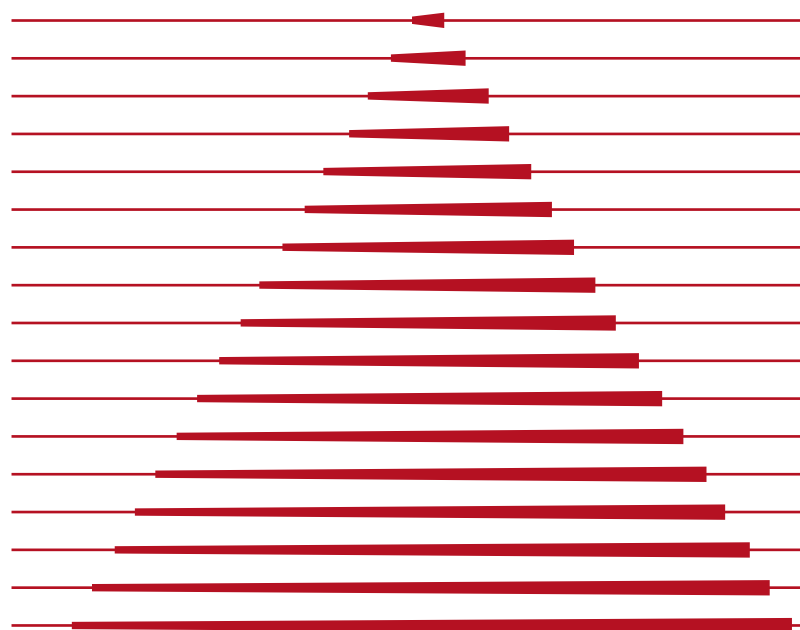


- 本 社 〒105-0021 東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル
TEL:03-6274-9125 FAX:03-6274-9081
- 大 阪 支 店 〒541-0041 大阪市中央区北浜3-1-18 島ビル
TEL:06-6208-4470 FAX:06-6208-4402
- 名 古 屋 支 店 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-5-28 近鉄新名古屋ビル
TEL:052-565-3910 FAX:052-565-3903
- 九 州 営 業 所 〒812-0026 福岡市博多区上川端町12-20 ふくぎん博多ビル
TEL:092-281-6777 FAX:092-281-1116
- 技術センター 〒254-0016 神奈川県平塚市東八幡5-6-2
TEL:0463-21-8610 FAX:0463-21-8631
- 香 港 **MEP Hong Kong Limited**
Rm 1501-02, 15th Floor, World Trade Center, 280 Gloucester Road, Causeway Bay, Hong Kong
TEL: +852-2536-4295 FAX: +852-2868-4718
- 広 州 **MEP Guangzhou Limited**
Rm 3311, 33rd Floor, Block B, China Shine Plaza No.3-15, Lin He Xi Road, Guangzhou 510610, China
TEL: +86-20-8527-6246 FAX: +86-20-8527-2090
- 佛 山 **MEPCOM Foshan Corp.**
C-39 Sanshui Industrial Park, Foshan, Guangdong 528137, China
TEL: +86-757-8739-3030 FAX: +86-757-8739-3330
- 上 海 **MEP Shanghai Limited**
T80, 15F, Shanghai World Financial Center, 100 Century Avenue, Pudong New Area, Shanghai 200120, China
TEL: +86-21-6841-1025 FAX: +86-21-6841-0577
- MEP Shanghai Co., Ltd.**
T80, 15F, Shanghai World Financial Center, 100 Century Avenue, Pudong New Area, Shanghai 200120, China
TEL: +86-21-6841-1040 FAX: +86-21-6841-0577
- MEP Shanghai Co., Ltd. Beijing Branch**
Rm 715, 7th Floor, Beijing Development Building, No.5, North Rd of East 3rd Ring Rd, Chaoyang District, Beijing 100004, China
TEL: +86-10-65909781 FAX: +86-10-65909786
- MEP Shanghai Customer Support Center**
T80, 15F, Shanghai World Financial Center, 100 Century Avenue, Pudong New Area, Shanghai 200120, China
TEL: +86-21-6841-1025 FAX: +86-21-6841-0577
- 台 湾 **MEP Taiwan Limited**
5F-1, No.129, Sec. 2, Zhongshan N. Road, Zhongshan District, Taipei City 104, Taiwan
TEL: +886-2-2521-2009 FAX: +886-2-2521-2039
- シンガポール **MEP Singapore Pte., Limited**
10 Shenton Way, #11-03/04 Mas Building, Singapore 079117
TEL: +65-6223-3002 FAX: +65-6223-3920
- イ ン ド **MEP Singapore India Office**
703,7th Floor, Ashoka Estate, 24 Barakhamba Road, Connaught Place, New Delhi 110001, India
TEL: +91-11-4362-3060 FAX: +91-11-4362-3080
- タ イ **MEP Technical Center Asia Ltd.**
700/458 Moo 7, Amata Nakorn Industrial Estate, Tambol Donhuaroh, Amphur Muangchonburi, Chonburi 20000, Thailand
TEL: +66-38-717-062/063 FAX: +66-38-450-080
- Thai Polycarbonate Co., Ltd. (TPCC)**
Emporium Tower, Floor 24/4-7, 622 Sukhumvit Road, Klongton Klongtoey, Bangkok 10110, Thailand
TEL: +66-2-261-9260 FAX: +66-2-261-9272
- MEP Engineering-Plastics (Thailand) Co., Ltd.**
Emporium Tower, Floor 24/4-7, 622 Sukhumvit Road, Klongton Klongtoey, Bangkok 10110, Thailand
TEL: +66-2-261-9260 FAX: +66-2-261-9284
- Hexa Color (Thailand) Ltd.**
102 Moo 5, Wellgrow Industrial Estate, K.M. 36 Bangna-Trad Road, T.Bangsamak, A.Bangpakong, Chachoengsao 24180, Thailand
TEL: +66-38-57-0303-8 FAX: +66-38-57-0302
- ア メ リ カ **MEP America, Inc.**
420 Lexington Avenue, Suite 219 New York, NY 10170, U.S.A.
TEL: +1-212-687-6100 FAX: +1-212-687-6110
- MEP America Detroit Office**
17546 Laurel Park Drive North, Suite 220E, Livonia, MI 48152, U.S.A.
TEL: +1-734-464-6957 FAX: +1-734-464-6958
- ド イ ツ **MEP Europe GmbH**
Willstatterstr.30, 40549, Duesseldorf, Germany
TEL: +49-211-520542-0 FAX: +49-211-520542-72

技術資料

成形編

Dupilon® NOVAREX®
ポリカーボネート樹脂 **ユーピロン® ノバレックス®**

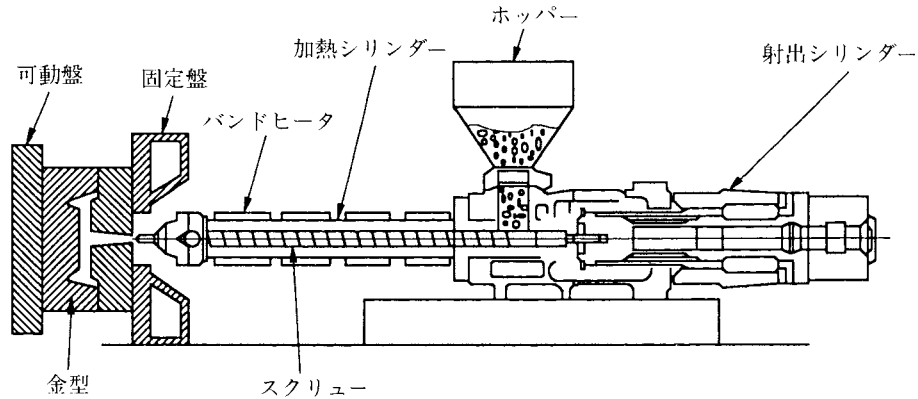


目 次

1. 射出成形機	1
1・1 射出ユニット	1
1・2 型締ユニット	5
1・3 多段プログラム制御	6
1・4 不良現象とその原因と対策	10
2. 成形操作	16
2・1 材料予備乾燥・乾燥機	16
2・2 成形条件	18
2・3 その他の注意事項	20
2・4 製品管理	20
2・5 材料交換・作業中断・分解掃除など	22
3. 製品設計と金型設計	23
3・1 製品設計	23
3・2 金型設計	30
4. 成形収縮及び寸法精度	40
5. C A E	47
6. ホットランナー成形	52
7. ユーピロン／ノバレックスの再生	53
8. ユーピロン／ノバレックスのアニール処理	57
8・1 アニール処理	57
8・2 熱風／遠赤外線併用系アニールの効果	59
国際単位系(略称SI)	60

1. 射出成形機

射出成形機は、これまでプランジャー式、プランジャープリプラ式、スクリープリプラ式、インラインスクリー式等いくつかの型式のものが開発されてきたが、現在では1・1-1 図に示すインラインスクリー式射出成形機がその主流となっている。



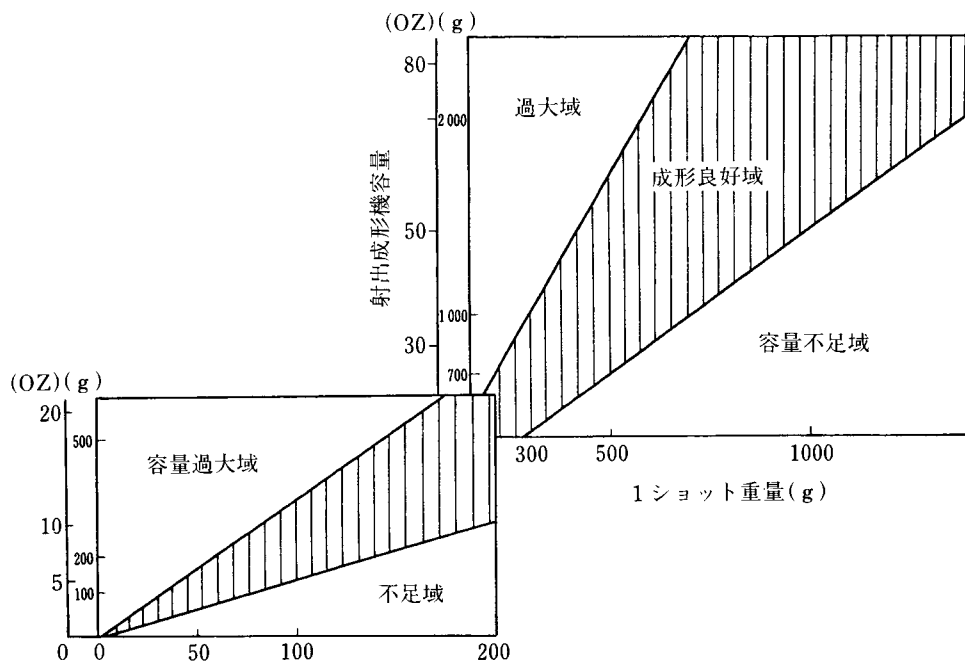
1・1-1 図 インラインスクリー式射出装置の原理

射出成形機は、射出ユニットと型締ユニットから構成されており、それぞれの特長を以下に述べる。

1.1 射出ユニット

1) 射出容量

1・1-2 図に示されるように、適正な射出容量は、1ショットの重量に対する成形機容量の関係から求められる。斜線部の容量を満足する成形機を選ばなければならない。同図は、過去の成形実績からまとめたものであるが、基本的には次のような考え方に基づいている。



1・1-2 図 射出容量からの成形機選定

容量の小さい側は、その成形機の容量ギリギリで使用することになり、可塑化時間が長くなったり、射出時間が長くなったりする。

即ち、成形サイクルの延長や充填速度が遅いことによる充填不足をまねく。

一方、容量が大きい側では、シリンダー内での樹脂の滞留時間が長くなり、樹脂が熱分解する。同図の容量範囲は、かなり広く表示しているが、顔料や添加剤のコンテンツの多い材料で、熱分解しやすい場合には、射出容量の70~80%のショット重量で成形する方が良い。

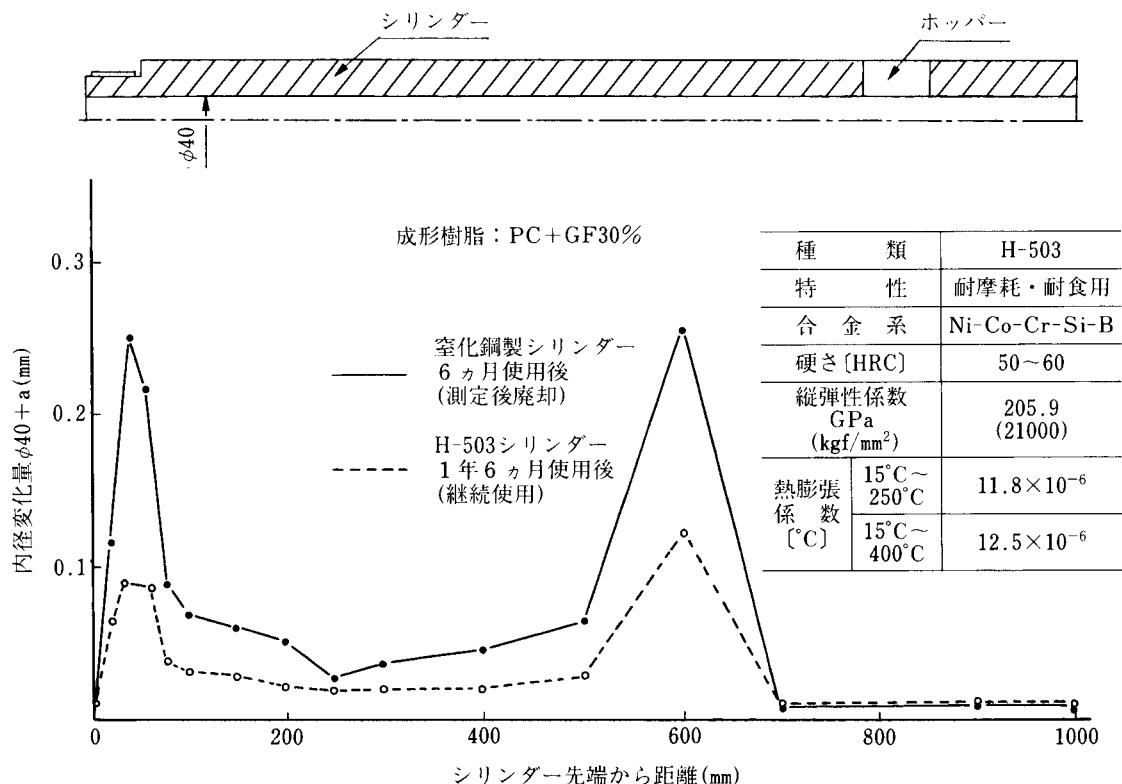
2) バレル

ユーピロン／ノバレックスの成形では、一般に用いられている材質(例えば窒化鋼等)で良い。但し、ガラス繊維強化グレード(ユーピロンGS等)や光学グレード(ユーピロンH-4000等)の成形では、バレル材質について、次のような配慮をすると良い。

ガラス繊維強化PCでは、バレル摩耗を防ぐため、バイメタル(遠心鑄造し内面を別の金属で被覆した二重構造のシリンダー)を用いると良い。例えば、Hアロイ(日立金属)、Nアロイ(日本製鋼所)、Kアロイ(神戸製鋼所)などが知られている。

1・1-3 図は、Hアロイバレルで、ガラス繊維30%入りPCを成形した時の摩耗データである。フィードゾーンや逆流防止リングが接するメータリングゾーン近傍の摩耗が改善されている。¹⁾

また、透明用途では、熱分解によるヤケや黒点不良が問題となるが、Hアロイのようなバイメタルシリンダーは、ユーピロン／ノバレックスのヤケの発生を抑えるのにも効果がある。



1・1-3 図 GF30%入りPCを用いた時のバレル材質と摩耗データ

1) 日立金属「Hアロイ」カタログ

3) スクリュー

通常、シングルフライトの3ステージ型のスクリーが用いられている。

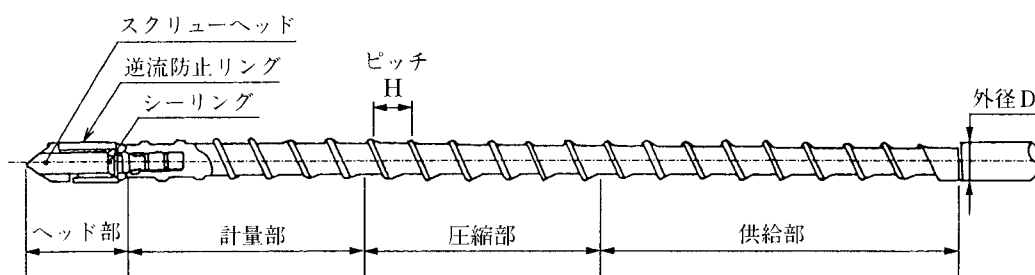
スクリー設計は、ペレットのスムーズな搬送、融解のための可塑化、脱気と圧縮、バラツキの少ない計量を前提とした基本設計から成り立っている。

供給(フィードゾーン)：ペレットの搬送と溶融のため、食い込みを向上し、可塑化量を増大させるため、ストロークは長く設計されている。

圧縮(コンプレッションゾーン)：フィードゾーンで巻き込んだエアーや水分をホッパー側へ戻し脱気させ、且つ十分に溶融する機構が求められる。PCは高粘度材料であるから、急圧縮タイプは不適であり、徐々に外径が増加する緩圧縮タイプが推奨される。

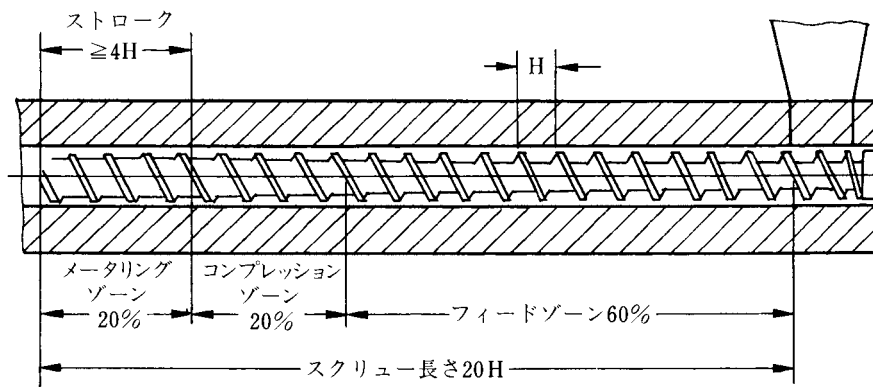
計量(メータリングゾーン)：計量のバラツキを抑えるため、計量ストロークは4D~5D以上、少し長めの設計となっている。

1-1-4 図にPCのスクリー設計を示す。²⁾



注：()内の%は全長Lに対する一例を示す

スクリーの基本的な形状



スクリー径 (mm)	溝 深 さ		圧 縮 比
	フィードゾーン (mm)	メータリングゾーン (mm)	
30	5.6	1.8	2.0 : 1
60	6.6	3.0	2.2 : 1
90	9.5	4.0	2.4 : 1
120	12.0	4.8	2.5 : 1
120	Max. 14.0	Max. 5.6	Max. 3.0 : 1

スクリーピッチ

H=1.0D スクリュー径 80mm以上

H=0.9D スクリュー径 80mm以下

1-1-4 図 PC用スクリーの設計

2) Jonathan M. Newcome: SPE Tech Pap Reg Tech Conf. PIONEER VALLEY SEC ('77 June 8/9) 45-78

同図では、L/D20であり、フィード(F)/コンプレッション(C)/メータリング(M)の比は60/20/20に分割され、ピッチHはスクリー径Dとほぼ等しく、スクリーへの圧縮比C.Rは2.0:1~2.5:1となっている。

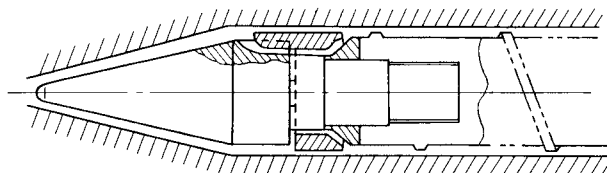
スクリーは表面を厚膜硬質Crめっきで被覆したものが良い。ガラス繊維強化材料を用いた場合摩耗の問題があるが、予備のスクリーを常時準備しておいて、再めっきした後定期的に交換する方法を奨める。窒化処理したスクリーは硬度が高く摩耗しにくいですが、一方PCの成形ではヤケを生じやすいので、ヤケを嫌う透明品や着色品(黒を除く)には、少し高価になるが、表面をTiC処理、ステライト(Co+Cr)処理、コルモノイ(Ni+Cr)処理したスクリーを使用する方が良い。

最近、溶融混練性や分散性を向上する目的で、スクリーヘッド部にダルメージ、ダムフライト、ピン付きスクリーを用いる例がみられるが、PCに過度の剪断力を与えないことや滞留のない設計であることが、使用する際の前提条件となる。

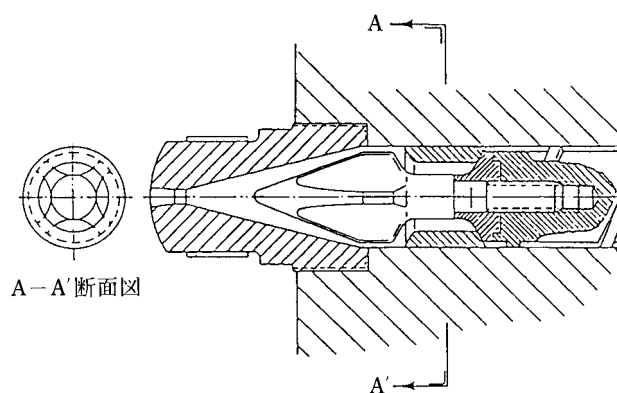
4) 逆流防止弁, チェックリング

射出した時、計量した樹脂の一部がスクリーの溝を通して逆流するのを防ぎ、有効な射出圧力を保つため、逆流防止弁をスクリーヘッドに装備する。

その構造は、1・1-5 図に示すようなものである。この弁は構造から分かるように、樹脂が滞留しやすい。従って流路はできるだけ角を設けないよう充分なアールをとりデッドスペースのない設計が望まれる。また、PCのような高粘度材料はトルクが大きいため、繰り返し回転による負荷を受けると小さな口径のネジでは疲労破壊してしまうので大きな口径のネジを使用することを推奨する。



