

平成 10 年度 ものづくり人材支援基盤整備事業

- 技能の客観化、マニュアル化等 -

プラスチック成型用金型（その 1）

- 金型の製作 -

平成 11 年 5 月

中小企業事業団

情報・技術部

目 次

本マニュアル作成にあたって

1 . 本マニュアルの編集委員	i
2 . このマニュアルの目的、内容、位置づけ	ii
3 . このマニュアルの体裁	ii
4 . 技術、技能とその変化	iv
5 . 成形品設計の主な内容	vi
6 . 今後の課題	viii
7 . 終わりに	x

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

(1) 高機能化に伴う高精度化	2
(2) 生産効率向上のための高品質、高精度化	5
(3) CAE の金型設計への寄与	7
(4) プラスチック材料の開発と金型に対する要請	11
(5) 金型加工の高精度化と複合加工機	14
(6) 金型加工の新技法の浸透：RP	16

§ 2 ゲート、ランナ、ウェルド

(7) ゲートの役割と周辺の構造	20
(8) ゲートの種類、特徴	22
(9) ピンポイントゲートの形状	28
(10) ゲートの個数の決め方、ゲートバランス	30
(11) ゲート部の型材質	32
(12) ゲートの加工	34
(13) ランナ	37
(14) ホットランナ、ホットチップ	40
(15) ウェルドの発生原因	41
(16) ウェルドの防止法	45
(17) ウェルド部の強さの低下	48
(18) ウェルド部に対するスリット穴の影響	51
(19) 後処理	53

§ 3 パーテング面

(20) パーテング面の意味	54
(21) パーテング面決定の原則	57
(22) パーテング面と成形品取り出し	59
(23) 成形品のパーテングライン	61
(24) たて食切り構造	63
(25) パーテング面の加工	66
(26) パーテング面のメンテナンス	67

§ 4 キャビティ・コア

(27) キャビティ・コアと成形品肉厚	70
(28) 精密成形と成形品形状	73

(29)	成形収縮率	76
(30)	成形品の公差	78
(31)	肉厚の設計	83
(32)	成形品の反り	85
§ 5 アンダカット		
(33)	アンダカットの意味とその回避	87
(34)	スライドピン、スライドコア（サイドコア）	89
(35)	アンギュラピン	91
(36)	アンギュラカム	93
(37)	アンダカット部の突出しとつかみ取出し	96
(38)	シリンダの利用	98
(39)	無理抜き	100
(40)	ねじの離型	102
§ 6 成形品の加飾、2次加工		
(41)	種々の加飾法と代表的な方法	104
(42)	着色	106
(43)	成形品設計時の注意	109
(44)	金型制作時の注意	111
(45)	メッキ	113
(46)	塗装	115
(47)	印刷	117
(48)	ホットスタンピング	120
§ 7 金型構造		
(49)	金型の基本的構造	122
(50)	金型の構成要素・モールドベース	124
(51)	可動中子	125
(52)	金型の冷却	127
(53)	その他の要素（金型取付け、ガス抜き）	130
§ 8 抜き勾配		
(54)	勾配、テーパ、抜き勾配	133
(55)	抜き勾配を左右する要因	135
(56)	抜き勾配の標準値	136
(57)	抜き勾配の仕上げ	137
(58)	抜き勾配とアンダーカット	138
(59)	リップの抜き勾配	140
(60)	筐体の抜き勾配	140
§ 9 エジェクタピン		
(61)	突き出し力とエジェクタピン	142
(62)	エジェクタピンの本数	144
(63)	エジェクタピンの位置およびブロック	145
(64)	エジェクタピンのメンテナンス	148

§ 10	金型の強さ	
(65)	金型の変形	151
(66)	金型の変形抑制	153
(67)	金型寿命と金型設計	156
§ 11	金型材料、処理	
(68)	用途別金型選択基準	159
(69)	金型材料の諸特性	160
(70)	金型材料の実用例	165
(71)	耐食性とその試験	167
(72)	熱処理	170
(73)	表面処理	172
§ 12	機械加工等諸加工	
(74)	旋盤加工	174
(75)	フライス加工	176
(76)	研削加工	178
(77)	放電加工	180
(78)	電鑄	182
§ 13	手仕上げ、組立	
(79)	手仕上げ作業	184
(80)	みがき作業	186
(81)	組立作業	187
§ 14	新材料のための金型	
(82)	ポリマーアロイ用金型	190
(83)	ガラス繊維強化プラスチック用金型	192
(84)	炭素繊維強化プラスチック用金型	195
(85)	金属射出成形(MIM)用金型	199
§ 15	金型の検査と保守	
(86)	金型契約時の契約事項	212
(87)	金型の検査方法 - 購入時、保修時	203
(88)	精密金型とその周辺の機能検査	205
(89)	計測の前提条件及び環境	207
(90)	成形品検査による金型検査	208
(91)	仮定した量の確認と試作データの活用	210
(92)	金型の管理	211
(93)	金型のメンテナンス	213

はじめに

中小企業事業団では、中小企業庁が進める国の重要施策である、中小企業のための数々の施策を実施しています。

さて、中小企業事業団では、平成 10 年度「ものづくり人材支援基盤整備事業」において、技術・技能の客観化、マニュアル化等を行うことが、技術・技能の継承を図る上で重要と考え、それらを必要とする業界を対象に、「平成 10 年度ものづくり人材支援基盤整備事業－技術・技能の客観化、マニュアル化等－プラスチック成形用金型（その 1）－金型の製作－」を作成いたしました。

最近の中小製造業の現場では、熟練技術者・技能者の高齢化が目立ち、退職後の製造現場の能力の維持等が問題となってきています。

これは、熟練技術者・技能者、その個人の持つ技術・技能を後継者に伝承することにより、解決されうるものでありますが、その伝承、継承には訓練が伴い、適切な指導を行える指導者と時間が必要であります。

そこで、業界団体を通じて各中小企業者に本件を有効に活用頂き、技術・技能を継承するべき若年層等の人材の確保・育成の一助になれば幸いに存じます。

なお、本書の作成にあたり、ご協力を頂きました関係者各位に厚く御礼申し上げます。

平成 11 年 5 月

中小企業事業団

情 報・技術部

部長 野元 浩

1. 本マニュアルの編集委員会

委員長	中川 威雄	東京大学生産技術研究所	教授
委員	青木 正義	技術士青木事務所	代表
代表執筆者			
委員	佐々木 哲夫	日本工業大学	教授
委員	米澤 俊雄	スタンレー電気(株)	顧問
委員	飯田 誠	(株)日立製作所生産技術研究所	主任研究員

2. このマニュアルの目的、内容、位値づけ

2.18 目的

(1) プラスチック成形金型の製作に携わる新進技能者の技能の早期高度化のためのマニュアルとして本編を作成した。

バブル中期以降、若い人達の産業界からの離脱、プラスチック成形業の海外生産への移行による、金型産業への従事者の減少、高齢化に対処するためである。

(2) このマニュアルでは、かなりの知識をもつ技能者には知識の整理を期待している。あわせて、自分のもつ技能の尊重と、技能者としての自覚を深め、知識の普遍化、定量化、周辺技術・技能への接近の端緒を掴むことを期待している。

(3) このために、このマニュアルでは各項目が内容の全てを解説し尽しているわけではない。技能の高度化を旨としている方への問題提起、ヒントの提供、先輩からの伝承も記す努力をした。

2.2 内容

(1) プラスチック成形品の設計から成形金型の設計・製作・検査までの全プロセスをにらんで、今回は金型設計・金型製作について述べた。

(2) マニュアルが必要なのは、金型設計よりむしろ金型製作の分野である。しかし、金型をよく理解したうえで、製作して貰いたいという願望から金型設計を主体に、その中に製作に関する注意事項を書きそえる形をとった。

(3) 内容の順序は金型設計のそれなりの手順を考えてきめた。しかし、各社、各人で実情は違うと思う。この点御了承願いたい。

2-3 このマニュアルの位置づけ

(1) できるだけ新しい技術を紹介しながら、伝承しなければならない技能内容を指摘する心積もりでこのマニュアルをまとめた。

従って普通の形の技術専門書とは味が異なるので、大筋のガイドラインと考えて頂きたい。

(2) 金型製作上のノウハウは各社の秘伝とするところで、文字で表現できないところが多い。このマニュアルをたたき台にして、金型製作部署の責任者、指導者がより具体的な解説を加えて、熱心な新進技能者の教育訓練に用いて傾くことを願っている。

3. このマニュアルの体裁

3.1 このマニュアルの表現方法

見開き 2 頁で 1 項目を述べる。その内容は目次の通り。

プラスチック金型製作実務経験 3~5 年の者を対象に、従来より高度な製作が出来るように速やかにレベルアップするためのマニュアルを作る。特に意を用いなければ 8~10 年以上

を要した育成期間をこのマニュアルによって、5～7年に短縮できるように記述する。

その記述にあたっては、各職場の指導者が事前に若干の準備をすれば、OJT(On the Job Training)または短時間の継続教育訓練によって目的を達するように留意している。

すなわち、おおむね左頁に

1. 定義、問題提起、現象説明
2. 内容説明、適用の方法等

右頁に

3. 注意事項、改善方法の案、被訓練者に伝えて欲しいコメント等を記載する。上記3項目はその章節の内容によって異なる場合がある。

3.2 各章節の説名について

できるだけ、内容に客観性をもたせるため、公刊の文献に、マニュアル作成委員会委員の経験、知見を加えて説明した。

まだ十分成熟していない技術内容については注意深く、その旨記すことにしたが、現在の情報メディアの発達に鑑み、出来るだけ取り入れることにした。

3.3 このマニュアルの試み

(1)あまり、成書には書かれていない事項で、是非教育訓練対象者に覚えておいて欲しい事柄、頭のすみにおいて頂きたい事柄も大胆に書いた。こういう点ではいわゆる教科書とは異なる。

(2)この意味で、このマニュアルを使用されるインストラクターは御自身の経験も加えるばかりでなく、訓練対象者の経験も相互にわかち合うような運用をして頂きたいと願っている。

(3)また、さらに技能と技能との協調、製造現場から設計部署への情報のフィードバックは自分にとっても、相手にとってもいかに有用であるかを折りに触れて繰返し強調して頂きたい。

(4)確かに、映像による伝達・伝承はアトラクティブではあるが、具合の悪い情景はどうしても作りやすく、静かに考えるのには不適當なものになり易い。

その意味で、昔ながらの記述式のマニュアルを作ることにしたが、果して映像化した方が訓練効果がよいかどうか、指導者各位のマニュアルの活用法に期待したい。

(5)このマニュアルでは、金型製作そればかりでなく周辺技術にも触れようと試みた。それは将来の技能指導者にはそれだけの幅を持って頂きたいからに他ならない。

4. 技術、技能とその変化

4.1 技術と技能

技術と技能は久しく混同され、ないしは峻別されずにいた。学問、工芸の分野によっては「技術的」という言葉は屢々「枝葉末節」とか「表面的、非本質的」という意味をも含

めて用いられている。

しかし、「技術というものは原則として没个性的で」「誰でもが順序をふんで練習してゆけば必ず一定の水準に到達できるという性質をもっている。それは客観的かつ普遍的で公開可能なものである」と梅棹教授は述べている^[1]。

この観点で「技能」をみれば、原則として属人約・个性的で、伝達・公開性に乏しく、訓練によっても到達できる水準は必ずしも同一でないものである。それ故に技能は研究・勉強やアイデア、着想と同じように普遍性がなく公開不可能であるという考え方もある。たしかに熟練・習熟の確かさによって、到達のレベルも異り、鋭い直観の錬磨によって科学的・工学的手段によるよりもすぐれた「ものづくり」のレベルに達するものもある。

一言にいえば技術は普遍性・伝達性のあるもので、技能は普遍性・伝達性に乏しく属人性の多い技ということになるだろう。

4.2 技術と技能の変化

特に訓練された技能ある人の知覚は、科学・工学によって生み出されている知覚より遥かにすぐれている分野・状況もある。この距離を縮めて、技能を技術に置きかえたいという目標をもって理工学研究者は努力をしていることも事実である。その成果が、認識技術や制御技術となって表われ、物理的、環境的に人間が活動出来ない局面に利用する機械の開発にあらわれている。

しかし、こうして開発された機械の運転・運用には自ら、担当する者の能力の差が表われ、新たに技能が生育される。

技術は絶えず技能を普遍化しようとする。一方、技能は技術の成果を使いこなし、新たな使い方を切開いていく。技能オリンピックがあり、計算尺競技会、パソコン検定等々常に人間は技能の分野を広げていく。

4.3 ものづくりと技能の大切さ

(1) ものづくりの分野では技術と技能が常にせり合っているけれど、多くのメディアが伝えるように、物づくりの技が、一国の工業水準を支えていることを忘れてはならない。

(2) このために、「ものづくり人材」育成が国家的見地から重要視されているのであって、技能者に対する期待はいよいよ大きいものがある。

(3) 技術は普遍性公開性があるために海外へも容易に移転し易いが、属人性、難公開性のために技能をもつ技能者の育成と尊重が強く叫ばれていることは繰返して述べるに十分値すると思える。

(4) 技術、技能の変化の趨勢から考えて、技能者も、従来 of 範囲の経験の伝承にとどまらず、新しい技能の開発に心を砕いて頂きたい。

(5) 精密金型の分野についてみれば、「単純な平面加工、穴明加工においても、高い精度が要求されるだけに、非加工物の取付け方や、砥石の切れ味でマイクロメートルの単位の

誤差は容易に発生する。組立て精度が加工精度より高い場合があり、高度な熟練度が必要である。」^[2] 金型工場の無人化、自動化は今後もさらに進むであろうが、より高精度な金型の製作では常に先端的な技能をもつ「技能者が必要である。」^[2]

5. 成形品設計の主な内容

5.1 製品の設計

プラスチック成形用金型の製作をするのにも、どんな製品のどんな成形品を作るのに使われるのかわかっておくことは、金型の取まとめ、金型の部品加工をするうえでも大切である。

設計はどんな材料でどんな形のどんな役割をもつものを作るかを指示することであるけれど、これを作る人の支えがなければ成立しない。まず製品の設計にはどんな内容があるかをみてみると：-

機能設計 方式設計 品質設計 強度設計 精度設計 生産性設計 信頼性設計
意匠設計 原価設計

に分けられる。このことは自動車や家電品や工作機械を考えてみるとお分かり頂けよう。

5.2 プラスチック成形品設計

製品の一部分であるプラスチック成形品の設計も他の材質の部品の設計と殆ど同じである。製品があるシステムの一部であるように成形品は製品の一部であるから、上のような設計が必要になる。さらにプラスチック成形品の場合には時によっては既存の材料では不十分であったり、金属では当然であり、暗黙のうちに承知している物理的・化学的・電磁氣的等々の物性が、金属とは桁が違って異なるので、再確認をして材料指定をする必要がでてくる。

また、製品の使用寿命が来たときの廃棄の問題も考えなければならぬ。こういう事情で、成形品設計では、上記の製品設計の内容を部品のレベルで考えるほかに、つぎのことも考えなければならない。

材料設計 物性決定設計 形状設計 解体性設計

このように考えれば色々あるけれども、設計者も習熟すればこれらを漏れなくできるようになる。

5.3 製品設計と成形品設計・ものづくりの技

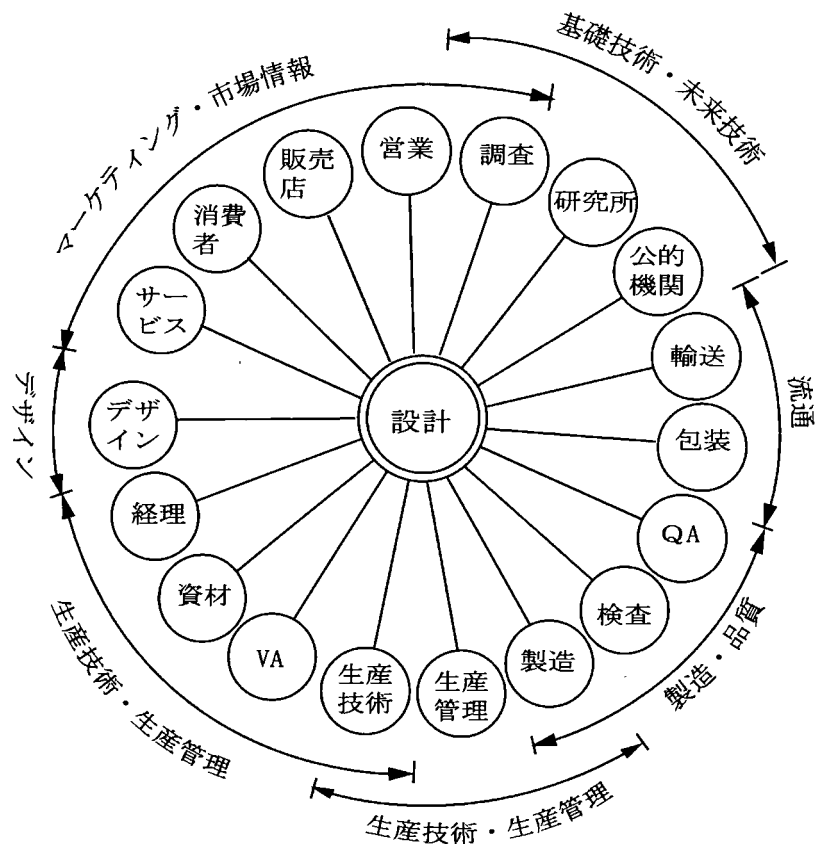
(1) 設計業務は設計担当部署の仕事ではあるけれど、よい物を早く、安く、しかも安全に、環境にやさしく作れるように設計するには、これを作る人の大きなアドバイス、支援が必要である。

(2) 製品をまとめるには右図に示すように各部署の協力が必要である。中心を金型設計とおけば、そのまま金型の製造にもあてはまる。

(3) 製品設計、成形品設計の内容について説明したが、現場で製品、成形品を生産するには、主として生産技術部門が担当するつぎの設計業務がある。

工程設計 設備・治工具・金型設計

(4) ものづくりの一番の基礎になるのは、治工具、金型で



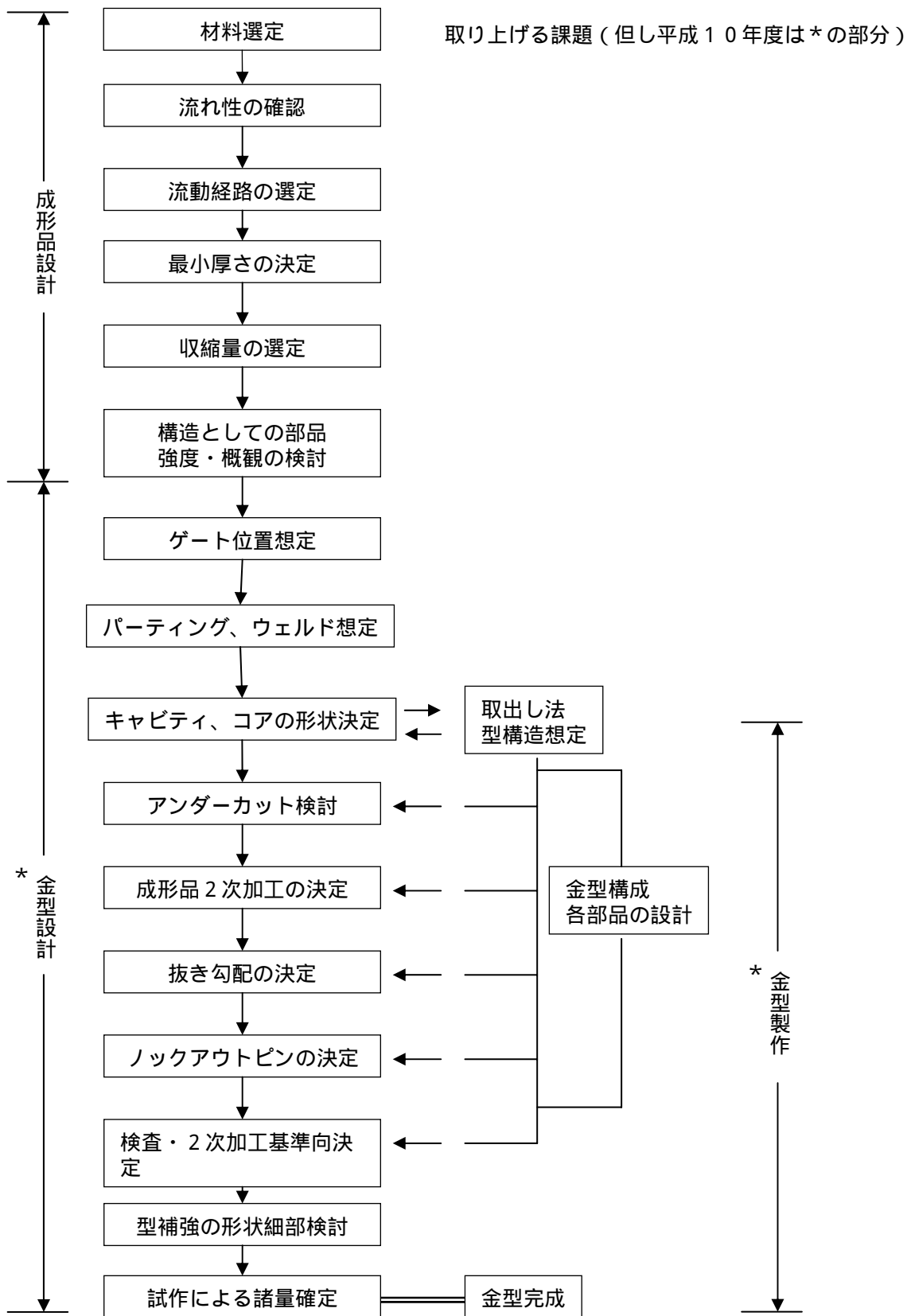
設計の位置付け [1]

あり、これを作る「技」である。いかによいアイデアで、いかに立派な設計図またはCAD(Computer Aided Design)があろうと、技がなければよい物はできない。

同じ工作機械でも被加工物や刃具の取扱いがよくなければ出来るものの品質は異ってくる。物づくりの基礎である「技」にたずさわる人はこのような全体を眺める目を持って自分の役割を考え、「技」の上達に励んで頂きたい。

6. 今後の課題

当委員会が取り上げる課題を工程順に示すと下図のようになる。



金型の製造工程としては成形品設計から始める．成形品設計を理解するには、金型の設計および金型の製作が相当程度理解されている必要がある．このためにここでは、後段からマニュアル化することにした．

またプラスチック成形にも最近開発された技法もあるが今回は伝統的な射出成形に限り、成形材料も熱可塑性プラスチックを念頭においている．また成形品原価の推定も後日取上げたい．

従って今後の課題としてつぎの項目がある．

- (1) 成形品設計
- (2) 新しい射出成形法、他
- (3) 熱硬化性樹脂の成形法
- (4) 成形品の原価と金型の原価

これらは平成 11 年度以降取上げることになるであろう．

また結論だけを言ってしまうえば金型そのものの今後の課題は下表に示す通りである．

金型の今後の課題^[1]

金型の機能	技術的着眼	現在のキーテクノロジー	具体的な課題	付記
賦形性	形状範囲拡大	微細精度	微細化の対応する剛性低下に対応できる力学的強さをもつ樹脂材料開発	マイクロ放電加工、LIGAプロセスは実用化済み
		形状、色調複合化	多色、インサート技術の一層の開発	-
	設計技術の脱皮	CAD、CAEの適用拡大、コア・キャビティの同時設計	3次元形状に対する成型技法を含む設計技術	AIDからの脱却が望ましい(青木意見)
	製作技術の拡大	製品形状データのコア・キャビティの造形システムへの流用	光造形直接型の耐熱性、強度向上、金属焼結造形型の表面粗さの向上	試作、少量生産用型の短納期化
	キャビティ間のエア、排出の迅速化	通気性型材料	目詰まり防止、通気路の確保、表面粗さの向上	-
断面構造付与	「芯皮」構造の多層化	ウェルドレスの成型法	表皮部、芯部の組織の漸変構造の実現	-
熱交換性	温度制御	冷熱サイクルの迅速化	部分加熱制御技術の経済的実用化	アルミ合金、銅合金などの活用
	金型材料	アルミニウム合金金型	広範囲応用における実績ショット数の確保	数万ショットの実績もある

7. 終りに

(1) 使用上の便を考えて1項目を見開き2頁にまとめた。スペースの関係で外見に不揃いの所もあるが、上手に使って頂きたい。スペースには指導者や育ちゆく若い人達の貴重なメモが沢山書き込まれることを期待している。そして不足不備の点を御訂正頂ければ幸である。

(2) 説明内容はあまり偏らないように世に表れた文献を出典として用いた。まだ他にも立派な文献もある筈であるがそこまでは及ばなかった。そして用いた文献もこのマニュアルの流れに沿うように原典の真意を損れない範囲で少々表現を変えてある所がある。原著者の御を請う次第である。

(3) 各節の注意事項はあまり書物に書かれていない泥くさいと思われること、野暮だと思われることもお役にたてばと思ひ勇を鼓して書いたつもりである。誤りがあれば御注意を頂くとともにこれを正し、正しい技術・技能を伝承して頂きたい。

(4) 本稿を草するに当っては文献の他、次に示す事業所に伺って多々お教え頂いた。色々お話し下さったこともお立場も考え個別的にはそのことを記していないが御主旨を汲んで筆を取った。ここに記して感謝の意を表したい。

- ・スタンレー電気株式会社 秦野工場
- ・株式会社 牧野フライス製作所 厚木工場
- ・立松モールド株式会社
- ・株式会社 イケックス
- ・株式会社 YKK
- ・松下電工株式会社 津工場
- ・トヨタ自動車株式会社 貞宝工場
- ・池上金型株式会社
- ・共和工業株式会社
- ・株式会社 日立製作所 生産技術研究所

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. 成形金型の動向^{[1][2]}

簡単に言えば図 1.1 に示すような高精度化と、温度制御の精緻化である。

プラスチック材料の高機能化と併行する成形金型の高精度化

多数取り化に伴う成形金型の高精度化

改良されつづける成形法による成形品の出現と成形金型の精巧化

その他の経済性追求による成形金型の高精度化

温度制御の精緻化

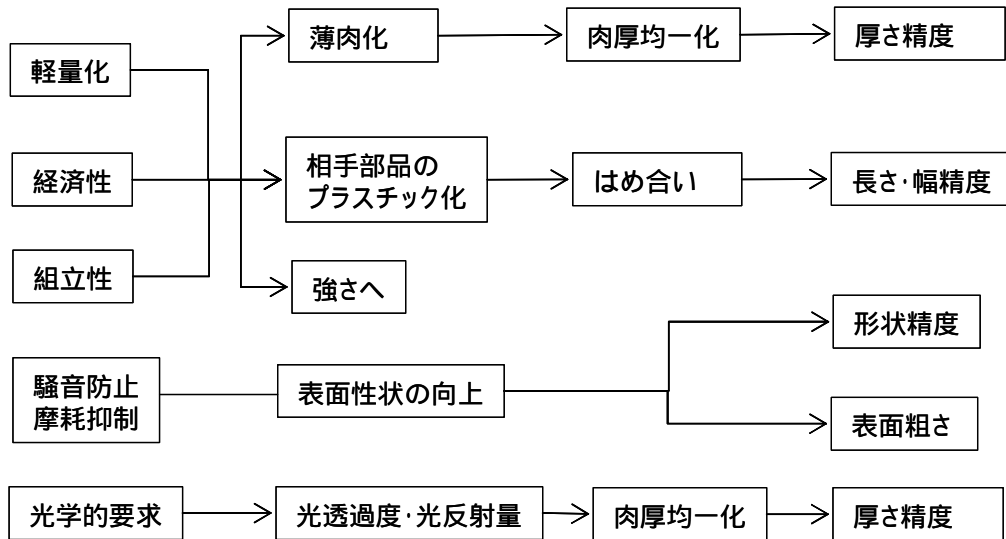


図1.1 精度向上を求める主な原因^[3]

(1)材料の高機能化と金型の高精度化

製品のプラスチック化の要求の下に、高機能なプラスチック材料の開発が進んでいる。表 1.1 に示す。容易に想像されるように成形品の細密化のために、金型の高精度化が進んでいる。

表1.1 高機能プラスチック材料^[4]

機能の種類		具体的内容
材料に要求する高度機能	化学的変換	感光性樹脂 光官能形プラスチックほか
	物理的変換	高性能レンズ 光学繊維 光ディスク関連 非線形光学ポリマー
	導電性	耐熱性導電ポリマー 耐食性ポリマー (目標：銅、銀なみ) 超電導ポリマー
	電磁遮蔽性	フィラー配合など
	医化学用途	抗血栓性ポリマー 人工臓器ほか
	高度分離用途	微多孔膜 逆浸透膜

(2) 多数取り (マルチキャピティ) 化に対応する金型の高精度化

キャピティ相互間の差異が少ないよう、また複雑化する金型構造の変形防止のために金型部品の加工精度も強く求められている。さらにゲート、ランナ、スプルー、ランナロックピン等の寸法精度や、面粗さや、稼働時の金型の温度分布の均一化、ホットランナを使用した場合でも流路長の均一化、温度の均一化にも細心の注意が求められるようになった。

(3) 新成形技術に伴う金型の精巧化

射出圧縮成形、ガス射出成形、中空成形^[5]などによる新機能部品や軽量部品が作り出されている。このために金型には種々な機能・機構が追加され、金型が精巧化しつつある。

これら (1) (2) (3) のためにマイクロ放電加工、超音波マイクロ加工 (マイクロ USM) によるマイクロ工具が製作され、金型部品・製品に活用されている。^[6]

(1) 高機能化に伴う高精度化

(4) その他の経済性追求

マルチキャピティ化とは反対にシングルキャピティで、ハイサイクル成形を追究する動きも依然として続いており、サイクルタイムを 0.1 秒で短縮するための努力が払われている。すなわち、熱伝導性のよい金型材質、繰返される型締衝撃に耐える金型剛性、一体化構造、エアなどの気体による開接冷却、金型内庄を下げるために切れのよいバルブゲート方式のホットランナ、バリ・焼け・ショートショットなどの成形不良を防ぐガススリット (エアペント) の検討などである。

(5)温度制御

金型の局所的な温度制御、ホットランナ用ヒーターの発熱量の均一化、ホットランナブロックにヒーターを直接鋳込む方式などの検討と実用化が進んでいる。

3. 注意事項

(1) プラスチック成形品に対する要求が高度化するにつれて、金型に付する諸々の要求が提出される。金型製作現場でも、これを迎え撃たなければならない。むしろ、もっと良い方式、もっとよい施工ができる金型設計を積極的に提案することが望まれる。わが国の金型産業の空洞化を防ぐにはこのような姿勢しかない。そしてこういうアイデアと努力が湧き出して来ることが次世代の技能者に期待されているのである。

(2) 高精度化する金型では組立て機能が強く要求される。たとえば成形品の 30 μ m のパーテング面バリも嫌われる。相互締付面やパーテング面の仕上面粗さが締付圧力で空隙を残さないような見事な研削技能も要求される。

