±0.85	±0.55	±1.40	±0.90	±0.60
$400 < a \leq 500$	±1.50	±1.00	±0.65	±1.60	±1.10	±0.70
$500 < a \leq 630$	±1.90	±1.20	±0.80	±2.00	±1.30	±0.85
$630 < a \leq 800$	±2.40	±1.50	±1.00	±2.50	±1.60	±1.10
$800 < a \leq 1000$	±2.90	±1.90	±1.25	±3.00	±2.00	±1.30
$1000 < a \leq 1300$	±3.60	±2.40	±1.70	±3.70	±2.50	±1.60
$1300 < a \leq 1600$	±4.40	±3.10	±2.20	±4.50	±3.20	±2.30
$1600 < a \leq 2000$	±5.40	±3.90	±2.70	±5.50	±4.00	±2.80

(出典：ISO)

2) 寸法精度の要因

成形品の寸法精度の要因寄与率は、一般に次のように言われています。

金型の製作誤差	50%
成形条件の変化	30%
材料のロット間、ロット内のバラツキ	10%
その他	10%

従って、特に金型および成形に注意を注ぐ必要があります。

(2) 寸法精度をよくする製品形状設計

次のことに留意して設計する必要があります。

1) 適正な肉厚

成形品の肉厚は、薄すぎても厚すぎてもいけません。薄すぎる場合は、樹脂の流動抵抗が大きくなり、ショートショットになったり、また、配向が著しく、反り、変形が起こりやすくなります。厚すぎる場合は収縮率が大きくなり、ヒケ、巣が発生して寸法精度がでなくなります。

肉厚が厚すぎるようであれば、リブ構造にして薄肉化、均一肉厚化を行うようにします。

2) 肉厚の均一化

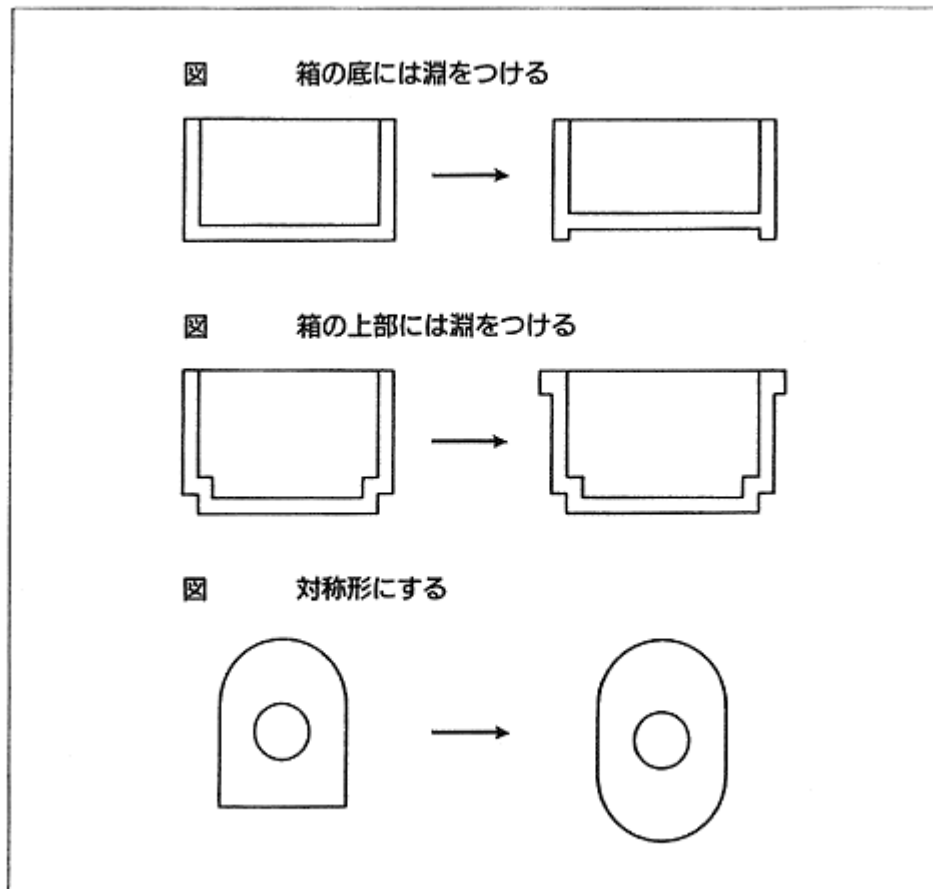
成形品の肉厚不同が収縮率の不均一を生じ、反り、変形を起こしやすいので、注意が必要です。