爪付きバックフローリングタイプ



1・1-5 図 シャットオフバルブの設計

ガラス繊維強化材料等複合強化PCは、非強化材料に比べると更に負荷が大きくなり、逆流防止リングが割れることがある。これに気付かずに成形していると計量が安定しないため、精密部分の成形では寸法バラツキ、公差からはずれることが起きる。無理な負荷をかけたり、パージが不十分であるとこのような事故を起こしやすいので注意が必要である。

5) ノズル

できるだけ滞留のない構造のものが望ましい。従って、ニードル弁付ノズル、トーピード型ノズル等滞留のあるノズルは、使用を避けるべきでオープンノズルが最良である。

オープンノズルは、ハナタレ、糸引きの原因になりやすくその防止は難しいが、ノズルを少し長めの延長ノズルを用い、先端と基部の2ヵ所を別々に独立して温調してやると効果的である。

6) ヒーター

PCは高温成形されるため、370°C程度まで加熱できる熱容量のヒーターが用いられ、通常はバンドヒーターが使用されている。

ノズルやシリンダーヘッドで、分解掃除した時やハナタレした樹脂がヒーターにこびりついて、ヒーターが断線することがみうけられる。断線に気付かずに成形を続けるとヤケを生じやすく、注意が必要である。

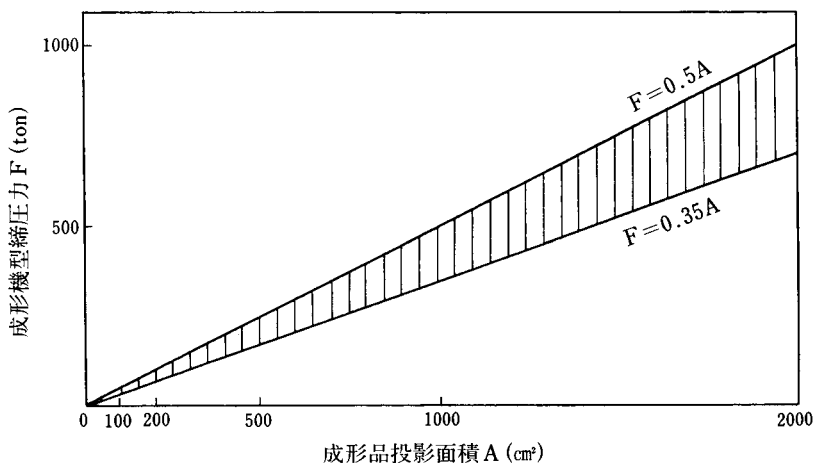
1.2 型締ユニット

ユーピロン／ノバレックスの成形では、直圧式、トグル式のいずれでも良い。

ユーピロン／ノバレックスの成形では、金型内圧の平均値は350~500kg/cm²であるので、型締力Fは、次式で計算できる。

$$F(\text{トン}) = (0.35 \sim 0.50) \times S \quad \text{ここで } S: \text{投影面積}$$

これをグラフにすると、1・2-1 図の通りである。但し、成形品の配置が、金型の中心(ダイプレートの中心)から偏心している場合には、上式より高い型締力を必要とするので注意しなければならない。



1・2-1 図 型締圧力からの成形機選定

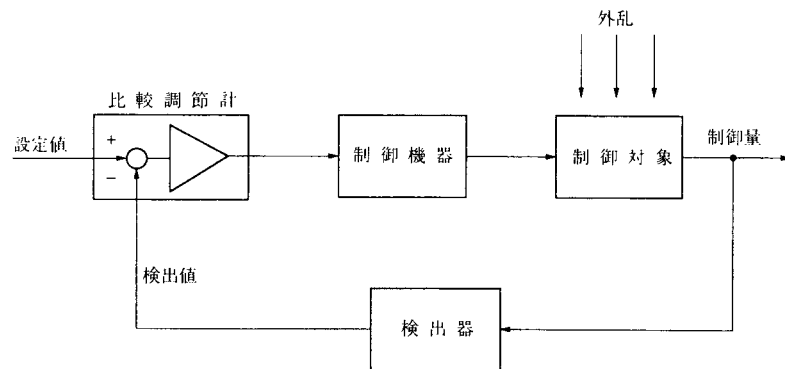
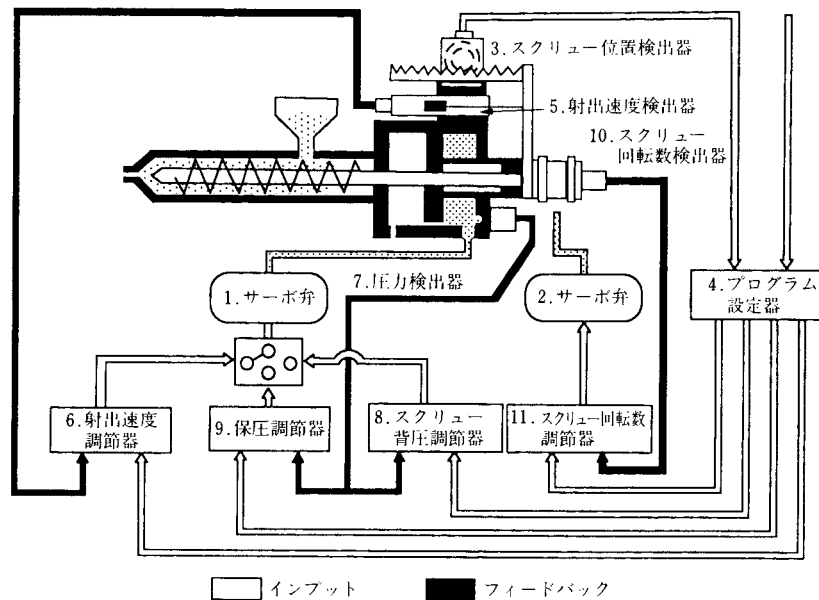
1-3 多段プログラム制御

射出時の射出速度、保圧、スクリュー回転数、背圧を多段プログラム制御することで、成形品の外観不良の改善、ヒケ、ソリ、バリの対策、成形ショット間の寸法バラツキの低減等をはかることができる。

PCにおける多段プログラム制御の効果は1-3-1 図に示した通りであり、その制御系は1-3-1 図のようである。以下に概要を紹介する。³⁾

1-3-1 表 多段制御の効果(PCの場合)

成形条件	効果
射出速度	ゲート部のジェットマーク防止、シャープコーナーのフローマーク防止、コアの倒れ防止、バリ防止
保圧	成形歪軽減、ヒケ防止
スクリュー回転数	計量の安定性
背圧	計量の安定性



1-3-1 図 多段プログラム制御系概要図

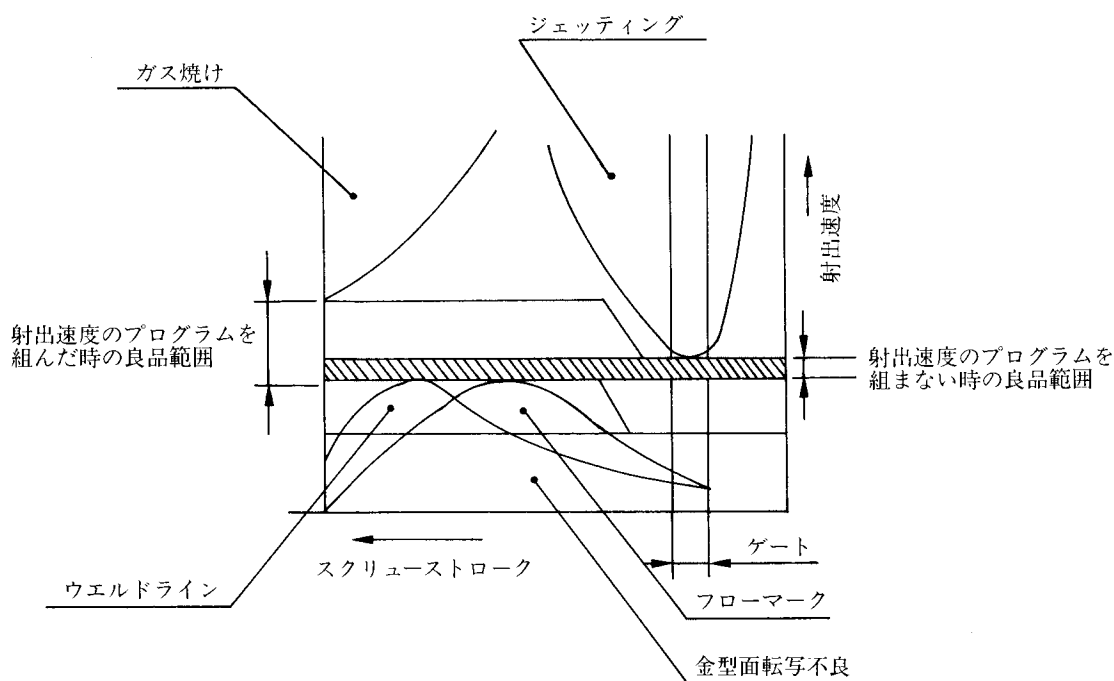
〈射出速度の制御〉

外観不良はフローフロントの速度の変化によって生じ、射出速度を制御することで対策が可能になる。
1・3-2表は、流速と不良現象の関係をまとめたものである。流速が速すぎても遅すぎても問題があるため、適切な領域に射出速度を設定すべきことが理解される。

1・3-2表 流速と不良現象

遅すぎる樹脂流速に起因する不良現象	速すぎる樹脂流速に起因する不良現象
フローマーク	ジェッティングマーク
金型面転写不良	ガス焼け
ウエルドライン	エア逃げ不良によるヒケ
ショートショット	

1・3-2図は、種々の不良現象の領域を避けるため、射出速度を多段プログラム制御し対策とした例である。
 通常成形の場合(斜線部)は、良品を得るための射出速度の設定範囲は狭いことが分かる。



1・3-2図 射出速度の不良領域

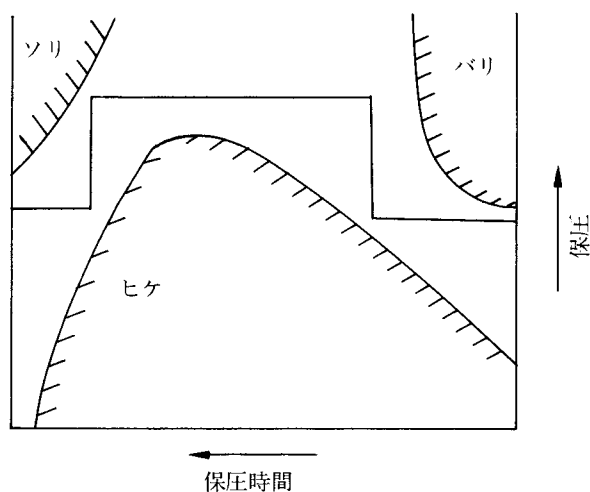
〈保圧の制御〉

ヒケ、ソリ、バリ等の不良現象は、保圧条件と関係があり、保圧を制御することでこれらの対策が可能となる。**1・3-3表**は、保圧とヒケ、ソリ、バリの不良現象の関係をまとめたものである。**1・3-3図**は、不良現象領域を避けるため、得られた保圧プログラムパターンである。

3) 住友重機械プラスチックマシンナリー(株), 射出成形講習会テキスト 「成形Bコース 応用編」

1.3-3 表 保圧と不良現象

保圧が低すぎるために起こる不良現象	保圧が高すぎるために起こる不良現象
ショートショット ヒケ 寸法過小 収縮歪	バリ 寸法過大 割れ 離型不良 残留応力

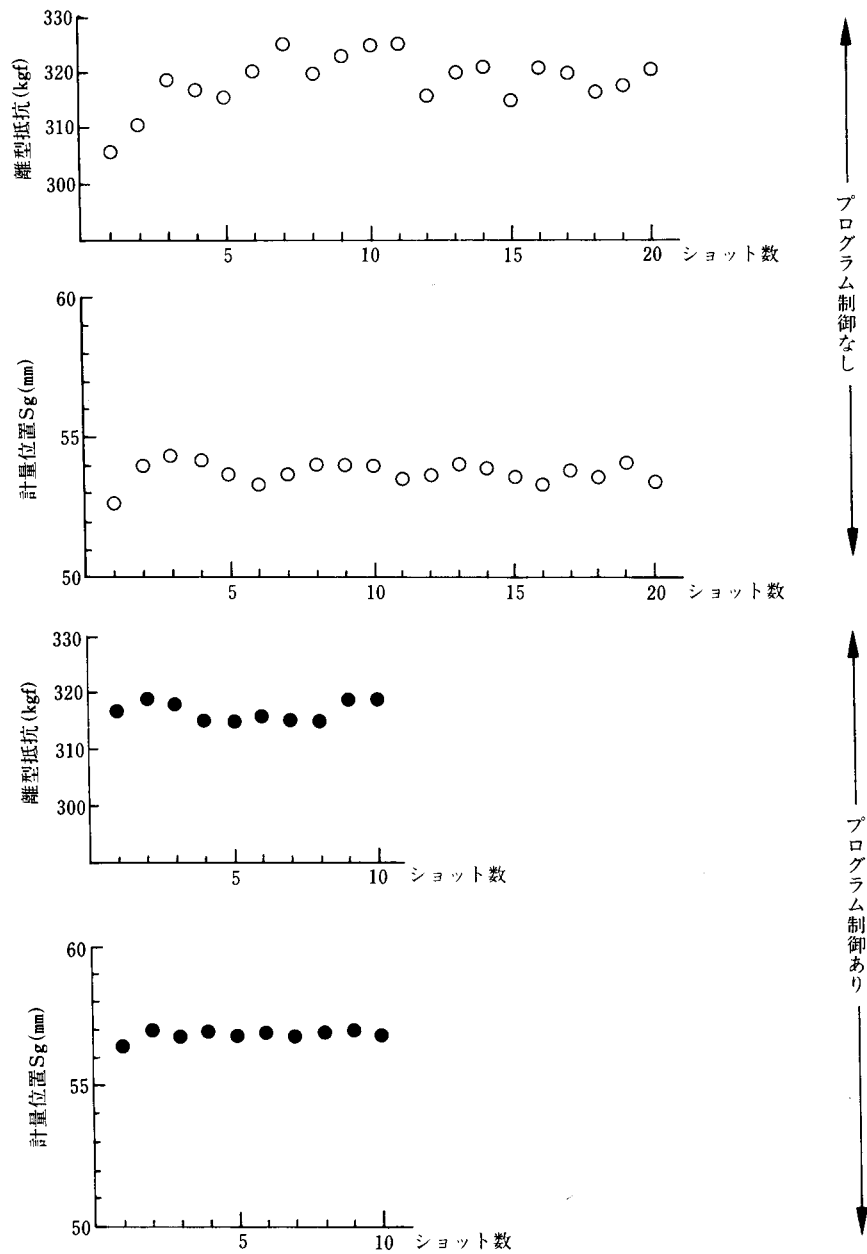


1.3-3 図 不良領域をかわした保圧パターン

〈スクリー背圧および回転数の制御〉

計量(可塑化)の安定性は、スクリー背圧とスクリー回転数と関係があり、これらを制御することで、繰返しの計量バラツキ精度を向上することが可能である。1.3-4 図は、計量位置または離型抵抗について、スクリー背圧およびスクリー回転数による多段プログラム制御の効果を比較した結果である。⁴⁾ 同図から多段プログラム制御によって、計量位置、離型抵抗のバラツキが低減したと考えられる。

4) 本間精一，泉田敏明，木矢敏男：光学技術コンタクト18(11) 34-42



1-3-4 図 可塑化工程のプログラム制御による安定化 (材料:S-2000)

1・4 不良現象とその原因と対策

ユーピロン／ノバレックスの成形において、よくみられる不良現象は、他のプラスチックと共通の内容が多く、特殊なものは殆どみられない。

1・4-1 表に一般グレード、1・4-2 表にガラス繊維強化グレードの不良原因と対策をまとめた。

1・4-1 図には、ガラス繊維強化グレードの金型温度が外観に与える影響を示す。

1・4-3 表には精密成形上の問題点と対策を示す。

1・4-1 表 一般グレードの不良原因と対策

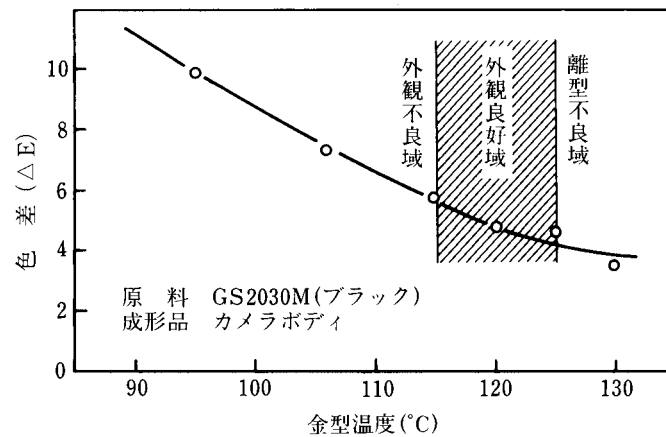
不良現象	原因	対策
銀条(射出方向に一様に分布している)	ペレット中の水分	ペレットは120℃で充分乾燥する ホッパー中でペレットが冷却しないこと 自由射出を行って、熔融物の発泡の状態を見る
銀条(不規則に分布し、しばしば局部的で、箒星状をしている)	樹脂の過熱 (イ) シリンダーまたはノズルの局部が高温すぎる (ロ) シリンダーまたはノズルに滞留部がある	(イ) 過熱されている部分の温度を下げる (ロ) 滞留部の清掃、または滞留部のない部品との取替
褐色に変色する	(イ) 樹脂の過熱、または滞留時間の長すぎ (ロ) スクリュー回転数の不適	(イ) シリンダー、ノズルの滞留部、嵌合部を点検する、もっと小容量の成形機を使用する (ロ) スクリュー回転数を45～60rpmとする
黒雲状の焼けと気泡	ペレットによって巻き込まれた空気が逃げられないため	スクリュー式成形機においては、その背圧を高める
局部的な変色	金型内排気不十分、空気の断熱、圧縮による発熱	金型合せ面に深さ0.01mm～0.03mm程度の細かい空気抜をつける
空洞とその周囲の樹脂の焼け及び銀状	金型内で空気が樹脂に包み込まれ、断熱圧縮を受けるため	樹脂の流入が、すべての方向に同時に行われるよう、ゲート位置を変更 コア偏心、偏肉を修正する 射出速度を下げる
コンタミ	(イ) 異物または他樹脂の混入 (ロ) 成形機材質の摩耗物混入 (ハ) 油類が熔融物と接触している	(イ) 樹脂の貯蔵。ホッパー仕込みに際し注意すること。ホッパー、シリンダー、ノズルの清掃 (ロ) 計量器、プランジャー、スリーブ、スクリュー、逆流防止装置、ノズル等の滑り面を点検する (ハ) 射出ユニット、金型を点検し、油類との接触を防止する

不良現象	原因	対策
焼けゴミ	シリンダー内壁に徐々に形成された分解樹脂皮膜の離脱	シリンダー内壁の清掃，運転停止の際，シリンダー温度を160～180℃に保持しておく
表面のくもり	離型剤の使用による	金型を良くみがく。離型剤の塗布量を減らす
表面のヒケまたは内部の気泡	凍結の際の収縮が保圧によって充分補われていない	(イ) 保圧時間を長くする (ロ) ノズルの熱損失を防ぐ (ハ) ゲートを拡大する (ニ) 肉厚をなるべく薄くする (ホ) ゲートを一番肉厚の厚い部分に付ける (ヘ) ヒケが離型後に起きる場合は，冷却時間を長くする (ト) クッションを取る
バリ	(イ) 型閉力不足，または射出圧の高すぎ (ロ) 金型の摩耗	(イ) 型閉力の増加，射出圧及び保圧の低減，金型の点検 (ロ) 金型の更新
離型不能または離型の際の変形	(イ) 高い離型力を必要としている (ロ) 金型と成形品との間が真空になる (ハ) 離型力が成形品と金型の密着している部分に作用していない (ニ) 成形品が離型の際に充分冷却していない	(イ) 保圧を下げる。抜きテーパーを付ける。金型を良く研磨する (ロ) 金型に真空をやぶる装置を付ける (ハ) 突き出しピンを増加する (ニ) 金型温度を下げ，冷却を速める (ホ) 冷却時間を長くする
充填不足	(イ) シリンダー温度の低すぎ，流路の凍結が早すぎ，金型温度の低すぎ (ロ) 肉厚が薄すぎ (ハ) 各キャビティーの充填が揃わない	(イ) シリンダー温度の上昇，流路の拡大，金型温度上昇，射出速度増加，金型内の排気を良くする (ロ) 肉厚を増す (ハ) 流路を変更して，同時充填をはかる
縁辺部の円弧状しま	(イ) 樹脂温度の低すぎ (ロ) 射出速度が遅い	(イ) 樹脂温度を上昇，特にノズル温度の上昇 (ロ) 射出速度を速くする
ジェットイング，ゲート近傍のくもり	冷却した樹脂，または金型に衝突して冷却した部分が，他の溶融樹脂に再び押し流されることによる	ゲートを拡大する，射出速度を低下する ゲート位置を変更する ノズル温度を上げる