出典

- [1] 佐々木哲夫：プラスチック 48(12)p10-11,(1997-12)
- [2] 益田孝次郎他：成形加工 9(2)117-122,(1997.2)
- [3] 青木正義：型技術 13(1)P92,(1998.1)
- [4] 青木正義：型技術 13(10)P103,(1998.9)
- [5] 武藤一夫他：最新プラスチック金型技術 P95、工業調査会(1997.1)
- [6] 藤野正俊他：型技術 11(11)P81-87,(1996.10)

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. 必要性と着眼点

高機能化に伴う高精度化の一部として、生産の高機能化の観点から多数取り、並びにハイサイクル化に対する金型の高精度化について前節に述べた。

そして具体的な着眼点は前節(7)の1.(2)、1.(4)項に、いくつかを示しておいた。成形品の生産効率向上に関連していえば、金型の段取り、原材料の投入、成形品の取出し、検査、箱入れ、搬送、不用材のリサイクルまでのプロセスを一貫して検討することが必要である。一連の工程の効率化のためには取出し機や自動搬送システムの作動速度の向上と不稼働停止時間の短縮が求められる。このためには、扱われる成形品の形状、剛性や硬さ、バリなどの個体差が少いことが望まれる。成形品の使用上のためばかりでなく、ハンドリングのために、成形品のロット内およびロット間の差が小さいことが必要になる。生産効率向上のために、成形品に高品質、高精度化が求められる所以である。

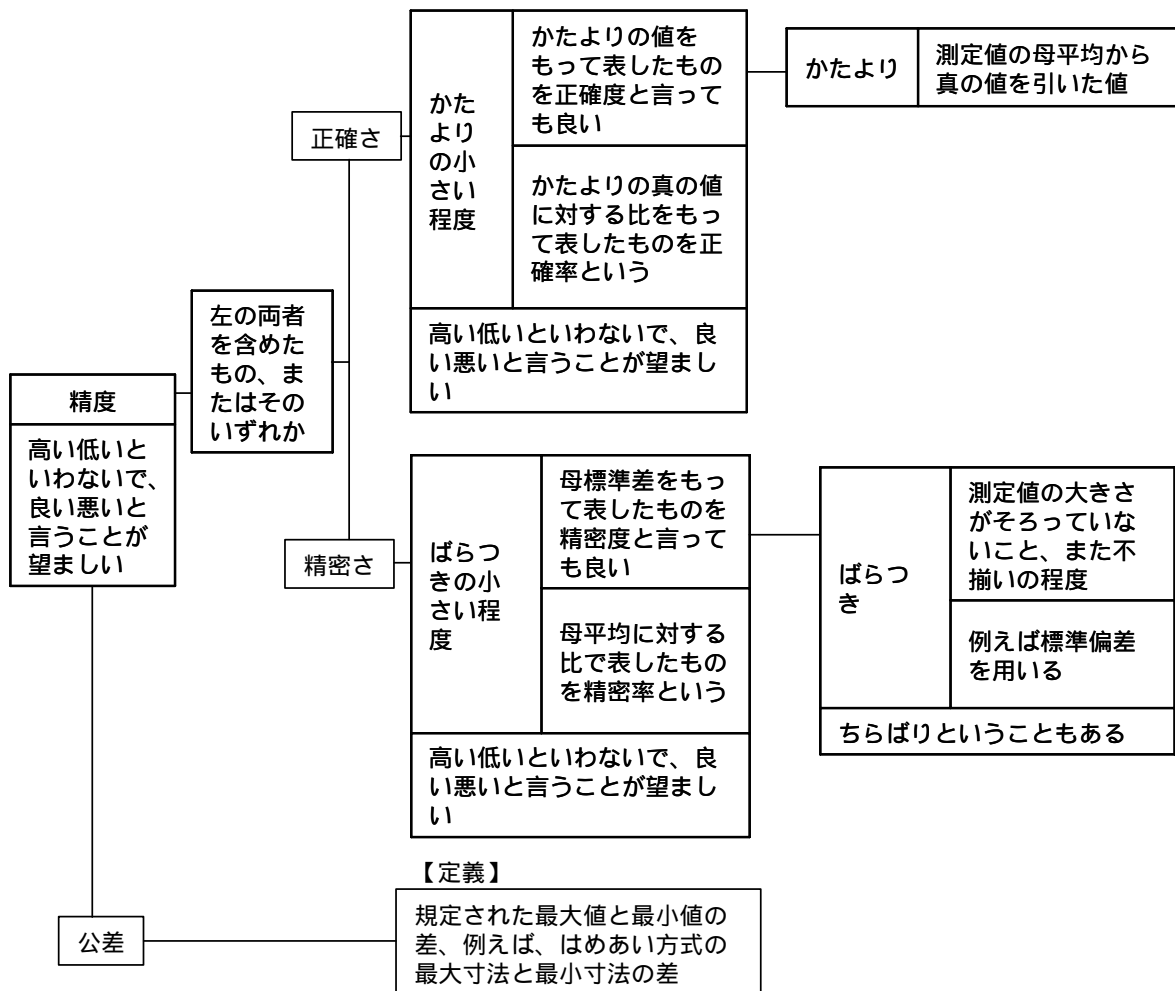


図2.1 精度と公差 (JIS用語辞典に基づき作表^[1])

(2) 生産効率向上のための高品質、高精度化

2. 注意事項

(1) 生産性向上のためには成形品が使用される時に求められる形状、物性を補足するだけでは不十分である。成形品のハンドリング上必要な硬さ、剛性、ツールとの関連寸法など生産工程に必要な諸元を満足することが必要で、与えられた図面、データの通りに作ればよいというものでもない。

(2) このようなデータは成形品設計部門、設備設計部門にも必ずしも豊富ではない。金型を中心とする生産システム構築部門でしっかり、支援することが必要となる。そこに、金型、生産システムの構築、製作部門の強い存在理由がある。

(3) ここで参考のために諸加工の到達精度と年代、ならびに幾何公差の種類とその記号について図 2.1、図 2.2、表 2.1 にまとめたので下記に掲げておく。

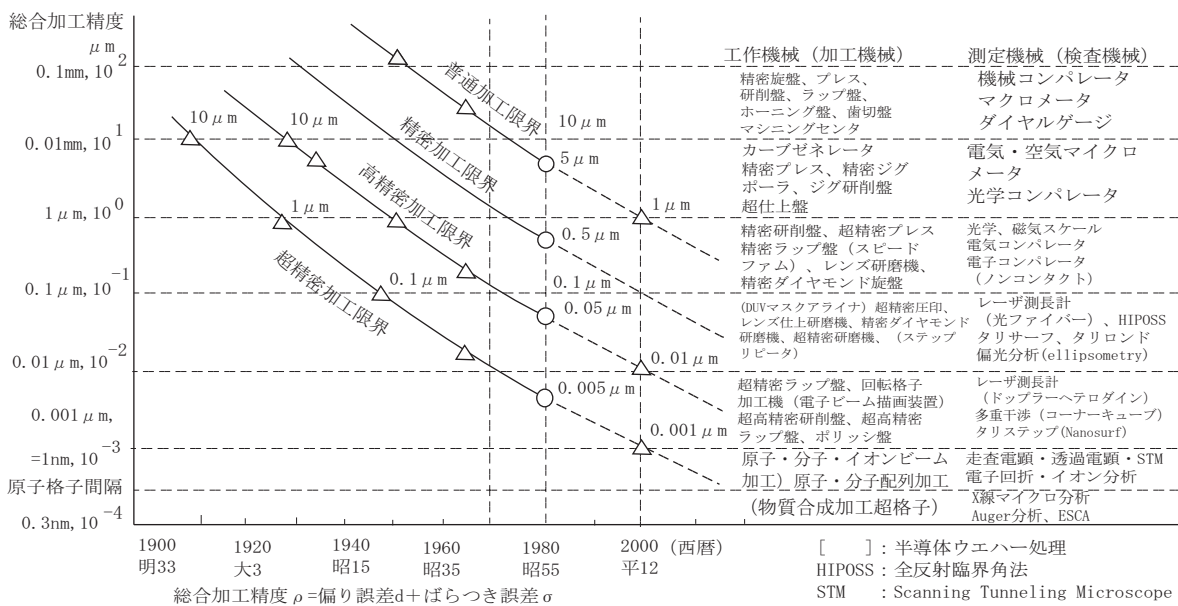


表 2.1 幾何公差の種類とその記号^[3]

公差の種類		記号	適用する形状	対称要素
形状公差	真直度公差	—	単独形体	単一表面
	平面度公差	▭	単独形体	単一表面
	真円度公差	○	単独形体	単一表面
	円筒度公差	⊙	単独形体	単一表面
	線の輪郭度公差	⤴	単独形体または関連形体	単一表面
	面の輪郭度公差	⤵	単独形体または関連形体	単一表面
姿勢公差	平行度公差	//	関連形体	2つの表面
	垂直度公差	⊥	関連形体	2つの表面
	傾斜度公差	∠	関連形体	2つの表面
位置公差	位置度公差	⊕	関連形体	2つの点、2つの線、2つの面
	同軸度公差または同心度公差	◎	関連形体	2つの表面
	対称度公差	≡	関連形体	2つの表面
振れ公差	円周振れ公差	↗	関連形体	1つの面と1つの線
	全振れ公差	↗↘	関連形体	連続する1つの面と1つの線

出典

[1] 青木正義：型技術 13(1)P92(1998-1)

[2] 谷口紀男：精密工学会誌 56(3)P427-431(1990)

[3] 中野健一：精密形状測定の実際 P1,3 海文堂(1992)

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. CAD / CAM の活用

設計自動化、機械加工自動化として活用され始めて CAD、CAM は結合し、CAD データを有効に活用する CAD / CAM システムとして、最近の発展は著しい。^[1]このシステムをさらに効果的に稼働するために DNC (Direct Numerical Control) システムとリンクさせている金型メーカーも多い。

プラスチック成形金型で、よい成形品を得るには、使用プラスチック材料、金型温度他、諸成形条件、成形機が重要な因子である。

従来は、設計者の経験と勘に頼る部分が多く、試打ち結果を金型寸法にフィードバックすることの繰返しが読まれて行われていたが、様変わりしつつある。

2. CAE (Computer Aided Engineering) の発達と寄与

現在は、製品開発の当初から CAE の手法により、成形品の形状・寸法および金型設計まで、検討できるようになり、製品開発期間は著しく短縮できるようになった。いわゆる「コンカレント技術」すなわち、チェックを含む同時進行技術で、前倒しが可能な設計作業内工程を前倒しして、最終的には 1、2 回の確認試作で販売可能な製品を生み出そうとするものである。^[2]

プラスチック成形の CAE の目的をあらためてまとめてみると表 3.1^[3]、その構造は図 3.1^{[4],[5]}のようなものである。この図の細部は世の中にいくつもある CAE システムによってそれぞれ特長づけられている。個々の技術内容は細くなるので、ここでは省略する。解析内容は表 3.2^[5]の通りである。

最近ではパソコンによるプラスチック成形の CAE^[6]開発され、解の経済性などの見直しも進んでいる。射出成形、プレス成形ほか各種成形に関する CAE の展望ならびに基礎解析の市販ソルバーに関する解説・論文をまとめた文献^[7]もあるので、さらにプラスチックの精密射出成形の基礎、周辺技術を進んで学びたい方は、これらを読んで頂きたい。

(3) CAE の金型設計への寄与

表3.1 CAEの目的 (青木)

番号	高精度部品のためのよい型を早く安く作る問題	検討される課題
1	部品の目的に立ち戻って、機能を備え、かつ成形しやすい形状に部品設計すること	冷却速度の均一化 肉厚の漸変化・均一化
2	試打回数低減	樹脂波動の安定化 冷却の均一化
3	適正なゲート位置、大きさおよびランナーの決定	ゲート、ランナー部の波動解析
4	適正なベントの決定	型内の空気および発生ガスの流動
5	成形後の収縮・変形、残留応力の排除	冷却収縮、結晶化の予測 成形条件の決定
6	成形後の突き出し、結晶化による残留応力の発生防止	成形品の固化の確認 成形品の付着力低減 成形品の重心算定 冷却、結晶化の均一化
7	適正な金型加工手順の設定	CAMの基礎データの構成
8	適正な金型表面性状の設計	型表面粗さとマイクロフローとの関係把握
9	成形時にコア・キャビティを正しく保つための常温における金形・成形機システム全体の設計指針の確保	熱変形を考慮した材料力学型部品寸法の決定

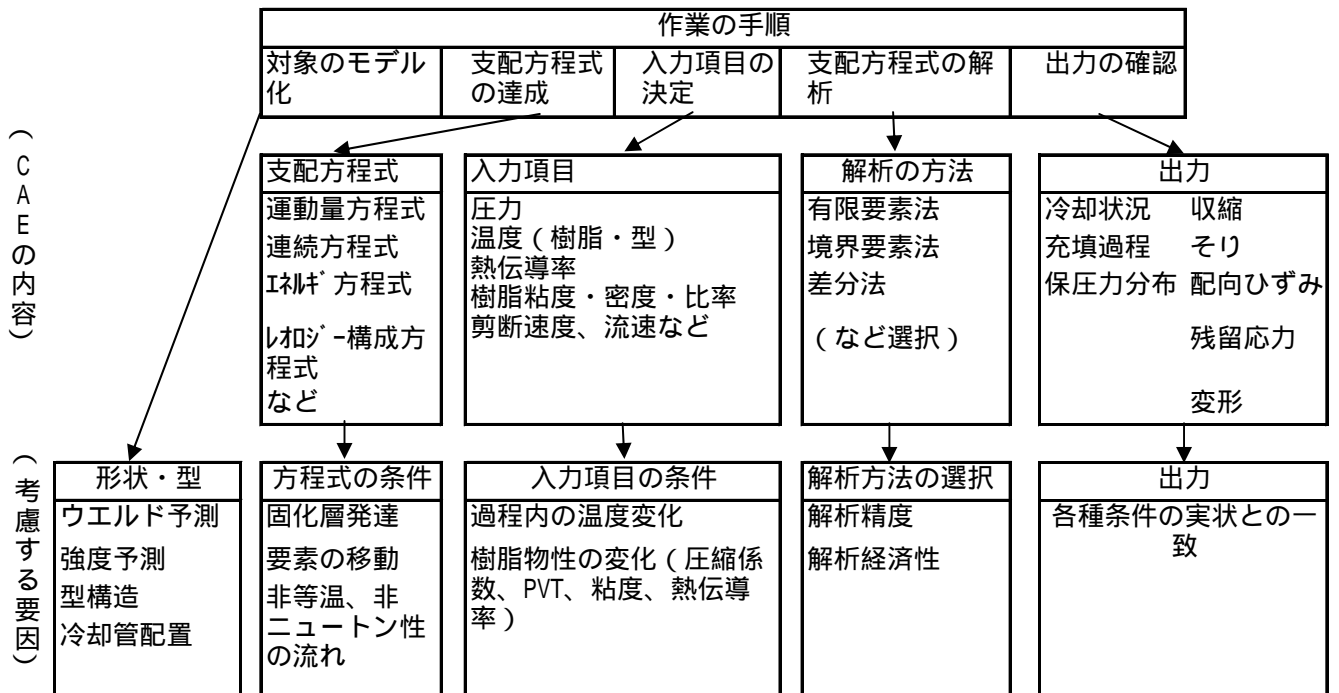


図3.1 プラスチック成形のCAE (青木)

表3.2 射出成形に必要なCAEプログラム

	プログラムの種類	希望する出力・内容
1	成形品の強度解析	引っ張り強さ、剛性、衝撃値、耐クリープ性、成形品最小厚み、形状、寸法
2	樹脂選定	使用する樹脂の最適化
3	樹脂温度予測 (成形の動力学)	加熱筒設定温度、スクリュウ回転数および背圧
4	充填解析	最適成形条件の設定、流入過程に発生する問題の予測(フルショット、ショートショット、ランナーバランス、ウエルドライン、焼けなど)、成形条件の最適化支援(樹脂温度、金型温度、射出温度)、成型機(型絞め力、射出圧力)の選定支援
5	保圧解析	適正樹脂充填量(保持圧力、保持圧力時間、射出ストローク、クッションストロークなど)
6	冷却解析	冷却時間、サイクルタイム
7	成形品物性の成形条件 依存性解析	繊維配向・結晶化などによる異方性・均一性など 成形品のそり解析 波動配向解析 繊維配向解析
8	成形収縮率解析	左の通り
9	金型冷却解析	冷却回路、冷却設備およびユーティリティの最適化
10	経済性解析	生産コストの最適化
11	成形不良解決	計算できない事柄に対処する人工知能

出典

- [1] 益田孝次郎他 1名： 成形加工 9(2)P117(1997-2)
- [2] 金井： SDRC, I-DEAS 最新技術セミナー事例集 P1.1～1.9 (1992-7.13)
- [3] 青木 正義： 型技術 13(2)P94(1998-2)
- [4] 青木 正義： 型技術 13(2)P95(1998-2)
- [5] 青木 正義： 成形部品設計の基礎 P56 工学研究社
- [6] 小西他 1名： 成形加工 7(2)P108-111(1995)
- [7] 「型技術」： 12(6),(1997-5)

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. 部品成形メーカー各社にみる事業戦略

新製品分野における部品開発対象の探索の着眼点は表 4.1 の通りである。具体的には部品成形メーカーの事業戦略を述べた和泉の報告^[2]記されている。すなわち表 4.2 に示すように、摺動性、光学的性質、電磁波シールド性の活用や OA、医療向け分野で、特長あるプラスチック成形材料を発掘・開発して独自の自社部品を作ろうとする動きが目立つ。

表4.1 新成形部品探索着眼点^[1]

分野	やや具体的事例
エレクトロニクス	LCD向けバックライト LDC向け部品 半導体向け部品 AV機器向け超精密部品
通信	移動体通信向け部品 データ圧縮関連部品
光学	光通信向け部品
医療機器	各種

表4.2 エンジニアリングプラスチック成形部品メーカーの事業戦略^[2]

社別		A	B	C	D	E	F	G	H
成長の条									
発自揮社の実力	核となる技術と支援技術、ノウハウ蓄積(独自性)	金型技術と樹脂コンパウンドのノウハウ	金型技術と光学技術	金型技術と光学技術	金型技術と樹脂コンパウンドのノウハウ	金型技術と光学技術	金型技術と射出成形技術の内製技術	金型技術と束ねる技術、ファスナー技術	金型技術と電磁波対策(EMC)技術
絞り込みの拡大または	基本技術と拡大・絞り込み技術	・トライボロジを核として、ベアリング複合部品に絞り込み ・ただし、OA機器から自動車、建築まで、直線往復動ユニットなどに	・精密成形技術の光学レンズ技術を付加 ・ハイビジョンプロジェクション用レンズ、光ピックアップレンズなどに	・精密成形技術の光学レンズ技術を付加 ・オプトメカ技術、 ・コピー機、ファクシミリ、プリンタなどの複合部品	・トライボロジ ・OA機器のシャーシ、ハウジング、ROM, PA, PB, T, PPS, PEEK までにおよぶ	・光技術に核に関連技術を統合 ・技術ごとに分社化	・mm単位の極小部品に特化 ただし時計, AV, OA, 光学、医療分野まで	OA分野、オフィス向けファスナー応用部品	・EMC関連部品
短時間での		-	1週間で試作する(試作専門会社をもつ)一般に2ヶ月かかる	-	-	-	-	図面のないアイデア段階のニーズを新規部品として企画する	同左
その他	備考	POM, PA, PPS などに潤滑油、カーボンなどを2~3%添加 ・摺動性、成形性のバランス解決	・試作の有料化 ・大学との共同研究	・精密ギヤから透明レンズへの拡大 ・ガラス研磨技術の活用	・材料、金型、成型技術力カバー ・成型品のみ外販する	・複数部品を1つにまとめる ・そのほとんどを内作	特定企業の協力会社にはならず	1社のニーズを他社にも応用	・ユーザのコスト低減に協力する開発 ・生産の80%は外注

このような要求に伴って、汎用材料としてはスーパーエンブラ(PSU ,PES .PPS .PAI .PEI .PEEK . LCP 注など)が幅広く検討されるとともに、ポリマーアロイ、繊維ファイラー配合の ACM (Advanced Composite Material) である炭素繊維系、アラミド系、ボロン繊維系などの材料の検討が進み、その多くは実用化が進んでいる。

注 PSU : ポリサルフォン、PES : ポリエーテルサルフォン
PPS : ポリフェニレンサルファイド、PAI : ポリアミドイミド
PEI : ポリエーテルイミド、PEEK : ポリエーテルエーテルケトン
LCP : 液晶ポリアリレート (PAR、U ポリマー)

(4) プラスチック材料の開発と金型に対する要請

2. 金型に対する要約

各材料に対し、それに用いる金型にはそれぞれの要請がある。その代表的なものの幾つかを表 4.3、表 4.4 に紹介する。

(1)LCP 用金型

表4.3 LCP (ザイダー) 用金型に対する配慮^{[3][4]}

項目		結論	備考
一般論		型温を安定できる型構造 シャープコーナのない完成品形状、流路形状にする	
金型材質		耐摩耗鋼種	
処理		焼入など硬化処理	多くの場合GFなどが配合されるため
局部的摩耗対策		入れ子式	
スプレー		2~4の標準円スプールエンドに コールドスラグ溜めを要す	樹脂が固化しやすいことを考慮して
ランナー	断面	円形、台形、半円形いずれも可径 はできるだけ細く 最初細く作り、トライにより太く していく	樹脂の流動性が非常によいため成形品重量 0.1gのときは 2が一般的 太すぎるとサイクルタイム長期化、材料 消費量増大になる。CAEでシュミレー ションする
	ランナーバ ランス	トーナメント方式 (ランナー長さを等しくする)	固化速度が速いからベジティションを起 こしやすい
ゲート	形式	殆どの形式が可能ジェッティング がないときは細く	ダイスウエルが小さいために、ジェッ ティング起こさないように
	ゲート径	0.3~0.5	ゲート切れ性、流動性の観点から粘度低 下防止のため
	ゲート厚	1/2成形品肉厚	とくにサイドゲート、フィルムゲートの ように広い空間に樹脂を射出するとき
	エアベント	0.01~0.03	-
	位置	十分な検討を要すCAEの活用	ウエルドの発生位置をよく考え、必要で あれば試作後変更
収縮率		流動方向と、その直角方向の平均 値を用いる	強さ、収縮率に異方性があるため 精度が厳しいときは試作金型で検討のこ と

(2)炭素繊維強化プラスチック用金型

表4.4 炭素繊維強化プラスチックの射出成形と金型^{[5][6][7]}

成形	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素繊維強化プラスチックの成形には、ガラス繊維強化プラスチックの成形法が原理的にはすべて適用できる ・炭素繊維は剛性が強く、脆い、異方性が強い。しかも炭素処理が難しい ・ガラス繊維強化プラスチックより成形性が悪い。黒色で不透明なので、成形作業の良否を外観では判別できない
金型	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素繊維強化プラスチックの使用目的が弾性係数の向上、電磁シールドのため長繊維を保つように考慮すること ・このため異方性が大きく出るので、収縮量を十分検討すること ・使用目的に従い薄肉化するために、成形圧力を大きくするのが一般である。金型設計にはこのことを十分考慮すること ・具体的な事項の1,2をあげれば金型の摩耗、そり、割駒の開きはガラス繊維プラスチックの場合より大きい <p>少なくともゲート部は超硬合金を用い、モールドタイセットは焼入することが望ましい</p>

3 . 注意事項

金型材料の耐食性、金型の精度管理、面の汚れ、成形機のプラテン・金型の剛性にも気を配る必要がある。

出典

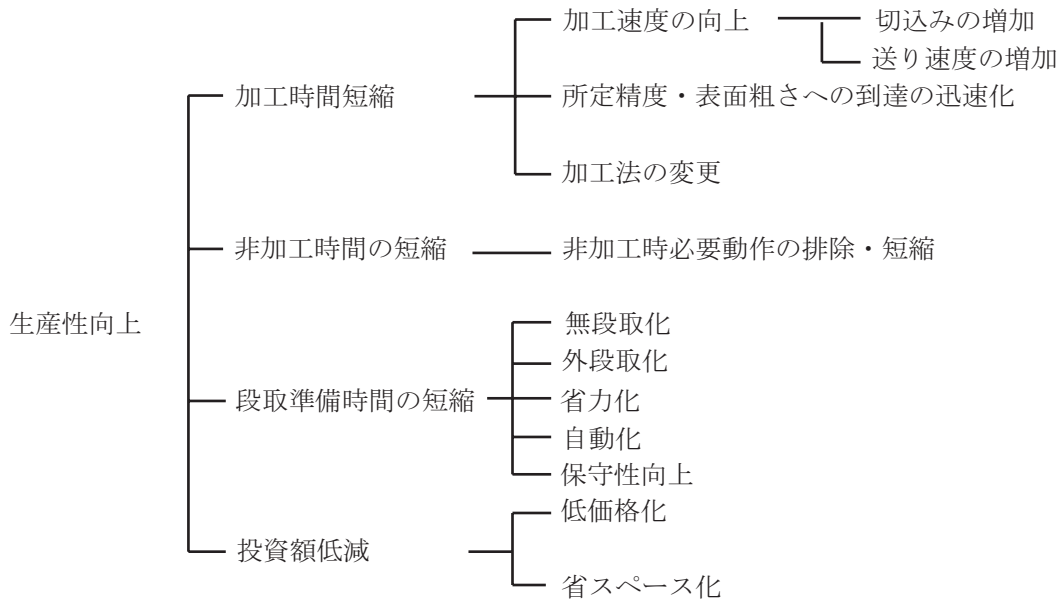
- [1] 青木 正義： 型技術 13(2)P11(1998-2)
- [2] 和泉： 成形加工 7(12)P737-742(1995-12)
- [3] 川口 淳： 型技術 12(10)P50-55(1997-9)
- [4] 青木 正義： 型技術 13(5)P102(1998-4)
- [5] 深井 保： 日?誌 80(701)P367-373(1977-1)
- [6] 田部井： 材料 19(206)P11(1970)
- [7] 青木 正義： 型技術 13(10)P107(1998-9)

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. 高精度化の手投と生産性の向上

よい物を早く作るという観点からみて、金型加工の生産性の向上の面からみると表 5.1 のような関連分解図ができる。

表5.1 金型加工の生産性向上^[1]



目下①直彫りか放電加工か ③切削効率向上・切削表面品質の向上 ③仕上げ加工の排除 ①工作機械の複合化 などの問題が取上げられているが、望ましい高精度化の手段の吟味とともに、その技術が確立された時の生産性・経済性の検討も当然、つづいて行われるであろう。

2. 金型加工用複合加工機^{[2][3]}

1994年秋、インテックス大阪で開催された第17回日本国際工作機械見本市(17th JIMTOF)に(株)松浦機械製作所から複合加工機「TERNARY」が発表された。この機械によって、既存機ならばマシニング・センタ、治具研削盤、NC平面研削盤による加工に加えて、電気加工機に相当する加工もこの1台でカバーできるといわれている。

(5) 金型加工の高精度化と複合加工機

その特長は

- (1) 主軸テーパ 40 で、最大 $15,000\text{min}^{-1}$ の回転ができる高速スピンドルをもつ。
- (2) 主軸・軸受はセラミック軸受で、また駆動モータを主軸本体と特殊カップリングしたのでモータの発熱の影響を受けにくい。
- (3) 砥石目詰まり防止用の高圧クーラントをもち、吐出圧力 50bar のノズルも持っている。
- (4) クーラントシステムには $3\mu\text{m}$ のフィルターを装備している。
- (5) クーラントタンクにはマグネットセパレータまたはペーパーフィルタのいずれかを選択装備できる。
- (6) 強力なミストコレクターによりクーラントの漏洩はない。
- (7) 制御装置は FANUC I5M CNC 装置
- (8) ドレッシング装置、スケールフィードバック、自動消火装置をもつ。

これによって、

- (1) HRC60 の焼入れ鋼に穴明け、タツピング、ミーリング加工ができる。M2 ねじも明けている。
- (2) HRA90 の起板をカップ砥石で 0.05S に仕上げている。等々の成果があがるという。段取り変えのための非加工時間の排除や精度低下も阻止できるので、新しい行き方だと見る。

また、これに対抗するものとして、(株) 牧野フライス製作所製立形マシニングセンタ V55^[5] - SXA (加工物積載重量 200kg) が第 19 回 JIMTOF (1998 年) に発表されている。

3. 注食事項

- (1) 受入れ現場としては作業担当予定者が数日にわたって試運転、電気加工他を含む、試験片を直接加工する機会を持ちたい。そしてその精度、能率の確認をしたい。
- (2) 最近ではマシニングセンター上で溶接肉盛をする試みも行われているという。新情報の収集も加工現場の重要な仕事になっている。

出典

- [1] 貝原 紘一：型技術 13(3)P43(1998-3)にもとづく
- [2] 大波 光一：型技術 10(3)P56-60(1995-3)
- [3] 森山 太：型技術 13(3)P59-68(1998-3)
- [4] (株) 牧野フライス製作所：カタログ、縦型マシニングセンタ V55(1998-1 版)

§ 1 プラスチック成形品、成形金型の動向

1. 積層造形法による型の作成

当初成形品のプロトタイプ作成を目標に樹脂積層造形法として開発されたラビッドプロトタイプング (RP) 設備が上市されてから、10 年^{[1][2]}を経た。この間に RP 法に色々な技術が開発され、3 次元 CAD の発達に伴いテスト用品など複数個の成形品作成、少量生産にも活用できるようになった。