3) 成形品形状のバランス化

成形品が金型内で収縮する際に、収縮方向に対抗してどのような拘束を受けるか、その拘束のバランスはどうかなどに注意して下さい。拘束がアンバランスな場合は、収縮率もアンバランスになると考えておくべきです。

例えば、真円度が重要な場合は、ゲート位置などに注意が必要です。

図 変形防止の設計図例



「プラスチック射出成形機チェックリスト」より

4) 離型性の向上

射出成形では、離型性が問題となる例が多く、その原因が金型の問題であることも多いですが、成形品の形状設計段階から配慮することは、アンダーカットと抜き勾配です。

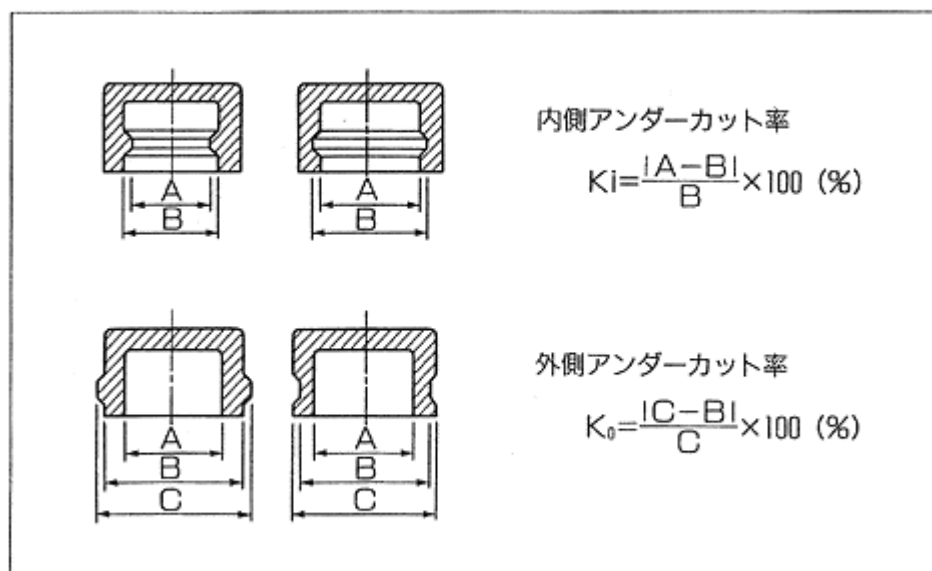
アンダーカット

離型性で問題となる第一点は、アンダーカットです。無理抜きは基本的には、成形品の弾性限界内で許容できる伸び、圧縮、または曲げにおける変形を利用して、離型する必要があります。

アンダーカットの場合、アンダーカット率を指標にします。

最大アンダーカット率は、以下の方式で求めます。

図 アンダーカット率の定義



「成形品の形状設計」より

内側アンダーカット

における最大アンダーカット率 (K_i) は、各種樹脂の成形品の取出時の温度における降伏強さを用いて、計算することができます。

$$K_i = \frac{I}{B} \times 100$$

$$= \frac{y}{W} \left[\frac{W + h}{E h} \right] \times 100 (\%)$$

ここで K_i : 最大アンダーカット率

I : アンダーカット量 (直径) $B - A$ (mm)