不良現象	原因	対策
フローマーク	溶融物の流れが不适当 (イ) 成形品断面積が急激に変化している (ロ) シャープコーナーでの樹脂の流れが不适当	(イ) 断面積の変化は階段状ではなく、スムーズに行う (ロ) シャープコーナーに丸味を付ける
ウエルドマーク	樹脂が合せ目に達するまでに冷却してしまう	樹脂温度・金型温度を高くし、高速射出するゲートを拡大する
ゲート近傍のしわ	保圧がかかるまでに樹脂温度が冷却してしまった。	ゲートを拡大する
成形品表層の剥離(特に曲げた時)	異物、他樹脂の混入	パージを充分に行う
成形品の破損、脆化	(イ) ペレット中の水分(水分に基づく不良現象が見えない場合もある) (ロ) ノズル温度低すぎ (ハ) ノズルとスプルーブッシュの間に冷却樹脂ができる (ニ) 型温の低すぎ、射出圧・保圧の高すぎ、著しい肉厚分布の相異等に基づく内部応力の発生 (ホ) ノッチ効果 (ヘ) 過熱分解 (ト) 異物の混入	(イ) ペレットを120℃で乾燥する。パージを行って樹脂の発泡を調べる (ロ) ノズル温度を高め、コールドスラグを除く。また、射出が終わったらノズルは金型から離す (ハ) 毎回この冷却樹脂を除く。また、閉塞ノズルを用いる (ニ) 型温度は70～120℃を推奨する。射出圧、保圧を下げ、完全充填したら、過度の圧がかからないようにする。肉厚分布を均一にする (ホ) 金型のシャープコーナーに丸味を付ける。ゲートの設計・仕上げに注意する (ヘ) 過熱部を点検して、その部分の温度を下げる (ト) シリンダーとノズルの洗い射出と清掃

1・4-2 表 ガラス繊維強化グレードの不良原因と対策

不良現象	原因	対策
表面光沢不良	(1) 金型温度が低い (2) 保圧が低い (3) 射出速度が低い	(1) 金型温度を高くする(できれば110~120℃) (2) 保圧を高くする (3) 射出速度を速くする
離型不良	(1) 抜きテーパーが小さい (2) 突き出しピン位置不適 (3) 金型温度の高すぎ (4) 冷却時間が短い (5) 保圧の高すぎ	(1) 抜きテーパーを1/100~1/50 (2) 突き出しピン位置を適切にする (3) 金型温度を低くする (4) 冷却時間を長くする (5) 保圧を低くする
局所的な焼け	(1) 成形機に滞留部がある (2) 金型内の空気の断熱圧縮による樹脂の過熱	(1) 成形機の点検, 分解, 清掃 (2) 金型にベント孔を設ける
色相バラツキ	(1) 樹脂の焼けやガラス繊維の浮き (2) 色相限度の厳し過ぎ	(1) 成形条件の適正化 (2) 色相許容範囲を広くする
ウエルド部の強度不良	(1) 離型剤の塗布し過ぎ (2) ゲート位置, 肉厚分布の不適正	(1) 離型剤の塗布量を少なくする (2) ゲート位置変更, 肉厚分布再検討



1・4-1 図 ガラス繊維強化グレードの外観と金型温度の関係

(色差：非強化PC(黒)をコントロール材とし
ガラス強化PC(黒)との色差を求めた)

1-4-3 表 精密成形上の問題点と対策

問題点	原因	対策
荷重変形	弾性率不足	① 強化材の種類, 含有量の検討 ③ 金属との組合せ (インサート, アウトサート)
	形状剛性不足	② 低発泡成形の応用 ③ リブ補強
環境条件による 寸法変化	熱膨張係数が大きい	① 強化材の配合
	熱膨張係数の異方性	① 無配向強化材の添加
	吸湿	① 強化材の配合
	熱寸法変化 (加熱収縮)	① 強化材の配合 ③ 金型温度を高くする ③ アニール処理
経時寸法変化	成形歪の過大	③ 肉厚分布の均一化 ③ 低保圧, 高温金型温度による成形
	クリープ変形	① 強化材の配合 ② クリープ限度内で設計する
成形収縮率の 見積り誤差	成形収縮の異方性	① 低ソリグレードの使用 (強化グレードの場合)
	ゲート方式, 位置, 大きさ 肉厚, 肉厚分布 形状効果(真円度, 真直度等)	③ 成形収縮データの充実
	金型による誤差	④ 加工精度の向上 ④ 型構造の影響を考慮
成形過程の寸法 バラツキ	材料のバラツキ	① 粘度, 充填材料, ペレットの大きさ などの管理
	成形装置の性能	② 射出成形機, 金型などの性能向上と 保守管理
	成形条件のバラツキ	③ 保圧, 樹脂温度, 金型温度の管理
	計測誤差	③ 寸法計測管理
	金型の耐久性	④ 型強度に対する配慮 ④ 型材質
反り	成形収縮の異方性	① 低ソリグレードの使用 (強化グレードの場合)
	同一キャビティ内の圧力不均一	① 低粘度材料を使用 ② 射出圧縮成形機の利用 ③ 低保圧, 高速充填 ③ ゲート位置, 数の検討

問題点	原因	対策
反り	冷却不均一	㉔ 肉厚分布の検討 ㉔ 金型温度のバランス ㉔ 金型加熱，冷却溝の検討
ヒケ	保圧不足による場合	㉔ 低粘度材料を使用 ㉔ 高圧成形機や射出圧縮成形機の利用 ㉔ ゲート位置，大きさの検討 ㉔ 肉盗み ㉔ 樹脂温度，金型温度 保圧などの調整
	(気泡発生によるヒケ防止)	㉔ { 低発泡グレードの利用 ヒケ防止グレード ㉔ 金型温度を下げる
離型不良	抜きテーパーが小さい 金型表面への密着 突き出し力のアンバランス	㉔ 離型性グレードの使用 ㉔ 抜きテーパー増大，成形品形状 ㉔ 低保圧，低金型温度成形 ㉔ スプレー式離型剤の使用 (成形品外観不良クラックに注意) ㉔ 金型磨き方向注意 ㉔ 金型表面状態 (メッキ，磨き程度) ㉔ 突き出し方式，位置
ガス不良 未充填 表面クモリ 金型腐蝕 寸法不良 離型不良	ガス発生多過ぎ	㉔ 熱分解性や添加剤，充填材などに対する配慮 ㉔ 原料の予備乾燥不足 ㉔ ベント式射出成形機の利用 ㉔ 成形温度高過ぎ 成形サイクルの長過ぎ
	ガス抜き不足	㉔ キャビティの真空引き ㉔ 射出速度を下げる ㉔ エアーベントを設ける

- ㉔ 原料に関する対策
- ㉔ 成形機，附属機器などに関する対策
- ㉔ 製品設計，成形条件などに関する対策
- ㉔ 金型設計に関する対策

2. 成形操作

2.1 材料予備乾燥・乾燥機

ユーピロン／ノバレックスはその主鎖にエステル結合を含んでいるため、水分と共に加熱されると加水分解が起きて、物性、特に分子量の低下と、それに伴う衝撃強度低下が見られる。

また、外観的にも銀状やボイドの発生などが起こるため、成形前には予備乾燥が必要である。ユーピロン／ノバレックスの予備乾燥では、ペレット中の吸水率を0.015～0.020%とする必要がある。さまざまな吸水率下で成形した例を、2.1-1表に示したが、外観不良の発生に加え、衝撃強度の劣化は非常に大きいので、ユーピロン／ノバレックスの優れた性能を良く発揮させるには、上記の限界吸水率以下に乾燥することが重要である。

2.1-1表 射出成形時における吸水率の影響

S-2000 (分子量 2.5×10^4)

吸水率 (%)	成形品 分子量	落球衝撃破壊率(%)			成形品外観
		延性破壊	脆性破壊	全破壊率	
0.014	2.5×10^4	0	0	0	良 好
0.047	2.4	30	0	30	良 好
0.061	2.4	50	0	50	良 好
0.067	2.4	90	0	90	銀条若干発生
0.200	2.2	20	80	100	銀条, 気泡発生

(注) 落球衝撃試験は重さ2.13kg, 先端が10mmRの重錘を10mの高さから落下させるものである。

一般的な、ユーピロン／ノバレックスペレットの乾燥条件を2.1-2表に示した。

2.1-2表 ユーピロン／ノバレックスの乾燥条件

	乾燥条件		備 考
	温度	所要時間	
棚段式熱風循環乾燥機	120℃	4～5hr以上	使用例が多い 環境湿度に注意が必要 積厚30mm以下が望ましい
ホッパードライヤー	120℃	3～4hr以上	使用例が多い 環境湿度やショートパスに注意が必要 投入量の少ない時, 湿度分布が悪い
脱湿型 ホッパードライヤー	120℃	2～3hr以上	光ディスク基板, 光学レンズなどの成形に 多く用いられている

(注) ポリマーアロイ系のグレードは、乾燥条件が異なる事があるので御注意下さい。

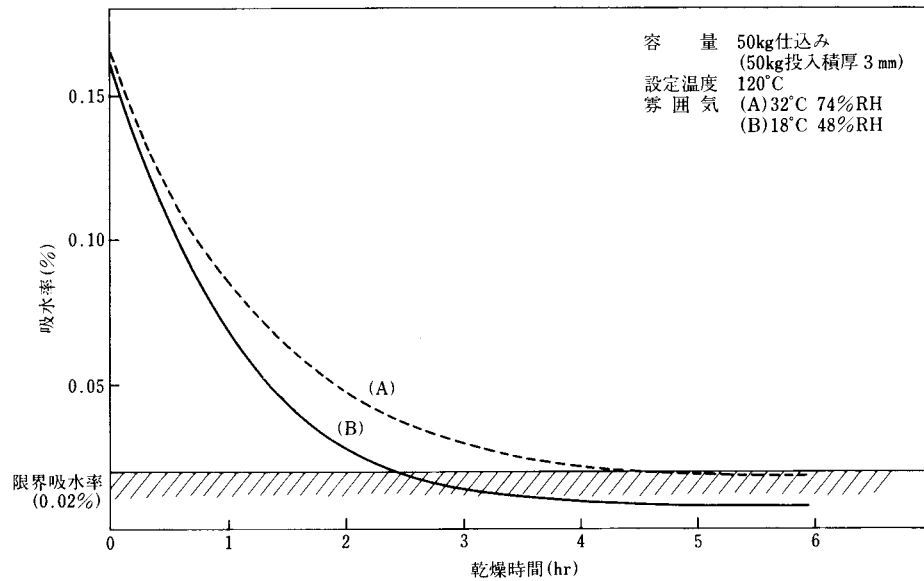
ユーピロン／ノバレックスのペレットを限界吸水率以下に乾燥するには、用いる乾燥機の種類、能力と環境(温度と湿度)に注意すべきである。

2.1-1図は、棚段式乾燥機で環境の違いによる、乾燥曲線を示した例である。高温・高湿度下では乾燥効率が低下して、限界吸水率以下になるまでの時間が伸びている。

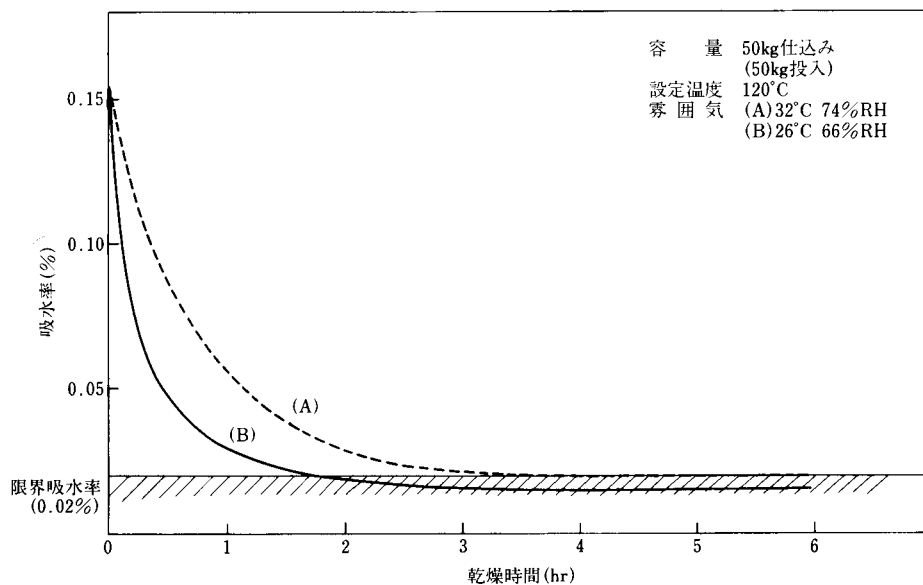
また、2.1-2図は同様にホッパードライヤーによる例である。

環境に影響されず、乾燥効率の良いのは除湿型ホッパードライヤーである。

ただし、除湿装置の能力の経時劣化に対する注意と、ホッパードライヤー型はペレットのショートパス現象を考えて乾燥能力を定める配慮が必要である。



2-1-1 図 棚段式熱風循環式乾燥機



2-1-2 図 ホッパードライヤーによる乾燥条件

成形機ホッパー内での吸湿防止

2-1項のペレットの予備乾燥に加え、成形機ホッパー内での再吸湿にも注意する必要がある。また、ホッパードライヤーの装着や、ホッパーの保温とペレットの滞在時間を極力短くして再吸湿を防ぐ配慮が必要である。

2・2 成形条件

1) シリンダー温度

樹脂温度は、シリンダー設定温度より10～20℃高めになることが多い。

使用する射出成形機の特性を予め測定しておくが良い。

ユーピロン／ノバレックスの一般的な成形温度は、260～320℃である。しかし、濃色着色品では、できるだけ低めに設定する方が良い。

シリンダー温度の設定は、ホッパー側を10～20℃低めに、先端側に向かって勾配を付けるのが一般的である。高粘度グレードなどで、スクリーンの回転トルクが過負荷になる場合は、逆にホッパー側を高める設定を行う場合もある。

また、成形温度の選択は成形サイクル、即ち樹脂のシリンダー内の滞留時間をも考慮すべきである。成形品の重量と成形条件に見合った、射出能力を持つ成形機を選択して、滞留を極力短くして、樹脂の熱劣化を避ける。ノズル温度は、樹脂の漏れ出し(ハナタレ)や、成形品のコールドフローに微妙に影響するので注意する必要がある。

2) 射出、保持圧力

射出圧力や保持圧力は、成形品にヒケやボイド等が発生しなければ、できるだけ低めに設定する方が良い。しかし、ユーピロン／ノバレックスのような熔融粘度の高い樹脂では、ある程度圧力を高めないと、樹脂の流動過程での圧力損失から金型内を満たし得ないが、キャビティー充填の工程が終了すれば、ただちに圧力を下げ、ヒケを生じさせない程度の低圧にする。

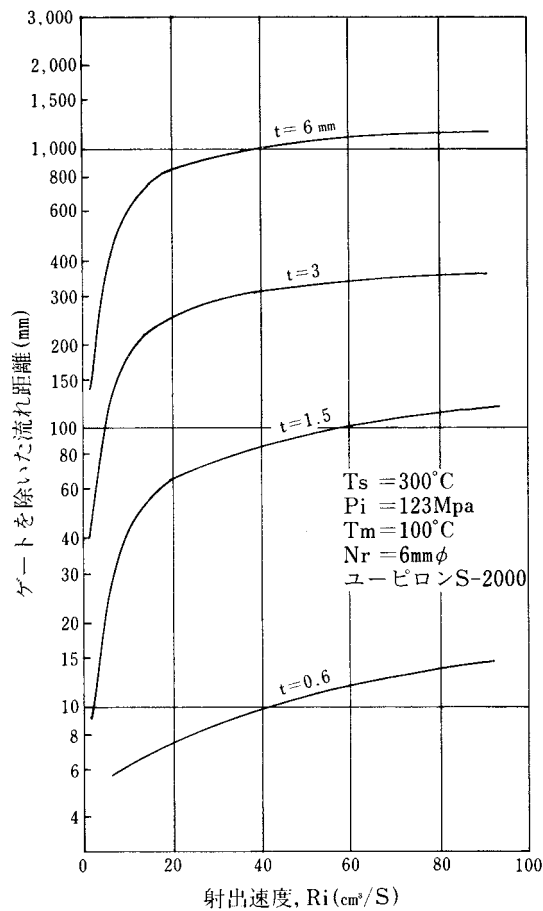
さらに、樹脂の成形収縮を小さくするためには圧力を高めにするが、成形品に残る歪や離型性の点からも、できるだけ低圧に設定すべきである。

3) 射出速度

射出速度、2・2-1 図に示したように、射出速度を早くすると流れ距離が大きくなるので、薄肉成形品では高速充填とするが、高速充填ではフローマークやバリ発生などの不良を起こしやすい。最近の射出成形機は、射出速度の多段階コントロール(プログラム射出)が行えるので、成形品の形状や、ゲートにあわせて速度を変化させて、充填と外観の両方を制御する。

速度プログラムの基本は、以下の通りである。

- (a) スプルー、ランナー部分の通過は、高速とする。
- (b) ゲート部と製品部の初期充填段階や、充填完了時は、低速とする。
- (c) 細い型コアやピン部分の通過時は、低速とする。



2-2-1 図 射出速度と流れ距離との関係

4) スクリュー回転数と背圧

スクリュー回転数は、可塑化時間の短縮から高める必要があるが、エアの巻き込み、脱気不足による気泡や銀状、樹脂焼けの発生原因となるし、剪断発熱による熱劣化を起こしやすい。

背圧は、ホッパー側への脱気効果を良くするため、射出圧力の5~10%の圧力をかける。また背圧はノズルからの樹脂漏れ出し(ハナタレ)に影響するため、温度設定と共に、配慮が必要である。

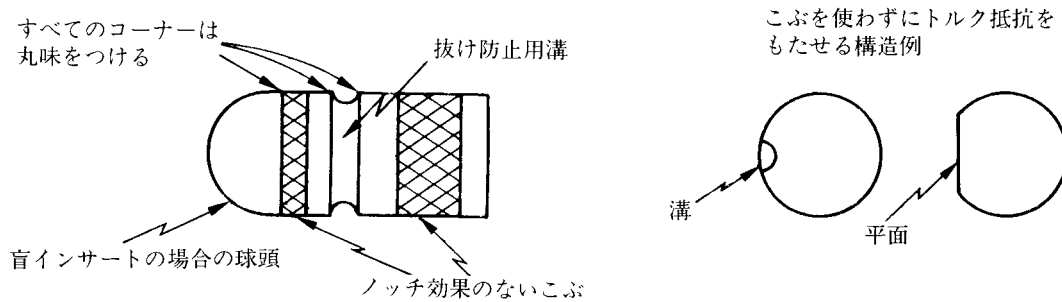
5) 金型温度

金型温度は、ユーピロン/ノバレックスの成形において重要な条件の一つである。

金型温度が低いと、充填が悪くなったり、フローマークなど外観不良の他、成形歪が発生しやすい。逆に高すぎると金型表面と密着しやすくなって、離型不良や離型後の変形を起こしやすくなる。70~120°Cが標準である。

2-3 その他の注意事項

- 1) 離型剤は、成形品の用途や二次加工の有無で選択し、利用する。
通常は、シリコン系を利用するが、塗布直後のゲート付近の曇りや、二次加工として印刷やホットスタンブ、塗装などを行う場合は、ペイントブル・タイプにするか、未使用とする方が良い。
- 2) インサート(詳細は「ユーピロン技術詳報」PCR304参照)は、形状と脱脂・洗浄に注意する必要がある。インサートには鋭い角があってはならない(2-3-1 図)。



2-3-1 図 盲インサート用の形状

インサート回りの成形品肉厚は、インサート回りの歪に影響するため、最悪でもインサート半径の1/2は必要である。

また、インサートが金属で大きめな場合は、予備加熱すべきである。

多数個のインサートは、金型装着に時間がかかるため、樹脂のシリンダー内滞留時間が延びて、熱劣化を起こす心配がある。成形後にインサートする方が良い。

2-4 製品管理

厳密に言えば、成形品が成形できて形になった、というだけでは成形は終わっていない。

それが実使用に耐える強度を有しているか、常にその強度の一定範囲内におさまる成形品であるか、などの管理されていることが必要である。

この観点からも、成形条件を選定することが重要である。

成形品が実使用に耐えるかどうかを判定しながら、成形条件を変更・選定するのであるが、その判定は容易ではないし、成形品の要求特性は最終需要家の規格に基づいており、すべてを成形工程のなかで実施するのは不可能である。

その管理については、新たな成形品を作り出す際の初期段階に徹底して実施し、その後の日々の管理は、ポイントを絞って行うべきである。

成形加工の工程で管理すべき項目は、①樹脂の劣化や分解、②成形歪、による成形品強度の低下防止である。これについて以下に説明する。

1) 樹脂の劣化、分解

ユーピロン／ノバレックスの劣化、分解を調べるには、分子量を測定する。

特殊グレードでは、分子量測定が困難であったり、それだけでは判断できない場合もあるので注意が必要である。

分子量測定は、手間と時間を要するため、初めの成形条件を選定する段階で実施し、他の簡便試験法と相

関性をとっておいて、それで管理するほうが良い。

例えば、スプルーやランナーを折り曲げて、その破壊状態を調べたり、分解に伴う分子量低下に敏感な衝撃試験(成形品にハンマーで衝撃を加える、落球衝撃試験など)を行うのも良い。

2) 成形歪

成形歪(残留応力)の検査方法として、特定の溶剤に浸漬してクラック発生の有無を見る方法があり、良く利用されている。

ユーピロン／ノバレックスの一般グレードでは、MIBK(メチルイソブチルケトン)とメタノールとの、混合溶剤を用いて検査している。

この方法は、次の理由によって歪検出に適している。

- (a) クラックが発生する場合には、比較的大きなクラックが発生し、判別しやすい。
- (b) 混合組成を変えることで、検出応力を変化させ得る。

2・4-1 表は、これまでの実用実績をふまえてまとめたものである。但し、溶剤による残留歪検出方法は、実際にはかなりバラツキの大きい方法であるので、結果は目安程度に考え、実用テストとの対応で評価基準を決めなくてはならない。

また、従来の四塩化炭素／ブタノール系での対応混合組成を併記した。

2・4-1 表

混合組成(体積比)		検出応力 MPa (kg/cm ²)	評 価
MIBK／メタノール	CCl ₄ ／ブタノール		
1／1 (MIBK=50%)	1／0 (CCl ₄ =100%)	3.9 (40)	通常の成形品の歪チェックには厳しすぎる。 歪軽減のための成形条件やアニール条件の探索に適す。
1／2 (33%)	1／1 (50%)	8.3 (85)	成形品が単体での歪チェックに適す。
1／3 (25%)	1／3 (25%)	13 (130)	締結応力、外力などの負荷された組立品やインサート品のチェックに適す。
1／7 (12.5%)	1／7 (12.5%)	17 (170)	このレベルでクラックが発生すると実使用時にもクラックが発生する可能性がある。
0／1 (0%)	0／1 (0%)	21 (210)	