色々想定される今後の技術開発と技能習修のために、積層造形法を一覧すれば図 6.1 のようになる。

^[3] 光造形法もその一法である。

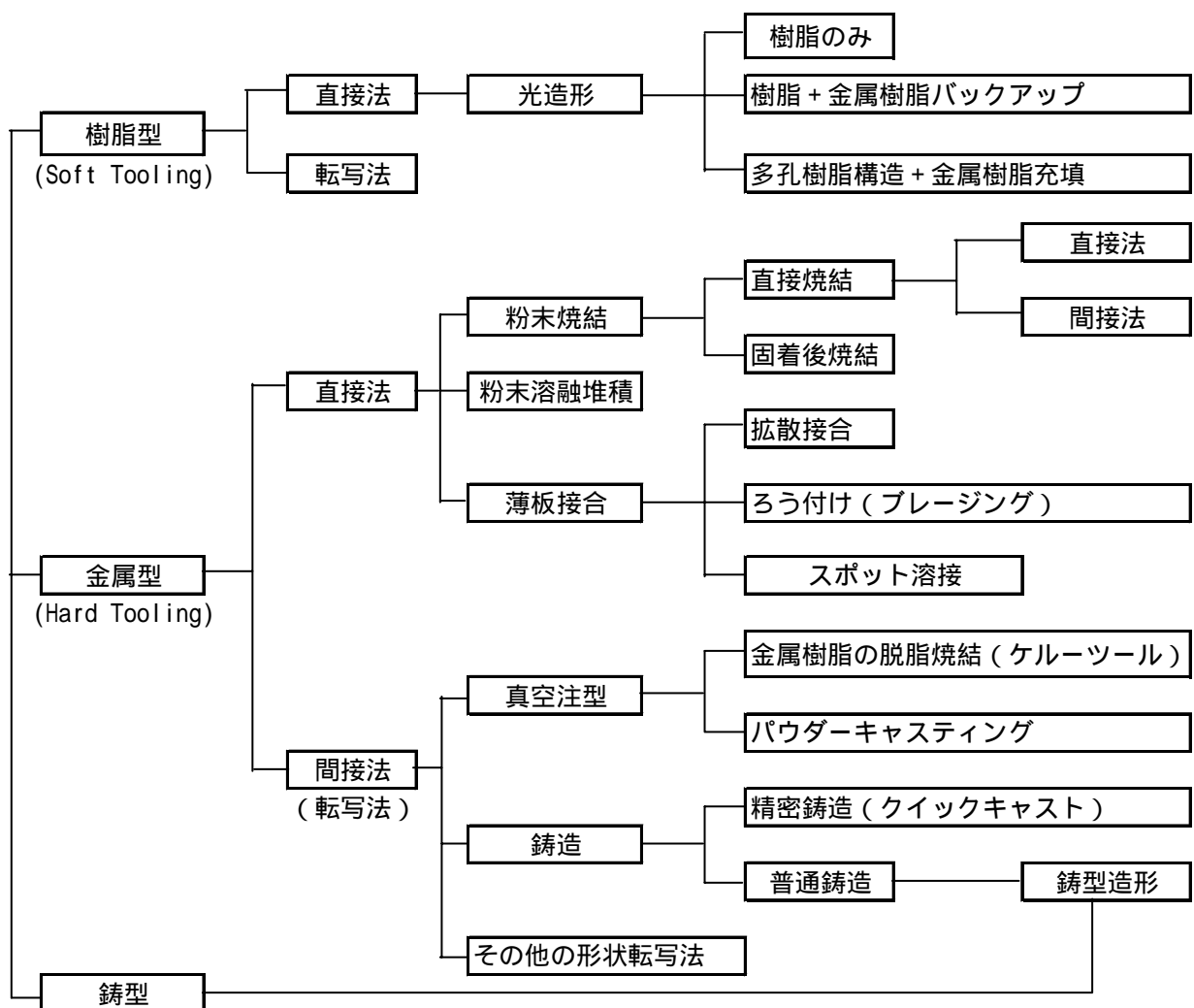


図6.1 積層造形法による型作り^[3]

この積層造形法を型材別に見るとかなり多彩で表 6.1 のようになる。

表6.1 積層造形による型材料特性のまとめ(今村)^[3]型技 13 P22(1998-10)

種類(成分)	樹脂			金属粉末			金属	
	光造形		注型用	直接法		間接法	アルミ (7075-T5)	銅(P20)
	樹脂のみ	フィラー入り	アルミ粉	ニッケル、ブロンズ、リン銅粉		樹脂コーティング鋼粉		
	透明	白色	グレー		エポキシ含浸	銅溶浸		
比重	1.14	1.59~1.8	2.2	6.2	6.5			
粘度(cps)	165~500	4,800~4,900	10,000					
引張り強度(Mpa)	55~63	79~87	66	123	160	475	570	950
破断伸度(%)	2~19	1~2		N.A	N.A	15	15	20
引張り弾性率(ヤング率)	2.1~3.3	9.2~16	3.3	10.2	51	210	72	210
硬度	HRSD85	D90	D95	HRB43~84	96~108	75	81	180~210
熱伝導率(W/m・)	0.2	0.45	1~1.4			185	130~207	29~50
熱変形温度()	65~90	100~250	250					
熱線膨張率()	$9\sim 18\times 10^{-5}$	6×10^{-5}	3×10^{-5}	2×10^{-3}		14×10^{-3}	24×10^{-3}	17×10^{-3}

これらの一連の方法とプラスチック射出成型型に適用した統一試験が素形材センターで実施されている。[4][5]

(6) 金型加工の新技法の浸透：RP

2. RP法と積層造形法

RP法は3次元CADで設計したRPモデルを簡単に速く安く作るという概念を強調した述語で、積層造形法はその技法を強調した術語であると思う。

RPでは紙モデルまで視野にいられていて、必ずしも簡易型の領域にとらわれていない。しかし、目下の所成形用型が主流で、使用材料別に見ると表6.2のようになる。

表6.2 RPを利用した型の特性比較^[3]

	シリコン ゴム型	アルミ充 填エポキ シ型	光造形直 接型 (フィ ラー含 ま ず)	光造形直 接型(フィ ラー入 り)	溶射型	亜鉛合金 構造型 (カーク サイト) 石膏鑄型	金属粉末 焼結型 (DTM)	転写金属 焼結(3D- ケルツ ール)	アルミ 切削型
成形法	転写		直接		転写		直接	転写	直接
加工時間 (週)	0.5-2	2-4	1-1.5-3	1	1-2-4	3-7-12	3-6		2-6
コスト\$	0.5k-1k-5k	2.5k-10k	2k-5k	2.5k-10k	2k-15k	1k-4k-15k	4k-10k	3.5k-10k	4k-25k
成形数量	10-25-50	10-50-1k	10-50	500-1k	50-150-1k	50-1k	50-10k	50-0.1M	50-0.1M
成形材料	ウレタン、 エポキシ、 ワックス	熱可塑性樹脂							
型の許容範囲 /25mm	0.05					0.08		0.05	0.025
微細形状の許 容範囲(mm)	0.05					0.127			0.05

Terry Wohlers: 1988 Worldwide Progress Report, Rapid Prototyping & Tooling State of the Industry

*Wohler Associate), (1998) に加筆

このような各種の RP を利用した諸法の中から自社のそれぞれの目的で適当な方法を選ぶことが必要になる。表 6.3 はそのための貴重な基礎資料である。

表6.3 プラスチック部品の製造個数とコスト比較の一例^[3]

個数	製造法	価格	製作日数
1~3	光造形	40万円	5日
1~5	切削	30万円	7日
5~10	真空注型(シリコンゴム製)	4万円	10日
10~20	フィラー入り光造形型(インジェクション)	数万円	7~10日
100~300	切削積層造形法	1万円	1ヶ月
~500	金属粉末複合注樹脂型(インジェクション)	500円	2週間
(300~10万)	金属粉末焼結型	?	3~6週間
~1万	アルミ切削型(インジェクション)	280円	1.3ヶ月
10万以上	スチール型(インジェクション)	300円	1.5ヶ月

3. 注意事項

- (1) このような方法を導入、実用化するには早い時期から、作業者がこの方法になれ親しむことが大切である。設置前からの教育が当然大切になる。
- (2) 方式の選定に当っては実物を作ってみて、使い勝手、生成物の強さの現認と設備の設置環境の整備も考える必要がある。

出典

- [1] 型技術協会・素形付センター：素形材センター研究調査報告 381.(1990)

- [2] 丸谷 洋二他：光造形法 - レーザによる 3 次元プロッタ．日刊工業新聞社(1990-10)
- [3] 今村 正人：型技術 13(11)P18-23(1998-10)
- [4] (社)日本機械工業連合会 (社)素形材センター：シンポジウム ラピッドプロトタイピングの精密鋳造射出成形型への応用(1996.7)
- [5] (社)日本機械工業連合会 (社)素形材センター：シンポジウム ラピッドプロトタイピングの応用技術(1997.10)

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ゲートの役割

射出成形機のノズルから射出された溶融プラスチック材料は成形金型のスプルーブッシュ、ランナ等を経て、成形品成形のための空洞（本来のキャビティ）へ流入する。キャビティへの流入口「門」がすなわちゲートである。

ゲートは成形金型の要素の中で極めて重要な部分であって、例えば図 7.1 のように他の要素とつながっている。

ゲートの役割はキャビティに流入した材料が発揮し得る強さ、精度、外観を実現した成形品ができるように材料を支障なくキャビティに導くことである。そのために、後に述べるように種々のゲートが存在するのであるから、表 7.1 に示す諸点に留意してゲートを選択しなければならない。また、流入した材料を素速く冷却固化させ、流路を遮断して、逆流を防ぐことも大きな役割である。

基本的にはキャビティ各部にできるだけ時差少く溶融材料を流し込み、封じ込めることがゲートの重大な任務であって、ゲートに種々の形式があるのはこのためである。また必要に応じ、複数個のゲートを設けるのもそのためである。

二方向から溶融プラスチック材料がキャビティに流入するとき、流動の先端部（メルトフロント）が出会うとウエルド（鑄造でいう湯境）が生じる。ウエルドは徐々に流動性を失い柔らかさを失いつつある材料の出会い頭（がしら）であるため、二方向から来た材料が完全に溶け合うことは難しいので出来る境目である。ウエルドは発生原因からも考えられるように、その部分の強さは低下しがちである。従ってゲート選定・ゲート数ならびに位置決定にあたってはウエルドに十分な注意を払う必要がある。

(7) ゲートの役割と周辺の構造

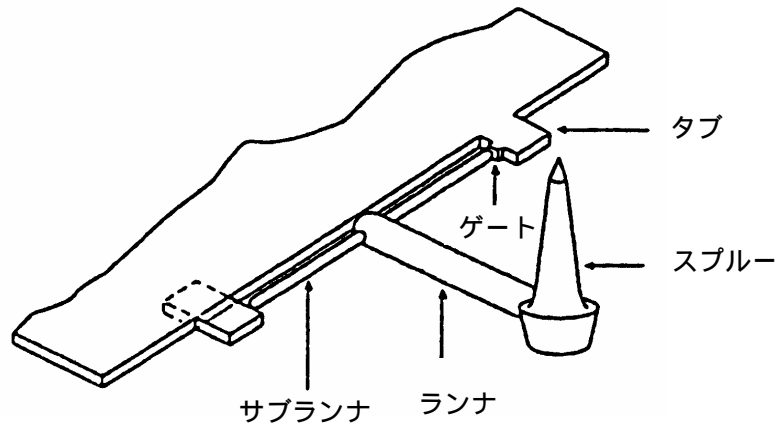


図 7.1 ゲートの他の要素のつながり (例：ダブルタブゲートの場合)

表7.1 ゲート選択の主な留意点

項目	留意点 (下記の問題を生じないこと)
成形品の強さ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 充填不足、成形材料・配合材の動向 ・ 残留応力、ウエルドの発生位置と大きさ
成形品の精度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 成形収縮、ひけによる金型寸法との差およびそのばらつき ・ 成形収縮、ひけによる成形品形状要素の倒れ反り、等の幾何学的精度 ・ 残留応力の解放による変形
成形品の外観	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウエルド、ガスだまり、ゲート痕跡の発生、その位置、大きさ
成形品の後加工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不要な後加工が発生しない表面性状 ・ 必要な後加工がやり易い表面性状

3. 注意事項

(1) ゲートの種類、位置、数をきめればウエルド位置、充填不足等々各種の成形結果をかなりの程度は CAE (Computer Aided Engineering) のプログラムで予測可能である。

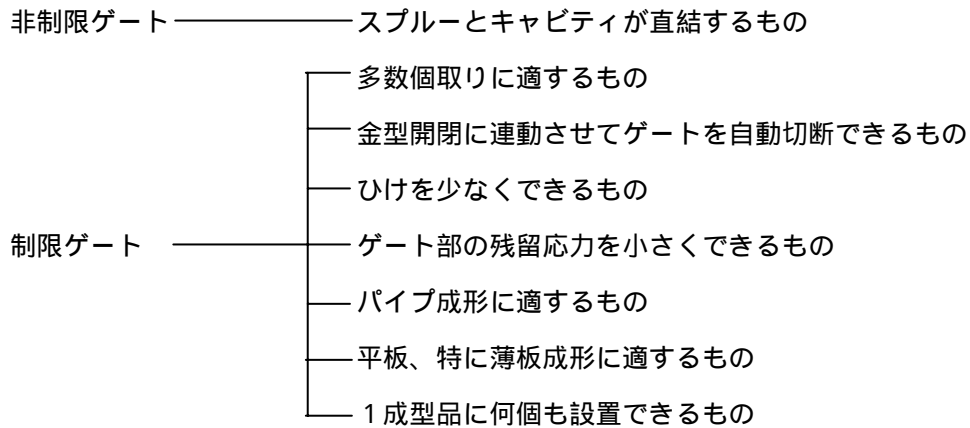
(2) 成形品の図面から直接的に、ゲートの種類、位置、数の最適解を一義的に定めてくれるプログラムは見当らない。当分の間は金型製作者、金型設計者の経験と勘からスタートしなければならない。この点からも技能が原点といえるわけである。

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ゲートの種類

(1) 大きく制限ゲートと非制限ゲートに分けられる。制限ゲートはランナとキャビティの間に設ける狭い門であって、その狭め方に種々の形態がある。一般にいわれているゲートを機能面から見ると表 8.1 のように分類できる。^[1]

表8.1 ゲートの機能面からの分類



そして、一種のゲートでもいくつもの機能を持つことが多いから、普通言い慣れているゲート名称で整理すると図 8.1 のようになる。^[1]

(2) ゲートは成形品の形状に応じてゲートの切断方法や分断滓の発生防止法、バルブ連動の方式など各社がそれぞれ開発しているものもある。この内容はこのマニュアルの範囲を越えるので、ここでは省略する。^[2]

2. 注意事項

(1) ゲート名称が同じ場合、大筋において同じような構造であるけれど、各金型製作会社、工場において、それぞれの歴史をもっているから、各部の寸法比、些細なような形状で性能が著しく異なることがある。

実物について学ぶ必要がある。

(2) 名称が異なっても様式が同じ場合もある。

(8) ゲートの種類、特徴

表8.1 ゲートの種類

ゲートの種類	標準ゲート (サイドゲート エッジゲート)	ピンポイントゲート (センターゲート)	トンネルゲート (サブマ リーング ート)	ダイレクトゲート (非制限ゲート スプルーゲート)	タブゲート	ディスクゲート (ダイヤフ ラムゲート)	リングゲート	ファンゲート	フラッシュ ゲート (フィルム ゲート)	制限ゲート (レストリ クテッド ゲート)	
説明図	図8.1	図8.2	図8.3	図8.4	図8.5	図8.6	図8.7	図8.8	図8.9	図8.10	
主な用途目的	一般的 多数個取り	ゲート自動 切断用	ゲート自動 切断用	ひけを嫌うとき 底面積の大きなもの	ゲート部の 残留応力を 減らす	パイプ成形用 ウエルドを生 じさせない	パイプ成形 用ウエルド を生じさせ ない	平板成形用 特に薄板	平板成形用 特に薄板	高粘度成形 材料	
特徴	諸事項	<ul style="list-style-type: none"> キャビティの端面に設ける 成形品の内厚の上に重ねる場合もある(オーバーラップゲート) 	<ul style="list-style-type: none"> 成形品側間につけられる ダイレクトゲートでは外観を損なわれるものを使う 他点ゲートができる ゲートの切れ対策が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 可動側でも固定側でもつけられる ゲートシールが早いが高圧をかけにくい 成形のボスにもつけられる 	<ul style="list-style-type: none"> ゲートの直径が大きすぎ成形時の保圧時間が長くなる ゲート付近が高密度になり残留応力が生じやすい。割れ変形が生じやすい 長繊維強化樹脂により 	<ul style="list-style-type: none"> フローマークも防げる PC, PMMA, ABSの樹脂に用いる 	<ul style="list-style-type: none"> 成形品の均一充填に適す コアの長さ/直径が大きい時に適さない 	<ul style="list-style-type: none"> ゲート断面面積がランナの断面積より大きくならないことが必要 ゲート位置に後仕上げを考慮して決める 強い結晶は樹脂、繊維、強化樹脂により 	<ul style="list-style-type: none"> 成形品の幅以上のフィルム状のゲートをつける 変形防止ができる 対象樹脂はファンゲートに同 	<ul style="list-style-type: none"> 途中をくびらすピンのような、じゃま物を設け狭くする 	
	ゲート跡	残る	気にならぬ程度	目立ちにくい	大きく残る	標準ゲートと同じ	環状に残る	ランナが環に残る	残る	残る	残る
	ゲート切断工程	必要	自動	自動	必要	タブ部より本体から切断	必要 ポンチで切断	必要	必要 難しい	必要 難しい	必要
	ゲート部のキャビティ等加工	容易 オーバーラックの時はコア側も加工	ゲート部の彫込み加工が比較的難しい	エジェクタピンに彫り込みが必要になることがある	容易	容易	容易	容易	容易	容易	やや面倒
	樹脂交換	比較的良好	やや悪い	やや悪い	極めて良い	よい	よい	よい	よい	よい	やや悪い
型製造	2枚型 3枚型	3枚型	3枚型 2枚型	2枚型							

出典 [1] 青木正義：型技術投稿中：(1998.9.24)

[2] 例えば、笠松モールド工業(株)特許出願広告 昭60-30532

§2 ゲート、ランナ、ウェルド

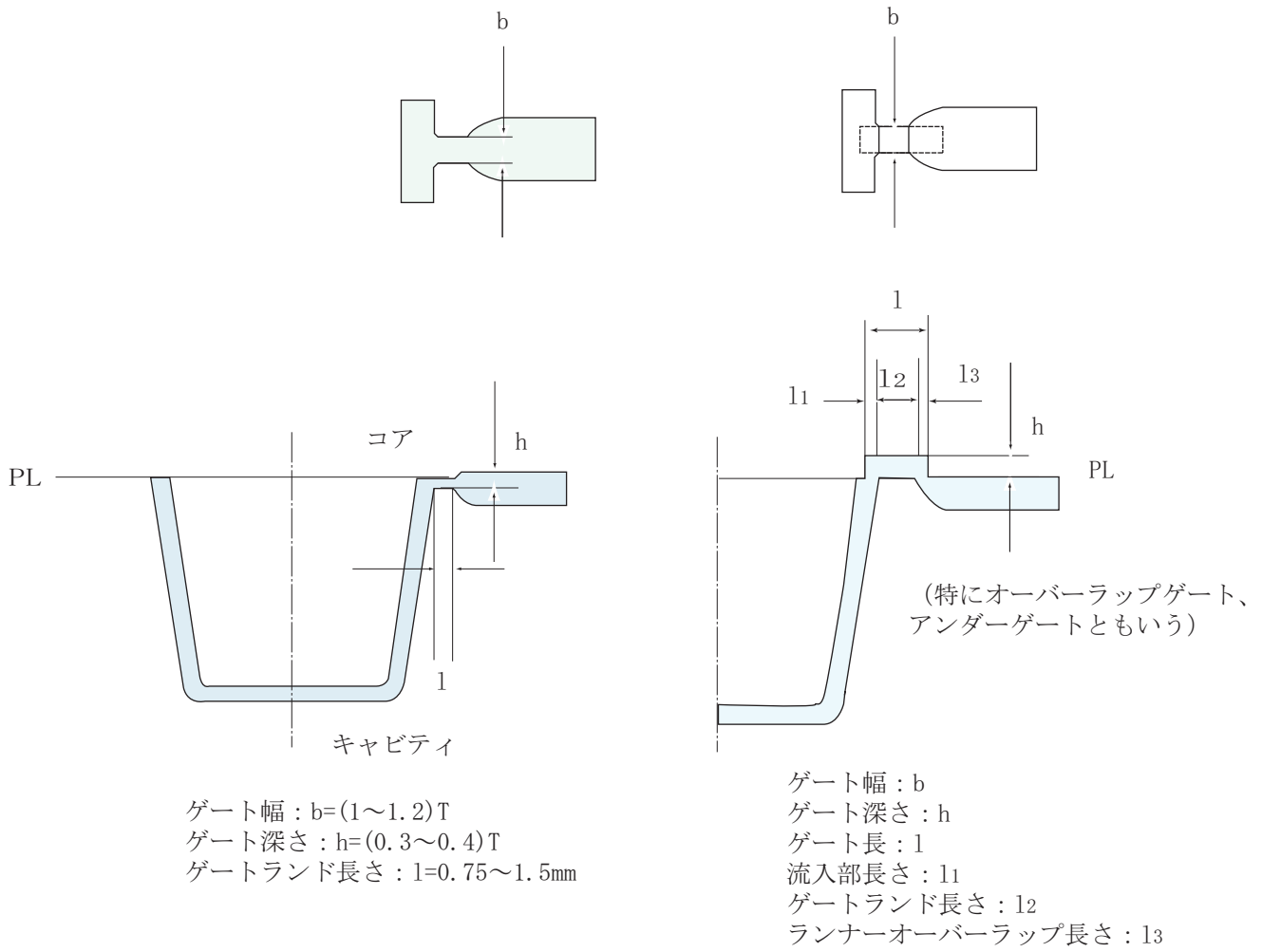
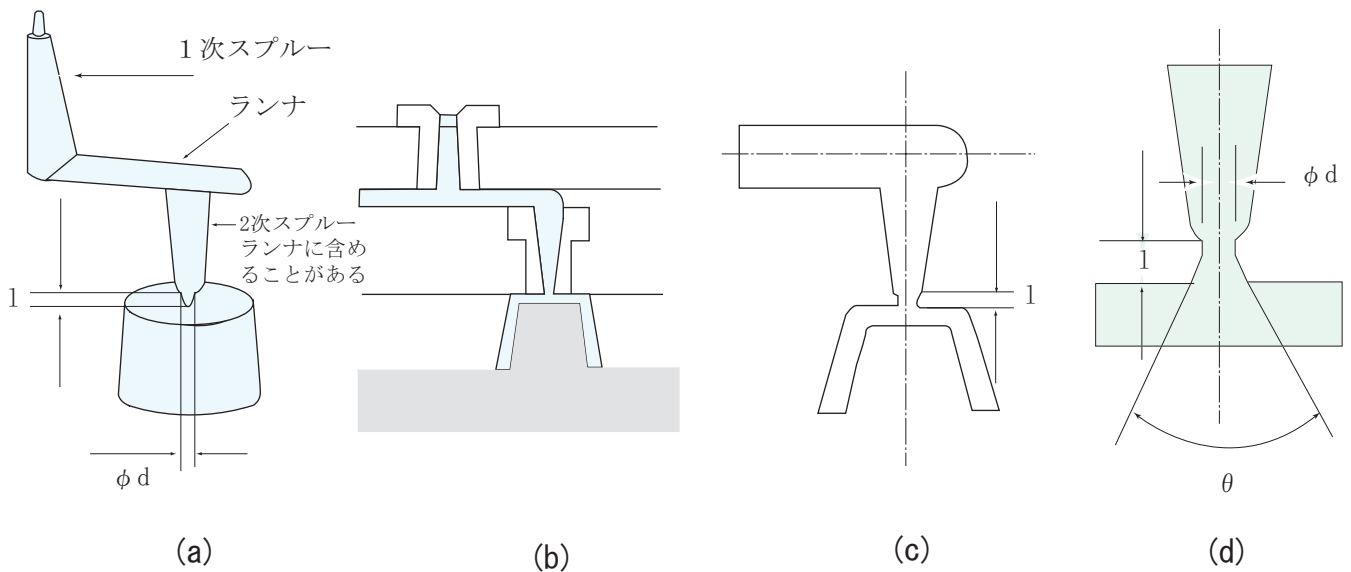


図8.1 標準ゲート



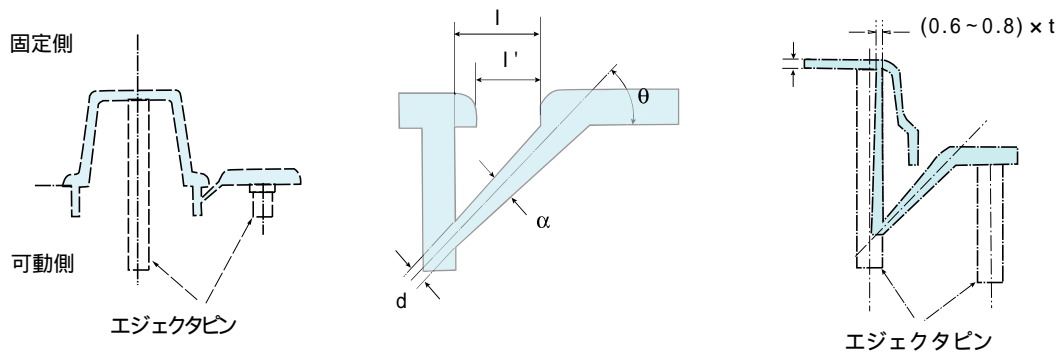
ゲート径 $\phi d = 0.3 \sim 1.2\text{mm}$ (プラスチック材料種類によって変わる)

$\theta = 60 \sim 90^\circ$

ゲートランド長さ $l = 0.8 \sim 1.2\text{mm}$

図8.2 ピンポイントゲート

(8) つづき-1. ゲートの種類、図示(1)



ゲート先端径: $d=0.3\sim$
 進入角度: $\approx 30\sim 45^\circ$
 開口角度: $15\sim 20^\circ$

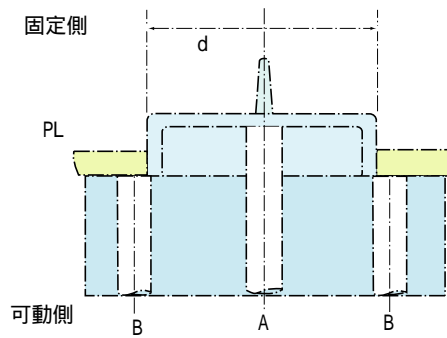
ゲートランド長さ: l
 最狭部寸法: $l' \quad 2\sim 3\text{mm}$

(A形)
 ゲートの大きさはピンポイントゲートと同じ
 ように考えればよい

エジェクタピンの一部を削り
 2次ランナにする

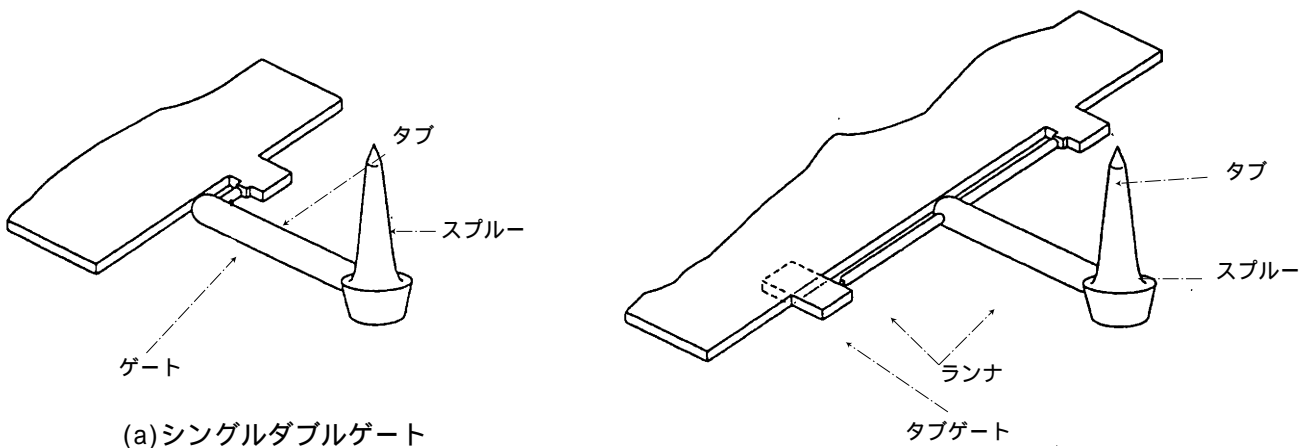
(B形)

図8.3 トンネルゲート



AまたはBのエジェクタピンを d の寸法
 によって選ぶ

図8.4 ダイレクトゲート



(a) シングルダブルゲート

(b) マルチダブルゲート

タブ幅: 6mm
 タブ深さ: $0.75 \times T$
 キャビティ肉厚: T

図8.5 タブゲート

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

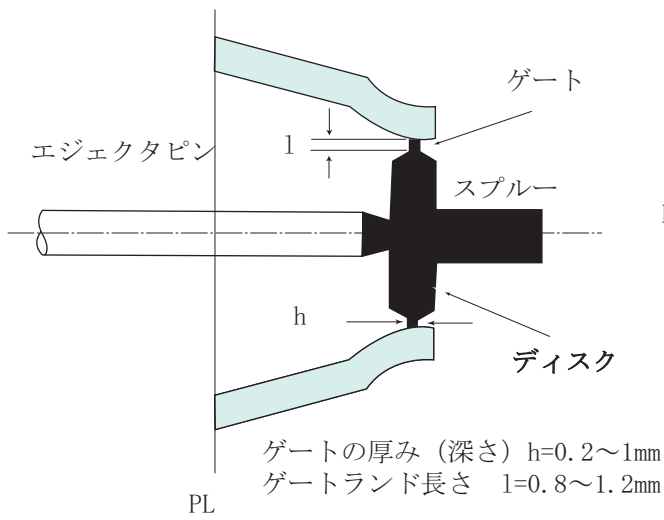


図8.6 ディスクゲート

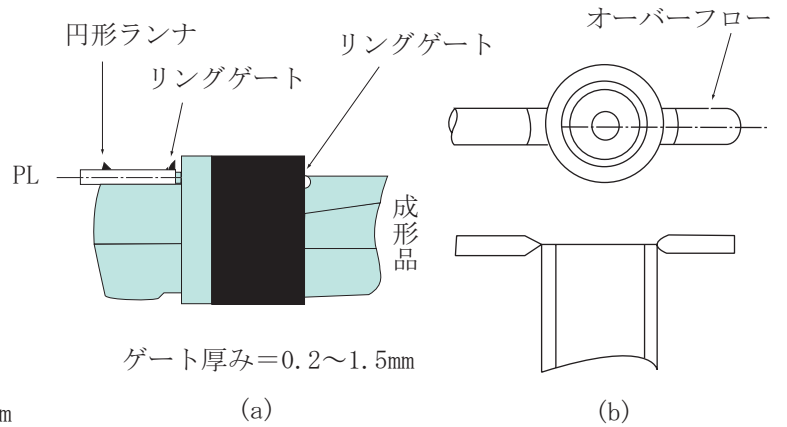


図8.7 リングゲート

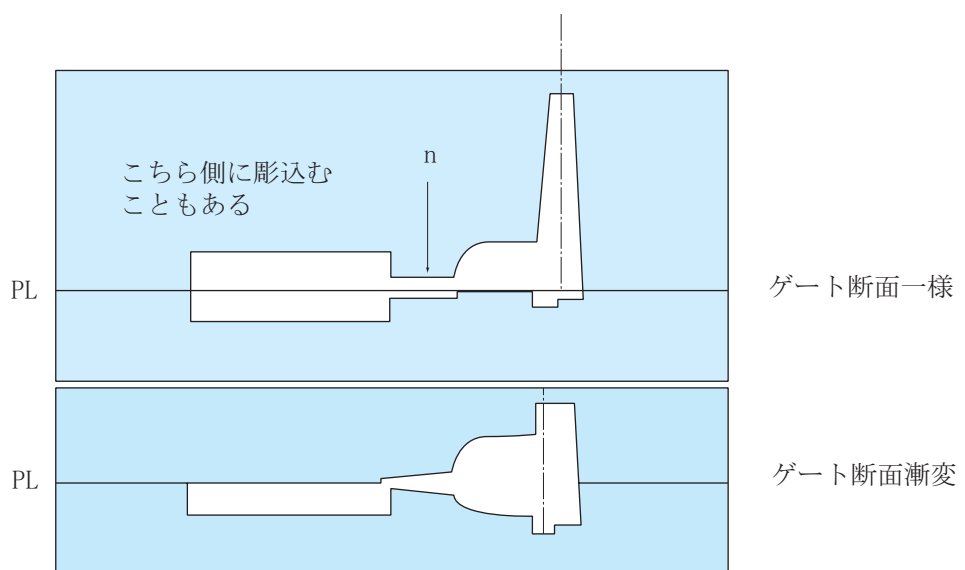
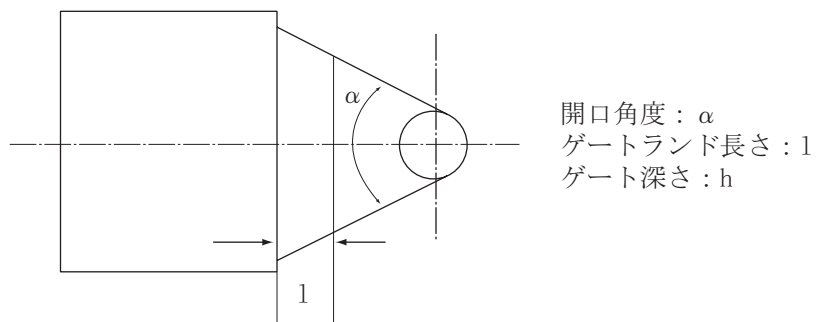