B : 軸の最大直径 (mm)

y : 離型時の成形品の降伏強さ (kgf/cm²)

W : 形状係数 $W = \left[1 + \left(\frac{B}{A} \right)^2 \right] / \left[1 - \left(\frac{B}{A} \right)^2 \right]$

A : ハブの最小直径 (mm)

h : ハブ材 (樹脂) のポアソン比 (レオナは0.35)

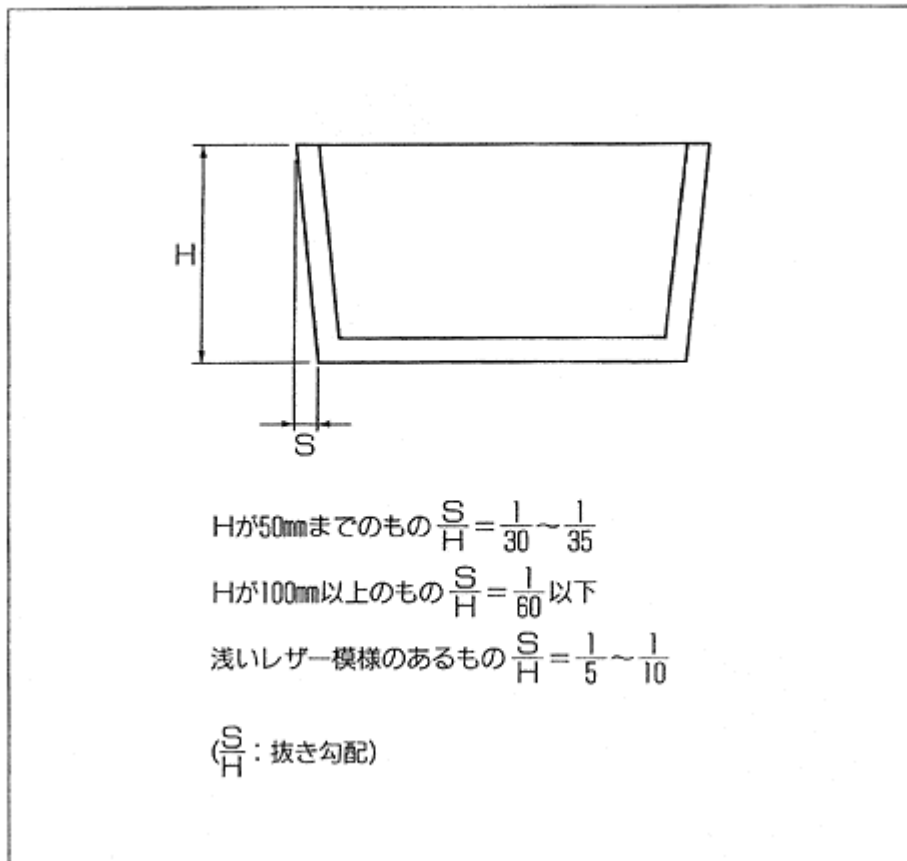
E h : ハブ材 (樹脂) の縦弾性係数 (1%ひずみ)