- ・ 試料をMIBK(メチルイソブチルケトン)とメタノールの混合溶媒に1分間浸漬した後、試料を取り出し水洗いしてからクラックの観察を行う。

2・5 材料交換・作業中断・分解掃除など

1) 材料交換

ポリアミド、ポリアセタールなどをユーピロン／ノバレックスで直接置換しない方が良い。

逆も同様である。直接ユーピロン／ノバレックスの成形温度域に高めて、置換するとこれらの樹脂材料が熱分解して、ユーピロン／ノバレックスの分解をも誘発、促進するからである。

このような場合は、中間にポリエチレンやポリスチレンをはさむと良い。

但し、透明ポリスチレンではユーピロン／ノバレックスを混ぜると置換の終了が見分けにくいので、注意を要する。最近では、色替え、材料替えを容易にするため、各種の置換材(シリンダー洗浄材)が市販されている。置換前の材料、置換目的の材料の成形温度域にあわせて、適正な置換材料を選択できる。

2) 作業中断、分解作業

シリンダー内壁や、スクリューの逆流防止リングまわりには、長時間の成形運転によって徐々に樹脂が分解され、炭化層が形成される。

この炭化層は、通常の成形作業中は剥離してこないが、作業中断・停止の際にシリンダー温度が下がると、収縮によって剥離して、次の成形の際に成形品に混入し、黒点不良となる。短時間の作業中断ではシリンダー温度を150～180℃に保持する方が良い。

作業中断が長時間に渡ったり、作業停止の際は、より低温度の成形域の他樹脂に置換して温度を下げれば良い。置換用の樹脂としては、ポリエチレンやポリスチレンが良い。

シリンダー内壁や逆流防止リングまわりの炭化層は、次第に厚くなり、分解が進んで成形品に混入してくるので、定期的にシリンダー、スクリューの分解掃除を行わなければならない。特に透明成形品では、焼けゴミ、異物の混入を嫌うため、数カ月に一度は分解掃除を必要とする。

各種の樹脂を、同一の成形機で成形している場合は、シリンダー、スクリューを分解して定期的に掃除をしてやる必要がある。

分解作業の手順としては、シリンダー内の樹脂をできるだけ空にした後、ポリエチレンやポリスチレンで置換して分解する。分解後は、すばやく残っている溶融樹脂を取り除き、銅製のヘラやブラシで炭化層を取り除くか、バーナーで焼く。ユーピロン／ノバレックスが残って取れない場合は、メチレンクロライド等の溶剤で溶解させて、除く方法もある。この場合は、作業環境(換気、火気)に注意する。

3. 製品設計と金型設計

3-1 製品設計

ユーピロン／ノバレックスを使用するに当って、実用上の問題点としては、**3-1-1表**に示す内容があげられる。これらの問題を起こさないためには、**3-1-2表**に示したように、十分に調査、検討する必要がある。また、軽量化の目安、製品肉厚の決定、成形機の選定などのために、**3-1-3表**に示すような計算式が役に立つ。

3-1-1表 PC成形品にみられる不良現象

分類	内容
強度	成形時の劣化によるクラックや衝撃強度の低下 負荷応力の過大による破壊 応力集中による強度低下 インサートやネジ締め付け部の亀裂 油、可塑剤などによる溶剤クラック 温水やアルカリによる劣化
寸法	成形収縮率の見積誤差による寸法不良 成形時のそり、応力過大による変形 クリープ変形、熱膨張による変形
外観	銀条、ヒケ、フローマーク、焼け、ウエルドライン、色相バラツキ、シボの光沢むら、ウエルド部の色むら、ガラス繊維の浮き

3-1-2表 PC化に当ってのチェックポイント

分類	項目
総括	PC化の理由、商品化スケジュール、従来の材質及び重量、生産数量、価格
要求性能	寿命、強度、寸法精度、剛性、燃焼性、電気的性質
使用環境	温度、化学的雰囲気(油、溶剤、温水)、接触物の種類(PVC、パッキング)、屋外使用の有無
締結方法	インサート、ネジ締結、接着、かしめ
外観	色相、シボの有無、塗装の有無

3・1-3 表 PC化に当たってのチェックポイント

分 類	項 目
重 量 (形状一定の場合)	$W = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{t_2}{t_1} \times W_0$ <p>W : PC品の重量 W₀ : 金属品の重量 ρ₁t₁ : 金属の比重と肉厚 ρ₂t₂ : PCの比重と肉厚</p>
同一の撓みを与える に必要な肉厚	$t = t_0 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}$ <p>t : PCの肉厚 t₀ : 金属の肉厚 E₁ : PCの曲げ弾性率 E₂ : 金属の曲げ弾性率</p>
肉厚と流れ距離	$L = 30 \sim 40 \times t^2$ <p>t : 肉厚 L : 最大流れ距離</p>
成形機の所要型締圧	$P(\text{トン}) = 0.35 \sim 0.50 \times S$ <p>P : 型締圧 S : 投影面積</p>
成形機の容量	$Q = 1.4 \sim 3.3W$ <p>Q : 容量(g) W : 成形品重量(g)</p>

次にユーピロン／ノバレックスの優れた性能を最大限に発揮させるためには、形状設計に充分留意する必要がある、その要点は、

- (イ) 肉厚が均一で急激な肉厚変化がないこと
- (ロ) シャープコーナーがないこと
- (ハ) 抜きテーパーを充分とること
- (ニ) アンダーカットがないこと

等である。

以下、主だった項目について、順に成形上の基準、留意点などを述べる。

1) 肉 厚

成形品の肉厚は製品の要求性能と材料の成形性を配慮して決めることが必要である。

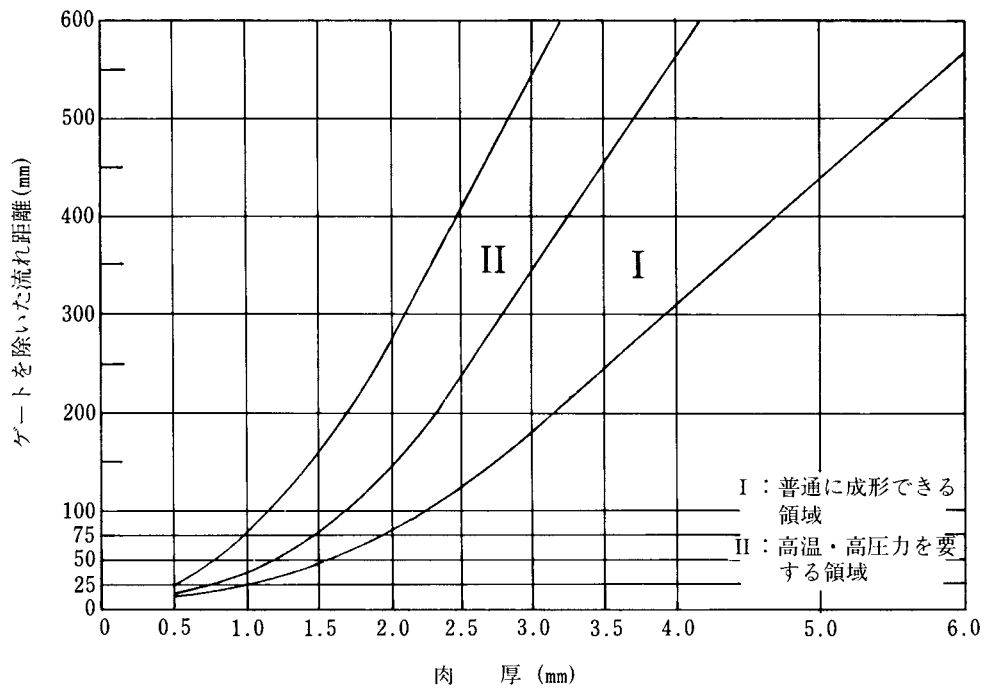
ユーピロン／ノバレックスの肉厚と流れ距離との関係を3・1-1 図に示す。

肉厚が極端に薄い場合、未充填不良、極端に厚い場合、ヒケ、気泡、変形等の不良、衝撃強度の低下不良(肉厚4～5mm以上)が発生する。

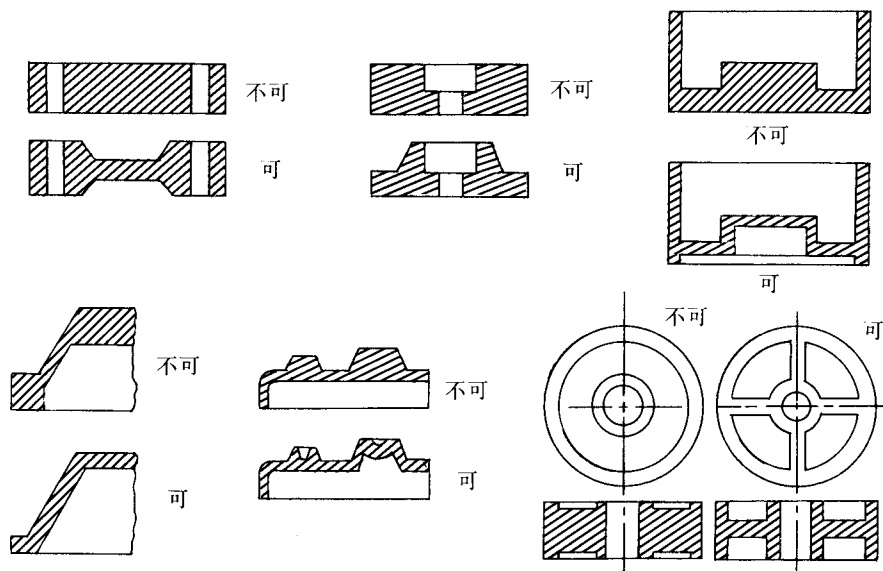
また、急激な肉厚変化がある場合、樹脂の流れを阻害したり、フローマークが生じたり、コーナー部にノッチ効果が生じて、強度低下が起こることがある。

肉厚を均一にするためのデザイン例を3・1-2 図に示す。

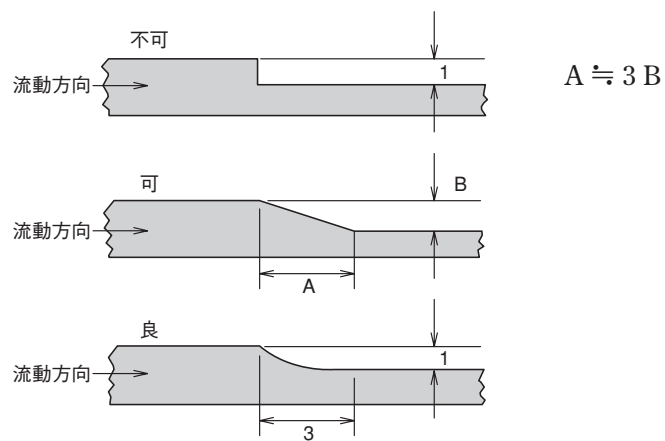
肉厚変化のとり方の基準を3・1-3 図に示す。



3・1-1 図 ユーピロン／ノバレックスの肉厚と流れ距離との関係



3・1-2 図 肉厚分布のとり方



3・1-3 図 肉厚変化

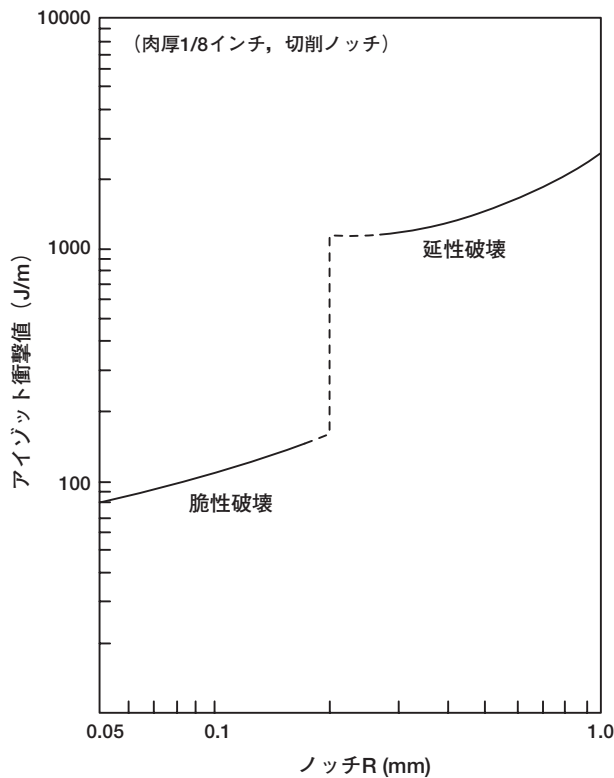
2) コーナーR

コーナーRとしては、0.5~1.0mmRが適当である。成形品のコーナー部分には応力集中により過大な応力がかかるので、必ずコーナー部にはRを付ける。

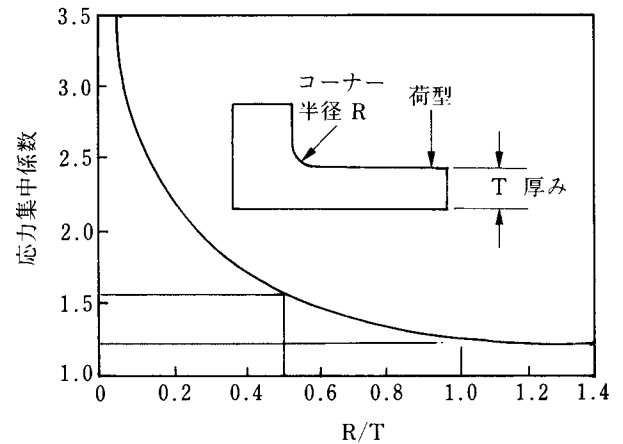
ユーピロン／ノバレックスのノッチRと衝撃値の関係を3・1-4 図に示す。0.1R以下の場合には、脆性破壊を示す。3・1-5 図にコーナーRと応力集中係数の関係を示すが、コーナーRが小さいと、応力集中係数が大きくなり、割れやすく、残留歪が大きくなり、フローマークが発生しやすくなる。

一方、コーナーRが大きすぎると、ヒケ、気泡、変形などの不良が発生する。

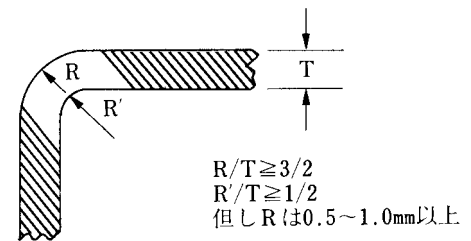
従って、コーナー部のとり方は、3・1-6 図に示すようにコーナーRと肉厚の比(R/T, R'/T)に注意しなければならない。



3・1-4 図 ユーピロン／ノバレックスのノッチRと衝撃値



3・1-5 図 コーナーRと応力集中係数



3・1-6 図 コーナー部のRのとり方

3) ウェルドライン

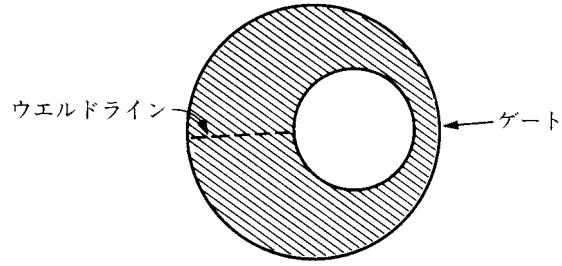
ウェルド部分では、強度の低下はもちろん、3・1-4 表に示すような様々な不良現象がみとめられる。

ウェルド部の補強対策としては、3・1-7 図に示すように、ゲート方式、ゲート位置、リブ補強などの対策が効果的である。

3・1-4 表 ウェルド部分に見られる不良現象

現象	実用上の障害	備考
強度低下	引張り伸び低下 衝撃強さの低下	ガラス繊維強化グレード、ポリマーアロイグレードに多く見かける
クラック発生	インサート、ネジボス周辺に発生	
外観不良	色むら、シボの光沢むら	濃色着色品、ポリマーアロイグレードに多く見かける
寸法不良	そり、真円度不良	ガラス繊維強化グレードに多い

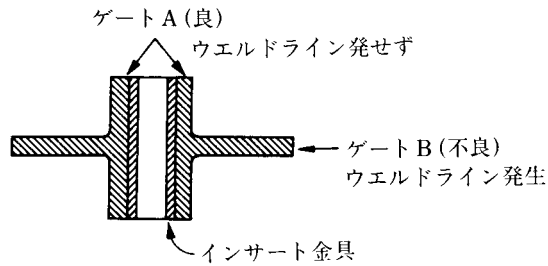
A. ウエルドの溶着面積の大きくなる方向にゲートをとる



B. ウエルドラインの発生する穴の周辺はリブ補強する



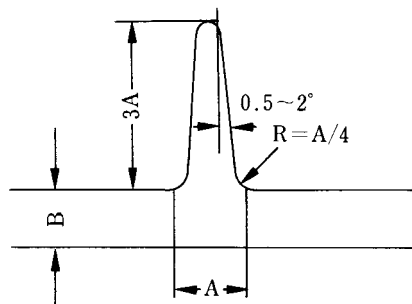
C. インサート金具周辺にはウエルドラインの発生しないようにゲート位置を選定する



3・1-7 図 ウエルド部の設計例

4) リブ形状

リブの設計は、他のプラスチックとほぼ同様に考えれば良い。すなわち、リブ反対面に発生するヒケを防止したり、コーナー部のノッチ効果を防止するなどの対策が必要である。リブのとり方の設計基準を3・1-8図に示す。リブの基部コーナーには、0.5~1.0mmR以上のRを付けることを忘れてはいけない。



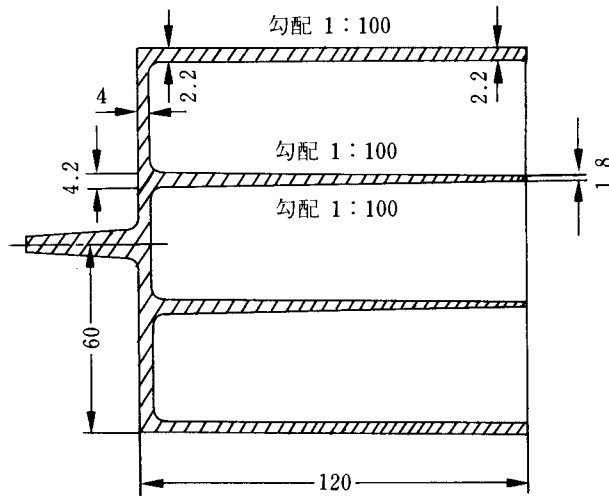
$$A = 0.5 \sim 0.7B$$

(B = 10~15mmの場合)
A = 0.4B

3・1-8 図 リブのとり方

5) 抜き勾配

一般的には、抜き勾配は、1/100～1/50(0.5～1.0°)を標準とする。
深いリブを持った成形品の抜きテーパの例を3・1-9図に示した。



3・1-9 図 抜き勾配の例

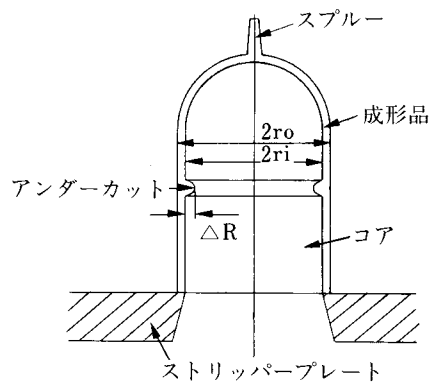
6) アンダーカット

サイドコアーを用いてアンダーカットを逃す場合は問題ないが、通常の金型でアンダーカットを無理抜きする場合は、ユーピロン／ノバレックスの弾性率が高いので、アンダーカット代を大きくとることが難しい。

3・1-10図に示す円筒成形品の場合の離型可能なアンダーカット代 ΔR は、次式で計算できる。

$$\Delta R = 0.02r_i \left(\frac{L + 0.38}{L} \right)$$

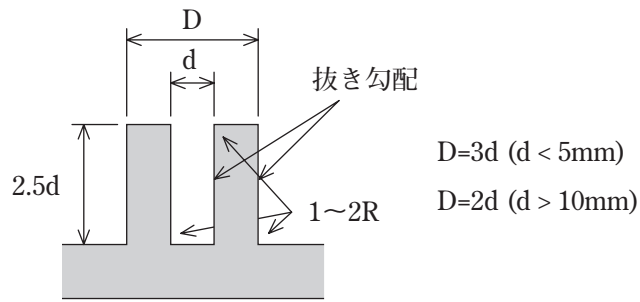
$$\text{但し } L = \frac{1 + (r_i/r_o)^2}{1 - (r_i/r_o)^2}$$



3・1-10 図 円筒上の周方向アンダーカット代 ΔR

7) ボス

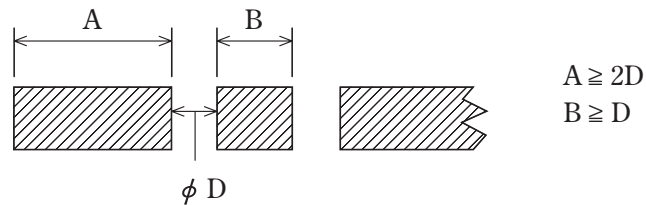
ボスのデザインは3・1-11 図を標準とする



3・1-11 図 ボス

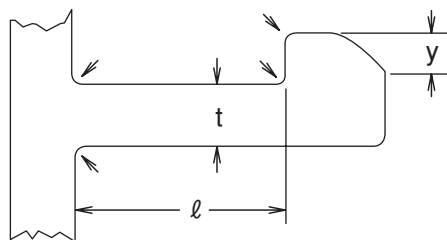
8) 穴

穴のデザインは3・1-12 図を参考とし、成形品の縁や穴どうしが近づくと強度的に弱くなるので注意が必要である。



3・1-12 図 穴

9) スナップフィット

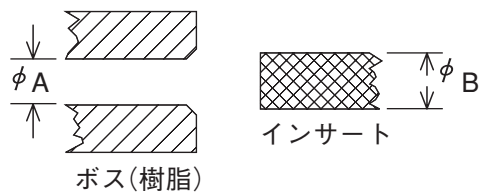


$$\epsilon = \frac{3y \cdot t}{2l^2} \leq 0.06 \sim 0.08$$

但し、組立時の一瞬のみ負荷が発生し、その後は0となること。
適当なRを付ける。

3・1-13 図 スナップフィット

10) プレスフィット



3・1-14 図 プレスフィット

① 金属インサート

熱圧入 $B-A \leq 0.2 \sim 0.3$

冷間圧入 $\frac{B-A}{B} \times 100 \leq 0.6\%$

② 樹脂インサート(PC-PC)