図8.8 ファンゲート

(8) つづき-2. ゲートの種類、図示 (2)

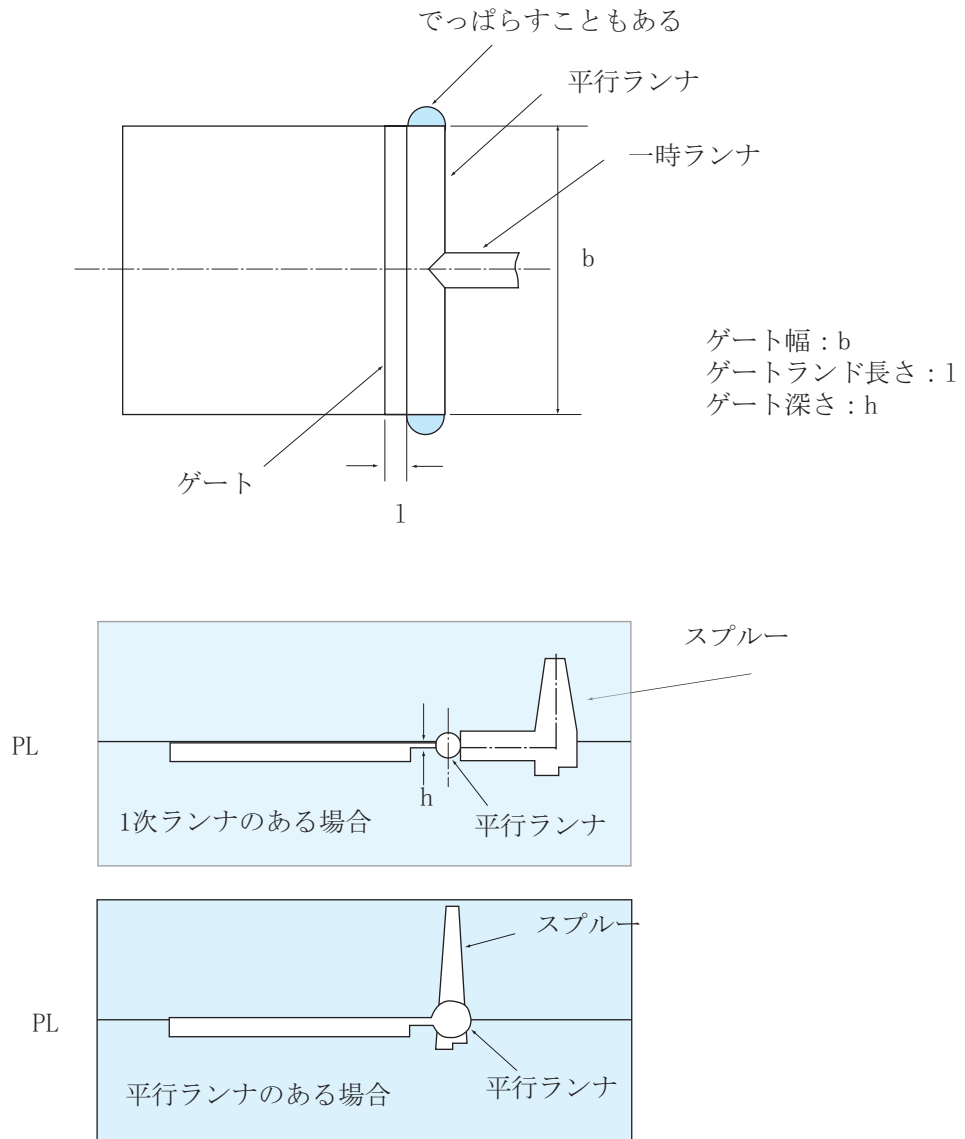


図8.9 フラッシュゲート

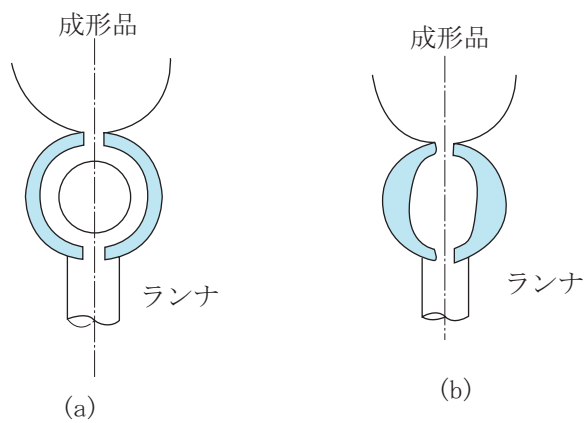


図8.10 制限 (レストリクテッド) ゲート

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ピンポイントゲートの形沢

前節(8)の図8.2に示したように溶融プラスチック材料はピンポイントデートで絞られて、小さなポイントでキャビティに接続するもので、接続点がゲートである。

ピンポイントゲートは3枚型構造(後述する)金型に通用される。形状が比較的簡単で小さいため、つぎのような特長がある。

- (1) 型開きによって成形品とランナを自動切断分離できる。
- (2) ゲート跡が小さい。
- (3) 適切な形状設計をすればゲート跡は目立たず、特に、後加工、仕上げをしなくてもすむ。
- (4) 投影面積の大きな成形品の場合には数個所に設け、それぞれのゲートを調整してキャビティへの材料充填状態を調整できる。

2. ピンポイントゲートブッシュ

ピンポイントゲートの断面積は小さく、高い射出圧力を要するので、ゲートランドはできるだけ短い方がよい。そして、図8.2(d)とは異なりゲートランドは図9.1のように逆円錐台状のものがよいという見解もある。そして、上記1.(4)項に示すような調整には適している。この点を活かすため図9.2のようなニッケル電鍍製のゲートブッシュが提案されている。^[2]

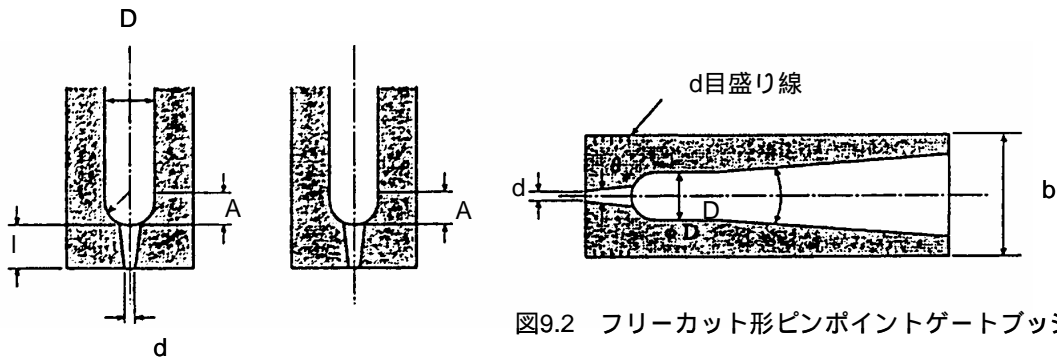


図9.2 フリーカット形ピンポイントゲートブッシュ^[1]

$$A = r = \frac{D}{2} \quad A > \frac{D}{2}$$

(良) (不可)

図9.1 ランドの形状^[1]

3. ピンポイントゲートの径と制限ゲートの径の比較

ゲート径の算出法についての解説も発表されている^[3]ので一応の目安がつけられる。(表9.1~表9.3)

(9) ピンポイントゲートの形状

3. 注意事項

(1) 通常用いられるピンポイントゲートの寸法は図 8.2 に併記してある。この微小なゲート部で材料のキャビティへの流入を調整するには、逆に確実な設計とそれを実現する工法を持たなければならないことを意味する。

(2) しかし、現実の問題としては溶融やプラスチックの物性をしっかり把握して各々のゲートに適格な形状寸法を指示することは必ずしも効率的ではないと思われる。技能が活躍する場があると考える。

(3) 表 9.1 ~ 9.3^[1]も判るように詣法が提法されており、対象材料をきめて、自社の経験値と照合し、そのデータを蓄積することが必要である。

表9.1 ピンポイントタイプ^[1]

慣習式		VDI式		PYE式	VDI値 d_1 との比較	
製品厚さ t	ゲート径 d_0	製品重量 G	ゲート径 d_1	ゲート径 d_2	d_0	d_4
1mm	0.7mm	50g	1.2mm	2.06mm	0.59倍	1.72倍
1.5	1	100	1.4	2.6	0.71	1.86
2	1.3	150	1.6	3.25	0.81	2.03
2.5	1.5	200	1.8	3.67	0.82	2.04

表9.2 慣習式^[1]

製品厚さ t	ゲート幅 w	ゲート深さ h	ゲート面積 wh	換算ゲート直径(d_0)	d_1 との比較
1mm	2mm	0.7mm	1.4mm ²	1.34mm	1.11倍
1.5	2.3	1	2.3	1.71	1.22
2	2.5	1.3	3.25	2.03	1.27
2.5	3	1.5	4.5	2.39	1.33

表9.3 PYE式^[1]

製品厚さ t	ゲート幅 w	ゲート深さ h	ゲート面積 wh	換算ゲート直径(d_0)	d_1 との比較
1mm	4.75mm	0.7mm	3.325mm ²	2.06mm	1.72倍
1.5	5.5	1	5.5	2.65	1.89
2	5.8	1.4	8.12	3.22	2.01
2.5	6	1.75	10.5	3.66	2.03

出典

[1] 大川 整：型技術 4(11)P91-93(1989-11)

[2] 大川 整：型技術 3(9)P80-82(1988-9)

[3] 三谷 景三：型技術 4(8)(1989-8)

§2 ゲート、ランナ、ウエノレド

1. ゲートの個数のきめ方

ゲートの重要な役割はキャビティに流入した材料が所定の成形品になるように流入方向をきめるとともに、必要且つ十分な材料を均一に流入させることである。ゲートの個数はこの観点から決められる。

ゲートの個数検討の手順はつぎの通りである。

1 個のゲートから成形品のどの範囲まで溶融材料が物性を低下させずに到達するか。

どのゲートからも材料が到達しない部分はないか。

全てのゲートから流入した材料が、理想的には、同時にキャビティ空間を充填するか。

適切にゲートシールできて具合よく固化するか。

固化後に成形品の欠陥となるようなウエルド（湯境）が有害な位置に発生しないか。

そして、ゲートの個数は不必要に多いことはないか。

これらについて、最近では、CAE によってかなり正確に予想できるようになっている。この際成形品の形状に応じて（8）節で述べたどの種類のゲートにきめるかは上記に先立つ重要な問題である。

2. ゲートバランス

ゲートバランスには キャビティに複数のゲートから溶融材料を流入させるいわゆる多点ゲートの場合と 多数個取りの各キャビティへの材料流入タイミングを揃えるための流路、ゲートの問題の場合とがある。ここでは の場合について述べる。

この場合は、一般にゲート位置決定の問題として取扱われている。そして、いくつかのシミュレーションをする必要がある点から CAE の活躍の場所でもある。

たとえばノート形パソコンの筐体^[1]のように軽量性と意匠性があわせて重要な薄肉表面部品では特に大切である。その形状の例は図 10.1^[2]の通りである。CAE によるゲートの位置の決定の例を図 10.2 に示す。^[1]

(10) ゲートの個数の決め方、ゲートバランス

3. 注意事項

(1)ゲ - トの個数を決める基礎になるのは溶触樹時の最長流動距離 L である . 板厚 t のとき、 L/t を流動比と呼び、CAE が大幅に使われる以前から、成形金型、遑って成形品の設計に利用されていた . 成功した成形品の L 、 t を実測し、無次元化した L/t で整理しておくものである . また、スパイラルフロー試験によって、このデータを作ることもある . どちらの場合も成形条件を明確にしておかなければならない .

流動比を図解すると図 10.3^[3] のようになる .

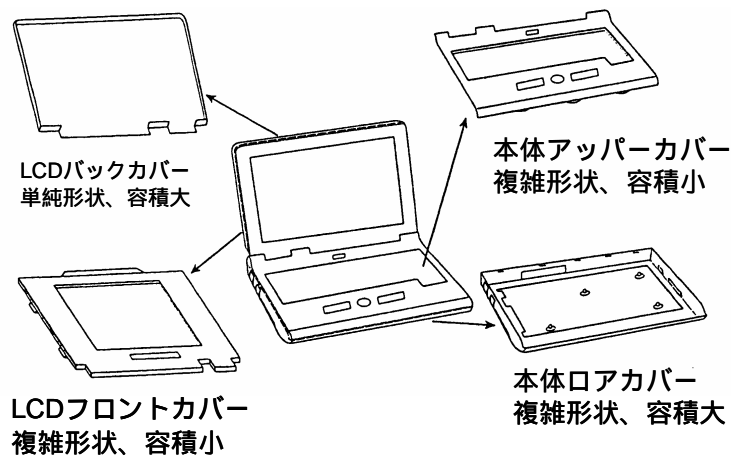


図10.1 ノートパソコンの筐体^[2]



図10.2 CAEによるゲート位置の決定

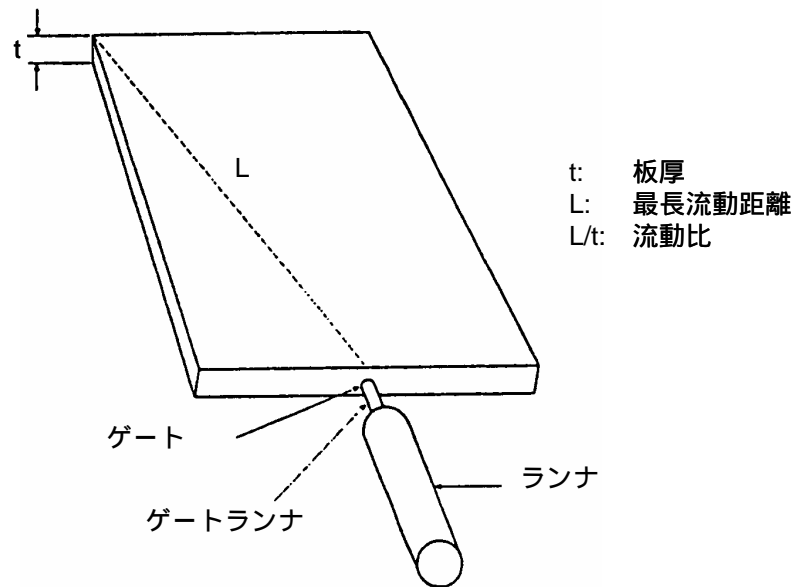


図10.3 流動比^[3]

(2)ノート形パソコンの筐体軽量化の努力はかなり古く(1991以前)から拂われている^[4]。ABS単味から始まり、PC/ABSアロイや炭素繊維配合ABS、りん片状マイカ添加PA/PPEアロイ^[1]、などを経て、成形技術から見直したプラスチック複合材料やマグネシウム合金ダイカスト^[5]、マグネシウム射出成形などの検討も行われている。

これからの時代は常に他の動きを見ながら技術、技能のあり方、進め方を見なければならないよい例であろう。

出典

- [1] 西井 耕太他：成形加工 4(11)P712-716(1992)
- [2] 西井 耕太：私信(1998.10.5)
- [3] 構造計画研究所：資料 P12(1998.9.1)
- [4] 佐藤 利夫：NIKKEI MECHANICAL P.477 P70-73(1996.4.1)
- [5] 西井 耕太：プラスチック 46(8)P19-23(1995.8)

§ 2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ゲート部の材質と使い方

- (1) ゲート部は摩耗しやすい部分であるから入れ駒にして寿命交換が容易にできる設計にする。^[1]
- (2) 特にガラス繊維充填プラスチックなどを用いる時は焼入れ型にすることを原則とする。^[2]
- (3) ゲート部は摩耗しやすく、摩耗によってゲート切れが悪くなり、ゲートかすが発生する。ゲートかすは成形品において異物混入、ショートショット、成形金型のパーティング面の傷の原因になる。定期的に必要な研磨をして切れ味を落とさぬようにする。^[2]
- (4) 当然、超硬材料の使用、CVD や PVD による窒化チタン、炭化タングステンなどの薄膜コーティングの適用も考えてよい。

2. ゲート部の材質の問題の背景

成形金型材質の選定にあたっては金型材料メーカーのカatalog値と過去の自社の経験、および文献による場合が多い。金型材料メーカーのカatalogや文献はコア、キャビティを主な対象とし、可動側板、固定側板およびそれらの取付板に及ぶ程度である。寡聞にして、物量の少ないゲート部の材質の推薦または選択法を述べているものをまだ見ない。

そして金型のメンテナンスの主要な部分としては 金型のパーティングライン面、型の摺動部、キャビティ・コア面、ボルトのゆるみ、冷却水穴の汚れ、つまり 防錆、ヒータの断線、などがあげられている。^[3]

しかし、溶融したプラスチック材料が金型の他部分よりも高圧かつ高速で通過するスプルー、ランナ、ゲート、特にゲートの摩耗は他の摺動部とは異なった意味で重要である。現在の CAE では溶融材料の流動については十分解析する能力をもつが、型材料への影響を明らかにした報告は「ごく少ない」乃至は「全くない」^[4]。また「確立された理論もまだない」^[4]状態である。

(11) ゲート部の型材質

3. 注意事項

- (1) よい金型は永く持たせたい。それにはこわれにくく、減りにくく、支障が生じたら直し易いことが大切である。現在金型に対してこの関心と技術をもつ企業は限られていると思われる。

成形品の高精密化、機能性化が進むに伴って、メンテナビリティ（直し易さ）は強く求められるようになっておくと考えておくべきであろう。

- (2) 成形金型の健全な稼働のために、ゲ - トの堅固性とメンテナビリティに対する配慮が十分なされている企業と全く放置されている企業があるように見える。ゲ - トに目を配っている企業は着眼点を自社のノウハウとして、容易には他社に公開しない。
- (3) それぞれの成形メーカーが自ら使う金型の中で少しずつ検討要素を設けて、色々の試みをして、失敗を糧に、よいノウハウを自ら蓄積していくことが大切である。そして、自社の中ではそのような試みの経験を広く周知させ、また後輩に伝承することが重要である。

出典

- [1] 浅井 真吾他：型技術 11(11)P93(1996-10)
- [2] 高野 菊雄：合成樹脂 43(6)P38-42(1997-6)
- [3] 嶋田 善弘：型技術 11(10)P29(1996-9)
- [4] 斉藤 勝義：型技術 12(10)P39(1997-9)

§2 ゲ - ト、ランナ、ウエルド

1. ゲ - トの加工の意義

キャビティ流入前の溶融材料の圧力、流動方向を調整するのがゲ - トの主な役割であるから、ゲート部もランナと同等以上に平滑な平面に仕上げなければならない。

光学部品として用いられるプラスチック成形品では表面にあらわれるマイクロフローマークは金型壁面に接して固化し、金型面を転写するものと考えられている^[1]。この転写は溶融樹脂の流動先端（メルトフロント）の挙動に大きく左右される。さらに流動先端の挙動はゲ - トの形式ばかりでなく、その仕上げ状態により相当の影響を受ける筈である。小形精密精巧成形品ではゲートの位置形状精度ばかりでなく、その表面あらさも重要である。

2. ゲ - トの加工方法

(1)ゲ - トの位置は多くはCAEによって概略の見当をつけてから、経験の豊かな金型設計者が、時に成形担当者、技術者の意見を聞いて確定することが多い。工作上はNCマシンングセンターなどによるので位置、ゲート寸法とも何等心配はない。

(2)ゲ - トの面あらさは一般成形品の場合は $3.2 \sim 6.4 \mu\text{m Ra}$ 程度で、カッター目が消える程度にサンドペーパーで仕上げる。精密成形品では $0.8 \sim 1.6 \mu\text{m Ra}$ 程度に仕上げる。バフ研磨が可能なときはバフを用いるのが良いが、不可能な場合にはダイヤモンドコンパウンドを竹か桐、朴などの小棒につけてラップ仕上げする。

(3)外形が大きくとも光学的機能を要する成形品のゲ - ト部は焼入研磨後に十分にみがく。

(12) ゲ - トの加工

3. 注意事項

(1)ゲート部の磨きが必要と考えられているのに、形状的に磨き仕上げが出来ない場合には入駒式ゲートにして、入駒を割形にするとよい。

(2)ゲート部はプラスチック材料の種類によっては比較的早い時期にスラッジがたまり易いので、精密成形品用金型では定期的に清掃した方が、経済的である。

(3)ゲートの径は成形部門が主体になってきめることが多い。適当と考えられる寸法より予め少し細めに作っておき、試作打ちの結果修正して太くする場合もある。

(4)一般論としては左頁の2項に述べたように表面粗さは細かい方がよい。しかし、大物成形品用金型では放電加工で到達できる最良表面にすれば十分であるとしている所もある。表面粗さについては目的に応じ、経済他とかね合せて独自にきめて標準化しておくことが

望ましい。

出典

[1] 吉井 正樹他：合成樹脂 36(8)50(1992-8)

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ランナ

(7)節、図 7.1 に示すように、ランナはスプルーとゲートをつなぐ、溶融材料の流路である。成形品形状や材料の流動性からゲートの形式、位置、数を決めると、ランナの位置は概ね定まる。成形品の残留応力、成形能率（サイクルタイムの短かさ）、成形品・ランナの分離排出（取出し）も考えてランナの形状を定めなければならない。しかし、何よりも大切なことは確実にキャビティに材料が到達することである。

2. ランナの形状

(1)ランナの代表的な断面を図 13.1^[1]に、そのうちのいくつかの寸法例を図 13.2^[2]に示す。断面積を大きくとると、冷却時間が良くなるばかりでなく、ゲートへの到達時間も却って遅れ、あわせて材料のロスも多くなる。断面積はできるだけ小さい方がよい。

形状としては加工性、圧力損失、熱伝達の点から、断面積対周長比の大きい円形断面がよい。

小さい成形品では 3~5、大きな成形品では 6~8 が標準とされている^[2]。

(2) 多数個取りの場合のランナの平面形状・配置（レイアウト）はつぎのように考えるとよい。

(i) スプルーからゲートまでの距離を等しく配列する。(図 13.3)^[2]

但し、流動する材料の曲り角の丸味に留意するとともに、材料が 2 回以上曲る時は曲る方向の異・同に対する配慮をした方がよい。

(ii) スプルーからキャビティ（ゲートランドの終点）までの圧力損失が等しくなるように、ランナ、サブランナ、ゲートランドの断面積を変える。(図 13.4^[2]、図 13.5^[3])

(iii) ランナの先端には適切なスラグウエルを設ける。(図 13.6)^[2]

3. ランナの仕上げ

ランナレイアウトに当り考慮したように流動抵抗を少なくするため表面粗さにも留意する。精密成形品では 0.8~1.6 μmRa 、一般成形品では 3.2 μmRa 以下程度に仕上げたい。

(13) ランナ

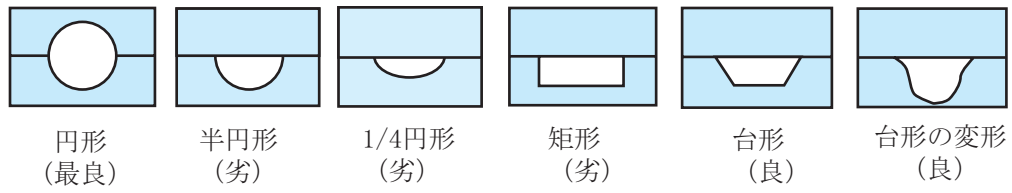


図13.1 代表的な断面例 [1]

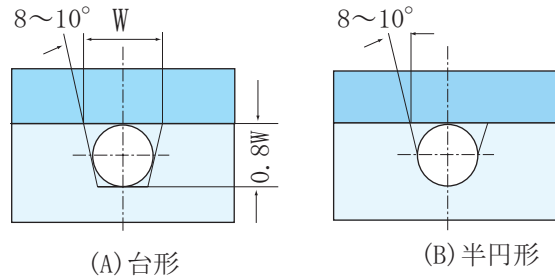
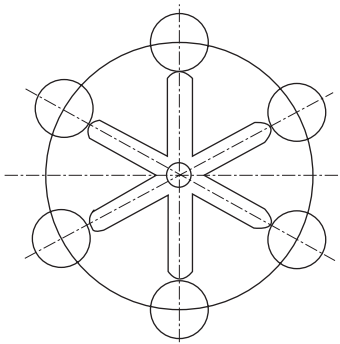
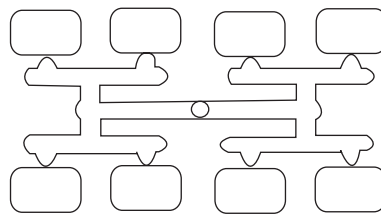


図13.2 断面の寸法例



(a) スポーク形ランナ



(b) H形ランナ

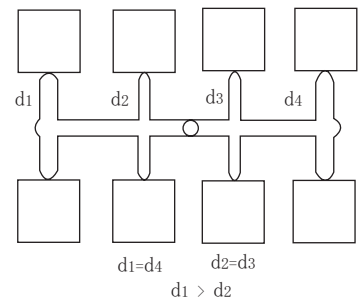


図13.4 幅を変えたランナ [2]

図13.5 等距離の配置

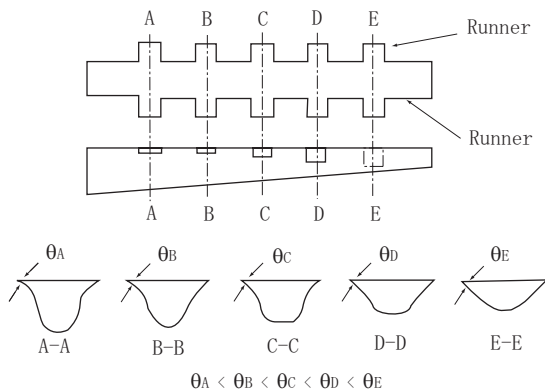


図13.5 深さを変えたランナ [3]

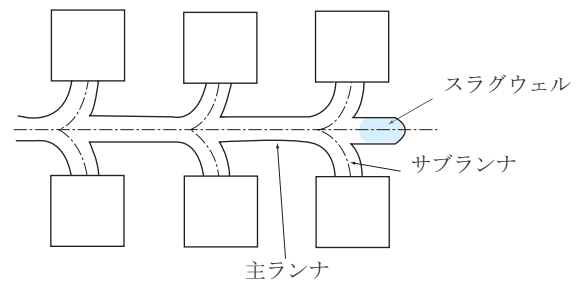


図13.6 スラグウェル

仕上げの方法は(12)節のデート仕上げと同様でよい。切削でこれに到達できれば、切削でも差支ない。

4. 注意事項

(1) ランナ断面はできるだけ小さめに作っておき、テストの結果広げるくらいの方がよい。常識的にランナ内の溶融材料の流れはハーゲン・ポアゼイユの法則 ($Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \pi L}$) としているが、微分式 ($Q = \frac{\pi r^4}{8 \eta} \frac{dp}{dL}$) によるべきだという説もある。

この考えに従えば従来 0.6 であったランナを 0.3 にできる場合もあるという^[4] (Q: 流量 cm³/s、
: 粘度 Kg・S/cm²、L: 流動長 cm、r: 流路の半径 cm、P: 圧力差 Kg/cm²)

(2) 円形断面は上下型の両方に加工するので上下の合せが面倒だと常々いわれたが、現在は NC 加工機で多くの問題は解消されている。

出典

- [1] 岩橋 俊之: 合成樹脂 34(2)P24(1988.2)
- [2] 廣恵 章利他: プラスチック成形加工入門 第2版 P104-105 日刊工業新聞社(1995-1)
- [3] 佐伯 準一他: 日本機械学会論文集 (B編)56(528)P2343-2350(1990-8)
- [4] 鳴滝 朋: 間違いだらけの成形技術 P35 シグマ出版(1994-9)

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ホットランナ、ホットチップ

(1) 歴史的にはキャビティに流入する成形材料の温度を保持するために、ゲート近傍およびランナをある温度に保持する目的でホットランナは開発された。そのために金型内に装着されるアダプターがホットチップである。わが国ではホットランナの研究が昭和50年に中小企業庁企開発研究費補助金事業で取上げられている^[1]。そして加熱した状態の成形材料をランナ内に留めおくので、ランナレス方式の一部となっている。

因みに、ランナレス方式には延長ノズル形、ウエルノズル形、インシュレーテッド形などがあり、それぞれの方式の特質を生かして用いられているが、ここでは省略する。

(2) ホットランナを機構から大別すると表14.1のようになり、成形材料が加熱部の内側を通るものを外部加熱、逆のものを内部加熱という分け方もある。

表14.1 ホットランナの種類^[2]

ホットランナ	熱バランス式	ホットノズル形 トピード形	外部加熱 内部加熱	図14.1 図14.2
	メカニカルバルブ式	トピード形 スライドバルブ形	内部加熱 外部加熱	図14.3 図14.4

2. 加熱方式の得失とホットランナの利点

- (1) 内部加熱、外部加熱の方式を比較すると表 14.2 のようになる。ホットランナのメーカー数は日本で 15 社（金型メーカー自家製は約 25 社）、北米、ヨーロッパ、アジアの合計は約 80 社（金型メーカー自家製は約 175 社）を超える^[3]といわれている。それぞれに特徴があるから自社の成形品、適用材特によって選び、または改良する必要がある。