レオナのアンダーカット率は非強化で10%以下、強化で2~3%が一般的です。
安全率を考慮すると実用的アンダーカット率はもっと小さな値となります。

抜き勾配

抜き勾配の値は成形品の形状、金型の構造、成形品の表面仕上げの程度などで異なりますが、通常 1/10 位は必要です。

図 箱または蓋類の抜き勾配



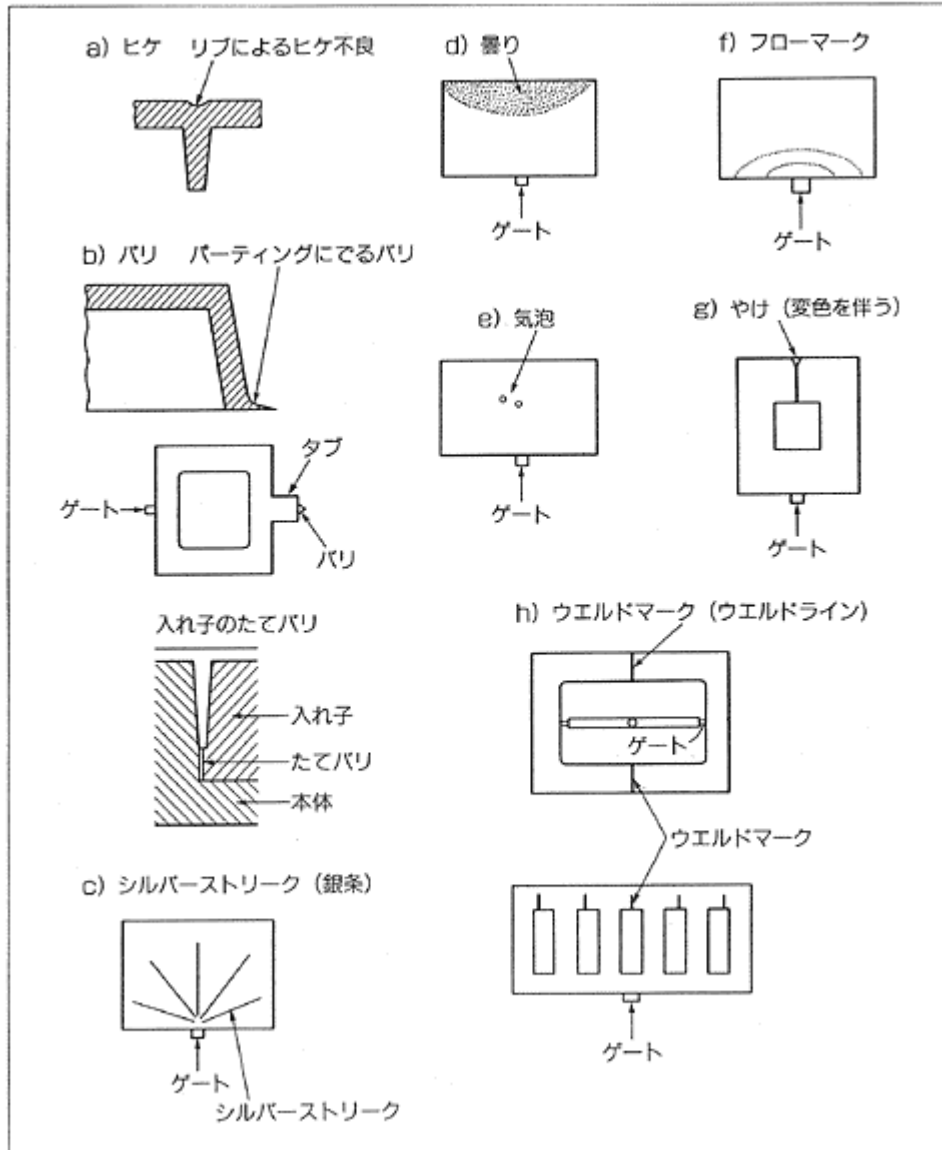
外観をよくする設計

(1) 外観不良現象

ヒケ、バリ、シルバーストリーク、曇り、気泡、フローマーク、ウェルドマーク（ウェルドライン）、やけなどがあります。

これは、設計によって、ある程度までは解決すべきことです。

図 外観不良現象



1) ヒケのでない設計

厚肉の場合ヒケがでやすいので、できるだけ薄肉にします。

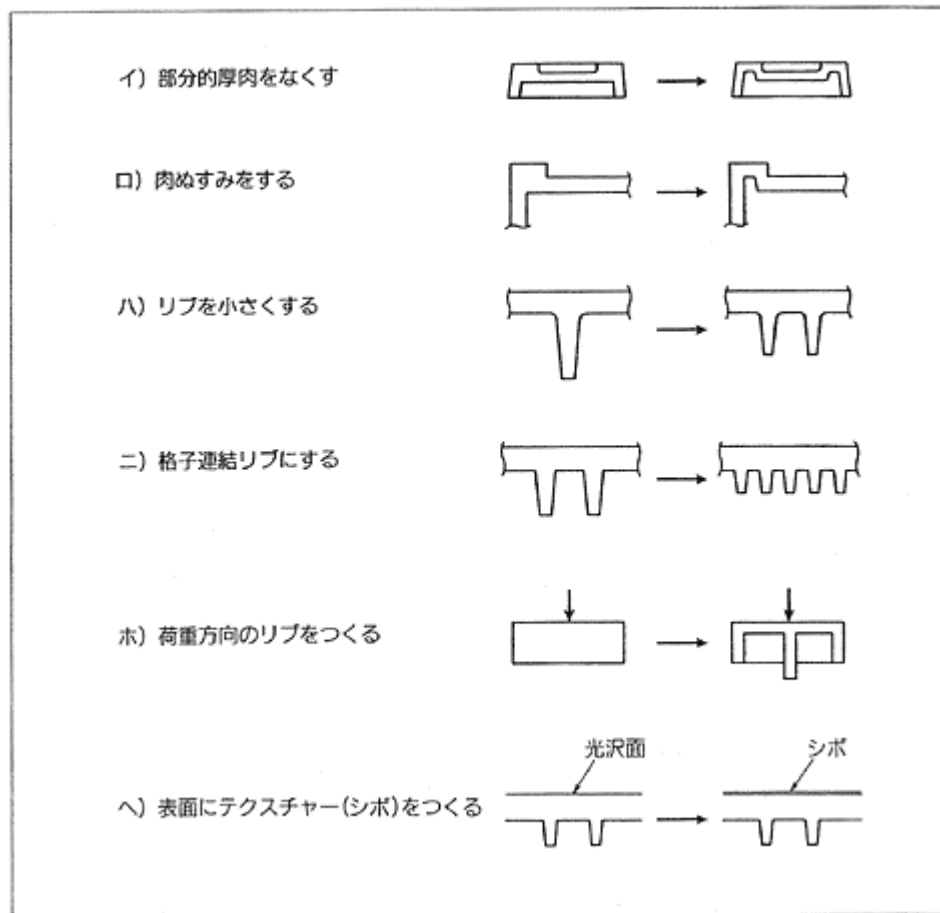
厚肉部の厚さを3~5mm以下にすることが好ましい。

また、肉厚不均一の場合を作らないことです。厚肉部はやめてリブ構造とし、大きい独立のリブは小さい複数のリブとします。

ヒケを作らない、旭化成独自の、特殊な成形法にAGI成形法というものがあります。

加工技術のコンテンツを参照下さい。

図 ヒケのでない設計図例



2) バリのでない設計

バリは金型のパーティングラインや接合部に発生するので、外観を重視する部分を避けて設計するようにします。

3) シルバーストリーク

流動路の狭い所を高速で樹脂が流れるとき発生しやすいので、その様な場所を作らないことと、ゲートの位置に気をつける必要があります。

4) 曇り

金型の設計時にガス抜きを設けるようにします。

5) 気泡

樹脂が高速で流れるときにキャビティー内の空気を巻き込み、成形品の表面に気泡として残るものです。従ってゲートは肉厚部に設け、空気を巻き込むような急激な流れの変化が起こらないような流動路を設計します。