冷間圧入 $\frac{B-A}{B} \times 100 \leq 1.5\%$

③ PCより低い弾性率の樹脂は上記に+αしても良い。

3・2 金型設計

成形品の品質，生産性は金型設計に大きく左右されるので，金型設計は極めて重要な課題である。

金型設計の基本的なコンセプトは，

- (イ) 樹脂の充填が容易にできる
- (ロ) 離型が容易にできる
- (ハ) 金型温度のコントロールに留意する

(製品の的外観，品質の安定化，形状を含めた寸法バラツキの低減)

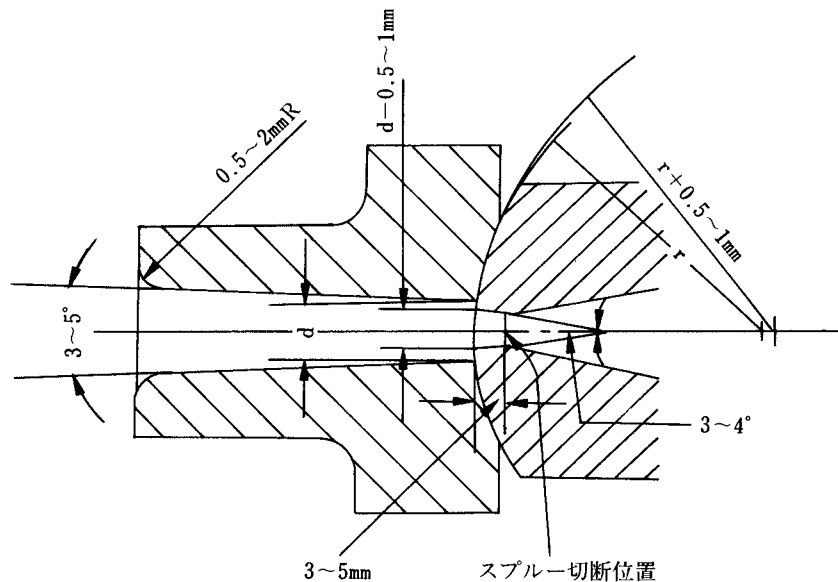
から成り立っている。以下，金型設計上の各項目を順に追って説明する。

1) スプルー

スプルーの形状は，基本的には細く短い方が良い。注意すべき点は，離型性と基部の気泡である。離型については，3・2-1 図に示すように，抜きテーパーを3~5° とすること。基部の気泡については基部の径を適当な太さに設計することが重要である。ダイレクトスプルーでは，基部に気泡が発生すると，離型する時，スプルーが切れたり，製品に穴があいたりする。基部に気泡の発生しない径は，

$$\text{スプルー基部径} \leq (2.5 \sim 3.0) \times \text{基部の肉厚}$$

である。



3・2-1 図 ノズル及びスプルー・ブッシュの形状

スプルー部の圧力損失は，次式で計算することができる。圧力損失はできるだけ小さくすることが望ましい。

$$\Delta P_s = \frac{8uq}{\pi (d_m/2)^4} l$$

ここで， ΔP_s : スプルー部圧力損失

u : 樹脂粘度

q : 樹脂体積流量

l : スプルー長さ

d_m : スプルー平均径

d_1 : スプルー先端径

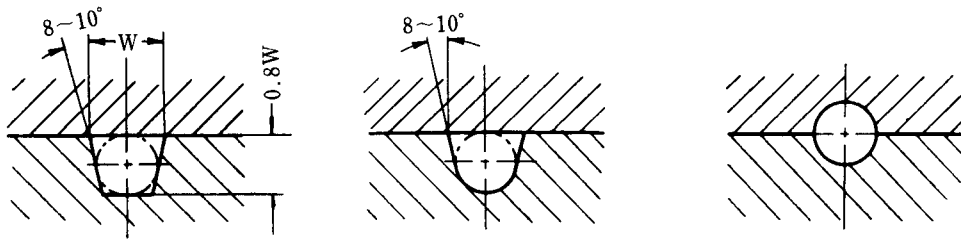
d_2 : スプルー基部径

$$d_m = \left[-\frac{1}{3(d_2 - d_1)} \left(\frac{1}{d_2^3} - \frac{1}{d_1^3} \right) \right]^{-1/4}$$

2) ランナー

ランナーの断面形状は、3・2-2 図に示すように、円形、半円形、台形などいずれでも良い。

ランナーの太さは、下限は圧力損失、上限は経済性を考慮して決める必要がある。



3・2-2 図 ランナー断面の形状

ランナーの長さ と太さの関係は、経験的には、

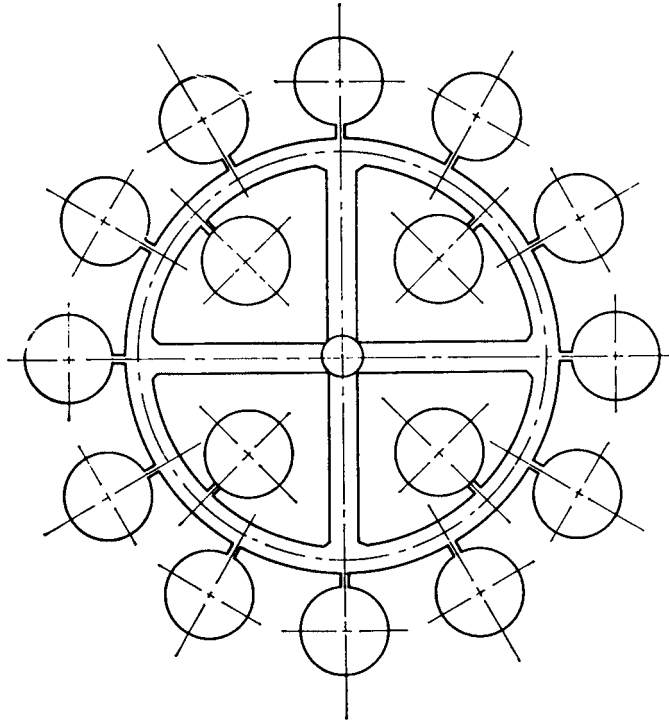
長さ 200mm以上では $\phi 10$

100~200mmは $\phi 8$

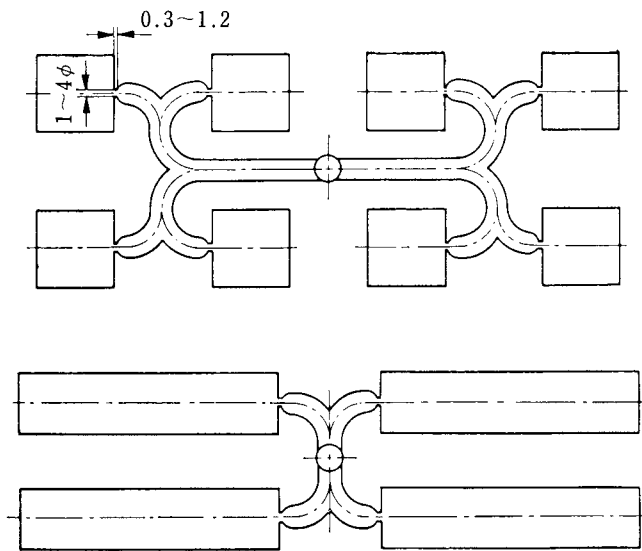
100mm以下では $\phi 6$

が一般的である。

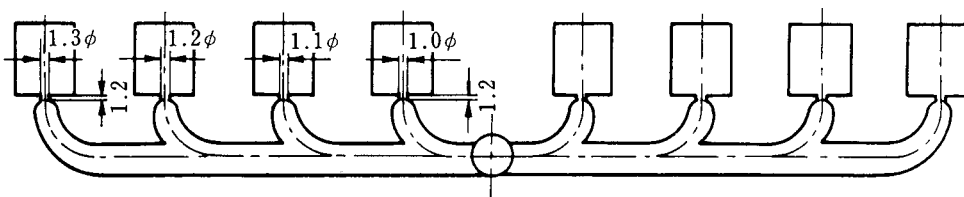
多数個取り金型の場合は、3・2-3 図及び3・2-4 図に示すように、各キャビティまでのランナー長さのバランスを取り、同時充填させることが望ましい。またランナー長さのバランスが取れない時は、3・2-5 図に示すように、ゲートバランスを取って同時充填させることが望ましい。



3-2-3 図 キャビティの円配列



3-2-4 図 キャビティの並列配列



3-2-5 図 キャビティの線配列

ランナー部の圧力損失は、次式で計算することができる。圧力損失はできるだけ小さいことが望ましい。

$$\Delta P_{\gamma} = \frac{8uq}{\pi (d_{\gamma}/2)^4} l_{\gamma}$$

ΔP_{γ} : ランナー部圧力損失

u : 樹脂粘度

q : 樹脂体積流量

l_{γ} : ランナー長さ

d_{γ} : ランナー部水力半径 $4 (S/\ell)$ S : ランナー部断面積

ℓ : ランナー部断周長

3) ゲート

ゲート方式は、ダイレクトゲート、サイドゲート、ピンポイントゲート、サブマリゲート、タブゲートなどが適用できる。

ユーピロン／ノバレックス成形品のゲート方式で採用例が多いのは、サイドゲートとピンポイントゲートである。

サイドゲート方式では、ゲート厚みが薄いと未充填不良、ジェッティングマークなる外観不良が発生する。市場実績から、成形品肉厚の50～70%の厚みにゲート厚さを設計されているケースが多い。ゲート幅は厚みの1.5～2.0倍、ゲートランド長さは、2mm程度が妥当である。

矩形断面のゲートにおける圧力損失は、次式で計算することができる。

$$\Delta P = \frac{12Luq}{Wh^3} \dots\dots\dots$$

ΔP : ゲート部の圧力損失

u : 粘度

q : 樹脂体積流量

W : ゲート幅

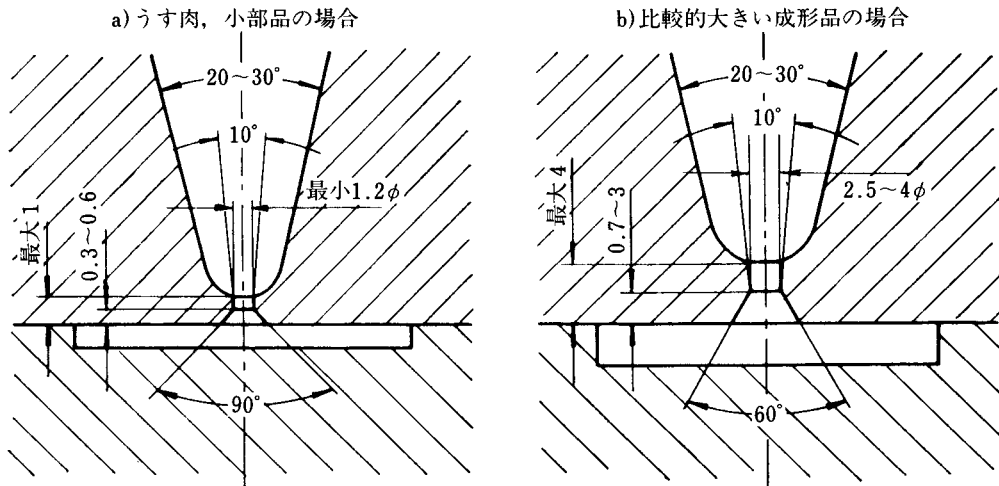
h : ゲート厚

L : ゲートランド長さ

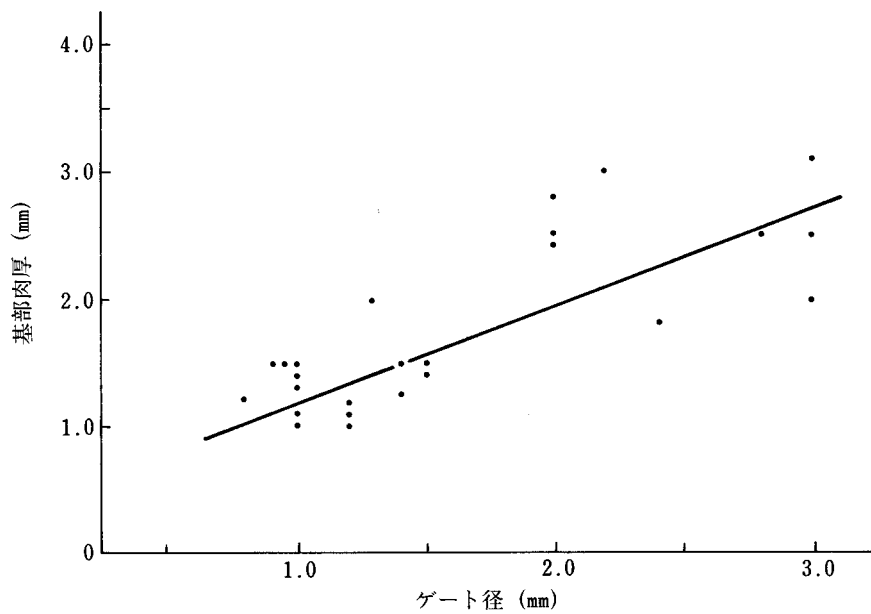
ピンゲート方式では、ゲート径は、最小寸法はジェッティングや未充填不良の問題を念頭におき、最大寸法はゲート切れや切断時の製品の変形やクラックの観点から考慮して最適な径を決めることが重要である。

代表的なピンポイントゲートの形状は、3・2-6 図に示す通りである。また3・2-7 図は、ピンゲート径と基部厚さの関係を市場実績に基づいてプロットしたものである。

3・2-7 図を参考に設計することを推奨する。通常ピンゲート径の平均値は1.0～2.0mmの範囲にある。



3-2-6 図 ピンポイント・ゲートの寸法形状



3-2-7 図 ピンゲート径と基部肉厚の実績例

円形断面のゲートにおける圧力損失は、次式で計算することができる。

$$\Delta P = \frac{8uq}{\pi R^4} \ell$$

ΔP : ゲート部圧力損失

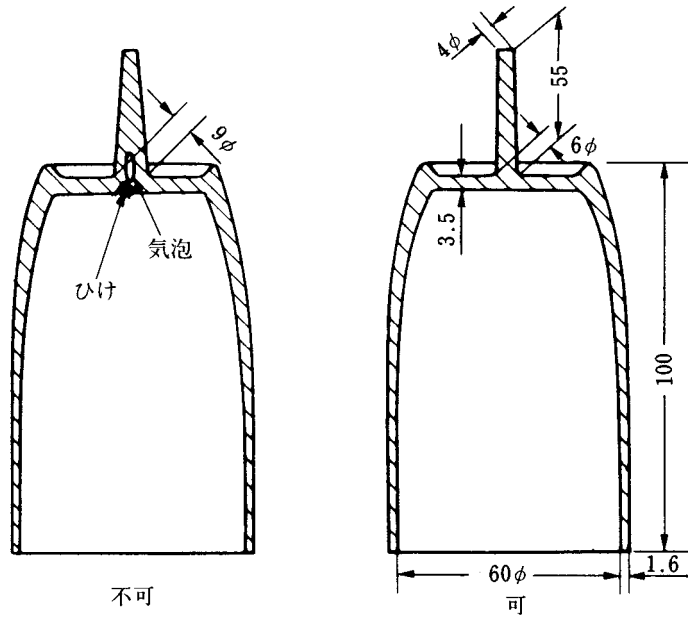
u : 粘度

q : 樹脂体積流量

R : ゲート半径

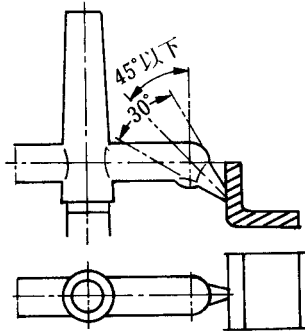
ℓ : ゲートランド長さ

ダイレクトスプルーゲート方式の注意点と設計基準は、スプルーの項で述べた事項と同様である。3-2-8 図は、標準的なダイレクトスプルーゲートの事例である。



3-2-8 図 ダイレクト・スプルーの設計例

サブマリゲート方式のゲート径は、ピンゲートと同様に決めれば良い。標準的な形状は3-2-9 図に示した通りである。



3-2-9 図 サブマリゲートの設計例

タブゲート方式は、圧力損失が大きくなる反面、フローマークなどの不良が減少する効果があり、一長一短があって、使い分けすることを推奨する。

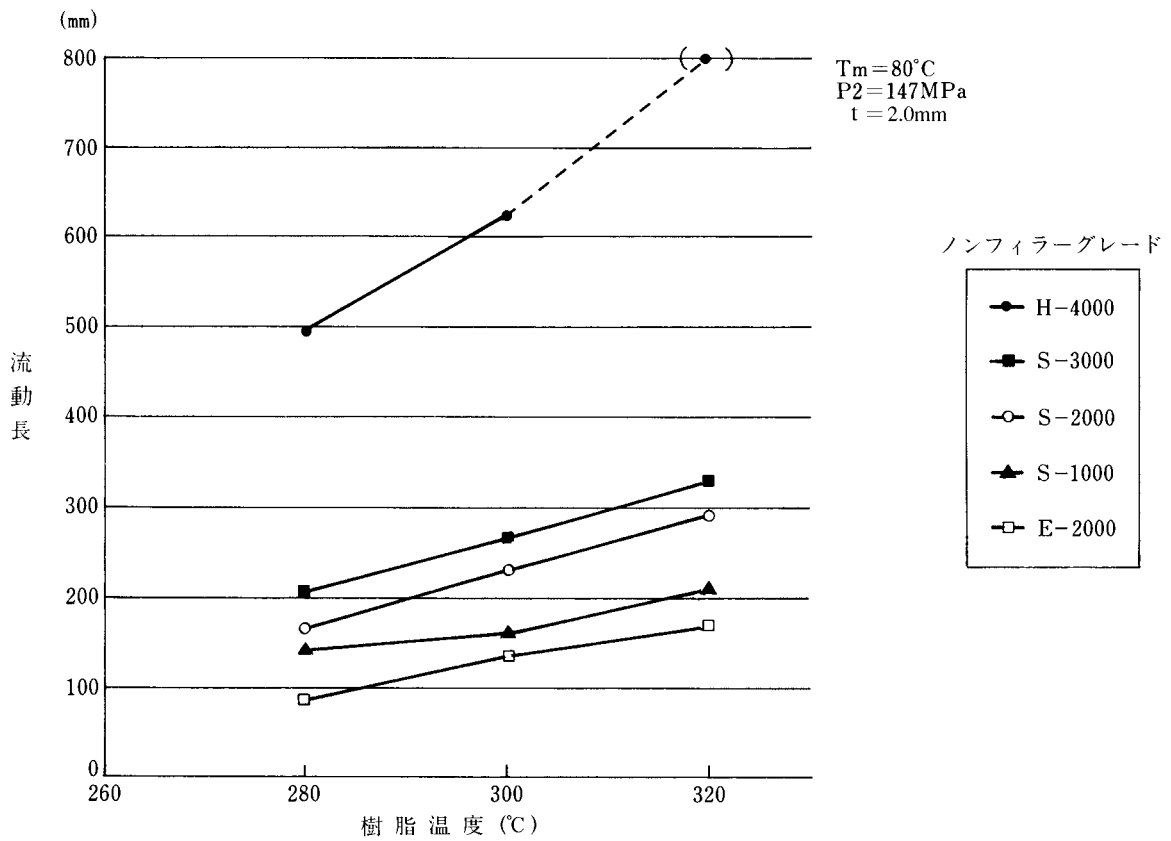
4) ゲートの位置

ゲートの位置、ゲート点数を決める基準は、

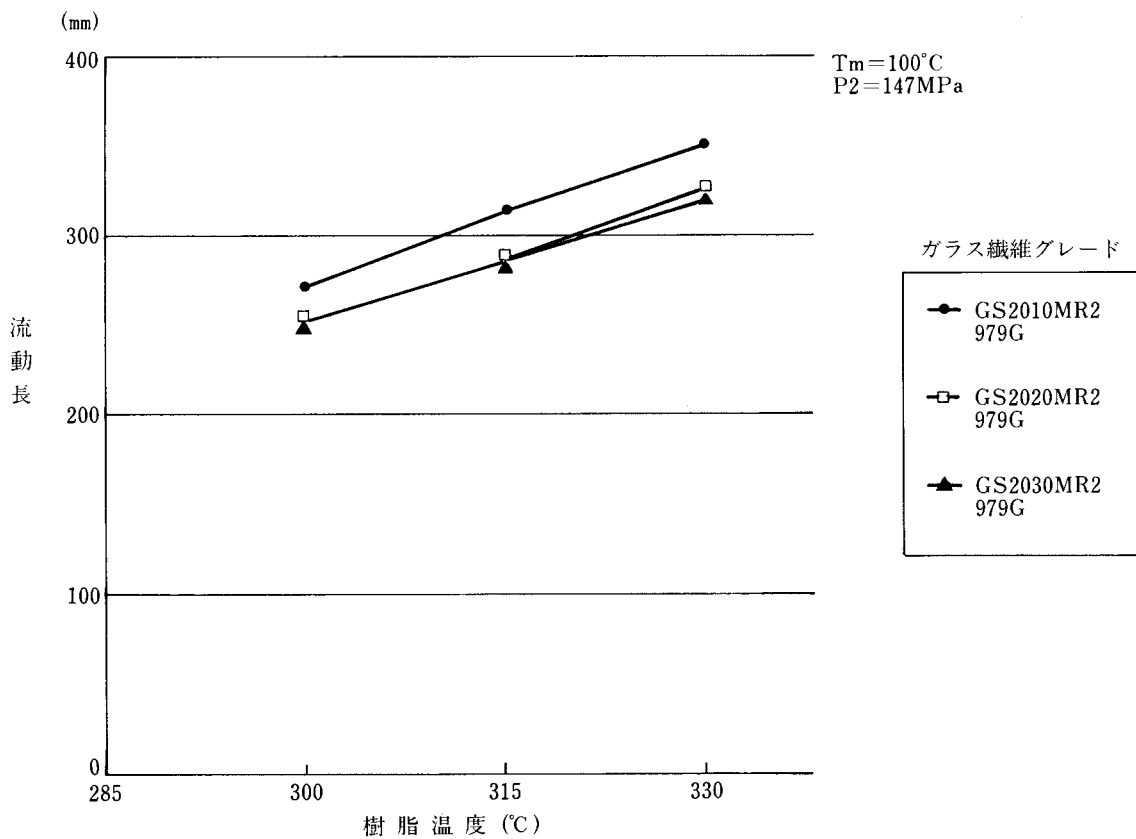
- (イ) 成形品の肉厚と樹脂の流動性(l/t)を考慮すること。
- (ロ) 成形品の厚肉部から薄肉部に向かって流れるような配置にすること。