表14.2 ホットランナの加熱方式の得失

	内部加熱 (コールドマニホール ド)	外部加熱 (コールドマニホールド)
構造	簡単	× やや複雑
断熱	不要(通常支持)	× 金型設計で断熱支持固定
熱膨張	小又はなし	× 金型設計上考慮を要す
熔融プラスチック の流動抵抗	× 大	小
色・材料替え	× 困難	容易

(14) ホットランナ、ホットチップ

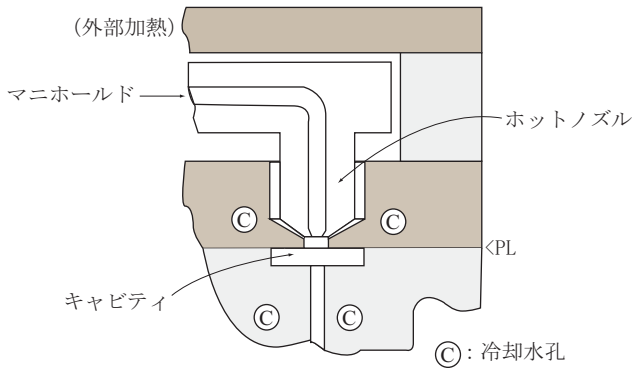


図14.1 ホットノズル型ホットランナの例

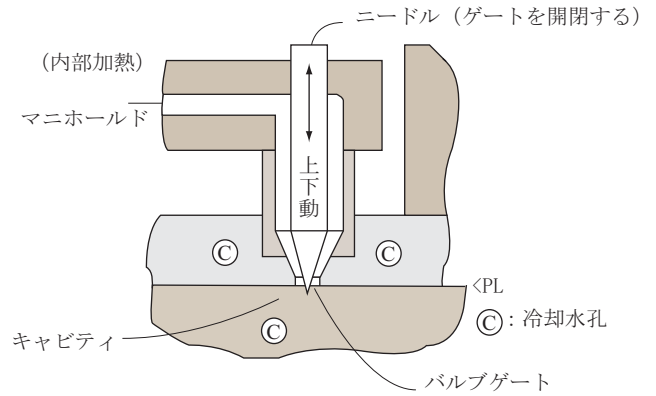


図14.3 メカニカルバルブ式トーピード型ホットランナ

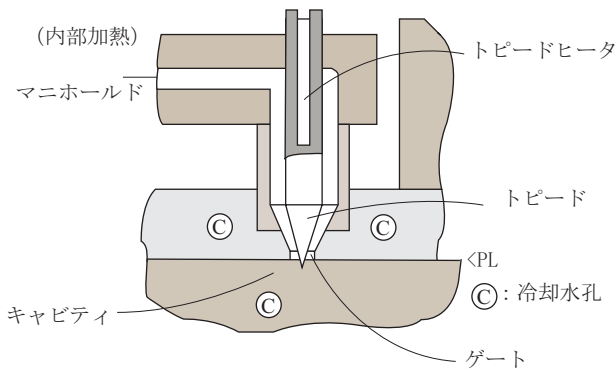


図14.2 熱バランス式トーピード型ホットランナ

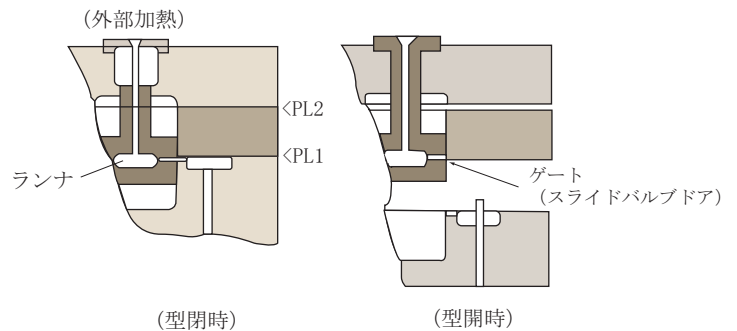


図14.4 スライドバルブ型ホットランナランナ

(2) ホットランナの利点を簡単にまとめると表 14.3 のようになる。

表14.3 ホットランナの利点

- ・省材料
- ・ゲート跡加工排除
- ・ランナー回収作業排除
- ・成形サイクル短縮
- ・流動性向上
- ・ウェルドラインの不顕在化
- ・糸曳き、ゲートのふさがり排除

3. 注意事項

- (1) ホットランナ（チップおよび方式）の選定にあたってはつぎのことをよく調べる。
 - ・型温への影響は大きくないか
 - ・材料の分解はおきないか
 - ・短時間の成形機停止で固化しないか
 - ・色替え、材料替えは確実に容易にできるか
 - ・ヒーターは切れ易くないか、交換は容易か
- (2) 今までホットランナを敬遠していた精密成形の分野でも適切な方式のランナを選択して活用する動きが大きいとの報文[4]もある。
- (3) メーカーのカatalog、解説は自社製品のPRに重きをおくのは当然である。成形メーカ、金型メーカの切磋琢磨、情報共有化を進めることが望ましい。

出典

- [1] 中小企業庁、大阪通産局、大阪市：ホットランナに関する研究：普及講習会テキスト（昭和52.3）
- [2] 佐藤 功：合成樹脂 34(3)3(1988-3)
- [3] 田村 功：成形加工 9(8)626(1997-8)
- [4] 佐藤 功：プラスチック 48(12)26-30(1997-12)

(15) ウエルドの発生原因

3. 付記事項

- (1) 上記の第2項の記載にも関連するが、独自の見解を発表している書物^[4]もある。
 - (i) ウエルドは表面の問題でありバフで深く磨くと消えること。
 - (ii) 会合点では型内で一部の空気を閉じ込めるために表裏の2個所に生じること。
 - (iii) 昔はウエルドの問題は少なかったこと。これは金型の工作精度が上り、隙間がなくなったのに、成形技術が追いつかなくなったためではないかと思われること。
- (2) 成形品の形状設計上ウエルドがどうしても消すことができない場合、きわめて多い。しかし、材料の流動性が良い場合には成形条件によって、ウエルドの太さ、濃さを若干調節することができる^[5]。
- (3) いずれにしても、これまで見てきたような原因をよく検討して、対策をさがす必要がある。そのために多点ゲートの場合には(10)節の図10.2のようにウエルドをCAEで予測することも重要な手法である。

出典

- [1] 横井 秀俊：成形加工 6(2)P100(1994-2)
- [2] 横井 秀俊他：成形加工 89.P245(1989)
- [3] 村田 泰彦他：成形加工 90.P209(1990)
- [4] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門(第2版) P247 日刊工業新聞社(1995-1)
- [5] 鳴滝 朋：間違いだらけの成形技術 P89 シグマ出版(1994-9)

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ウエルドライン

ウエルドラインは成形時に、溶融材料の2つ以上の流れが会合（合流）する部分にできる細い線である。ウエルドの周辺部分を単にウエルドとかウエルド部という。ウエルドラインのことをニットラインと呼んだ時代もある。

溶融材料が分流する原因は (i) 2 個以上のゲートによる場合、(ii) 1 個のゲートから流入して流動経路途中にある穴、インサート、偏肉によって生じる場合、(iii) 溶融材料の流動を妨げるガスの発生によると考えられる場合とがある。

これらは材料の会合部となる流動先端部すなわちフローフロントの表面にスキン層が生じていて、両方から対向して流れてきた材料が具合良く融合しないために生じるのである。

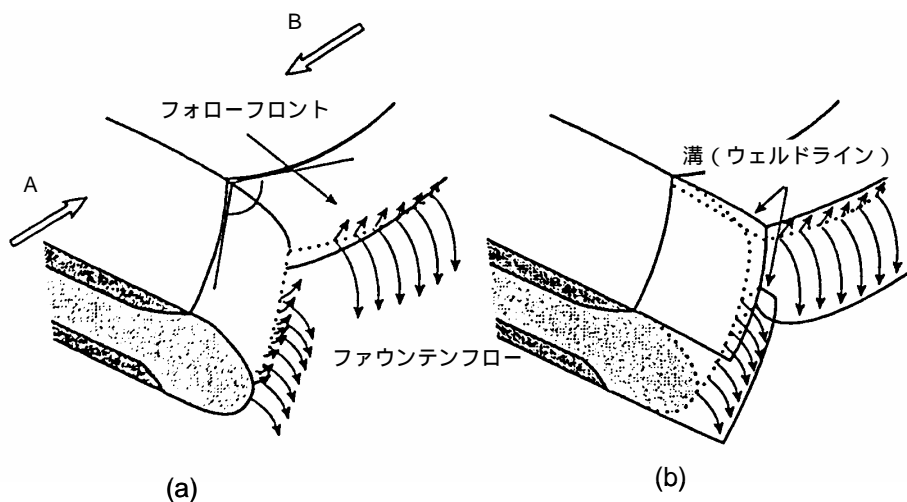


図15.1 ウエルドライン生成機構の模式図（ θ : 会合角）

2. ウエルドラインの発生メカニズム

ウエルドの発生メカニズムは東京大学生産技術研究所の横井研究室で、不良現象の可視化解析の中で、シルバーストリーク、フローマークとともに取り上げられてきた^{[1][2][3]}。その成果の中から引用してウエルドについて簡単に説明する。

図 15.1 において A、B の 2 方向から流れてきた溶融材料が会合すると、すでにスキン層が形成されているので、流動厚の中央から流動方向に垂直の方向に押出されていく。この様態を図 15.1 の (a) に示す。この時、曲面部の余剰表面積が肉厚の内側に折れ曲がるために、ウエルドの溝が形成される。この余剰表面積は (図 15.1 (a)) に左右される。 θ が小さいほど余剰表面積は大きくなり、生じるウエルドは深く広くなる。 θ が大きいときは浅く広いウエルドが生じるが、ある瞬間にウエルドを構成する折込部が、スキン層中に分散吸収されて、ノッチ状のウエルドは消滅する。ノッチ状ウエルドの生成は会合角に大きく依存しており、消失角は $120^\circ \sim 150^\circ$ の範囲にあると報告されている。消失角はプラスチック材料に固有の値で、成形条件に依存しない。

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. 材料の流れとウエルドラインの発生位置

ウエルドラインの発生を阻止するために、会合点を見出し易いように、材料の流れを図 16.1^[1]に示しておく。ゲートのちがいによって成形品になる前の材料の流線がちがうことが判る。またゲート数とウエルドライン発生を関係を図 16.2^[2]に示す。

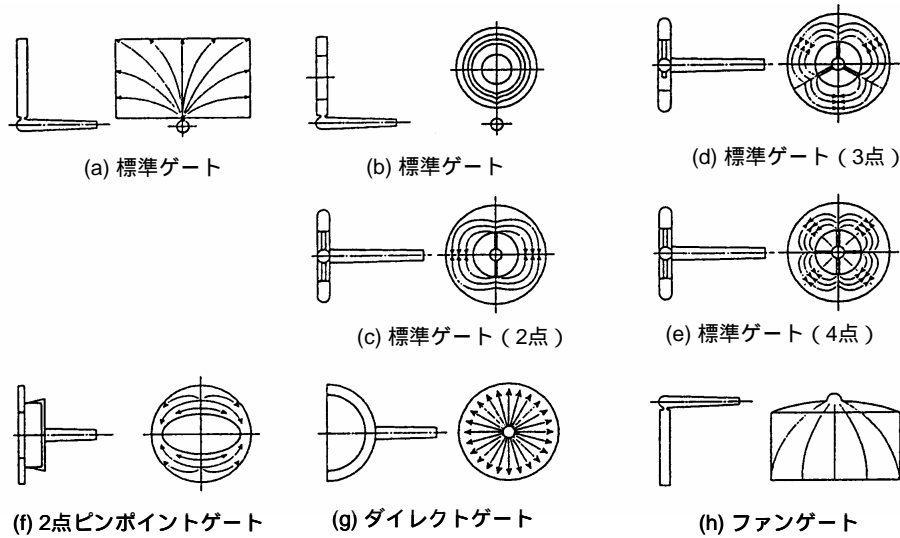


図16.1 ゲートの種類・位置による材料の流れ^[1]

用途：大きさA3サイズ
キャビネット

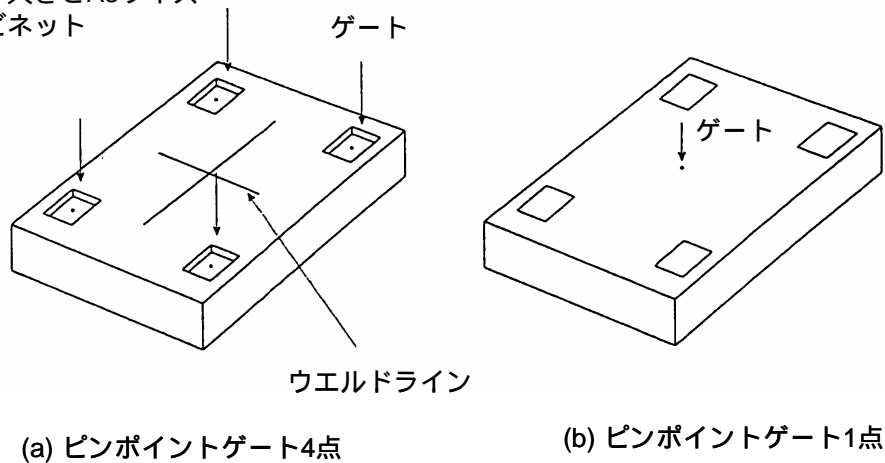


図16.2 多点ゲートによるウエルド^[2]

この図から、ウエルドラインはゲートから最も速い位置の付近にできることが判る。また、ゲートの位置、数、成形品の厚さ、穴、リブによりウエルドラインの位置・数は変る。流れに対して「かげ」になるものがある時はかげの裏側に生じる。

現在では、(10)節の図 10.2 のように CAE によりウエルドラインの位置は予測できるようになっている。

(16) ウェルドの防止法

2. ウェルドラインの発生防止法^[3]

前節に述べた生成原因に基づいて、つぎの3つの方法が考えられている。

(i) 充填過程でスキン層の形成を極力抑える

金型表面での溶融材料の冷却を抑制する。このために、金型温度を高くする。金型表面を高周波加熱する。金型表面処理するなどにより超高速充填をするなどが有効な手投である。

(ii) 生成位置を制御する

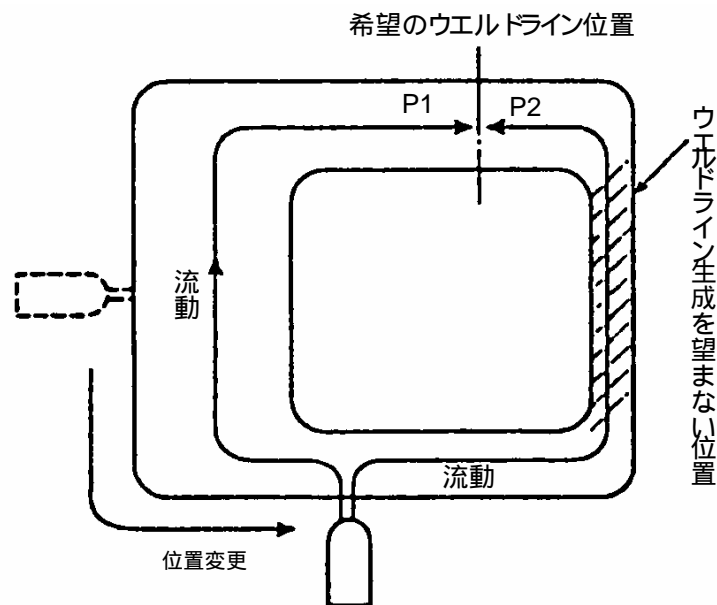
ウェルドラインを成形品設計上支障が少ない部分に移動させる。このために、CAE を用いて、生成、消失位置の予測結果を参照しながら、成形条件、ゲート位置を変更する。(図 16.3^[4])

(iii) 生成原因となる分流を発生する障害物を一時的に除去する

障害となるブロックやピンを充填中に押込んで移動するような可動構造とする。または金型内打抜きをする。

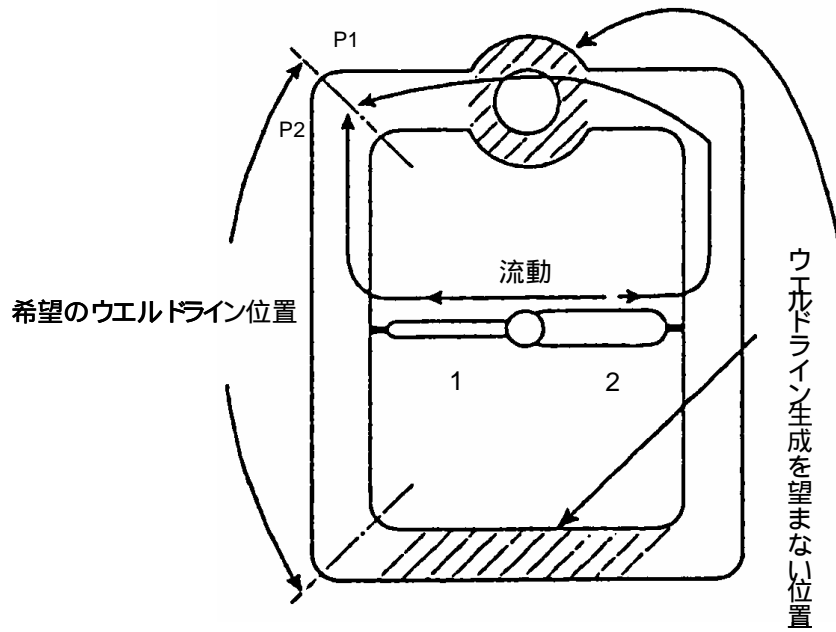
(iv) 会合部に空気・揮発分が巻き込まれて生じるウェルドラインを成形品外に動かす。

タブを設け、ここにウェルドラインを生成させ、後に切断する。ウェルド生成部にエアベンドまたは樹脂溜りを作る。



(a) 1点ゲートの場合

図 16.3 ゲート位置とウェルドライン生成位置



(b) 多点ゲートの場合

図16.3 ゲート位置とウエルドライン生成位置

3. 注意事項

ウエルドラインの生成解消には巻込んだ空気、発生するガスの逃げを徹底的に検討することが大切である。

出典

- [1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計 P186 日刊工業新聞社(1986)
- [2] メイテック設計ノウハウデータベース委員会：NIKKEI MECHANICAL 1990.2.5号 P78-86
- [3] 横井 秀俊：成形加工 6(2)P100(1994-2)
- [4] 佐久間：プラスチック 32(3)P51-57(1986-3)

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ウエルド部の強さの低下

ウエルド部は(15)節に述べたような溝が生成されるので、クラックと見ちがえられ易い。しかし、断面積が小さくなっているばかりでなく、切欠きに基づく応力集中がある。これらのために、引張り、曲げ、捻りの外力に対して弱くなっている。

ウエルド部の強さの低下を測定するには図 17.1^[1]のような金型によって成形する。バルブを閉じると1点ゲートとなりウエルドラインのない試験片が成形できる。バルブを開くと2点ゲートとなって、ウエルドラインのある試験片が成形できる。この両者の試験値を比較すればウエルドラインの効果が明らかになる。

引張り強さの場合の例を表 17.1^[1]に示す。

試験片の厚さが変わっても、単味材料の場合この例では殆ど引張り強さは変わらない。ガラス粉末、ガラスビーズを充填した場合には若干の低下が見られる程度である。しかし、ガラス繊維を充填しようとする場合にはウエルドラインを発生させてしまうと、強化しようと考えて充填したにも拘らずこの例では無充填(無配合)の場合の約60%位まで低下している。

ガラス繊維によって強化する場合には繊維の配向(オリエンテーション)によって、双方向から出合うプラスチック材料の融合が、ガラス繊維によって妨げられることがないかどうか検討、確認する必要がある。

また、ゲートの種類によってもウエルド部が発生する2点ゲートの場合の引張り強さの保持率が異なることも明らかになっている。図 17.2^[2]の金型によって成形した試験片の実測例を表 17.2^[2]に示してある。

中衝撃性ABS樹脂の場合ウエルドライン部の強さは非ウエルド部に比し、つぎのようなデータも発表されている^[3]。

引張り強さ...2~10%低下、 クリープ時間...1/10~1/100、 引張り衝撃強さ...70~80%低下、 疲れ強さ...荷重一定高応力の場合1/3~1/2の低下。低応力の場合殆ど低下なし。

(17) ウエルド部の強さの低下

表17.1 引張り試験のウエルドラインの効果^[1]

プラスチック材料	配合材	充填率[%]	単味材に対する比率（保持率）		
			試験先の厚さ		
			1/16インチ (1.6mm)	1/8インチ (3.2mm)	1/4インチ (6.4mm)
ポリカーボネート（単味）	-	-	100	99	99
"	ガラス繊維	10	91	86	90
"	"	30	64	64	65
"	ガラス粉末	30	100	94	92
ポリアミド6.6（単味）	-	-	100	97	100
"	ガラス繊維	10	92	93	87
"	"	30	64	61	56
"	ガラスビーズ	30	100	95	90

表17.1 ゲートの種類などによる1点ゲートに対する2点ゲートの保持率

ゲートの種類と組み合わせ		射出1次元時間 (s)	引張り強さkg/mm ²	
			$\frac{\text{2点ゲートの値}}{\text{1点ゲートの値}}$	
			t3の場合	t4の場合
ファンゲート	1点ゲート	2	3.68	[59.2]
	2点ゲート		2.18	
	1点ゲート	5	3.62	[58.3]
	2点ゲート		2.11	
マルチゲート	1点ゲート	2	3.42	[69.0]
	2点ゲート		2.36	
	1点ゲート	5	3.47	[65.4]
	2点ゲート		2.27	

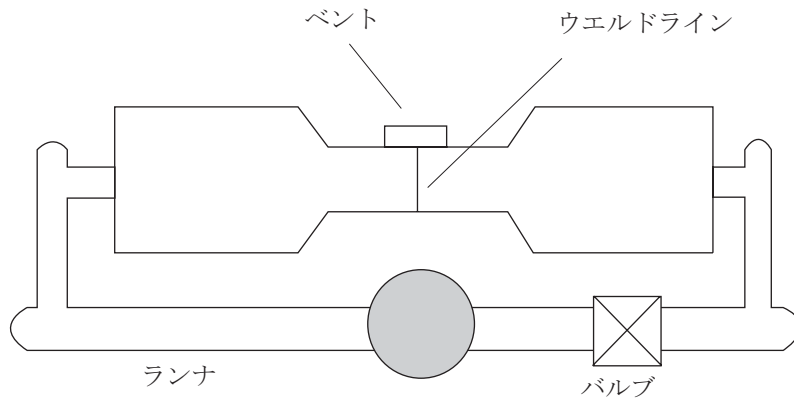


図17.1 試験片作成用の型および試験片^[1]

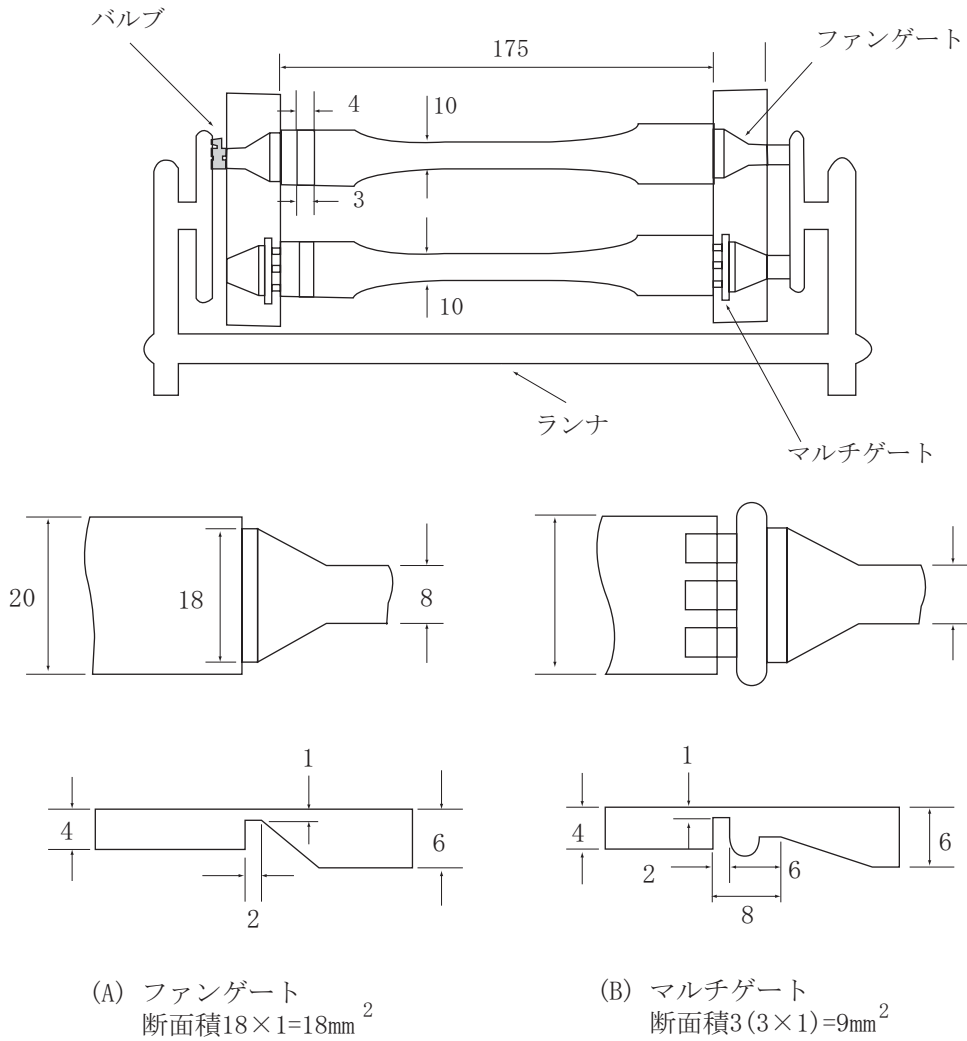


図17.2 ウエルドに及ぼすゲートの違いの影響を調べた試験片^[2]

2. 注意事項

現在ではCAEによって繊維類の配向は予測できる場合が多い。プログラムのデータベース（材料物性値、成形条件）が自分たちの実際の場合と一致しているか。これは試験片の実物でチェックしておかなくてはならない。

出典

- [1] 廣恵 章利他：プラスチック加工入門（第2版）P248 日刊工業新聞社（1995-1）
- [2] 里見 英一：プラスチック成形品の設計（第2版）P161-163日刊工業新聞社（1986-2）
- [3] 某メーカー資料

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ウエルド部に対するスリット穴の影響

ウエルドラインの発生の原因は溶融材料の会合（合流）であって、その端緒は分流である。金型の外部で分流するものの例が多点ゲートである。金型の内部で分流するのがスリット穴である。また、広義に理解すればインサート成形する際のインサートも溶融材料の流動から見ればスリット穴である。

ゲートから溶融材料が流動進行するスリット穴のゲートに対する対向面では図 18.1、図 18.2 に示すように、会合して生じる停止滞流部が生じる。従ってこのままの金型ではウエルドラインが残る。ウエルドを消滅させるには会合部に停止滞流しない方法をとることが重要である。

すなわち図 18.1 に対しては、図 18.3 に示すように捨代とするフラグウエル（又はタブ）をつけ、さらにエアイベントをつけて、ウエルドラインの発生位置をそちらに移す。そしてその部分を切落してしまえば成形品本体にはウエルドラインは残らない。

図 18.2 に対しては図 18.4 に示すように、一方向に溶融材料が流れるように、ゲートの種類を変更する等の配慮が必要である。図 18.4 ではまだ X 部に会合部が残るので、スラグウエルを作るとかエアイベントを設けることが必要となる。

(18) ウエルド部に対するスリット穴の影響

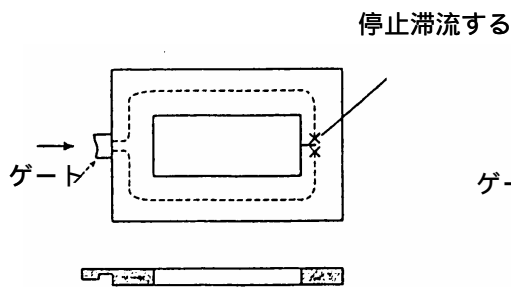


図18.1 スリット穴とウエルドライン

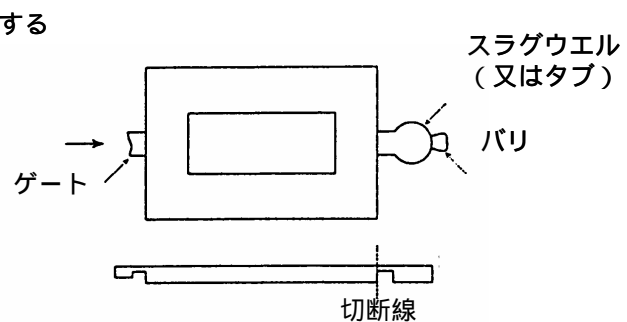


図18.3 スラグウエルによるウエルドラインの解消

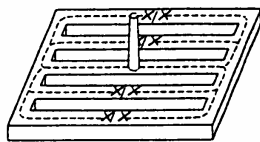


図18.2 多数スリット穴とウエルドライン

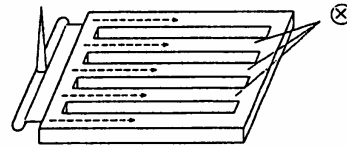


図18.4 ゲートの変更によるウエルドラインの解消

2. 注意事項

- (1) 経験の少ない金型設計者、まだ十分な機能をもたない CAE にもとづく CAD ではウエルドラインの発生をうっかり忘れてしまうことがある。金型製作担当部署のベテランはデザインレビューの際に金型設計者に教えてやると共に、新人の技能者には日頃丁寧に教えてやる必要がある。
- (2) この項目に限らず、思わぬ発生不良はその現象を記録保存することが大切である。できれば、推定原因を QC 活動などの一環として論議して、その度に記録しておく。多数枚たまったら分類整理してまた討論すれば何かが見えてくる。これが会社の財産であり、技能者の財産である。

§2 ゲート、ランナ、ウエルド

1. ゲートの仕上げ^{[1][2]}

ゲート部は残留応力が集中し、クラックが入っていることもあり、非常に弱くなっている。熟練者が仕上げても異常に残留応力が大きい場合には、クラックに移行してしまうことがある。試打ちの際に仕上げテストまで進めることが必要である。