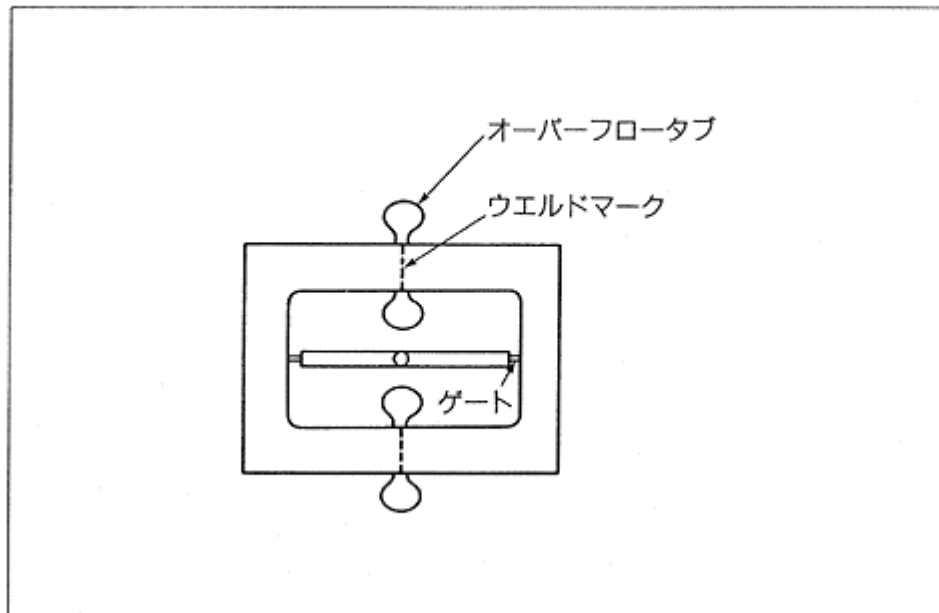
6) フロアマーク

金型の設計時にゲートを小さくし過ぎないこと。またコールドスラグウェルを十分にとることも重要です。(スプルー径の1.5~2倍くらいが適当)
肉厚が薄すぎると流動末端にフロアマークができ、厚すぎると、ゲート付近に出やすくなります。

7) ウェルドマーク(ウェルドライン)

外観の重要な部分にはウェルドマークがこないように、ゲートの位置を設計します。オーバーフロー部(タブ)を設ける事も有効です。

図 ウェルドマークオーバーフロータブの例

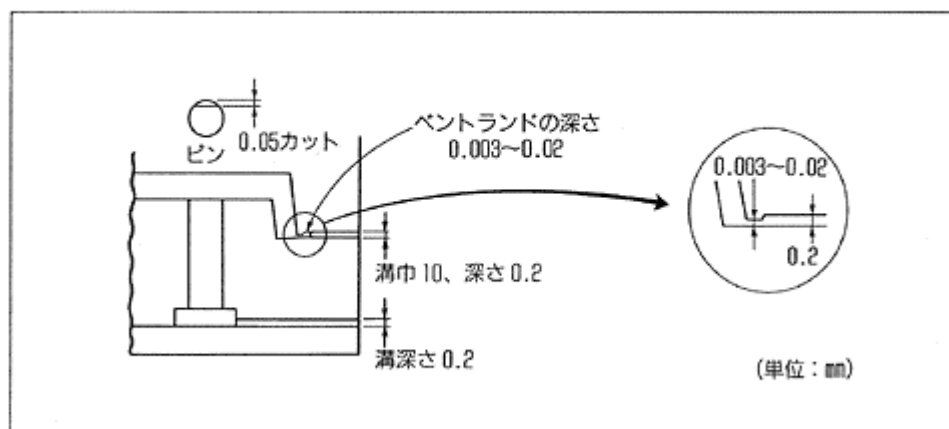


8) やけ(焼け)

成形材料が成形時の過熱により部分的に変色する現象です。

- 1) 金型内の空気抜きの悪い箇所ではやけが発生します。ベントランドの深さを深く、かつ幅を広くして、ガス抜きを改善してください。

図 ガス抜き(エアイベント)設計図例



2) やけは、成形条件によっても発生することがあります。シリンダー温度を下げる、金型温度を下げる、射出速度を遅くするなどの対策が必要です。

9) ジェットティング

ジェットティングは、固化しなかった樹脂が、後からキャビティーに入ってきた新しい樹脂に押されて動いた痕と云われています。ゲートが小さすぎると起こることがありますのでゲートを適当に大きくします。