等から成り立っている。

ユーピロン標準グレードにおける流動性(バーフロー流動長)のデータを 3-2-10 図 及び3-2-11 図に示す。



3-2-10 図 バーフロー流動長と樹脂温度



3-2-11 図 バーフロー流動長と樹脂温度

5) 抜き勾配

ユーピロンは成形収縮率が小さく、また、金属との密着性が良いので、抜き勾配を充分にとらなければならない。一般的には $1/100 \sim 1/50 (0.5 \sim 1.0^\circ)$ を標準とする。

6) コーナーR

コーナーRが小さいと、応力集中による割れが生じる、残留歪が大きくなる、フローマークが発生するなどの不良が発生するので、 $0.5 \sim 1.0\text{mmR}$ 以上とる必要がある。

7) 金型材質

金型鋼材としては、**3・2-1 表**に示すように、炭素鋼、プリーハードン鋼、焼入鋼などがある。特に型材の制約はなく、目的に応じて使い分けがなされている。例えば、ガラス繊維入材料を使用して成形する金型は、SKD-61、SKS-3などの焼入鋼が摩耗対策のために使用されている。

3・2-1 表 金型鋼材

分類	使用硬さ HRC	材 料 名	化学成分系	用 途 例
ブ リ ハ ー ド ン 鋼	13	HIT 81	S55C	・汎用樹脂用，大型用，雑貨用
	28	HIT 82	SCM 440	
	15～20	ZX 10	銅合金	・ハイサイクル生産用 (テレビハウジング，ラジカセハウジング，洗濯機カバー)
	33	HPM 2	SCM 改良(快削)	・不透明品成形型，ダイプレート，ホルダー用 (雑貨品，玩具，テレビキャビネット，ラジカセケース)
		HPM 38	SUS 420 J ₂ (改良)	・難燃剤添加樹脂用，一般透明品用，ゴム用 (家電製品，医療機器，食器)
		ASL 30F	SUS 420(改良)	・耐蝕用おも型 (カセット，フロッピーケース)
35～40	PSL	SUS 630 改良	・塩ビ，発泡樹脂用，ゴム用 (電話機，継手，パイプ，各種リール)	
40	HPM 1	AISIP 21 改良	・ABS強化樹脂，一般加工用，ダイプレート (各種家電製品，自動車用インナーパネル，雑貨品)	
	HPM 50	AISIP 21 改良	・仕上机(鏡面・シボ・放電加工)重視用 (ダストカバー，各種透明ケース，OA機器)	
	FDAC	SDK 61 改良	・エンブラ，スライドコア用	
焼 入 鋼	50～55	HPM 38	SUS 420 J ₂ 改良	・耐蝕鏡面仕上用 (ビデオディスク，カセットケース，医療機器，ライター部品)
		HPM 38S	SUS 420 J ₂ 改良	・耐蝕，超鏡面仕上用 (光ディスク，非球面レンズ)
	55～60	HPM 31	SKD 11 改良	・耐摩耗，精密エンブラ用 (各種ギア，コネクタ，VTR カセット)
60～68	HPM 40	粉末ハイス	・高耐摩スーパーエンブラ用 (コネクタ，IC モールド，ギア)	
時 効 処 理 鋼	40～45	YHD50FM	高硬度非磁性鋼	・磁場成形用 (プラマグ)
	52～57	YAG	超強力鋼	・高靱性，密鏡面用 (各種光学レンズ，薄肉製品成形コアピン)

8) 金型の加熱, 冷却

ユーピロン／ノバレックスの成形では, 金型の加熱, 冷却の設計は重要である。

ユーピロン／ノバレックスの場合, 成形歪の軽減, 良外観, 寸法精度の向上等を図るため, 金型温度を80℃以上に設定することが望ましい。

加熱, 冷却の方法としては, 油または加圧水を循環する方式が一番適している。コアが局部的に加熱される場合, チラーを用いて冷却するか或は, 細物コアでは, サーモパイプを使用する方法が推奨される。

スペースヒーターやカートリッジヒーター方式は, 加熱作用は効果的であるが, 冷却作用は効果がないため, 加熱の補助熱源として使用することが好ましい。

9) 突出し方式

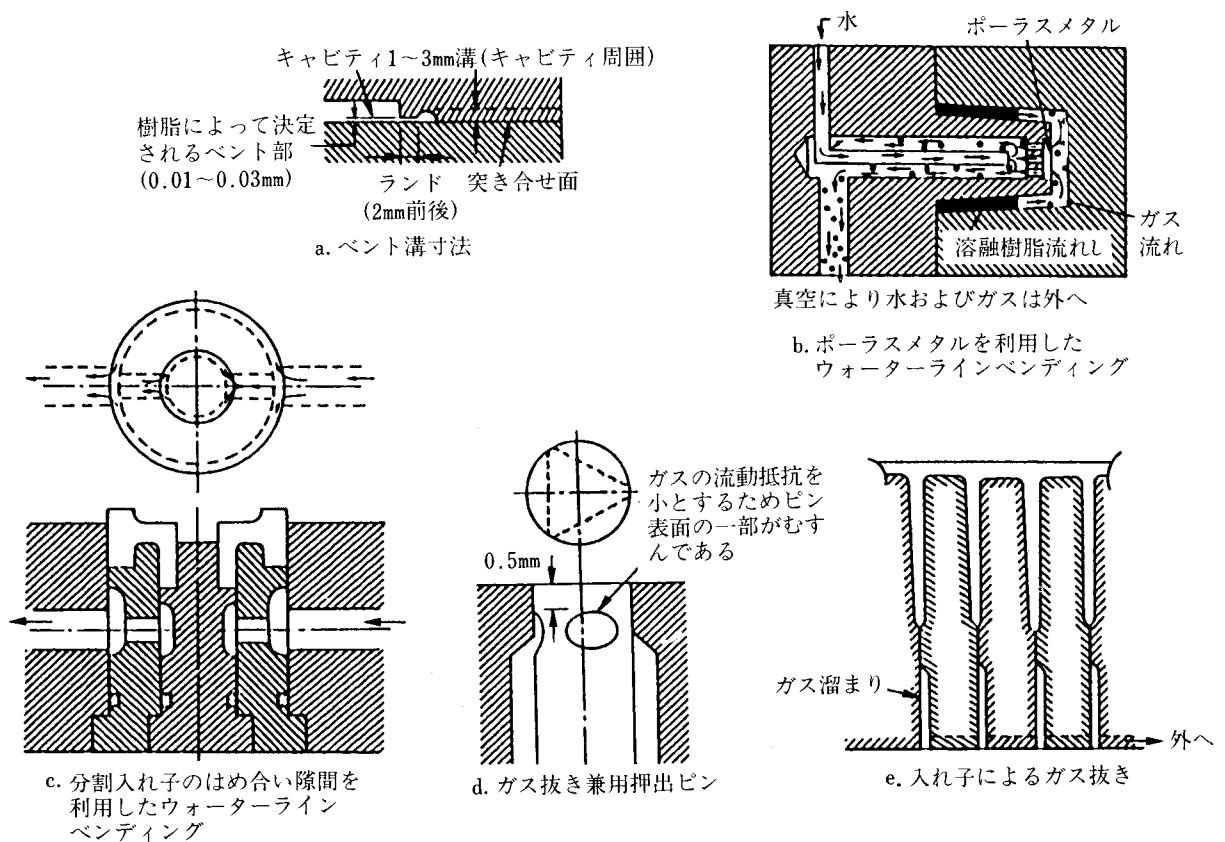
ユーピロン／ノバレックスはキャビティーからの離型抵抗が大きいので突出し方式については注意を要する。

突出しが不適な場合は, 成形品の変形, 割れ不良を誘発する。一般的には丸ピン, 角ピンのダイレクト突出し方式が良いが, 深物の場合は, ストリッパープレートやスリーブ突出し方式が適している。

10) エアーベント

成形時の最終充填部, 盲ボス, リブにはガスが溜り, 未充填, 断熱圧縮による樹脂焼け, 金型腐蝕などの不良が発生する。特に高速充填する場合, このような不良が生じやすい。従って, これらの個所にはエアーベントを設ける必要がある。特に複合強化グレードのような, 比較的ガス発生が多い材料で成形する場合, 充分にエアーベントを設ける必要がある。

エアーベントのクリアランスは1/100～3/100mmとするのが良い。3・2-12 図にガスベントの設計例を示した。



3・2-12 図 エアーベントの取り方

4. 成形収縮及び寸法精度

ユーピロン／ノバレックスの成形収縮は、4-1 表に示すように、グレード、成形品の形状、成形条件によって変化する。4-2 表にユーピロン／ノバレックスの各種グレードの成形収縮率を示すが、成形収縮率は0.05～0.70%の間で変化する。

成形後の収縮は、4-3 表に示す通り、成形後24～48時間程度ですみやかに安定する。

成形収縮の異方性は、4-4 表に示す通り、一般グレードは、樹脂の流れ方向及びそれに直角な方向によらず、一定の収縮率となり、異方性は殆どない。ガラス繊維強化グレードは4-1 図に示す通り、樹脂の流れ方向及びそれに直角な方向とで収縮率に大きな差が認められ、異方性がみられる。

成形時の保圧と成形収縮率の関係は、4-2 図に示す通り、保圧を上げると収縮率は小さくなる。

寸法精度は、材料、成形品形状、金型設計と金型の製作精度、成形条件によって左右される。

SPIで公表されているPCの寸法公差は、4-5 表に示す通りである。

4-6 表、4-3 図にメカシャーシ形状成形品の寸法公差とバラツキの事例を示す。

4-4, 5, 6 図, 4-7 表に円筒状成形品のゲート数と真円度, ゲート数と成形収縮率, 寸法精度測定例を示す。

これらの結果から次のことがいえる。

- (イ) 形状誤差を含めると、寸法精度は悪くなる。
- (ロ) 金型で決まらない寸法、例えば高さ寸法の精度は悪い。
- (ハ) ガラス繊維入り材料の方が未強化材料より精度は悪い。

4-1 表 成形収縮の挙動

	項 目	コ メ ン ト
材 料	溶融粘度	粘度の低い材料ほど保圧が良くきき、成形収縮率は小さくなる
	充填剤の配合と成形収縮率	充填剤を配合すると成形収縮率は小さくなる
	成形収縮率の異方性	繊維状の充填剤を配合すると異方性が生じる 繊維の配向した方向は成形収縮率は小さくなる
設	肉 厚	肉厚が薄い側では圧力損失が大きいため成形収縮率は大きい 一方厚い側では徐冷効果により成形収縮率が大きくなる 中間に成形収縮率が最小になる肉厚がある
	ゲ ー ト	ゲート径は大きい方が成形収縮率は小さい 成形収縮率に異方性がある材料ではゲート位置や数によって成形収縮率は異なる
計	形 状	成形品の形状によって形状精度は異なる(真円度, 円筒度, 真直度など)
成 形 条 件	保 圧	保圧が高い方が成形収縮率は小さくなる
	樹脂温度	樹脂温度が高い方が成形収縮率は小さい

4-2 表 ユーピロン／ノバレックス各種グレードの成形収縮率

グレード	成形収縮率 %			
	形状A		形状B	
	//	⊥	内 径	外 径
S-2000	0.5~0.7		0.49	0.56
LS-2010	0.5~0.7			
LS-2020	0.5~0.7			
LS-2030	0.5~0.7			
GS2010M	0.3	0.5		
GS2020M	0.1	0.4		
GS2030M	0.05	0.3	0.15	0.23
LGS2230M	0.08	0.31	0.16	0.24
LGS2230MA	0.20	0.36	0.24	0.34
LCF2410	0.09	0.24	0.13	0.21
LCF2415	0.07	0.31	0.07	0.14
LCF2410A	0.22	0.32	0.27	0.33

形状A：t 3.2×φ 100mm 円板

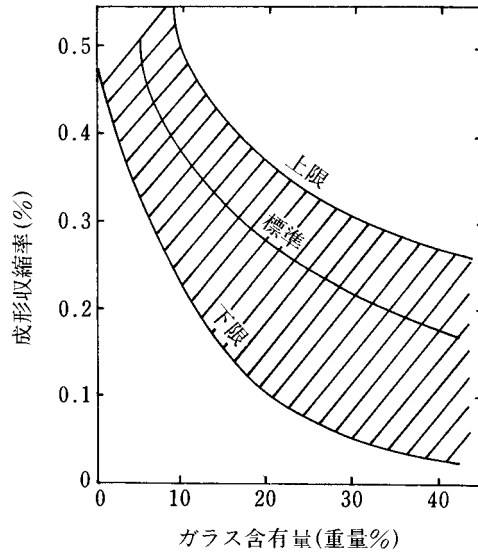
(//)：ゲートに対し平行

形状B：(外径)58×(内径)54×(高さ)25mm

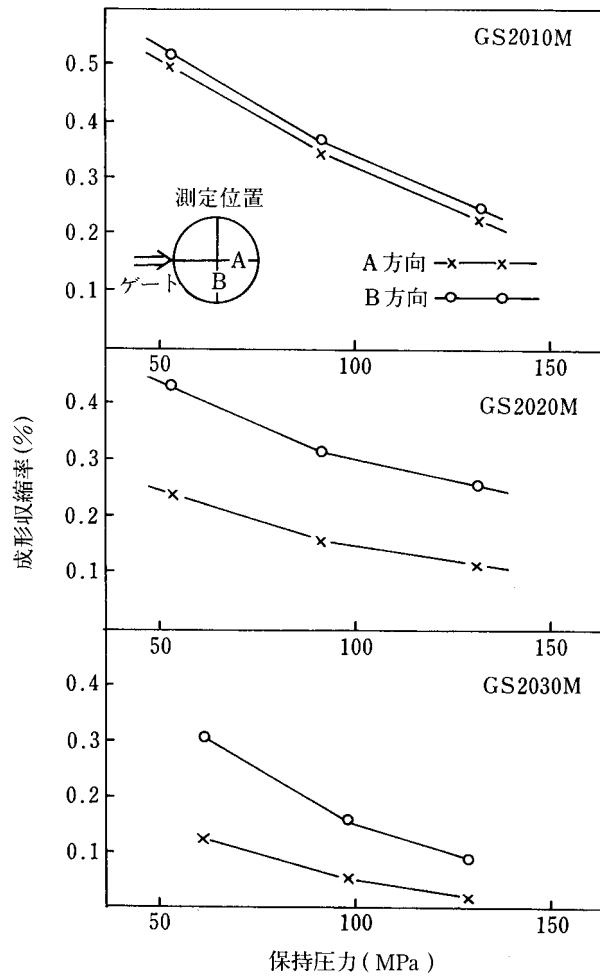
(⊥)： “ 垂直

円筒状成形品

ゲート：ピンゲート／3点／φ 1.5mm



4-1 図 成形収縮率に及ぼすガラス含有量の影響



4-2 図 成形収縮率と保持圧力の関係

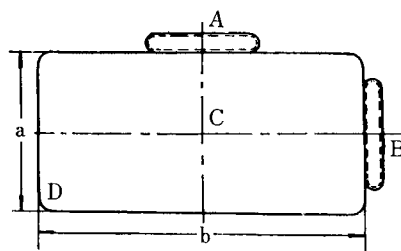
4-3 表 ユーピロン／ノバレックスの成形収縮

成形条件			成形収縮 (cm/cm)		
シリンダー温度 (°C)	射出速度	射出圧 MPa (kg/cm ²)	5日後	10日後	30日後
270	2	137(1400)	—	0.0076	—
〃	8	〃(〃)	0.0076	0.0079	0.0076
290	2	82(840)	0.0082	0.0084	0.0082
〃	8	〃(〃)	0.0072	0.0076	0.0076
〃	2	137(1400)	0.0060	0.0062	0.0059
〃	8	〃(〃)	0.0065	0.0065	0.0068
310	2	82(840)	0.0066	0.0067	0.0065
〃	8	〃(〃)	0.0065	0.0066	0.0068
〃	2	137(1400)	0.0059	0.0061	0.0059
〃	8	〃(〃)	0.0057	0.0057	0.0057

4-4 表 ポリカーボネートの成形収縮率

ゲート位置	a		b	
	寸法 mm	収縮率 %	寸法 mm	収縮率 %
A	86.31	0.79	184.60	0.75
B	86.32	0.78	184.61	0.75
C	86.30	0.80	184.61	0.75
D	86.30	0.80	184.56	0.77

注) 成形収縮試験金型

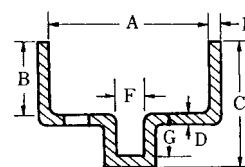


a = 87 mm b = 186 mm 厚み = 2.5 mm

4-5 表 PCの寸法公差(SPI資料より)

(inchをmm単位に換算)

	寸法 (mm)	公差 (mm)				
		±0.05	±0.10	±0.15	±0.20	±0.25
A内径 (注1) B深さ (注2) C高さ (注2)	20	●	●			
	40					
	60					
	80					
	100					
	120					
	140					
	152.4~304.8 (25.4mm毎に右 の公差を加算)	一般±	精密±			
	0.076	0.038				
D底厚 (注2)		0.076	0.051			
E側厚 (注3)		0.076	0.051			
F孔径 (注1)	0.00 ~ 3.18	0.051	0.025			
	3.18 ~ 6.35	0.051	0.038			
	6.35 ~ 12.70	0.076	0.051			
	12.70 ~	0.076	0.051			
G孔深 (注4)	0.00 ~ 6.35	0.051	0.051			
	6.35 ~ 12.70	0.076	0.051			
	12.70 ~ 25.40	0.102	0.076			



(注) 3.2mm厚を前提にした公差である

- (1) この公差は材料のエージング特性を含んだ精度ではない。
- (2) パーティングラインを考慮に入れること。
- (3) パーティングの形状は厚みができるだけ均一になるようにすべきである。(この形状では完全に均一肉厚にすることは不可能であるが)
- (4) 径に対する孔深さの比はコーピンが破壊するような長さにならないように注意。

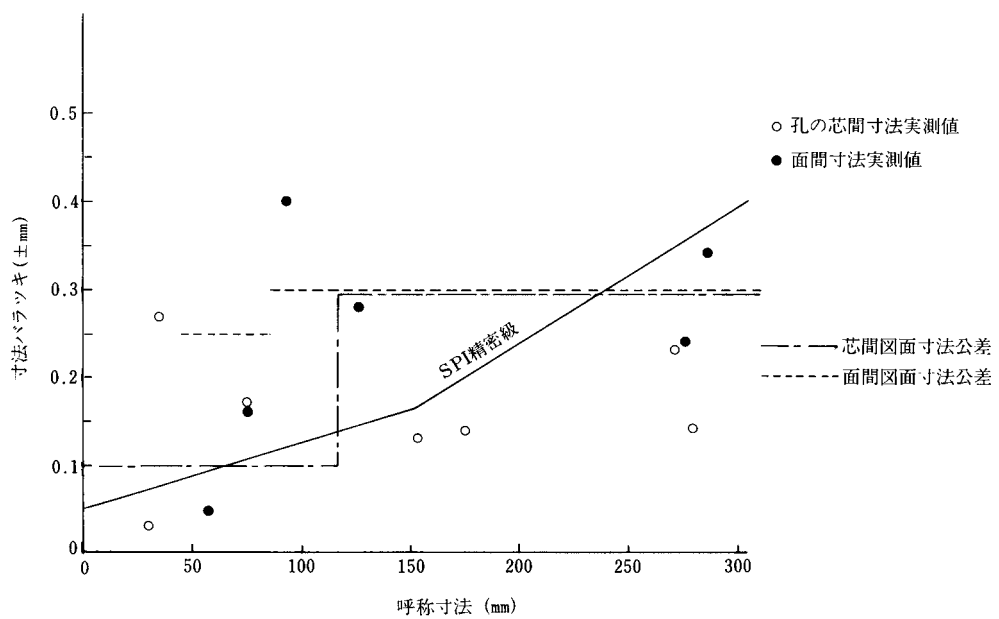
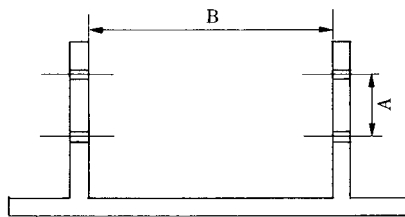
4-6表 メカシャーシの寸法公差とバラツキ

(mm)