仕上げをなくすためにはホットランナの活用を是非検討したい。

表 19.1 に若干の種類ゲートにつき、仕上げの方法の概略をまとめておく。

表19.1 ゲートの仕上げの例

ゲートの種類	成型品材質	仕上げの要領
ダイレクトゲート	ポリエチレン	ニツパかせん定鋏で切断し、ヤスリで仕上げる。
	ポリスチレン メタクル樹脂など硬質のもの	ボール盤にエンドミルを取り付けて仕上げる。成型品のセンターを出すことと、切りすぎないためのストップの工夫が必要である。
	ポリカーボネイド	残留応力によるクラックの発生しやすいものはゲート部を充分残して切断する。または、熱鋏（ヒータ内蔵ニツパ）で切断する。
ピンポイントゲート	一般の材料	仕上げは不要
	ポリエチレン	ゲート跡が成型品の表面に出る場合は羽布仕上げすることもある。
標準ゲート	ポリエチレン	せん定鋏で切断し、安全カミソリで仕上げる。
制限ゲート	ポリスチレンその他	適当なストップをつけて、卓上グラインダー、細目平目ヤスリで仕上げる。
ディスクゲート	ポリスチレン	ボール盤に円筒刃をつけて仕上げる。
	ポリエチレン	
その他		状況によってアランダムチップで、バレル仕上げやショット加工する場合もある。
共通事項		<ul style="list-style-type: none"> ・成型品のゲートデザイン、寸法が仕上げし易いか、仕上げ加工中に成型品の不良品が出ないか、デザインレビューする。 ・特殊カッタを使う場合、刃先の摩耗程度に注意して早期交換する。

2. ランナの後処理

成形中は取出し易い形で、成形完了後は不要品になるので破碎し易く、リサイクルまたは廃棄しやすいものにする。フィラ配合プラスチック材料では成型品設計時に、そこまで考えておく方が結局効率的である。

(19) 後処理

3. ウエルドの後処理^{[1][2]}

後処理が生じないように、成形品、成形金型の生産性設計をしっかりとすることが最も大切である。

ウエルド防止法については(16)節で述べたがここで簡単にまとめておく。

ウエルドの発生が予想される部分に成形材料留め(スラッグまたはタブ)を設け、ウエルドラインをそこに発生させ、後で切断する。

ウエルド部にエアペントを設ける。

ゲート位置を変えてウエルドラインが目立たない位置に移動させる。

射出速度を早めにし、金型温度、熔融材料温度、射出圧力を上げるなど材料の流動をよくする。ウエルド部金型内圧をあげ、材料の粘度を低下させる。このようにして生成したウエルド部を金型面により密着させる。

障害となるブロック、ピンを可動構造とし、キャビティへの熔融材料流入中は、押込みまたは移動させる。

強さのことも考えたうえで、金型にシボ加工をしたり、成形品をショット加工することもある。

成形中にヒータにより合流時の熔融材料を部分加熱すると外観上はウエルドラインが消去されるという研究成果もある。しかし、ウエルド強度の改善にまでには至っていない^[4]。

4. 注意事項

(1) 後処理、後仕末は成形品そのものの価値を高めることはない。できるならば、後処理、後仕末の必要性がない事前処理をすべきである。デザインレビュー、生産性設計の定着が必要である。

(2) 後処理、後始末の問題は環境問題に関連して、今後大いに取上げられると思われる。従来は比較的蔭の技術で、成形品そのものに関する技術ほど華やかには議論されなかった。

(3) デザインレビューも生産性設計も生産現場の技術、技能に根ざしている。現場の技能を現場にきちんと整理保存し、伝承していくことがその会社の実力の根底であることを十分周知徹底して一致協力することが重要である。

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形(第8版) P174 プラスチックスエージ社(1977-7)

[2] 廣恵 章利：プラスチック加工入門(第2版) P309 日刊工業新聞社(1955-1)

[3] 横山 秀俊：成形加工 6(2)100(1994-2)

[4] 泊 清隆他：成形加工 4(6)374-379(1992-6)

§ 3 パーテング面

1. パーテング面の意味

成形金型のキャビティとコアの間の空洞（これがキャビティの本来の言葉の意味だが）に、溶融材料が流入、充填、固化してできる成形品を取出すために、キャビティとコアを開く必要がある。つぎの成形のために金型を閉じる必要がある。この開閉の時に、キャビティとコアを分離（パーテング）する面がなければならない。この面を「金型のパーテング面」という。

つまり、パーテング面は分割面すなわち合せ目面である。そこに接する成形品の表面には分割面の縁辺の合せの線が転写されて痕跡を残す。その痕跡を「成形品のパーテングライン」という。金型の合せの線そのものが「金型のパーテングライン」である。

2. パーテング面の主な役割

主な役割はつぎの通りである。金型のパーテング面、成形品の取出し法、成形品のパーテングライン、パーテング面の加工、パーテング面のメンテナンスなども次の役割から考えるとよいし、またその必要がある。

- 成形品・ランナの取出し（従って後述するように2枚型、3枚型が生じる。）
- インサート部品がある場合の挿入
- 成形品の意匠デザイン上のアクセサリ
- キャビティ内残留空気または発生ガスの排出
- キャビティ、コア加工の容易化

(20) パーテング面の意味

3. 注意事項

- (1) 金型、成形品を含めてパーテング面、パーテングラインをPLと略す。文章中および図中にすでに記号として用いられている。パーテング面の場合にもこの場合Lineで表わすことが習慣化している。
- (2) 同じ形状の成形品に対してもパーテング面のとり方は幾通りも考えられる。取扱っている金型のパーテング面の主な役割を考えてきめる必要がある。
- (3) 成形品形状、アンダカットなどのための突出し駒、スライド機構の都合でパーテング面は必ずしも一つの平面にはならない。しかし金型構造の簡略化のために成形品の生産性設計を見

直し、できるだけ簡単で加工し易く、保守し易いパーテング面に原案を改めた方がよい。

4. 付 言

すでに何度か用いている「生産性技計」について簡単に鋭明しておく。

- (1) 生産性設計とは生産効率を考えた設計で、単に生産方法を考えた生産設計と区別する。^[1]
- (2) 機能設計に対抗する概念で、経済的な生産を実現するための設計が生産性設計である。主な内容は生産を考えた材料、形状などの決定、工程設計、工具・設備設計、組立性、後加工性、検査性、解体性とその要素機能の部品への配分、梱包などまで含んで考える。

以上のような生産性設計の能力が会社の実力の一つで、技術と技能とのよい強調のうえに成立つものである。

出典

- [1] 青木 正義：プラスチック成形品設計 P2.51,61.71 (株)工業調査会(1988-4)

§3 パーテング面

1. パーテング面決定の原則

つぎのような原則に従うとよい。

(1) 一般的な事柄

- ① 成形品の外観上、目立たぬ位置にする・・・内部にはいつてしまう所におく。 (図21.1)^[1]
- ② 成形品の仕上げ加工が容易な位置にする・・・丸味のある時はRのセンターを通る線で割る。 (図21.2)
- ③ 必要に応じガス、空気抜きを設けられる位置にする・・・ガス、空気抜きは深さ0.005～0.05mm×幅5～10mmの浅溝が標準である。

(2) 成形品精度との関連

- ④ プラスチック材料充填部（彫込み部）が成形金型の固定側と可動側の両方に跨らない（パーテングラインを跨がない）ように割り方を工夫する。・・・彫り込みをコア側に集める。ヒールパックを付ける。(図21.3、図21.4、図21.5)
- ⑤ パーテング面を高精度に平滑に仕上げられるよう成形品の形状、成形金型の他の部品との相対位置を工夫する。なお、取出しに関することは(22)節、パーテング面の加工に関連する事柄は(25)節に述べる。

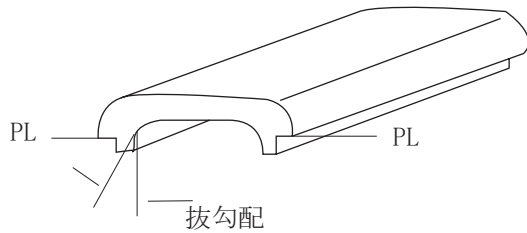
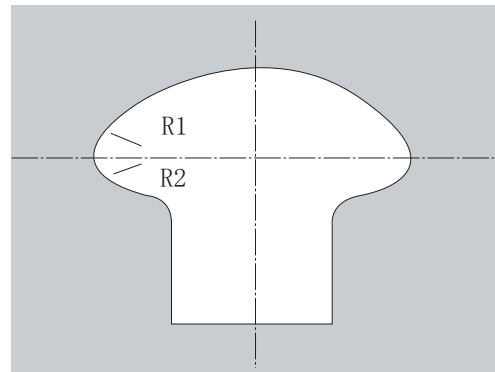


図21.1 PLを内部に入れる^[1]



R1, R2の中心がともにPLにのるように設計する

図21.2 仕上げを容易に金型をきちんと仕上げで成形品の仕上げ排除^[1]

(21) パーティング面決定の原則

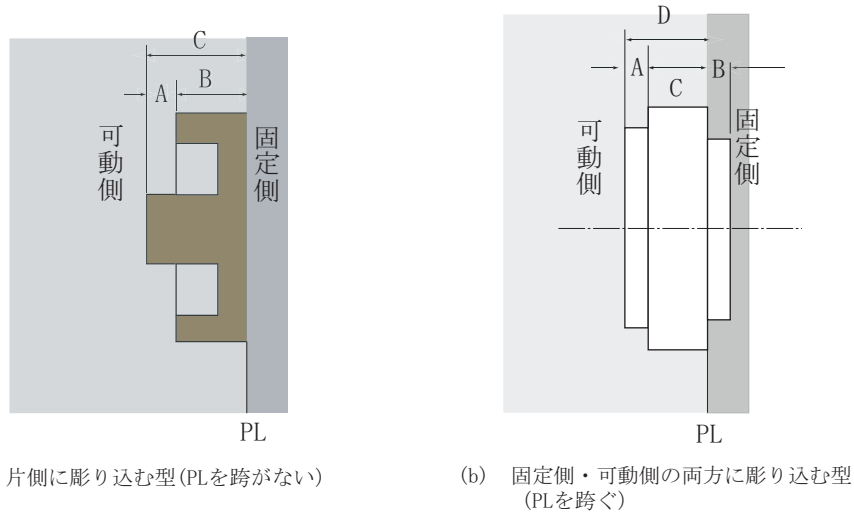


図21.3 彫り込みのしかた^[2]

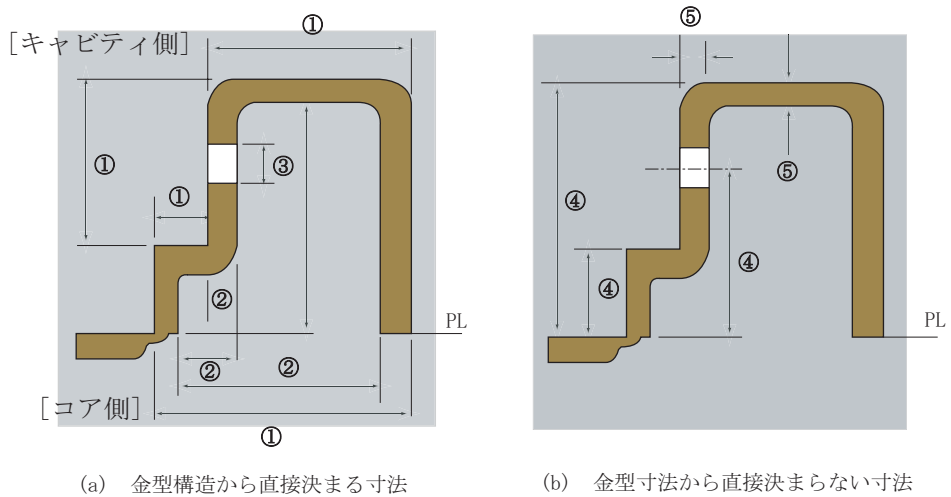


図21.4 彫り込みと成形品寸法の関係^[3]

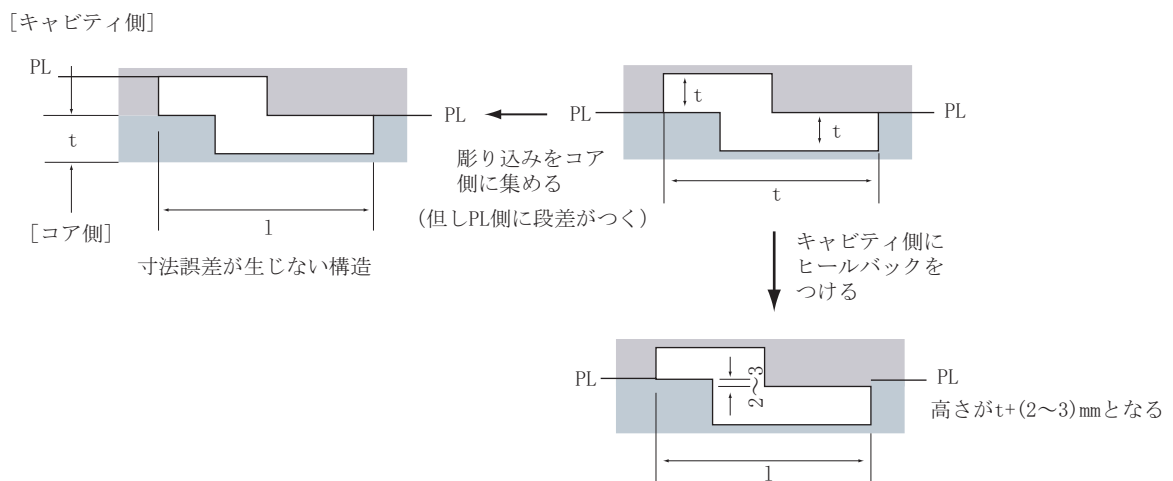


図21.5 PLと寸法誤差の関係^[4]

出典

- [1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計 P186 (日刊工業新聞社) (1986)
- [2] 塩原：プラスチック成形精密部品の設計 P26 (プラスチック工業技術研究会) (発行年不詳)
- [3] 小渡 邦昭：型技術10(5)86-90(1995-5)
- [4] メイテック設計ノウハウデータベース委員会：NIKKEI MECHANICAL 1990. 1. 20P96に加筆

§ 3 パーテング面

1. パーテング面と成形品取出し

パーテング面は成形品取出しとその自動化がし易く、成形品の取扱いが安全で、外観が美麗なのがよい。あわせて型彫りが容易な方が金型費の点からも有利である。

成形品取出しには落下空間または取出しのための空間が必要であるうえ、成形品またはランナにはつかみ部分を考えてやる必要がある。ランナの取出しもあわせて考えなければならない。

2. 成形品の具体例

(1) 普通のパーテング面選定の際の検討事項を表 22.2^[1]に示す。成形品のパーテングの外観、バリ発生、金型費まで検討比較してパーテング面をきめる方法を簡単な直方体の箱について示してある。型彫りの面倒なものは金型の組立まで面倒なものになり、金型費も高くなる。

(2) 多少パーテング面が複雑になってもナイフエッジ、バリの発生を抑えるように成形品ならびに成形金型の設計を改めた方がよい。

図 22.1^[2]にその典型的な例を示す。PL が一面ではなくなるが止むを得ない。

(3) 簡単な U 字形成形品でもバリとナイフエッジを完全に抑え込むには図 22.2^[2]のように端部外縁に留意を要する。また、ハンドル、ホルダなど手に触れる部分にパーテングラインがある場合はコア側を細めにしてさらに丸味をつけるなどの配慮をした例が図 22.3^[4]である。

(22) パーティング面と成形品取り出し

表22.1 パーティング面の比較^[1]

	成形金型の パーティング	成形品	結論	成形品の 取り出し やすさ	比較項目			
					パーティ ング	バリ	型彫り	金型費
<ul style="list-style-type: none"> 固定側 PL 分割面 可動側 			×	×	目立つ	発生し やすい	可動側・固定側 両方に彫り込み 必要	中
<ul style="list-style-type: none"> PL 			××	×	極めて 目立つ	極めて発 生しやすい	(1) 同上 (2) 可動側と固 定側の相対位置 合わせに工夫を 要する	大
<ul style="list-style-type: none"> PL 			○	○	現れない	発生しにく い取りやす い	細溝彫り込みが なくなる	小

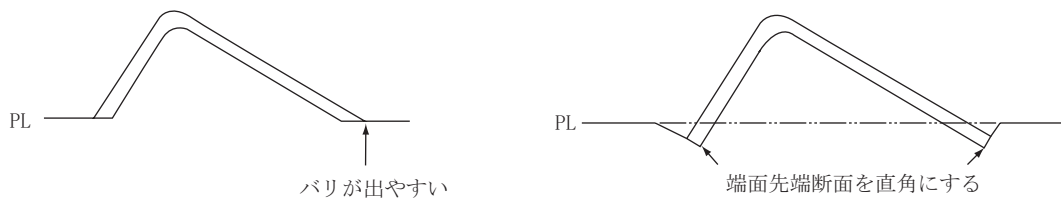


図22.1 ナイフエッジの発生防止の設計変更^[2]

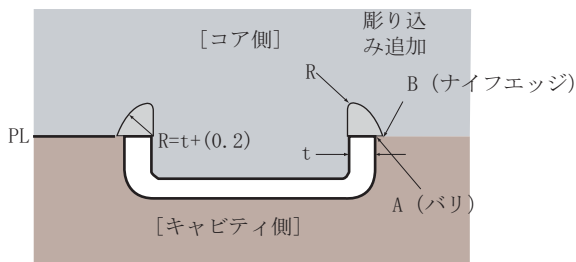


図22.2 バリとナイフエッジの発生防止の設計変更^[3]

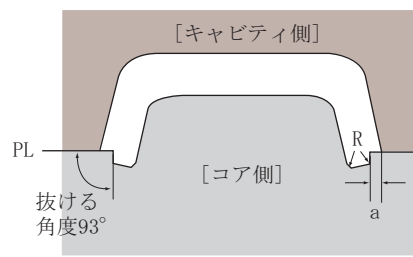


図22.3 ナイフエッジ防止の配慮^[4]

3. 注意事項

- (1) 自動化、安全、商品価値の点から成形、金型製作、金型設計の部署には成形品設計変更の申出が積極的にできる風土が大切である。
- (2) 成形品の品質設計に関係がない場合は、成形品設計、金型設計の部署ではバリのことまで配慮できるエンジニアは大変に少ない。バリは金型のメンテナンスにも大きく影響されるので、現場だけの問題と見られがちである。企業の成長のためにもTQC（トータル品質管理）の観点から現場の技能者から業務の流れの上流に強くフィードバックすべきである。

出典

- [1] 小松 道男：プラスチック射出成形金型品マニュアル P20 日刊工業新聞(1996)に加筆
- [2] プラスチック工業技術研究会：射出成形設計の基礎 P26 (昭和40頃)に加筆
- [3] メイテック設計ノウハウデータベース委員会：NIKKEI MECHANICAL 1990.1.22 P96 に加筆
- [4] 田中 博雄：型技術 8(11)38-43(1993.9)

§ 3 パーテング面

1. 成形品のパーテングライン

成形品のパーテング面はできる限り一つの平面にまとめた方がよい。鋭利なバリが生じる可能性がある場合は前節の図 22.1 のような配慮が必要であるが、これは寧ろ例外であろう。

左右の脚が等しくない成形品では成形金型のいずれかの場所に誤差が生じ、金型のメンテナンスや成形品の精度に常に留意が必要である。こういう場合にはできる限り、肉盛りをして、段差を解消した方がよい。図 23.1^[1]その例で点 B を B'まで下げるような成形品の設計変更をしている。

また、(22) 節に述べた成形品の取出しの観点から見ると成形品のアンダカット形状は最も不都合である。複雑なスライド機能を用いるより、パーテング面を同一面におくようにしてアンダカットをなくすことが望ましい。このためには、成形品の肉を増すような設計変更をした方がよい。その例を図 23.2^[2]に示す。

成形品としては必要なくともパーテングラインの近傍に金型のパーテング面に接する立上げ部にはコア側でも最小 0.8mm の垂直な直線部が必要である。これは成形品の正確な検測のために極めて大切である。この目的のために、コア側にもイトメン (0.2mm 程度の小さい面とり) をつけた方がよい。

2. パーテング面の意匠性

成形品のパーテング部は成形時に金型のガス抜きの役割を果すこともある。成形品の表面の意匠的様態をよく観察して成形金型を取りまとめる必要がある。

(23) 成形品のパーテングライン

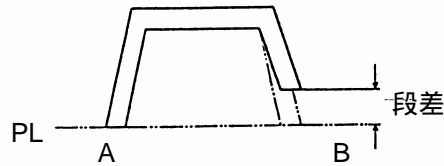


図23.1 段差の解消^[1]

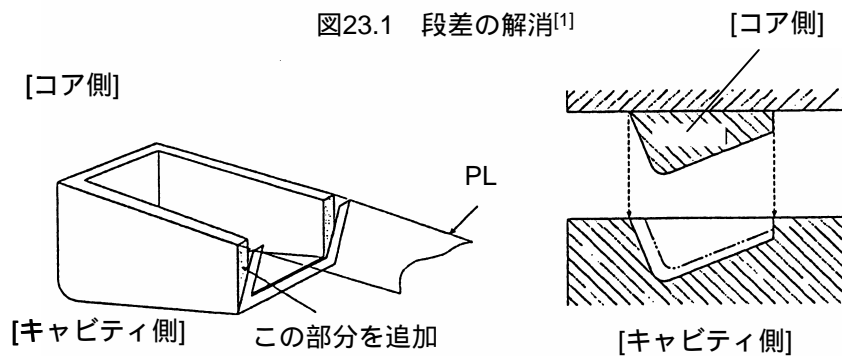


図23.2 アンダカットをなくす工夫^[2]

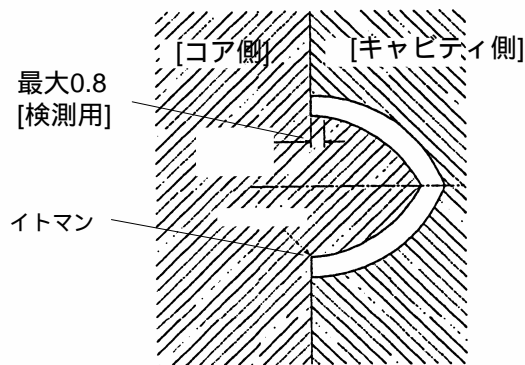


図23.3 成形空間の配慮^[3]

3. 注意事項

(1) 成形品のパーテングラインが生じる所は金型合せ目であるから、ガス抜き役割も果すこともあるので、バリも出易い。金型設計上留意すべき点であり、金型製作者が技の見せ所でもある。成形品の意匠性も考えて、パーテングラインを巧みに処理することが望ましい。

(2) 成形品を凹ます時は金型を出張らす。逆に成形品を出張らす時は金型を凹ます。パーテングラインを生成する金型の該当部をさらに切込んで、成形品に突出部を設けて成形品の意匠(デザイン)に活用することも考えられる。

出典

- [1] メイテック設計ノウハウデータベース委員会： NIKKEI MECHANICAL 1990.1.22
P96 に加筆
- [2] 里見 英一：プラスチック成型品の設計 P186 日刊工業新聞社(1986)を翻案
- [3] 里見 英一：プラスチック成型品の設計 P186 日刊工業新聞社(1986)に加筆

§ 3 パーテング面

1. 通常の型合せ

成形金型の通常の型合せの構造は図 24(a) である。この場合 × 部でキャビティの縁辺の磨耗または損傷した部分にバリが生じたり出張りができたりする。これも広義のパーテングラインととらえられる。

2. たて食切り型合せ

もともと釘抜きに似て釘を挟む部分が向い合っている工具を食切りという。針金を挟み切るので、2 枚の刃物の先端には間隙なく向い合っている状態をいう慣用も生じている。

成形金型においては、通常の型合せの方向と直角方向に、しかも間隙なく型合せをする構造を俗にたて食切りと言っている。その状況を図 24(b) に示す。この構造では、バリは出たとしても図 24(b) において上下方向で、金型の合せ目が成形品に転写されることはない。

ただし、金型の合せの間隙が極めて小さいので、一度、合せがずれたら、かじることになる。従って強固な合せ機構を採用する必要がある。

(24) たて食切り構造

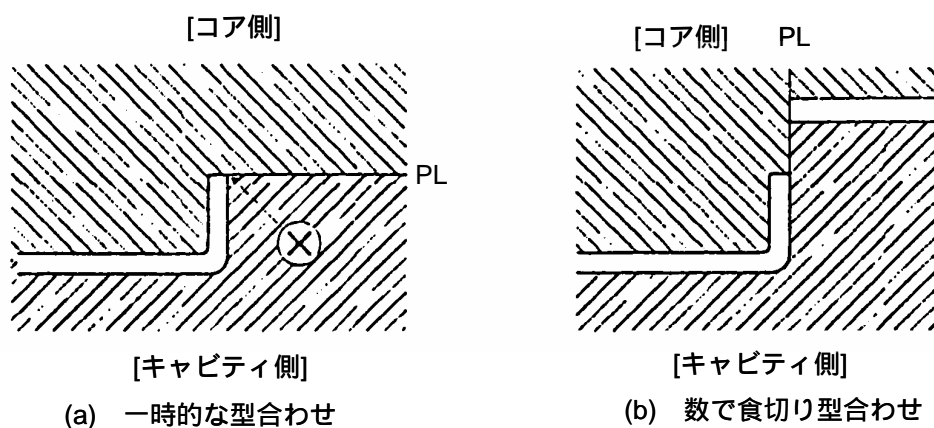


図24 型合わせ^{[1][2]}

3. 注意事項および付言

(1) プレス型に板端に切込みをいれる切欠き型というものがある。切欠きの左右は打抜側圧は平衡するが、切込みの奥の辺に対しては平衡する面がないので、打抜側圧を受けるいわゆるヒールバックを、この型にはつける。成形金型の場合も側圧がかかっても間隙が生じないような金型構造を考える必要がある。

(2) この種の金型では異物の混入が金型寿命を著しく縮めるので、メンテナンスが極めて重要である。

出典

[1] 佐藤 利夫：NIKKEI MECHANICAL no.477 P70.83(1996.4.1)に加筆

[2] 杉野：日経マテリアル&テクノロジー no.133 P48.56(1993.3.9)に加筆

§ 3 パーテング面

1. パーテング面の加工

キャビティ・コアの成形形状の型彫りの基準となることが多いので、当然、確実な平面度を出す必要がある。多くはマシニングセンターで仕上げ切削をして終る。特に精密物、焼入コア、焼入キャピティでは研削することが多い。

特に外観上の美麗さを求める成形品の金型、金型寿命を図るための入駒方式を採用する金型、または多数取りの金型ではパーテング面の加工は金型精度とも関連して重要である。

2. パーテング面のその他の配慮

(1) 製品部外周辺の全域に予め排気溝を設けることもある。これによって型締め時のガス逃げがよくなる。

またキャビティ内のガスが出にくい場合にはこの排気溝に向けてエアベントを設ければよい。この例を図 25.1^[1]に示す。

(2) ルーチング面のコア、キャピティの接触部特に曲線同士が接触する場合、接触部の摩耗、つぶれなどが生じない構造にすることが大切である。

特にこの場合は赤ペンで合せのあたりを見ながらスクレーパーで修正仕上げをする。嘗ては大変な熱線を要した、加工部分であったが、NC 工作機械の発達に伴い大帽に仕上げの熟練と工数を要しなくなっている。

(3) パーテング面における異物かみ込み時の金型の強さの点から、使用材料の高級化に伴い、それに見合う加工法の適用が促されている。

(4) (26)節に述べるようにコア・キャピティ間に溶融材料が流入しない程度の厚さの間隙をバランスよく設けることも成形効率向上には有効である。

(25) パーテング面の加工

3. 注意事項

- (1) 技能レベルの高い金型メーカーにおいてはコア・キャビティの接触部の合せに何等心配ない。しかし、技能習得中の工場ではNC工 作機械の運転技能の習熟を急ぐ必要がある。また型合せの技能者の育成と技能の維持に意を用いる必要がある。
- (2) この種の技能は高い感性を必要とするので、技能者の適性育成が必要である。
- (3) この種の作業については各社がノウハウとして手順書を作っている例が多いようである。しかし、習熟すると基本的な配慮・注意を省略するために、却って、新人がおかさないミスをおかすとも言われている。
- (4) 最近では強力切削技術が開発され、キャビティ・コアに高硬度のプレハードン鋼が大幅に用いられている。時とともに変る加工法にも注目する必要がある。

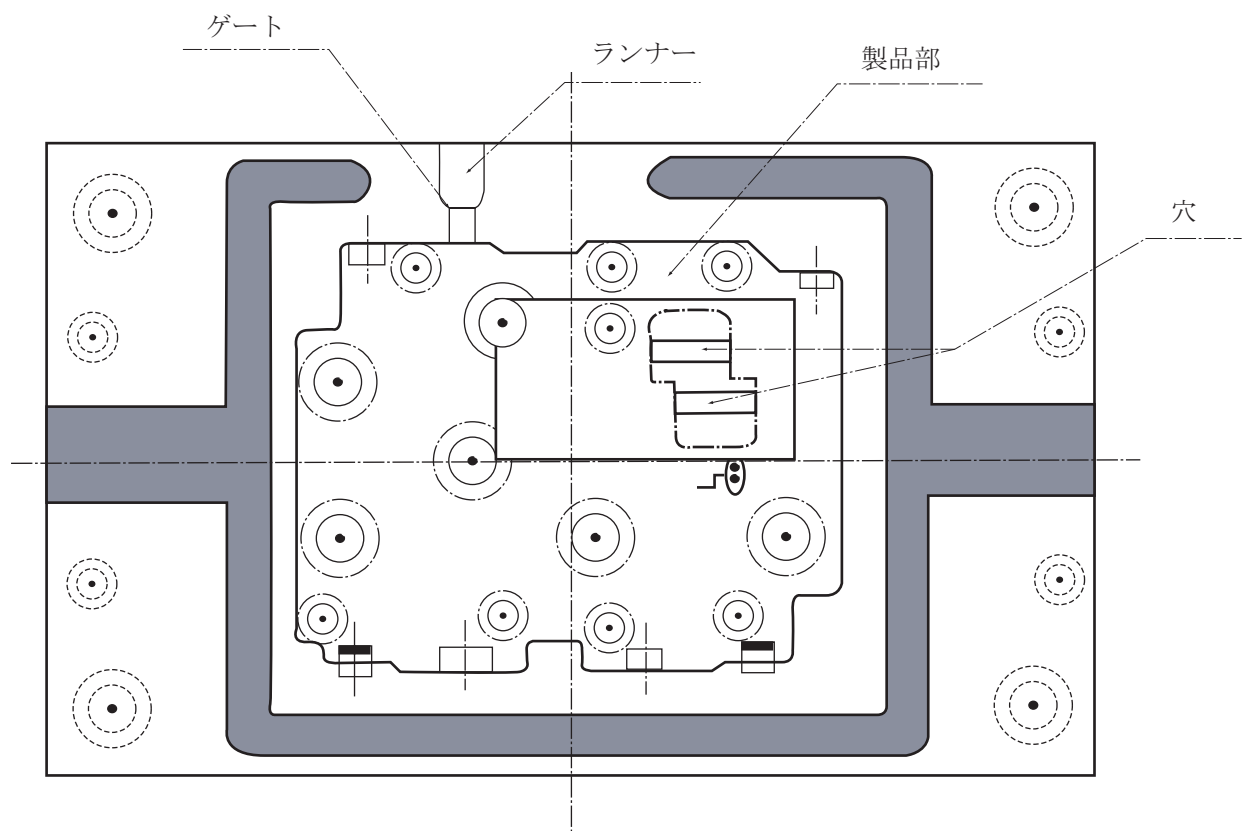


図25.1 製品部外周のベント溝^[1]

出典

[1] 浅井 真吾：型技術 11(11)91(1996-10)

§ 3 パーテング面

1. パーテング面の汚れ、損傷

- (1) パーテング面にはガスによりバリが発生し、キャビティ側、コア側ともに成形品が形成される空間の縁辺には油状の「おり」が付着する。

パーテング面は特に意図的にエアレントを作らなくてもエアレントの役割の一部を分担してしまう。このようにガス抜けの経路となるからである。このようにして生じた「おり」が、成形空間部まで成長すると成形品のくもりの原因となる。著しい時は材質によっては成形品の着色や、へこみにまで進展する。

パーテング面のメンテナンスの重要性はここにある。従って著しく汚れないうちに細かいペーパーやすり（1000番程度）で汚れを取除いてやるとよい。

- (2) 金型のメンテナンスの上からもパーティングラインはできる限り単純平面にすることが重要である。^[1]
- (3) 種々の配慮をしてもガスが溜り易い部分は入れ駒構造にしておき、パーテング面から着脱できるように^[1]予め設計しておく方がよい。
- (4) 初歩的な問題としては成形品やスプルーの離型し損じたものを真鍮棒などで取外すときに、キャビティ・コアそのものの成形空間部ばかりでなくパーテング面を傷つけることがある。
- (5) 成形品の2度打ち^[2]による傷も見落してはならない問題であって、補修すると共に2度打ちの原因となる離型不完全や、成形品やランナの破片の発生原因を十分追究しなければならない。

2. パーテング面の修理

パーテング面の切削・研削または磨きによって金型合せのストローク方向の寸法減少があり得るので、これに注意して関連部分の寸法修正をする。パーテング面そのものの再生加工法は新規製作時と何ら変らない。

(26) パーテング面のメンテナンス

3. 注意事項

- (1) パーテング面に限らずメンテナンスをするよりもメンテナンスを必要としない成形金型を作ることが大切である。

パーテング面は成形品が生れる空洞の周辺の金型の合せ面であるから、エアレントが不十分な場合には成形時に発生するガスもパーテング面から逃げる。PPSの場合には合

せ面の間隙が 10 μm でもバリが出るが、通常は 20 ~ 30 μm までの隙間ならバリは出ない。積極的にこの程度の間隙を作って清掃部分とメンテナンス部分を明確にした方がよい。そして、そこをメンテナンスし易いようにした方がよい。

(2) メンテナンスの補修作業は間違いなく行われるが、原因の究明が再発防止、新型の設計には極めて大切である。

メンテナンス補修した事柄はパーティング面に限らず資料として蓄積しておくべきものである。

(3) パーテンダラインのメンテナンスは殆どキャビティ・コアの周辺の補修に及ぶから、やや精密な金型では上下の型合せに必要なガイドは予めつけておく方がよい。

これらは成形担当部署の意見を十分聞いて金型の設計、製作をした方がよい。

(4) パーテングのメンテナンス、補修にあたってはキャビティ・コアの直縁のコーナーがだれてはいけない。場合によってはきさげで 0.01mm オーダーのだれ修正と上下の型合せの確認をする。

出典

[1] 浅井 真吾他：型技術 11(11)P90(1996-10)

[2] 高野：合成樹脂 43(6)p40(1997-6)

§4 キャビティ・コア

1. プラスチックの成形品の肉厚

成形品の外形はキャビティできまり、成形品の肉厚はキャビティとコアの間隙の大きさできまる。成形品となる溶融材料はゲートからキャビティとコアの間隙に侵入して、内部を充填していく。設計的に外形が定まってしまうと肉厚はコアの寸法できまる。

肉厚が薄すぎると溶融材料は流れにくくなり、充填不足、ウエルドラインの顕著な発生が見られるようになる。また、外力に対する力学的強さが弱くなる。

肉厚を厚くすれば、材料が流れ易くなるけれども、簡単に上記の問題が解消するものでもない。厚くなれば充填後の固化時間が長くなり、成形サイクルタイムが長くなる。また、ひけやその他の外観不良および残留応力が生じたりするので、上手に厚くしなければコストが高くなるばかりで、効果が期待できない。

このようにして、成形品には材料によって適正な肉厚がある。成形収縮率も成形品の形状、成形条件によって、2~3倍も異なる^[1]から、こういう事情も考えて肉厚をきめる必要がある。原別として：

- (1) 材料が流れ易いように、できるだけ肉厚は均一にして、段差をつけない。(図 27.1)^[2]
変える必要がある時は流れる方向に向って徐々に薄くする。
- (2) 成形品の残留応力と物性低下の点から、平均肉厚は 1.5 ~ 3.5mm^[2]が望ましい。
- (3) 図 10.3 に示した流動比(最長流動距離/肉厚)が大きくなり過ぎないように、ゲート数と関連させて肉厚をきめる。
- (4) 成形品の剛性を増したい時は補強リブをつける。肉厚を増すよりも効果的である。
- (5) ひけなどを考え必要な肉ぬすみをするのが大切である。

(27) キャビティ・コアと成形品肉厚

2. 注意事項

- (1) 成形品肉厚は金型温度に大きくかわかるから、熔融材料の流路設計、冷却水流路設計とも大きくかわかる。
- (2) 成形品の肉厚と金型の冷却時間にはGURNEY&LURIEの非定常熱伝導に関する経験式があるが^[2]ここでは省略する。

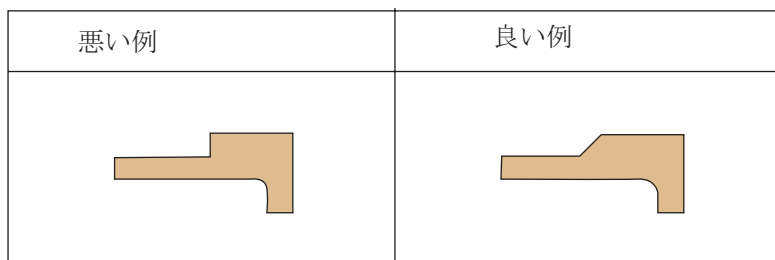


図27.1 肉厚の急変を避ける

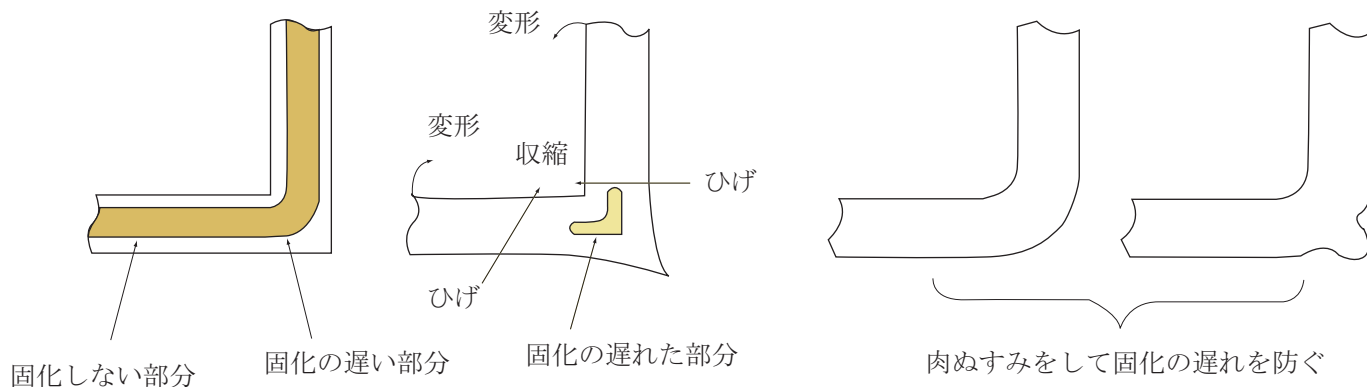
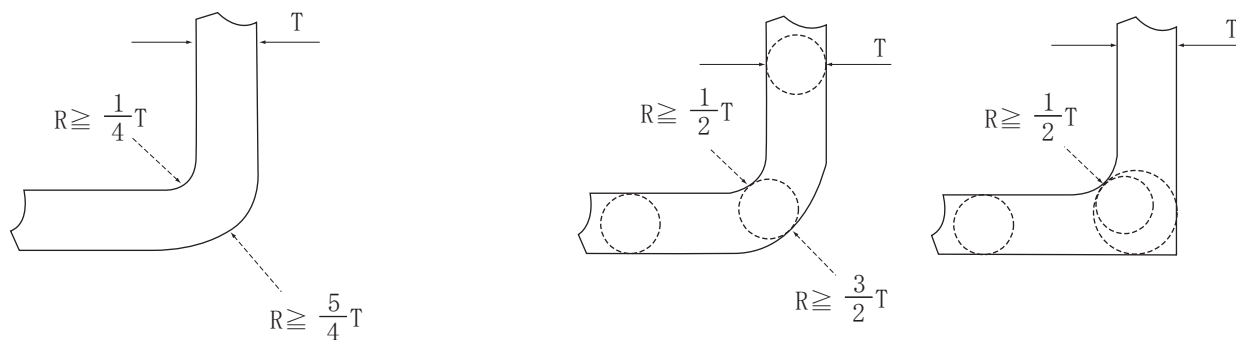


図27.2 肉厚の均一化と肉ぬすみの必要性



(a) 永井・北濃・麻生氏推奨の値

(b) 里見氏の推奨値

図27.3 コーナーR

出典

- [1] 鳴滝 朋：間違いだらけの成形技術 P3シグマ出版 (1994)
- [2] 瀬戸 正二監修：射出成形 (第8版) p120.121 プラスチックエージ社(1977)

§ 4 キャビティ・コア

1. 成形品形状をきめる主要因

特に精密成形品の形状を考えるに当たり、 先ず、成形品の形状を仮にきめ、 その生成過程および金型を特長づける現象、 そのもとになる成形品の生成過程並びに金型のあり方の順に検討を深めていく必要がある。この関係を図 28.1 に示す。そして、成形品の寸法を分類すると表 28.1^[2]のようになる。この寸法の分類はパーテングラインとも深く係わるので図 21・4 とあわせて見直して頂きたい。

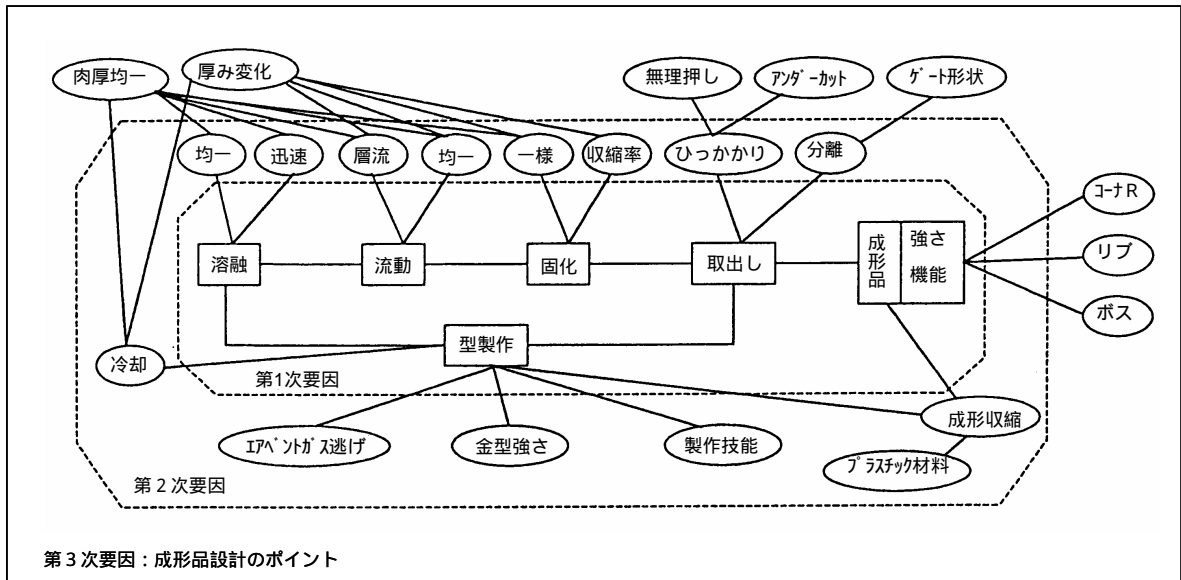


図28.1 成形品形状をきめる主要因^[1]

表28.1 成型品寸法の分類^[1]

類別		適用例	
金型によって直接決まる寸法	一般寸法	箱類の内側または外側の縦横寸法、コップの内外径	
	曲率半径	隅角部の丸味（いわゆるR）	
	中心間隔	成形のままの物	同じ側にある孔の中心間隔、または凸起部、溝部の間隔
		金具のあるもの	装入金具の中心間隔
金型によって直接決まらない寸法	パーティングを横切る寸法（加圧方向にある寸法）	箱類、コップ等の外側、高さまたは底部の肉厚	
	割型との関係で定まる寸法	割型に跨っている寸法	
	側壁厚およびこれに類する寸法		
	金型組み合わせによる定まる中心間隔	上下両型によって定まる孔の中心間隔等	
	挿入金具の位置に関する寸法		
その他の寸法	平行度および偏心	中空円筒の内外中心線のふれ、同心円のズレ	
	曲がりおよび反り		
	割付角度	ダイヤルの目盛り角度	

2. 形状設計の良否

また成型品の形状の検討には先人の失敗と成功の例を検討することが大切である。このような例のいくつかを、図 28.2 に示す。この図は（27）節に示す成型品肉薄とも深くかわるので、これもあわせて見直して頂きたい。

出典

[1] 青木 正義：型技術 14(2)89(1992.2)

[2] 里見 英一：プラスチック成型品の設計（第2版）P232 日刊工業新聞社(1986)

(28) 精密成形と成形品形状

No.	悪い例	良い例	出典
1			瀬戸：射出成形 (第8版) P9 121(1977) 秋山：工業材料 Vol 15, No. 12, PP24 (1967)
2			里見：プラスチック成形品の 試み (第2版) PP215 (一部修正)
3	<p style="text-align: center;">R1 R2 R1=R2</p>	<p style="text-align: center;">R1 R2 r1 r2 t1 t2 t3 r1=r2, R1=R2 t1=t2=t3</p>	No. 2に同じ
4			No. 1に同じ
5	<p style="text-align: center;">約φ12 後から固まる</p>	<p style="text-align: center;">歯車</p>	塩原：プラスチック成形 精密部品の設計 PP26プラスチック 工業技術研究会 (1970頃)
6			No. 2に同じ
7			No. 1に同じ
8			青葉 堯 プラスチック射出成形 チェックリスト PP56 工業調査会
9			No. 9に同じ
10			廣恵・本吉 プラスチック成形加工入門 第2版 PP300 日刊工業(1995)

図28.2 肉ぬすみによる肉厚の均一化

§4 キャビティ・コア

1. 成形収縮率

大物成形品および小物の精密成形品では成型時の収縮が寸法、形状の精度を左右する大きな要因である。プラスチック成形品は熔融材料を固化して製作するため、種々の熱的変形を伴う。これをやや細かく見れば表 29.1^[1]のように分類される。成形収縮を検討するには、材料と形状と成形材料に則して、データを細かに積み上げることが必要である。

このような細かな内訳はとにかく、所定寸法の成形品を得るには、実用的にはつぎに示す成形収縮率によって常温における金型寸法をきめる。

表29.1 プラスチック成型品の熱に伴う変形の種類^[1]

区分	現象	原因	熱可塑性	熱硬化性
成形過程	体積収縮	熱的収縮（熱膨張係数で評価する）		
		結晶化		
		効果（重合）反応による網状化（熱膨張係数の減少を伴う）	-	
		揮発性物質の散失		
	体積膨張	弾性回復		
変形の方向性	分子配向の緩和			
成形後	寸法変化	加熱収縮	評価法	加熱収縮率
	形状変化	結晶化		加熱減量
	外観変化（ふくれ、ひびわれ、変色、失透）	熱分解		耐熱変形温度 ピカット軟化点 クラッシュベルグ 柔軟温度
				外観試験 熱分解温度 加熱減量

表29.2 プラスチック材料および金属の線膨張係数と成形収縮率^[2]

成形材料			熱膨張係数 (10 ⁻⁵ /)	成形収縮率 (%)			
樹脂名		充てん材(強化剤)					
熱 硬 化 性 樹 脂	フェノール樹脂		木粉、綿フロック*	3.0-4.5	0.4-0.9		
	"		ガラス繊維	0.8-1.6	0.01-0.4		
	エリア樹脂		- セルロース	2.2-3.6	0.6-1.4		
	メラミン樹脂		- セルロース	4.0	0.5-1.5		
	ジアリルフタレート樹脂		ガラス	1.0-3.6	0.1-0.5		
	エポキシ樹脂		ガラス繊維	1.1-3.5	0.1-0.5		
	ポリエステル		ガラス繊維(ブラミックス)	2.0-3.3	0.1-1.2		
熱 可 塑 性 樹 脂	結 晶	ポリエチレン(低密度)	-	10.0-20.0	1.5-5.0		
		"(中密度)	-	14.0-16.0	1.5-5.0		
		"(高密度)	-	11.0-13.0	2.0-5.0		
	性	晶	ポリプロピレン	-	5.8-10.0	1.0-2.5	
			"	ガラス繊維	2.9-5.2	0.4-0.8	
		可 塑 性	性	ナイロン(6)	-	8.3	0.6-1.4
				ナイロン(6・10)	-	9.0	1.0
			"	20~40%(ガラス繊維)	1.2-3.2	0.3-1.4	
			ポリアセタール	-	8.1	2.0-2.5	
			"	20%(ガラス繊維)	3.6-8.1	1.3-2.8	
	樹 脂	非 晶	ポリスチレン(一般用)	-	6.0-8.0	0.2-0.6	
			"(耐衝撃用)	-	3.4-21.0	0.2-0.6	
		性	晶	"	20~30%(ガラス繊維)	1.8-4.5	0.1-0.2
				AS樹脂	-	3.6-3.8	0.2-0.7
"			20~33%(ガラス繊維)	2.7-3.8	0.1-0.2		
ABS樹脂(耐衝撃用)			-	9.5-13.0	0.3-0.8		
"			20~40%(ガラス繊維)	2.9-3.6	0.1-0.2		
メタクリル樹脂			-	5.0-9.0	0.2-0.8		
ポリカーボネート			-	6.6	0.5-0.7		
"			10~40%(ガラス繊維)	17.0-4.0	0.1-0.3		
塩化ビニル樹脂(硬化)	-	5.0-18.5	0.1-0.5				
セルロースアセテート	-	8.0-18.0	0.3-0.8				
金 属	鉄			1.2			
	アルミニウム			2.4			
	銅またはその合金			1.7-1.9			
	亜鉛合金			3			

*毛状細片

(Modern Plastics Encyclopedia 1969)

(29) 成形収縮率

$$\text{成形収縮率} = \frac{\text{常温における金型寸法} - \text{常温における成形品寸法}}{\text{常温における金型寸法}}$$

すなわち

$$\text{常温における金型寸法} = \frac{\text{常温における成形品寸法}}{1 - \text{成形収縮率}}$$

で求めるのが普通の方法である。

この時に用いられる成形収縮率は表 29.2^[2]に示すような値である。参考のために線膨張係数を併記しておく。

2. 成形品の形状設計と成形収縮率

成形品の形状設計にあたって成形収縮について留意すべきことは^[3]

- (1) 肉厚が厚くなるほど収縮が大きくなる。
- (2) ゲートからの距離が大きくなるほど収縮率が大きくなる - 圧力損失による圧力低下が大きいからである。
- (3) エッジ部は早く固化するので、収縮は小さい - しかし、隣接部との関連でへこみが生じることがある。
- (4) リブ部も早い時期に固化するので収縮は小さい - 基部裏側にへこみを生じることがある。

3 注悪事項

- (1) 成形収縮率は成形品の大きさ、部位、成形条件で大きく変わるので、標準通りにいかない場合が多い。類似品から実績値を蓄積しなくてはならない。
- (2) 結晶性プラスチックでは表 29.2 に示すように一般に成形収縮率が大きい。結晶化温度付近で急激な集積変化が生ずるためである。
- (3) 実際の成形品については経験豊かな成形業者か、金型メーカーにきめてもらう方が安全だという意見がある。金型の作り直しがないように真剣に考えるからだといわれている。

出典

- [1] 青木 正義：プラスチック成形品設計 P154 工業調査会(1988-4)
- [2] [1]の p153. 廣恵 章利他：成形加工技術者のためのプラスチック物性入門 P-235-236 日刊工業新聞社(1972)
- [3] 青木 正義：型技術 14.(2)P19(1999.2)

§4 キャビテイ・コア

1. 公差

製品が求められている必要な機能（すなわち計画品質）に対し出来たものの正確さと精密さを含めたものが精度で、またはその一方を精度ということもある。

精度には寸法精度と幾何精度とがある。これを同時に考慮して、公差領域をきめる手法に動的公差線図^{[1][2]}がある。

そして通常、精度およびこれに対する許容差を公差と呼んでいる。

2. 成形品の公差

プラスチックの寸法許容差の決め方（JIS・Z・8208）^[3]という規格はあるけれど、成形品そのものの寸法公差の JIS はまだ見当らない。わが国で屢々参考にされるものに表 30.1 に示す DIN1690I^[4]がある。この表における公差等級は、プラスチック材料と表欄外の注記できまる。

金属加工品に比し、成形品の寸法は形成過程や形状によって、加工進行中も、加工完了後も相当に変化するので、一括して公差等級をきめることは経済的ではない。また、別の見地から寸法公差の見直しを提言する声もある^[3]。厳しい公差を指定すればよい物ができるというのは間違った考えである。現実の問題としては真の必要性と実現性を勘案し、また類似例と新製品の部品として要求される値から定めていると見られる。

3. 注意事項

(1) 厳密には呼び寸法に対して許容される「上の寸法差」、「下の寸法差」がきめられ、その差すなわち呼び寸法に対して許されるずれの幅が公差である。

(2) 図 30.1 (a) ^{[1][2]}の 10 穴が大きく、10.2 にできた時、図 30.1 (b) はピンの位置のずれ または穴の位置のずれ は 0.2 まで許されることを示している。

(3) 金型製作・成形品製作の面では、ゆるい公差指定の方が経済的だと考えられ易い。しかし、組立まで考えた場合、部品として厳しく、公差を満足させた方が却って経済的なことがある。総合的な検討が必要である。金型製作技能者や成形技能者は自分たちの技能レベルを常に確認し、難しい公差への挑戦を休んではいけない。

(30) 成形品の公差

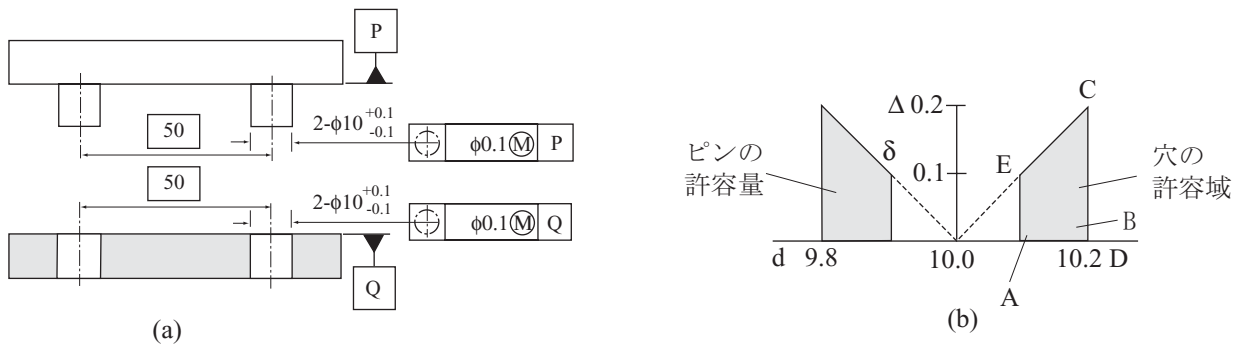


図30.1 寸法精度と位置の精度の関係を表す動的公差線図 [1][2]

表30.1(1) プラスチック成形品の寸法公差

表からの公差等級	公差 ¹⁾	呼称寸法範囲											
		越え まで	0	1	3	6	10	15	22	30	40	53	70
			1	3	6	10	15	22	30	40	53	70	90
110	1		0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.26	0.30	0.34
	2		0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.36	0.40	0.44
120	1		0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.26	0.30	0.34	0.40	0.48
	2		0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.68
130	(1)		± 0.08	± 0.09	± 0.10	± 0.11	± 0.13	± 0.15	± 0.17	± 0.20	± 0.24	± 0.28	± 0.34
	(2)		± 0.18	± 0.19	± 0.20	± 0.21	± 0.23	± 0.25	± 0.27	± 0.30	± 0.34	± 0.38	± 0.44
	1		0.16	0.18	0.20	0.22	0.26	0.30	0.34	0.40	0.48	0.56	0.68
	2		0.36	0.38	0.40	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.68	0.76	0.88
140	(1)		± 0.10	± 0.11	± 0.12	± 0.14	± 0.17	± 0.20	± 0.24	± 0.28	± 0.33	± 0.40	± 0.50
	(2)		± 0.20	± 0.21	± 0.22	± 0.24	± 0.27	± 0.30	± 0.34	± 0.38	± 0.43	± 0.50	± 0.60
	1		0.20	0.22	0.24	0.28	0.34	0.40	0.48	0.56	0.66	0.80	1.00
	2		0.40	0.42	0.44	0.48	0.54	0.60	0.68	0.76	0.86	1.00	1.20
150	(1)		± 0.13	± 0.15	± 0.17	± 0.20	± 0.24	± 0.28	± 0.33	± 0.39	± 0.47	± 0.58	± 1.71
	(2)		± 0.23	± 0.25	± 0.27	± 0.30	± 0.34	± 0.38	± 0.43	± 0.49	± 0.57	± 0.68	± 0.81
	1		0.26	0.30	0.34	0.40	0.48	0.56	0.66	0.78	0.94	1.16	1.42
	2		0.46	0.50	0.54	0.60	0.68	0.76	0.86	0.98	1.14	1.36	1.62
160	(1)		± 0.18	± 0.20	± 0.23	± 0.27	± 0.32	± 0.39	± 0.47	± 0.56	± 0.68	± 0.84	± 1.05
	(2)		± 0.28	± 0.30	± 0.33	± 0.37	± 0.42	± 0.49	± 0.57	± 0.66	± 0.78	± 0.94	± 1.15
	1		0.36	0.40	0.46	0.54	0.64	0.78	0.94	1.12	1.36	1.68	2.10
	2		0.56	0.60	0.66	0.74	0.84	0.98	1.14	1.32	1.56	1.88	2.30
精密	1		0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25
	2		0.10	0.12	0.14	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35

- 1) A. 公差を示す寸法 :
 1. 金型によって直接定まる寸法
 2. 金型によって直接定まらない寸法
 B. 公差を示さない寸法 :
 (1) 金型によって直接定まる寸法
 (2) 金型によって直接定まらない寸法

表30.1(2) プラスチック成形品の寸法公差

表からの公差等級	公差 ¹⁾	越え まで	呼称寸法範囲									
			90	120	160	200	250	315	400	500	630	800
			120	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
110	1		0.40	0.48	0.58	0.70	0.86	1.06	1.30	1.60	2.00	2.50
	2		0.50	0.58	0.68	0.80	0.96	1.16	1.40	1.70	2.10	2.60
120	1		0.58	0.70	0.86	1.04	1.30	1.6	2.00	2.40	3.00	3.80
	2		0.78	0.90	1.06	1.24	1.50	1.8	2.20	2.60	3.20	4.00
130	(1)		± 0.41	± 0.50	± 0.60	± 0.80	± 1.00	± 1.2	± 1.50	± 1.90	± 2.40	± 2.90
	(2)		± 0.51	± 0.60	± 0.70	± 0.90	± 1.10	± 1.3	± 1.60	± 2.00	± 2.50	± 3.00
	1		0.82	1.00	1.30	1.60	2.00	2.4	3.00	3.70	4.70	5.80
	2		1.02	1.20	1.50	1.80	2.20	2.6	3.20	3.90	4.90	6.00
140	(1)		± 0.60	± 0.75	± 0.95	± 1.13	± 1.45	± 1.8	± 2.20	± 2.80	± 3.50	± 4.40
	(2)		± 0.70	± 0.85	± 1.05	± 1.25	± 1.55	± 1.9	± 2.30	± 2.90	± 3.60	± 4.50
	1		1.20	1.50	1.90	2.30	2.90	3.6	4.40	5.60	7.00	8.80
	2		1.40	1.70	2.10	2.50	3.10	3.8	4.60	5.80	7.20	9.00
150	(1)		± 0.83	± 1.10	± 1.40	± 1.70	± 2.10	± 2.7	± 3.30	± 4.20	± 5.20	± 6.50
	(2)		± 0.97	± 1.20	± 1.50	± 1.80	± 2.20	± 2.8	± 3.40	± 4.30	± 5.30	± 6.60
	1		1.74	2.20	2.80	3.40	4.20	5.4	6.60	8.40	10.40	13.00
	2		1.94	2.40	3.00	3.60	4.40	3.6	6.80	8.60	10.60	13.20
160	(1)		± 1.30	± 1.70	± 2.10	± 2.60	± 3.20	± 4	± 5.00	± 6.20	± 7.80	± 9.90
	(2)		± 1.40	± 1.80	± 2.20	± 2.70	± 3.30	± 4.1	± 5.10	± 6.30	± 7.90	± 10.00
	1		2.60	3.40	4.20	5.20	6.40	8	10.00	12.30	15.60	19.80
	2		2.80	3.60	4.40	5.40	6.60	8.2	10.20	12.50	15.80	20.00
精密	1		0.30	0.40								
	2		0.40	0.50								

- 1) A. 公差を示す寸法：
 1. 金型によって直接定まる寸法
 2. 金型によって直接定まらない寸法
 B. 公差を示さない寸法：
 (1) 金型によって直接定まる寸法
 (2) 金型によって直接定まらない寸法

表30.2 DIN16901における材料区分

材料記号	表30.1の 「表からの公差等級」	注
ABS, PC, PMMA, PPO, PS, AS	130.0	肉厚が4mm以上の場合は 1つ大きな等級にする
CA (アセチルセルロース), PA, PETF, POM(<150mm)	140.0	
PE, POM(150mm), PP	150.0	

出典

- [1] 吉本 勇：日？誌 84(749)P371.375(1981.4)
- [2] 佐藤：日機誌 84(749)P399-407(1981.4)
- [3] 鳴滝 朋：間違いだらけの成型技術 P23 シグマ出版(1994)
- [4] 里見 英一：プラスチック成形品の設計（第2版）P234 日刊工業新聞社(1986)