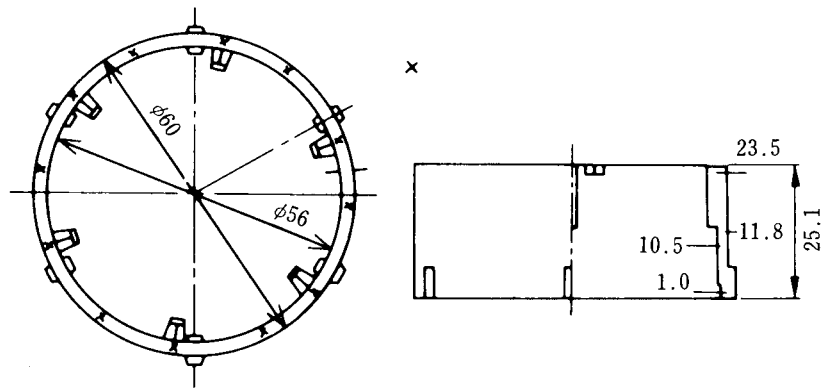
	図面寸法	成形品寸法
A ¹⁾	29 ± 0.1	28.911 ± 0.03
	35 ± 0.1	35.017 ± 0.27
	75 ± 0.1	74.951 ± 0.17
	155 ± 0.3	154.868 ± 0.13
	175 ± 0.3	174.727 ± 0.14
	272 ± 0.3	271.667 ± 0.23
	280 ± 0.3	279.920 ± 0.14
B ¹⁾	54	56.871 ± 0.05
	74.5 ± 0.5	74.961 ± 0.27
	93 ± 0.3	93.365 ± 0.40
	126	125.984 ± 0.28
	274	274.759 ± 0.41
	278 ± 0.3	278.323 ± 0.24
	286	286.260 ± 0.34

(材料：GS2030MR2)

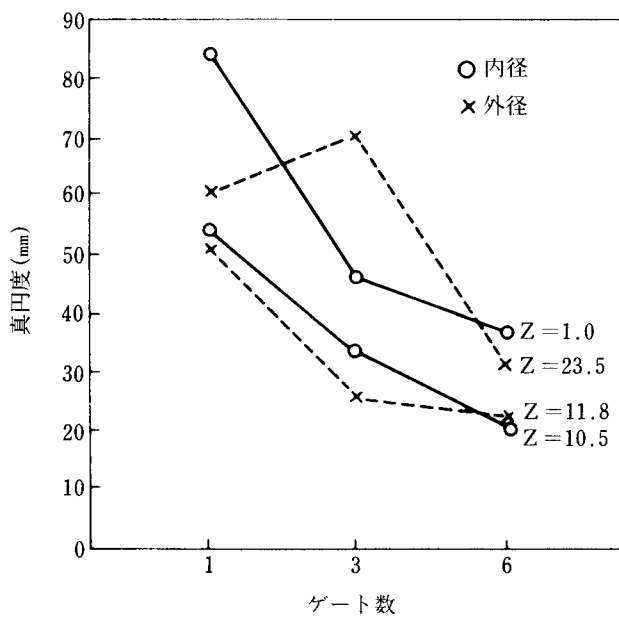
注) 1) 寸法測定位置



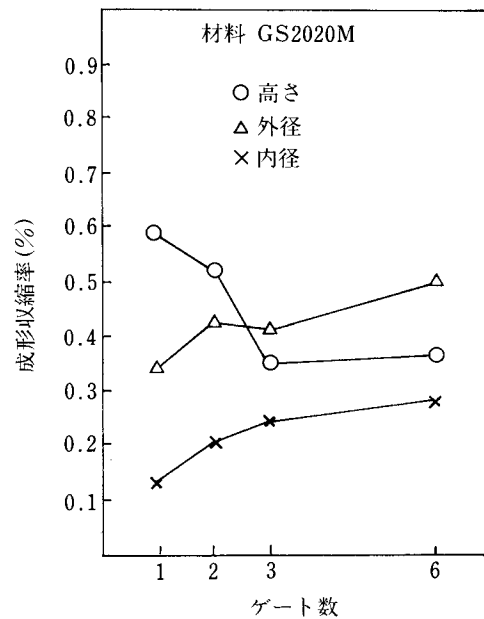
4-3図 呼称寸法と寸法バラツキ



4-4 図 成形品形状と寸法測定個所



4-5 図 ゲート数と真円度
(高さ方向の位置との関係)



4-6 図 ゲート数と成形収縮率

4-7 表 ユーピロンの寸法精度測定例

(μm)

材 料	形誤りの取り方 位置	形状誤差を含む			形状誤差を含まず		
		外径	内径	高さ	外径	内径	高さ
S-2000		±17	±16	±25	±9	±9	±12
S-3000		±16	±18	±21	±7	±9	±12
GS2020M		±36	±29	±39	±8	±9	±27

成 形 機：〈住友ネオマット〉N350/120(〈サイキャップ〉付き)

成 形 品：円筒状成形品(外径60mm ϕ ，内径56mm ϕ ，高さ25mm)

成形条件：実験計画法により，樹脂温度，射出速度，射出圧，金型温度などを変えて成形した。

デ ー タ：3 σ の値で示す。

外径，内径，高さなどはおのおの3次元寸法測定機で数点測定してデータ解析した。「形状誤差含む」とは個々の測定値で解析した場合，「形状誤差含まず」とは平均値で解析した場合である。

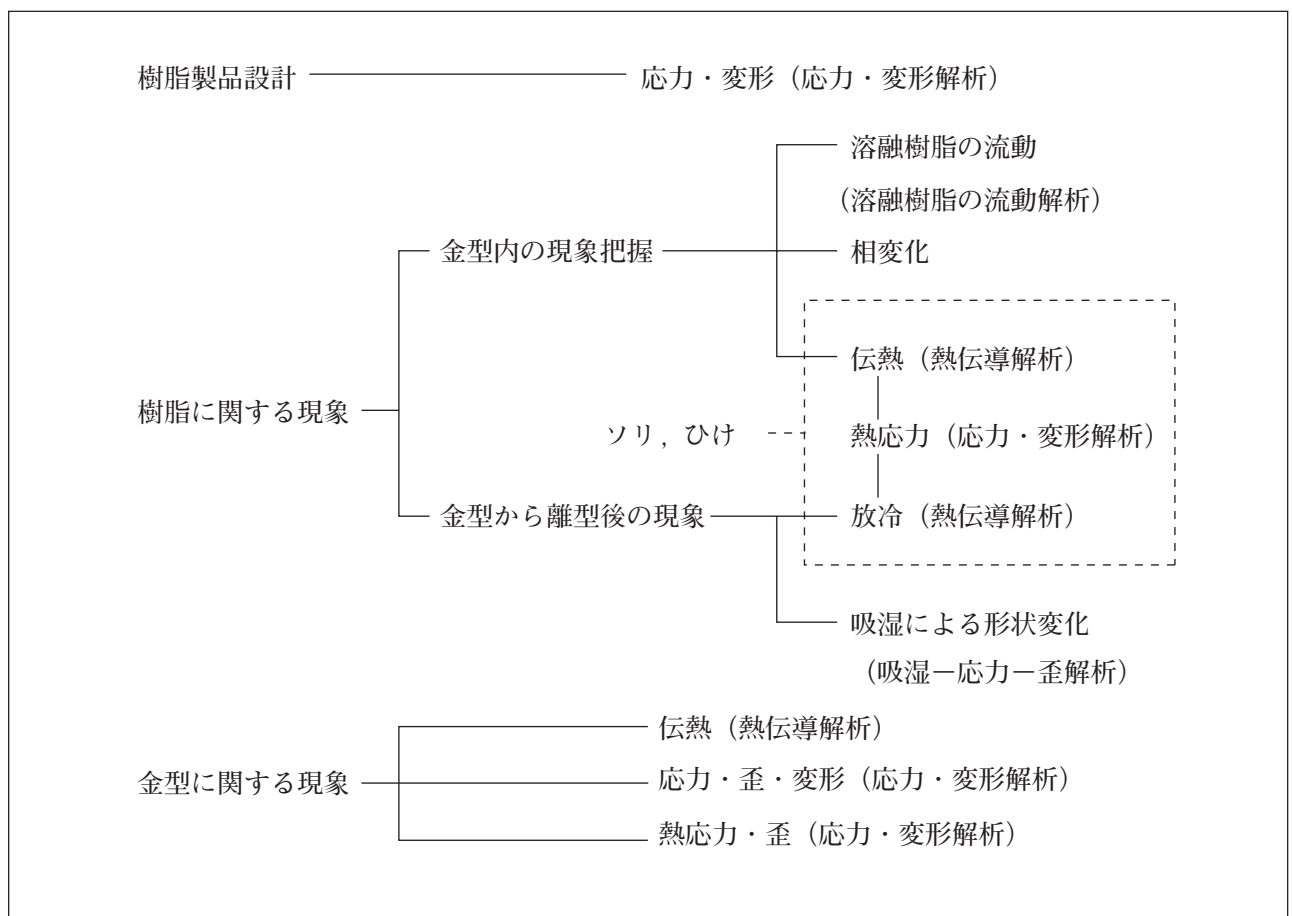
5. CAE

CAE(Computer Aided Engineering)は製品や金型設計の支援技術として、射出成形品の設計に広く取り入れられている。その利点としては、

- (1) コンピュータによりケーススタディができるので、試作検討期間を短縮できる。
 - (2) 安全をみた余分な設計をしなくても良いので、合理的・経済的な設計ができる。
 - (3) 材料、成形品形状、金型、成形条件などを含めたシステム設計ができるので、製品品質が向上する。
 - (4) 経験的な成形データに比較して、CAEによる解析データは汎用性があり、データの有効活用ができる。
- 特に、成形の熟練者でなくても活用できる。

CAEの応用範囲は、5-1 表の通りで、(構造解析)樹脂製品の応力、変形解析、(流動解析)金型内の樹脂流動挙動、ウエルドラインの推測、(熱解析)金型内の熱伝導、最終充填時の樹脂の温度分布の推定等が行われる。

5-1 表 CAEの応用



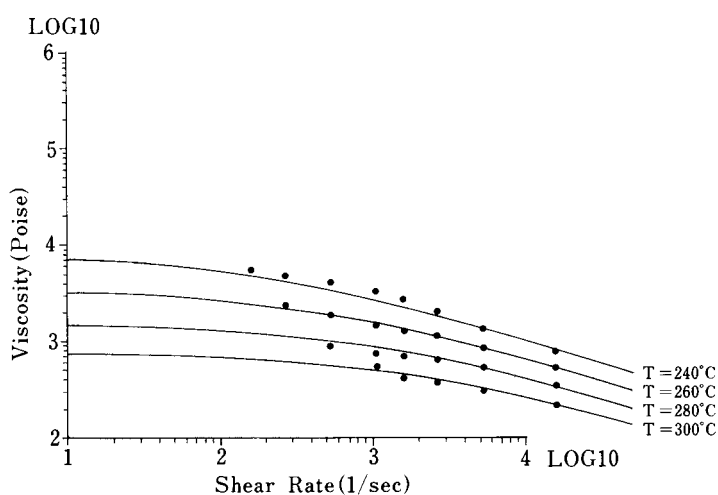
解析に当っては、それぞれ樹脂、グレード毎のデータベースが必要であり、データベースとしては、固体物性と溶融体物性に分けられる。固体物性は、5-2表に示したように通常のユーピロンの機械的物性値が用いられる。

5-2表 ユーピロンの機械的物性値
(ヤング率, 剪断係数, ポアソン比, 線膨張係数)

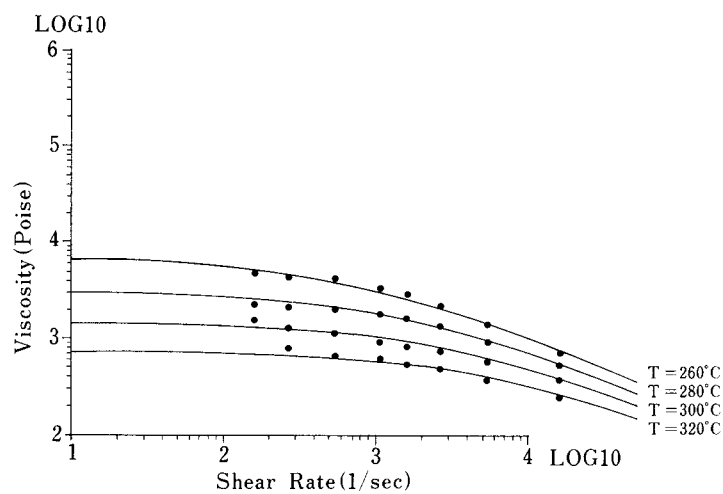
			ユーピロン S-2000	GS2015M	GS2020M	GS2025M	GS2030M
ヤング率 $E^{1)}$ (Kg/cm 2)			23.0×10^3	39.8×10^3	46.9×10^3	59.0×10^3	80.8×10^3
剪断係数 $G^{2)}$ (Kg/cm 2)			7.97×10^3	14.6×10^3	17.2×10^3	21.8×10^3	29.9×10^3
ポアソン比 $\nu^{3)}$			0.38	0.365	0.36	0.355	0.355
線膨張係数 $\alpha^{4)}$ ($\times 10^{-5}$ cm/cm $^{\circ}C$)	a (1.6 t)	(//)	5.72	2.84	2.41	2.15	1.78
		(\perp)	6.36	5.41	5.35	5.05	4.80
	b (3.2 t)	(//)	6.57	3.08	2.62	2.45	2.26
		(\perp)	7.07	6.35	6.17	6.00	5.86

- 注) 1) modulus of elasticity, E.
 2) shear modulus, $G=E/2(1+\nu)$.
 3) poisson's ratio, ν .
 4) coefficient of linear thermal expansion, α .

溶融体物性は、5-1図～5-5図に示した粘度データ、5-6図に示した比熱データ、5-7図に示した熱伝導率データ、5-8図に示したP- ν -Tデータ等がある。



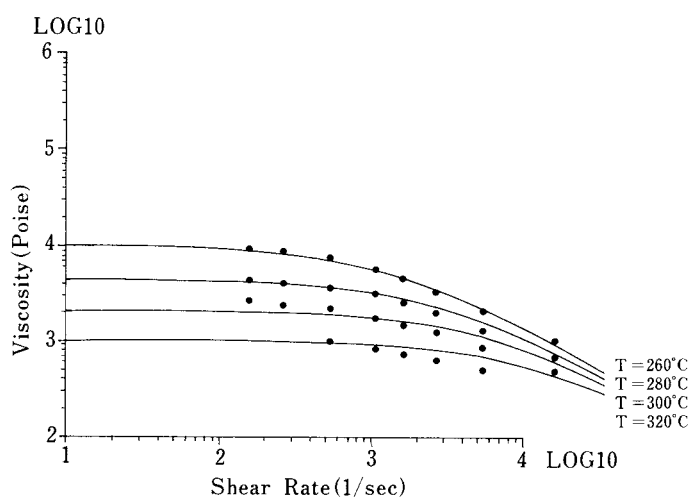
5-1図 粘度曲線(ユーピロンH-4000)



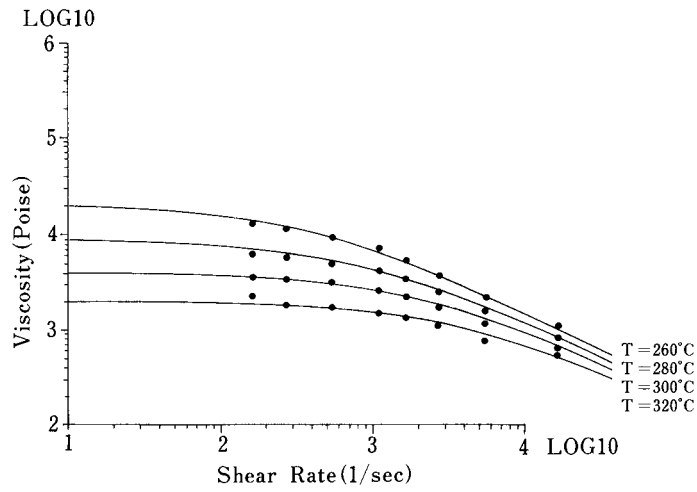
5-2 図 粘度曲線(ユーピロンH-3000)

ユーピロンS-3000流動解析用樹脂データ

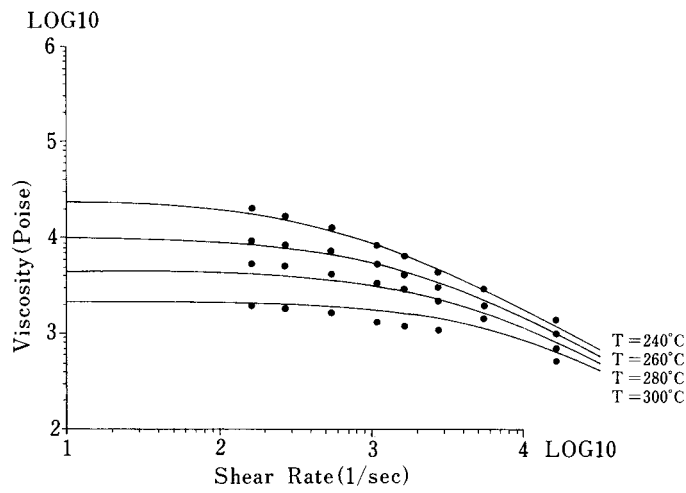
比熱 (Single-point polymer specific heat)	2.2858E+03	J/Kg.deg-C
熱伝導率 (Single-point polymer thermal conductivity)	2.6000E-01	W/m-K
密度 (Constant polymer density) 固体 (solid density) :	1.2000E+03	kg/m ³
溶融 (melt density) :	1.0500E+03	kg/m ³
固化温度 (Freeze Temperature)	144	°C
流動停止温度 (No Flow Temperature)	170	°C



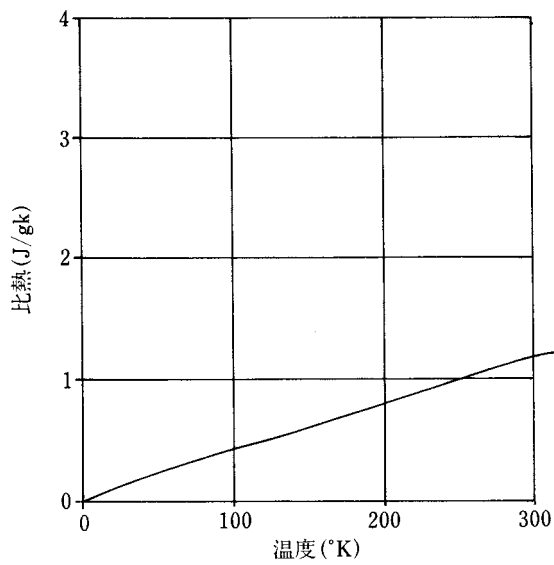
5-3 図 粘度曲線(ユーピロンS-3000)



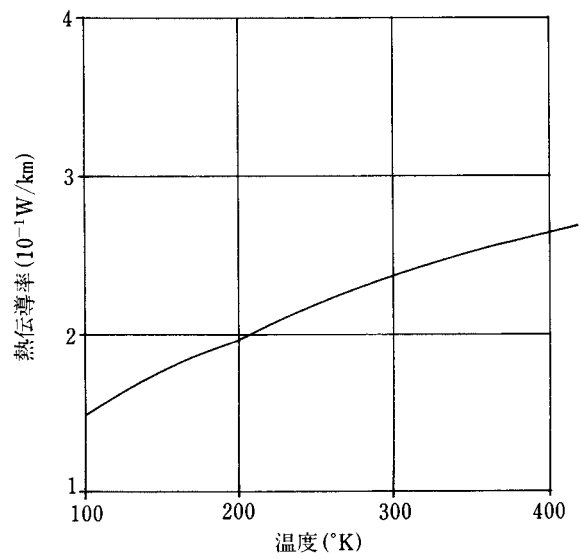
5-4 図 粘度曲線(ユーピロンS-2000)



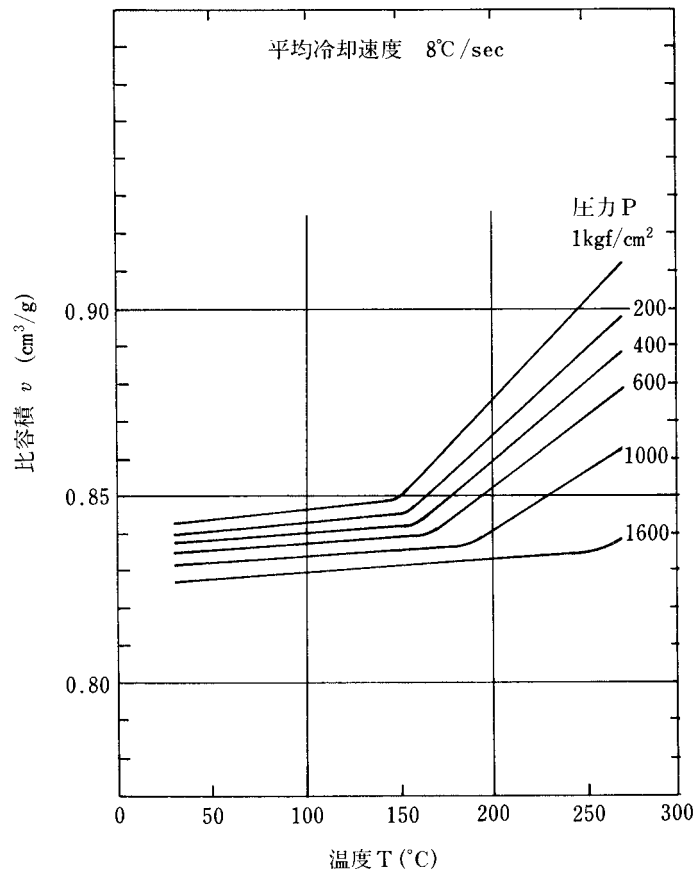
5-5 図 粘度曲線(ユーピロンS-1000)



5-6 図 比熱データ



5-7 図 熱伝導率データ



5-8 図 P- v -Tデータ

6. ホットランナー成形

ユーピロン／ノバレックスのホットランナー成形は、コールドランナーの削減によるコストダウン、コールドランナー部の圧力損失の軽減による流動性向上を図る目的で使用される。

ホットランナーシステムは、加熱方式、ゲートシール方式の異なるものが各種開発されている。

加熱方式の違いによる長所、短所は、

(イ) 内部加熱方式は、ヒーター位置がキャビティーから離れているため断熱性がある。

(ロ) 外部加熱方式は、流路がシンプルであるが、キャビティーへの断熱が必要である。

ゲートシール方式の違いによる長所、短所は、

(イ) オープンゲート方式は、構造制御がシンプル、サックバックが不可欠、ゲートに制限がある。

(ロ) メカニカルシール方式は、圧力損失が少ない。ゲートシール性が完全で、ハナタレ、糸引きがない反面構造が複雑で、多点ゲートの場合、ゲートのピッチ間に制約がある。

(ハ) サーマルシール方式は、ゲート径に制約があり、多点ゲートの場合、ゲートバランスがとりにくい。

こと等があげられる。

ホットランナーシステムを選定する時の留意点は

- 1) 樹脂の滞留がないこと
- 2) 構造ができるだけシンプルであること
- 3) ハナタレ、糸引きがないこと、またその調整が簡単であること
- 4) ゲート部の断熱効果があること
- 5) 色替えが簡単であること
- 6) バルブゲート方式では、ピンの摺動部に樹脂が滞留したり、ピンが偏芯しないこと
- 7) メンテナンスが容易であること
- 8) ゲート径が大きく、圧力損失が小さいこと

等である。

7. ユーピロン／ノバレックスの再生

ユーピロン／ノバレックスの再生材使用については、新材に対し、20～30%混合して使用方法が推奨される。

7-1表、7-2表は、ユーピロンS-3000Rを用い、再生材100%と再生材30%混入品の物性を測定した結果である。100%再生材では、再生を繰り返すに従い、分子量の低下、黄変度の増加、全光線透過率の低下がみられる。それに対し、30%再生材ではこれら物性値の変化は少ない。

7-1表 ユーピロン S-3000R(再生材100%)の物性

試験項目 単位	分子 量 ×10 ⁴	全光線透過率 %	ヘイズ %	△YI値	引張降伏強さ MPa(kg/cm ²)	引張破断強さ MPa(kg/cm ²)	引張破断伸び %	アイゾット 衝撃値 ¹⁾ J/m(kg·cm/cm)
0回	2.3	88.8	1.7	—	62.6(638)	68.2(695)	120	858(87.5)
1回	2.3	87.2	2.1	2.5	61.8(630)	63.8(651)	112	784(79.9)
2回	2.2	86.2	2.1	5.2	61.8(630)	66.1(674)	113	782(79.7)
3回	2.2	85.8	2.3	8.1	61.9(631)	61.8(630)	104	828(84.4)
4回	2.2	84.2	2.6	10.9	61.8(630)	60.8(620)	95	782(79.7)
5回	2.2	82.7	3.0	14.6	61.9(631)	63.3(645)	109	862(87.9)
6回	2.1	81.5	4.1	18.2	61.7(629)	65.3(666)	113	715(72.9)
7回	2.1	80.4	3.8	19.3	61.6(628)	64.2(655)	110	870(88.7)
8回	2.1	79.1	4.3	26.0	61.7(629)	60.6(618)	98	870(88.7)
9回	2.1	78.3	4.2	28.9	61.7(629)	62.4(636)	104	786(80.1)
10回	2.1	77.4	5.1	30.9	61.6(628)	62.0(632)	102	844(86.1)

注) 1) 厚さ3.2mm 0.25Rノッチ付き

7-2表 ユーピロン S-3000R(再生材30%)の物性

試験項目 単位	分子 量 ×10 ⁴	全光線透過率 %	ハ イ ズ %	△YI値	引張降伏強さ MPa (kg/cm ²)	引張破断強さ MPa (kg/cm ²)	引張破断伸び %	アイゾット 衝撃値 ¹⁾ J/m (kg·cm/cm)
0回	2.3	88.8	1.7	—	62.6(638)	68.2(695)	120	858(87.5)
1回	2.2	88.2	1.2	1.2	61.9(631)	69.2(706)	120	861(87.8)
2回	2.2	87.9	2.0	1.7	61.9(631)	72.6(740)	127	856(87.3)
3回	2.2	88.0	1.2	2.0	62.3(635)	68.6(700)	121	854(87.1)
4回	2.2	88.0	1.3	1.9	62.2(634)	66.2(675)	123	856(87.3)
5回	2.2	88.0	1.0	1.9	62.1(633)	71.4(728)	129	900(91.8)
6回	2.2	88.2	1.0	2.5	62.2(634)	67.9(692)	119	870(88.7)
7回	2.2	88.0	1.5	2.0	62.2(634)	70.9(723)	124	863(88.0)
8回	2.2	88.0	2.0	2.5	61.8(630)	71.4(728)	129	856(87.3)
9回	2.2	88.0	1.0	1.8	61.7(629)	67.6(689)	121	858(87.5)
10回	2.2	88.0	1.4	1.8	61.3(625)	70.9(723)	128	868(88.5)

注) 1) 厚さ3.2mm 0.25Rノッチ付き

7-3 表は、ユーピロンGS2010M(ガラス繊維入り)の再生回数と強度の関係を求めたものである。この表からわかるように、ガラス繊維強化PCの場合、再生を繰り返すことによってガラス繊維が破砕するため、強度が低下する。再生材30%混入品は、100%再生材に比べ、強度低下は少ない。

PCの再生材使用による性能低下に与える諸要因をまとめると、7-4 表の通りである。再生は、材料の劣化以外に異物の混入による性能低下があるので注意が必要である。

以下に再生材使用に当って、一般的な注意事項を列挙した。

- (1) 再生材の混合比率は、材料自体の熱安定性(添加剤や充填剤の有無)、成形条件(成形温度や滞留時間、再生材の管理状態)などによって変化するので、それぞれの材料や成形条件にみあった混合比率を決める必要がある。
- (2) 再生材には異物(異樹脂、ゴミ、離型剤、油、インサート金具)などが混入しないようにする。透明材で成形時に使用した離型剤が付着したままで再生材を使用すると、成形品が白化することがある。
- (3) 眼鏡レンズ、光学レンズ、光ディスク基板のようなコンタミを極度に嫌う成形品では、再生材の使用は避けるべきである。(7-5 表 参照)

再生材は、コンタミが問題にならない他の用途に向ける方が良い。

- (4) 粉碎された再生材を用いると、スクリュウ径が小さい場合、可塑化時の計量がバラツキやすく、精密成形品の寸法が公差からはずれることがある。

この場合は、粉碎品の粒径の管理または再ペレット化等の対策が必要である。

- (5) 金具をインサートする成形品では、できるだけ成形後にインサートする方式を採用する方が良い。

7-3 表 ガラス繊維強化PCの再生試験結果

分類	再生回数	平均繊維長 (μm)	曲げ強度 $\text{MPa}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	曲げ弾性率 $\text{GPa}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$
バージン材	—	241	112(1,220)	3.53(36,000)
100%再生	1	187	111(1,130)	3.30(33,700)
	2	154	105(1,070)	3.10(31,600)
	3	146	102(1,040)	3.03(30,900)
	4	140	109(1,110)	2.96(30,200)
30%再生	1	—	116(1,180)	3.38(34,506)
	2	—	116(1,180)	3.40(34,700)
	3	—	116(1,180)	3.40(34,700)
	4	—	116(1,180)	3.40(34,700)

材料：ユーピロン GS2010M (ガラス繊維10%)

7-4 表 再生材の性能低下に及ぼす諸要因

要 因	内 容
材料の熱劣化及び 充填材の破碎	熱安定剤 着色剤の種類及び量，充填剤の種類及び形状
加工条件による劣化	予備乾燥(温度，時間) 成形温度 成形サイクル 成形機容量
異物の混入	離型剤の混入(前成形で使用した吹付け型離型剤の付着) 油の付着(金型油他) 焼けゴミ(炭化物)の混入 金属粉の混入(インサート金具他) 異樹脂の混入 その他のコンタミ

7-5 表 コンタミの分析結果

コンタミの 大きさ(μm)	0.5~0.5	1~2	2~5	5~10	10~21
新 材	12,000	200	50	0	0
再生20%品	522,320	5,290	680	100	0
再生30%品	858,710	8,790	1,220	90	10
再生50%品	1,406,230	16,680	2,000	200	10

注) 測定法：レーザー光散乱方式 HIAC/ROYCO 4000型パーティクルカウンター
材 料：ユーピロン H-3000R

8. ユーピロン／ノバレックスのアニール処理

8.1 アニール処理

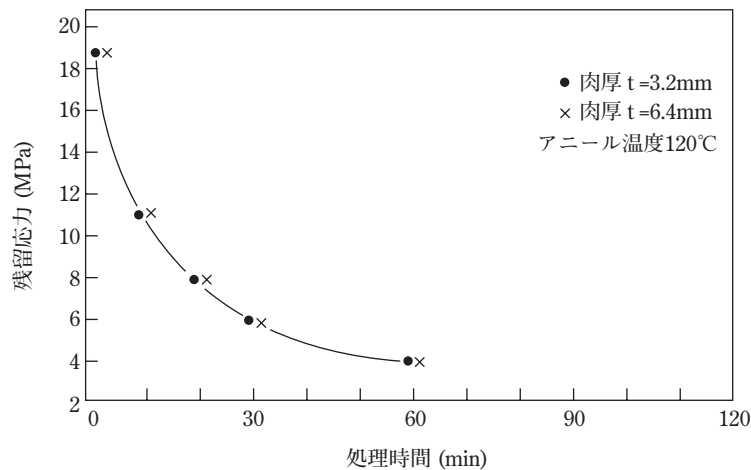
通常、射出成形品には、いくつかの原因で残留歪が存在している。特にゲートの近傍、成形品のエッジ部、製品の肉厚変化の大きい部分等には、残留歪が大きいことが経験的に知られている。

成形品に残留歪があると、それに油、グリース、印刷インキ、塗料、シンナー等が接触するとクラックを生じることになる。

そこで、成形品の残留歪をとり除くため、PCのガラス転移温度($T_g \approx 145^\circ\text{C}$)より約 20°C 程度低い温度で加熱し、その温度のまま一定時間保持し、その後室温まで除冷する操作を行う。これを一般にアニール処理とっている。

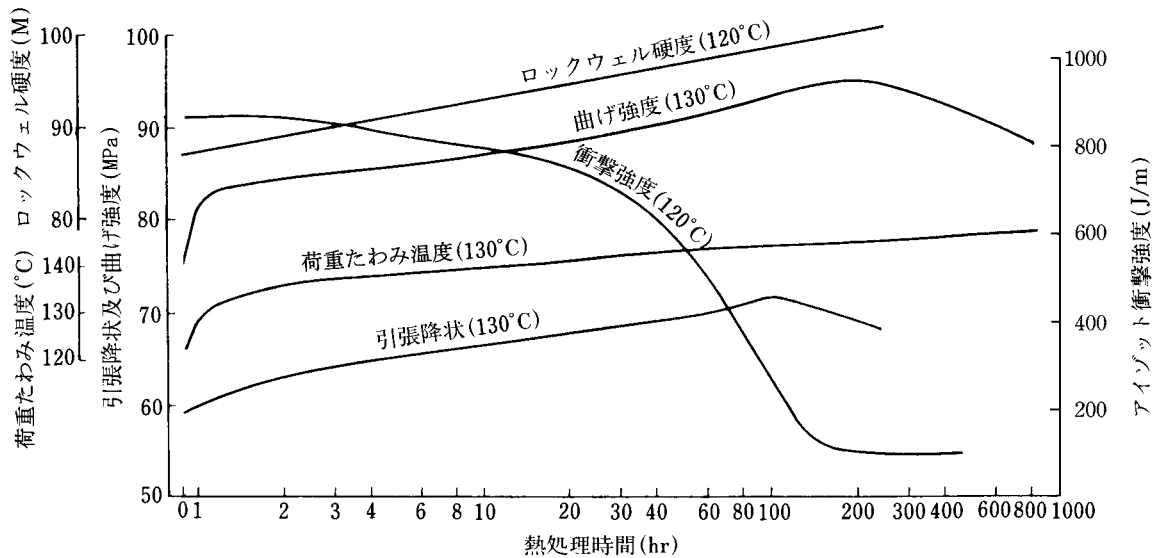
ユーピロン／ノバレックスの場合、アニール条件として、温度 $120\sim 125^\circ\text{C}$ で1～2時間行う。但し、単純な形状で製品の肉厚が薄い場合は短時間で良いが、複雑な形状または製品の肉厚が厚い場合は、安全を考慮して2～3時間アニール処理をすることもある。

8.1-1 図は厚さ 3.2mm の引張試験片と 6.4mm の曲げ試験片を試料とし、アニール処理時間と残留応力の関係を調べた結果である。



8.1-1 図 アニール処理時間と残留応力

8.1-1 図から、試料の厚さにかかわらず、処理時間と共に残留応力は減少していくことがわかる。



8・1-2 図 ユーピロン／ノバレックスの熱処理による物性変化

アニール前ではゲートの近傍やエッジ部にクラックが集中して発生し、全体には表面層に残留歪が多いことがみとめられるが、本試験のような単純形状のテストピースでは、30分もアニール処理すれば、クラックがわずかにみとめられる程度まで応力緩和が進む。

残留応力の検出方法は、2・4 項2) 成形歪を参照。

アニール処理のための加熱方法は、通常熱風循環式オープンが用いられる。他樹脂では熱媒として水やオイル等を使用することがあるが、ユーピロン／ノバレックスの場合、加水分解や溶剤クラックを誘発するので好ましくない。

ユーピロン／ノバレックスをアニール処理すると

- (1) 長時間行った場合衝撃強度が低下する傾向がある。(8・1-2 図 参照)
- (2) 加熱収縮により寸法が変わる。(温度120°Cの時、加熱収縮率は0.1～0.15%である)
- (3) コストアップになる。

などの点から、アニール処理はできるだけ避けた方がよい。

ユーピロン／ノバレックスの場合、残留歪を除くことがアニールの主目的であるが、やむをえずアニール処理が必要な場合を除いて、製品設計や成形条件で残留歪の低減を図るべきである。

最近、効率的なアニール方法として、遠赤外線を応用した方法がある。この方法によれば、従来法に比較して約1/3～1/2アニール時間を短縮できる。次項にその概要を紹介する。(詳細は弊社まで御問い合わせ下さい。)

8・2 熱風／遠赤外線併用系アニールの効果

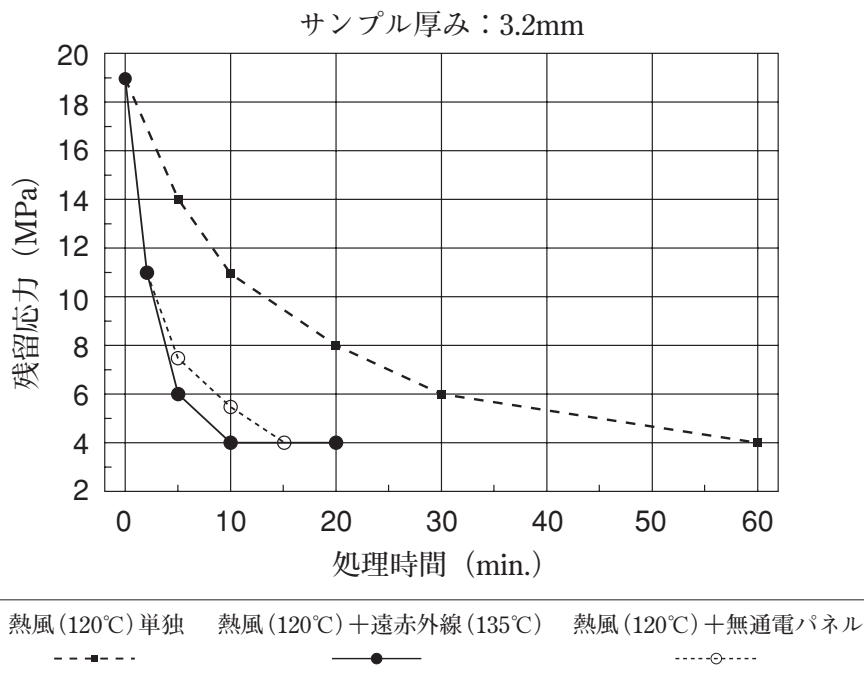
成形品のアニール後の残留歪及び成形品表面温度，内部温度を測定することにより，以下の効果が確認された。

- (1) 熱風遠赤外線併用系加熱の場合は，熱風単独系加熱の場合より3～4倍のアニール時間の短縮が図れる。
- (2) 遠赤外線単独系加熱の場合，ヒータ温度を高くすれば加熱速度を急激に速めることができるが，被加熱物の過剰加熱の恐れがある。
- (3) 熱風遠赤外線併用系加熱の場合，遠赤外線ヒータには電流を流さずとも熱風により路内と同じ温度に加熱されれば，通電時とほぼ同様の速度で成形品温度は上昇する。
- (4) アニール時間は，成形品の加熱温度に強く依存するので，成形品温度が120℃に達した後，5分間経過すればアニールは完了する。

8・2-1 表 アニール後のアイゾット衝撃強度変化
試験材料：ユーピロン S-3000(t=3.2衝撃片 0.25Rノッチ付き)

遠赤外線アニール			オープンアニール		
処理時間 (min)	IZOD強度 (J/m)	脆性破壊 n=5	処理時間 (hrs)	IZOD強度 (J/m)	脆性破壊 n=5
0	821	0/5	0	821	0/5
1	870	0/5	1	811	0/5
3	835	0/5	3	665	1/5
5	830	0/5	5	532	2/5
10	830	0/5	10	262	4/5

アニール条件：遠赤外線アニール パネル温度 180℃
熱風温度 140℃
オープンアニール 120℃



8・2-1 図 平板における残留応力減少曲線

尚，本技術は弊社の親会社である三菱瓦斯化学(株)より，特許権利化されています。
(登録番号：2077432 平成8年8月9日登録)

国際単位系(略称SI)

主要単位換算表

力	N	dyn	kgf		
	1 1×10^{-5} 9.80665	1×10^5 1 9.80665×10^5	1.01972×10^{-1} 1.01972×10^{-6} 1		
圧力	Pa	kgf/cm ²	atm	mmHg·Torr	
	1	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	7.50062×10^{-3}	
	9.80665×10^4	1	9.67841×10^{-1}	7.35559×10^2	
	1.01325×10^5 1.33322×10^2	1.03323 1.35951×10^{-3}	1 1.31579×10^{-3}	7.60000×10^2 1	
応力	Pa又はN/m ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²		
	1	1.01972×10^{-7}	1.01972×10^{-5}		
	9.80665×10^6	1	1×10^2		
	9.80665×10^4	1×10^{-2}	1		
エネルギー・ 仕事・熱量	J	kW·h	kgf·m	kcal	
	1	2.77778×10^{-7}	1.01972×10^{-1}	2.38889×10^{-4}	
	3.600×10^6	1	3.67098×10^5	8.6000×10^2	
	9.80665 4.18605×10^3	2.72407×10^{-6} 1.16279×10^{-3}	1 4.26858×10^2	2.34270×10^{-3} 1	
仕事率・ 工率・動力	W	kgf·m/s	PS	kcal/h	
	1	1.01972×10^{-1}	1.35962×10^{-3}	8.5985×10^{-1}	
	9.80665	1	1.33333×10^{-2}	8.43371	
	7.355×10^2 1.16279	7.5×10 1.18572×10^{-1}	1 1.58095×10^{-3}	6.32529×10^2 1	
粘度 (粘性係数)	Pa·s	cP	P		
	1	1×10^3	1×10		
	1×10^{-3}	1	1×10^{-2}		
	1×10^{-1}	1×10^2	1		
動粘度 (動粘度係数)	m ² /s	cSt	St		
	1	1×10^6	1×10^4		
	1×10^{-6}	1	1×10^{-2}		
	1×10^{-4}	1×10^2	1		
熱伝導率	W/(m·K)	kcal/(h·m·°C)			
	1	8.6000×10^{-1}			
	1.16279	1			
比熱	J/(kg·K)	kcal/(kg·°C) cal/(g·°C)			
	1	2.38889×10^{-4}			
	4.18605×10^3	1			

ご 注 意

- 本カタログに記載されているデータは、当社試験法による測定値の代表例です。
 - 本カタログに記載の用途例は、本製品の当該用途への適用結果を保証するものではありません。
 - 本カタログに記載の用途や応用にかかわる工業所有権や使用条件などについては貴社にてご検討下さい。
 - 本製品の取り扱い(輸送、保管、成形、廃棄など)に当たっては、使用される材料、グレードの技術資料や製品安全データシート「MSDS」をご参照下さい。特に、食品容器包装、医療部品、安全器具、小児用玩具等の用途へのご使用の際は、十分に安全性をご確認下さい。
 - 本製品の各グレード着色品の場合、適用法令において労働安全衛生法第57条の2、施行令18条の2、別表9名称等の通知すべき化学物質(カーボンブラック、酸化チタン、酸化亜鉛)を含有している場合があります。詳細は、お問い合わせ下さい。
 - MEP製品の中には、輸出貿易管理令規制対象製品指定品目に該当する場合がありますので、お問い合わせ下さい。MEP製品の輸出販売及びMEP製品を組み込んだ製品の輸出販売に当たりますは、外国為替及び外国貿易管理法等関係法令の遵守をお願い致します。
 - 本製品の中には、木製パレットの薫蒸処理に使用する薫蒸剤の残留により、劣化することがあります。該当製品を木製パレット上に積み込み薫蒸処理を行う、あるいは薫蒸処理を行った木製パレットに積み込むことをご控え下さい。
 - 成型時や、成形機、タクトの掃除時には、樹脂の熱分解により有害なガスやヒュームが発生する可能性がありますので、局所または全体の換気装置を設置して下さい。
 - なお、フッ素樹脂を添加した製品においては、250℃以上に加熱されると、フッ素樹脂の分解により有毒なガスが発生することがありますので、作業環境の換気を十分行うと共に、この製品を廃棄する際には焼却処理をせず、埋め立て処理して下さい。
- ※本カタログの内容は、改訂のため予告なく変更することがありますので了承下さい。