§4 キャビティ・コア

1. 肉厚の設計

精密成形品の形状のあり方については(28)節に述べた。成形品収縮率については(29)節、さらに成形品の公差のあり方については(30)節に述べた。一貫して言えることは強さが許し、他の部品との空間の占め合い、熔融プラスチック材料の流動ができる限りで、極力、成形品は薄くする方がよい。薄くすることが成形品設計の最大のコツで、そのために巧みに、リア、ボス、エジェクトブロックを設ける。

2. 肉厚の不均一化に対する対策

ここでは図 31.1^[1]に部分的に薄肉部を作らない設計を示しておく。薄肉部は熔融材料が充填しにくい。成形後も折れ易く、破片が金型内に残り、金型表面を傷つけたり、成形品組立作業時の安全を阻害したりする。たとえ、金型組立時に多少困難があっても薄肉部が残らないようにする。

また厚肉部はひけを生じ易い。この部分は冷却が遅く、おくれて固化するので、その際収縮するためである。図 31.2^[2]はその例を示す。

こういう場合には、厚肉部の位置を変えて、ひけの発生位置を移動させる。このようにひけを生じても成形品としての機能を阻害しないようにする。

図 31.3^[1]はひけを目立たなくする方法を示す。ボス・リブの設計にあたっては、こういう注意が必要不可欠の場合がある。

また図 31.4^{[2][3]}は肉厚設計が不適当なために、そりが発生する場合の肉ぬすみの例を示すものである。成形品設計の CAD やその背後にある CAE の中に、ひけ、そりの発生まで予測するものが作られつつある。しかし、現状では十分に浸透しているとは思われない。成形品設計部門には常々こういう注意をして貰う必要がある。

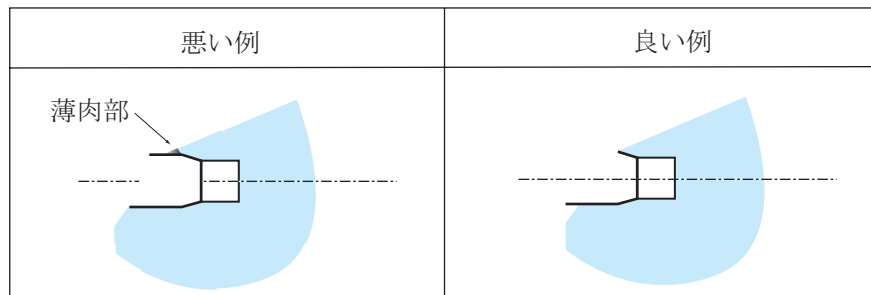


図31.1 部分的な薄肉部を作らないこと^[1]

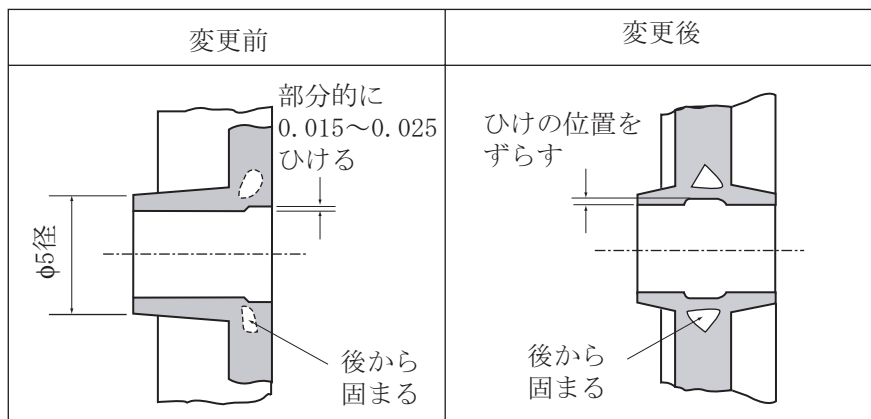


図31.2 ひけの位置をずらす^[2]

§4 キャビティ・コア

1. 反り

射出成形の理想は金型のキャビティ空間の形状を確実に転写することにある。忠実に転写する技法を求めて解析的な研究が進められていることは§2(10)、§1(3)などで述べた。しかし、意に反して金型通りに転写できず、反ったり振れたりすることがあるので、金型キャビティ空間に逆反り形状を形成したり、成形品を加熱撓み矯正をしたりする。

そりの発生原因に対する関心は古くから成形収縮率分布・温度分布・残留応力・クリープなどがあげられている^[1]。この種の検討は着々と進められ、光ディスク媒体^[2]などに多大の成果をあげている。しかし、成形品に対する精度の要求はますます厳しく、その形状も多岐にわたるのでこの検討は完結したとは言い難い。

変形の要因をさらに絞って、成形収縮率分布、温度分布に力点を置いて反り変形を予測する研究が1990年に発表されている^[1]。ここでは

取り出した瞬間、成形品の寸法はキャビティの寸法に等しく、

取り出し後、成形品の各部の比容積が常温・常圧下における比容積に等しくなるまで収縮すると仮定している。そして、成形収縮率分布、取り出し時の成形品の温度分布、熱応力解析をしてつぎの結論を導いている。

箱形成形品ではコーナー部で金型のコア側の温度がキャビティ側に比べて高くなる傾向がある。

金型や成形品のコア側・キャビティ側の温度差がそり変形の予測に不可欠な要因である。

2. 現実の問題^[3]

ここに要点だけまとめておく。検討の資料にして頂きたい。

(1) 平板の反り

(i) 平板成形にあたっては固化過程を通じ平板両面の温度差をなくすことが大切である。温度が異ってくると温度が高い方が内側になって反る^[3]。

(31) 肉厚の設計

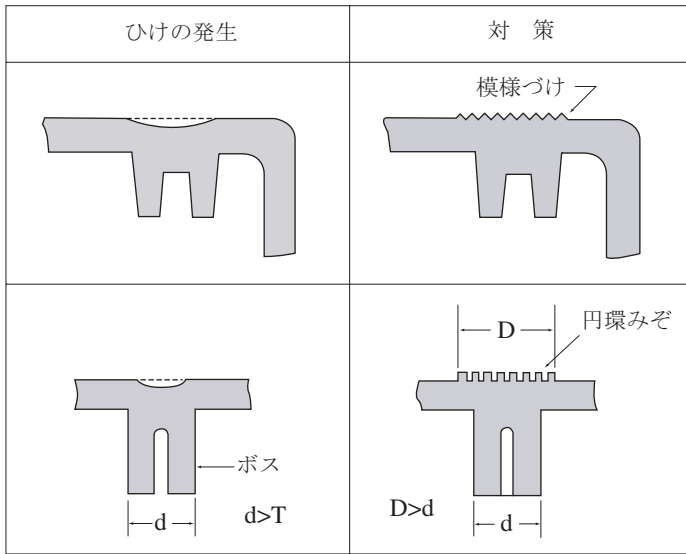


図31.3 ひけを目立たなくする方法

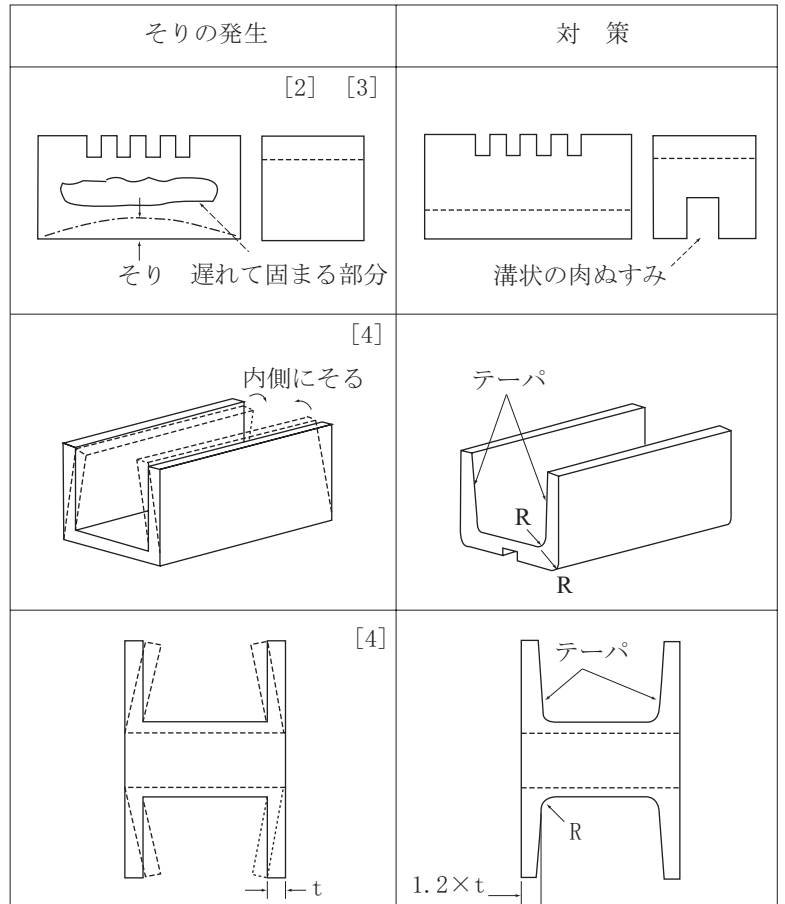


図31.4 反りを防止する方法 [2][3][4]

3. 注意事項

- (1) 金属の加工でも薄肉部回避、ひけ・反りの防止など同種の問題がある。金属切削・金属鋳造・ダイカストなど隣接分野の技能者の技を常に見ている必要がある。
- (2) ひけをずらしたり、ひけを目立たなくしたりする方法は現場の苦勞の末の工夫か、先輩から伝えられた技であろう。現場から金型設計に、金型設計から成形品設計に伝えられたものであろう。こういうノウハウが工場・会社の基盤技術の実力になる。容易に他社の技を移転することはできない。
- (3) CAEがかなり発達してきてはいるが、上記のようなノウハウを十分に消化し、実成形品に生きるようにするためには、まだ暫く、成形・金型設計・成形品設計の分野の人々の協調と努力が必要であると見られる。

出典

- [1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計 (第2版) P215-217 日刊工業新聞社(1986)
- [2] 塩原 俊郎：プラスチック成形精密部品の設計 P26-27 プラスチック技術研究会(1970年頃)
- [3] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門 (第2版) p245 日刊工業新聞社(1995)
- [4] [1]のP220

(32) 成形品の反り

- (ii)同一温度でも冷却水穴の配置、流速などで熱貫通係数^[3]が変る .冷却速度が変わって、反りの原因となる .
 (iii) 結晶性プラスチックの時はさらに結晶化度の差も加って複雑になる .

(2) 箱の反り

- (i) 一旦温まった成形機、金型を暫らく停止して再スタートした後の数個は一般に反り変形が少い .
 (ii) 箱形成品品の隅部にあたる金型の部分は蓄熱するので、成形品の隅部は冷却がおそく、取り出された後の内側の収縮が大きいので、この「かど」が鋭角の方向へ変形して内側にへこむ形に反る .
 対策：取り出し時期と冷却方法を適度にする . 金型の隅部の冷却を調整して熱伝達を極力均一にする . 冷却水穴の位置を変えたり、金型の隅部に熱伝導率の大きい金属を用いるのも一策である .
 (iii) 成形品の設計としては箱の角部の内外の冷却を等しくするために隅部の肉を内側または外側で盗む . ただし隅部にウエルド面が生じないようにゲート位置をきめる .

(3) 円板の反り

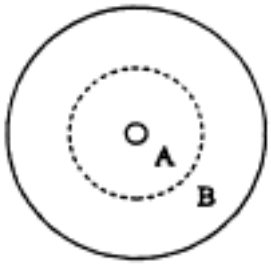

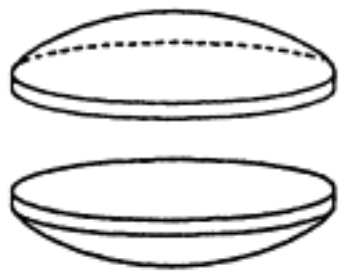
		
<p>A : 中心付近の収縮率 B : 外周部の収縮率</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲートが中央にある時 ・中心付近に分子配向を生じ易い状態(PPなど) <p>(中心に近い種冷却水穴径を細く。渦巻状に)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スプールからの熱を遮断すること ・B部の冷却を早くする ・B部に流動反力を伝えやすくする ・B部の冷却をよくする
(a) 記号の説明	(b) A>Bの時の反り	(c) A<Bの時の反り

図32.1 円板の反りの種類と原因・対策

出典

- [1] 石原 透 他：成形加工 90A112p43-44
 [2] 青木 正義：型技術 13(12)P98-107(1998-11)
 [3] 鳴滝 朋：間違いだらけの成形技術 P26-32 (株)シグマ出版(1994.9)

§ 5 アンダカット

1. アンダカット

例えば鉄道のレールの断面などのように、頸下がくびれた形状をアンダカットという。半導体の素子内プリント板配線などのような、精密エッチングの際のホトレジスト面の下の腐食もアンダカットと呼ばれている。

プラスチック成形分野では、金型から成形品を取出した際に取出し方向に垂直方向に凹みがあると単純なキャビティ・コアの組合せでは先ずキャビティとコアを噛合させることができない。万一噛合せられたとして型閉じでき、つづいて溶融プラスチックを充填し、成形品を定石通りコア側に残して型開きできても、成形品をコアからエジェクトできない。このように、金型から取出せないような成形品の突出部につづく引込部をアンダカットという。

プラスチック成形品の場合、箱体の側面の穴、溝、しばや箱体の内側のリブ、やキャップの内側のねじ、容器に一体になっているハンドルなどがアンダカットの例である。

2. アンダカットの回避

多数の部品の複合化する機能を負うプラスチック材料の場合、アンダカットを用いざるを得ないときも少なくない。このとき金型には、そのための機構を設ける必要が生じる。スライドコアはその代表的な一例である。このような機構を用いなくて済めば金型は簡易化されることが多い。

成形品の形状に工夫を加えればスライドコアのような機構を不要とする成形品設計がある。

ここでは側壁に穴のある箱の場合を例¹⁾にして手法を図 33.1 にあげておく。図 33.1 の 2 に示す斜面部の角穴はキャビティ側金型とコア側金型を突き当てにして、アンダカットを避けているのである。

(33) アンダカットの意味とその回避

	方法	図解	備考
1	当初案	(A)	—
2	角穴化並びに側面斜面化	(B)	角穴部を図39.2に示す。
3	コア側、キャビティ側に溝を設け丸穴をだぶらせる。	(A)	—
4	丸穴の代わりにコア側上部から切り込みをつけ、上部にふさぎのカバーを形成する。	(B)	—
5	キャビ側の底につづく穴部を設ける。	(C)	—

図33.1 側壁に穴のある箱形成品のアンダカットの回避

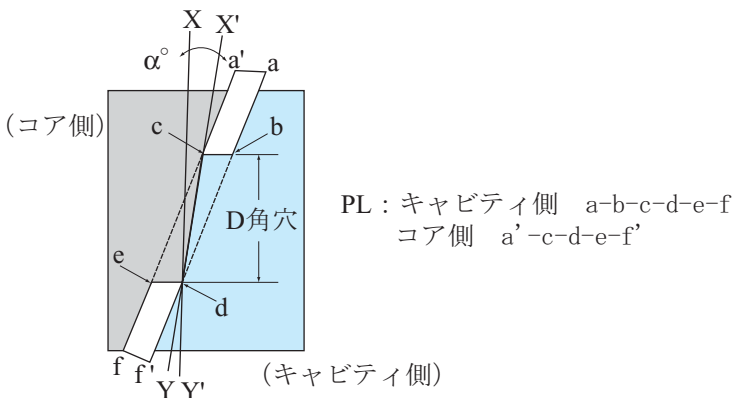


図33.2 角穴部詳細

3. 注意事項

- (1) アンダカットを避ける方法は金型の構造・機構特にスライドコアの機能を知らなければ、発想することは難しい。この発想に基づいて、成形品の設計が変更できるような環境であることが成形品作成部隊の望ましい姿である。
- (2) 型開閉方向と直角方向に動くコアがサイドコアで、サイドコアの動作をみれば摺動面上をスライドする構造になるからスライドコアと呼ばれる。

出展

[1] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2）P126-127日刊工業新聞社(1995)

§5 アンダカット

1. 基本的な形式

基本的には金型の一部を移動させて、アンダカット部を外し、成形品を取出せるようにする構造である。

成形品の断面と金型構造との系を図 34.1^[1]に示す。断面の指定の仕方によって、金型構造が種々変わる。箱形成品品の側面の穴については図 33.1 に示した。目的と経済性を考えて成形品を設計する必要がある。

次に成形品に対してアンダカットが外側にある時と内側にある時とがある。内側にアンダカットがある時は内側のスライドコアを設けるが、せまいスペースにその機構を構成しなければならないので、色々と制約がある。成形品で内側にスライドコアを設けることはできるだけ避けるべきである。

スライドコアは成形体の外側に、しかも可動側におく。そうすれば型開きと連動して、型開き始動と同時に、スライドコアを始動させられる。止むを得ない場合は、スライドコアを固定側に設けるが、型開き運動とは独立に、しかも型開き始動と同時にスライドコア始動するように、油圧シリンダーなどを設置、調整する必要がある。

内側スライドコアはエジェクタプレートにスライドするように取付ける。そして、エジェクタプレートの移動に伴ってスライドコアは内側に移動して成形品のアンダカット部から外れるように調整することが大切である。

種々のスライドコアを図 34.2 にまとめて示しておく。

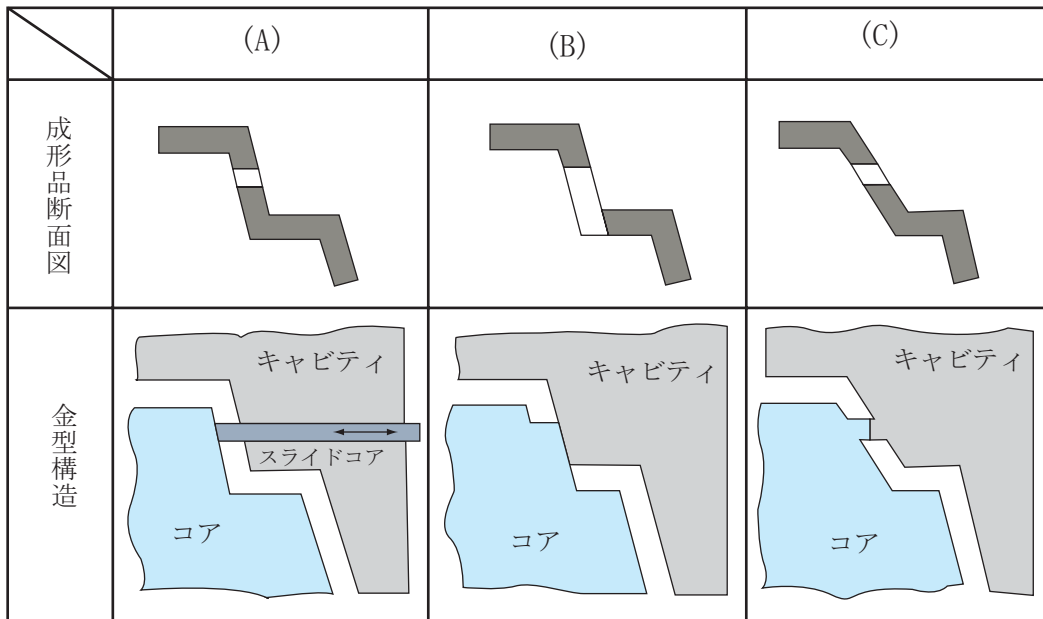


図34.1 成形品断面と金型構造^[1]

(34) スライドピン、スライドコア (サイドコア)

	区分	型閉じ状態	型開き直前
外側のスライドコア	スライドコアが可動側		
	スライドコアが固定側		
内側のスライドコア	中子スライドコアが固定側		

図34.2 種々のスライドコア

3. 注意事項

- (1) リア、ボスを成形品の内側に設けるときは型開き方向を考え、アンダーカットが生じないようにするのが望ましい。
- (2) 金型全重量が25トンとか30トンに及ぶ自動車用のインストルメントパネルなどの金型ではスライドコアは重量が大きくなる。その摺動性を良く保つように、摺動面に含油合金とか、カーボンなどを埋込むなどの配慮が必要である。

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）p89 プラスチックエージ社(1977)

§5 アンダーカット

1. アンギュラピンの設計

型開き動作をスライドコアに変換するための機構の一つにアンギュラピンがある。金型が開くとき、アンギュラピンがスライドコアに設けた嵌め合い穴の中を摺動して、スライドコアに側圧を与えて滑らす。

この構造を図 35.1 に示す。この図において、スライドコアは PL から離れながら、ロッキングブロックとの接触面を滑りながら可動型の中子駒から遠ざかっていく。図示の後退量だけ移動するとストッパにあたり、停止する。この時、すでにアンダーカット部はスライドコアから外れるようにしておけば、成形品はエジェクトピンによる可動型からの突出しでも、手による取出しでも、可能になる。

2. 機構の重要部

(1) スライドコアとアンギュラピンの挿入・嵌合・摺動の相對運動の確保 - アンギュラピンの植込み位置先端の仕上げ、スライドコアの嵌込み穴の位置と嵌込み穴入口の丸味、ならびにスライドコア、アンギュラピンの嵌合い面の粗さなどが大切である。

(2) スライドコアの運動の確保 - スライドピン嵌込み穴と、ロッキングブロック斜面すなわちスライドコアとの接触面の平行度および面の粗さが大切である。

(3) 摩擦による運動精度の低下の防止 - 金型のメンテナンス、寿命などを考え、適切な硬さを与える必要がある。(1)(2)に記した摺動面のほか、図におけるスライドコアの左右運動のガイドまたは抑えの部分にも留意する必要がある。

(4) スプリングは振り疲れ強さを考えて、短いスプリングに極度に大きなストロークを負担させないようにする。振り応力は 45kgf/mm^2 以下にしておきたい。

(35) アンギュラピン

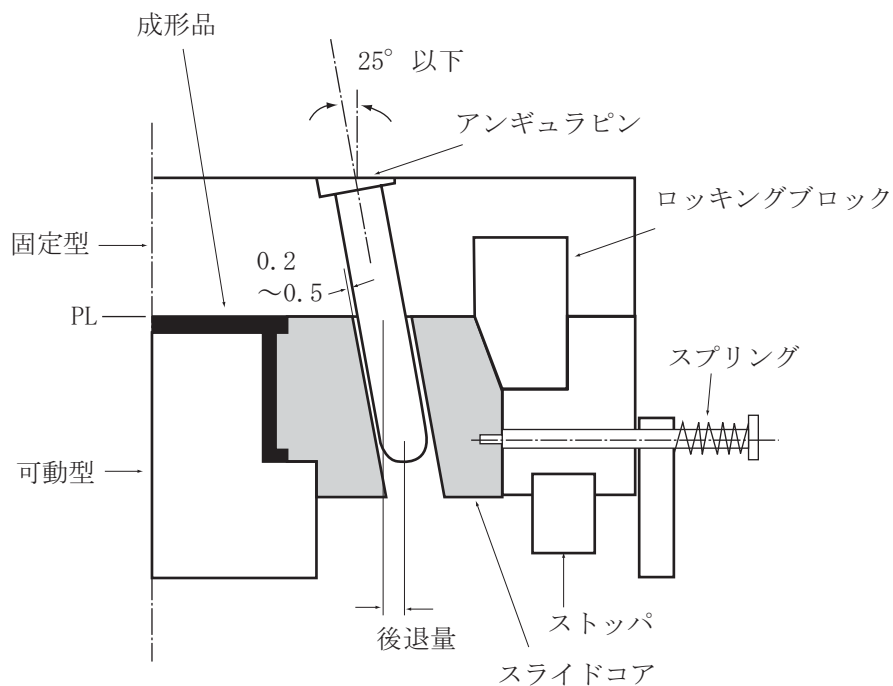


図35.1 アンギュラピン

3. 注意事項

- (1) 摺動部はごみが入り汚れ易いので、頻繁に掃除する場合もある。掃除し易く、安全なように適切なメントリを留意して設けることが必要である。
- (2) アンギュラピンの先端形状によってスライドコアの運動開始時期が定まるから設計時には注意深く検討しておく必要がある。製作にあたっては、アンギュラピンそのものの取付位置とともに先端形状も正しく調整する必要がある。

§5 アンダカット

1. アンギュラーカム

型開き運動が均一等速ならば、多くの場合、アンギュラーピンの形状は直線状であるから、スライドコアの移動速度は均一等速となる。

スライドコアの軸にアンギュラーカムのプレートを挟み、プレートに切込んだカム溝でピンに側圧を加え、これによってスライドコアを運動させることができる。アンギュラーカム方式ではカム溝の切込の曲線形状によって、型の開閉のストロークの途中でも速さを変えることができる。

アンギュラーピンでは傾き角は、特に条件のよい場合でも 25° までである。この傾き角ではピンの力学的強さが不十分と考えられる場合も生じてくる。

ストロークがやや長い場合、ピンでは強さが不足すると考えられる場合にはアンギュラーカム方式を用いる。そうすれば強さの面では安心して、傾斜角を大きくして、スライドコアの移動速度を高めることができる。アンギュラーカムの例を図 36.1[1]に示す。

2. 機構の重要部

スライドコアと可動型本体の成形曲線部の加工は NC、CAD・CAM の発達により多くの場合問題がない。

スライドコアの重量、重心によって、摺動面抑えや、アンギュラーカムに無理がかかることがある。スライドコアにおけるピン高さ、アンギュラーカムの曲線については細かいノウハウがあって、一般的には述べきれない。

(36) アンギュラカム

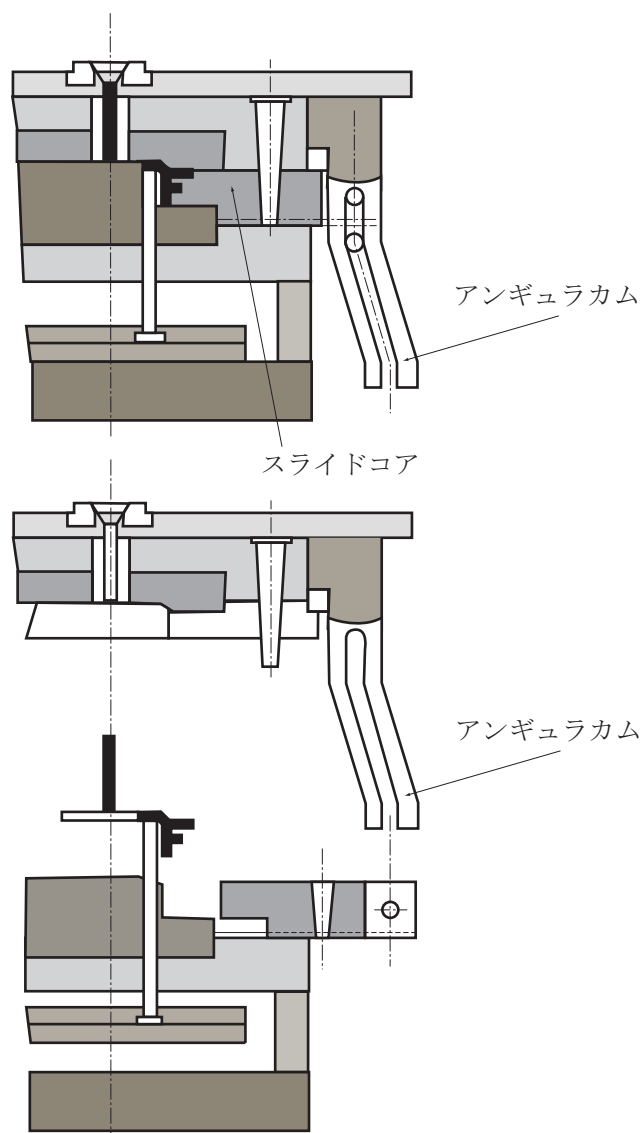


図36.1 アンギュラカムによるスライドコアの運動伝達 [1]

3. 注意事項

- (1) この機構はプレス機械による塑性加工の順送型に組込まれている曲げ工程でも屢々用いられる。高速プレスで毎分200~400ストロークあるいはそれ以上でも活躍している。周辺技術および、その技能も視野に入れてウォッチする必要がある。
- (2) アンギュラーピンの場合より速さの点でも重量の点でも大きくスライドコアを動かせるから安心し易い。摺動面のよごれ、摩耗、締付面のゆるみ・位置づれを定期的に点検しないと危険を生じる場合がある。
- (3) 図36.1にも示すように、位置決め精度はカム溝だけに頼らずに位置決めピンを付けることが大切である。
- (4) ピン、カムとも適度な焼入をした方がよい。型・スライドコアの大きさによって異なるが52HRC程度が一役的によいように思われる。各企業現場ノウハウの勝負所の一つである。

出典

[1] 瀬戸 正二：射出成形（第8版）P115 プラスチックスエージ社(1977)

§5 アンダカット

1. シリンダの利用

スライドコアを迅速に動かしたり、成形品に穴を設けたり、表面にくぼみをつけたりするためのコアピン、スライド中子を駆動するために空気シリンダや油圧シリンダを用いるとよい場合が多い。図 38.1^[1]、図 38.2^[2]に例図を示す。

成形時の溶触材料の圧力が強いときに、特に必要になる。

空気シリンダを用いても、成形品で、スライドコアが押返されないようにロッキングブロックは必要である。図 38.1、図 38.2 には省略してあるが、図 38.3^[2]のようにロッキングブロックを設けるとよい。

かなり硬い面積で、成形圧力を受ける時やスライドコアの前進後退に大きな抵抗を受ける時は油圧シリンダを用いた方が故障は少ない。

2. 注意事項

(1) 空気シリンダの使用に当ってはコンプレッサーからの供給空気の中に含まれる水分を十分に除去することが金型寿命を伸ばすために大切である。

§5 アンダカット

1. アンダカット部の突出しとつかみ取出し

取出しロボットの発達により、取出しの自動化は日常茶飯事となっている。自動落下させるために、金型の機構を複雑化することが必ずしも経済的ではない。

つかみ取出しが可能なように、成形品を突出せる金型を作る方が得策な場合もある。

内側に2方向にアンダカット部がある時に、2方向を分離したエジェクタを考える。型開き方向のアンダカットは、型開きと連動するエジェクタが突出せるが、型開き方向に対して傾いているアンダカットはスライドコアの中に留めたまま、突出した後に成形品をずらせて取出すことができる。

2. 成形品の設計

成形品はつかんで横方向に動かされるので、つかみとアンダカット部の離型力に耐える力学的強さが必要である。

また、3方向からのアンダカットは横にずらせても取出せない。2方向のアンダカットの横ずらしは不可能ではないが、時に困難を伴う。抜勾配を大きくつけてやるのも一法である。

(37) アンダカット部の突き出しとつかみ取り出し

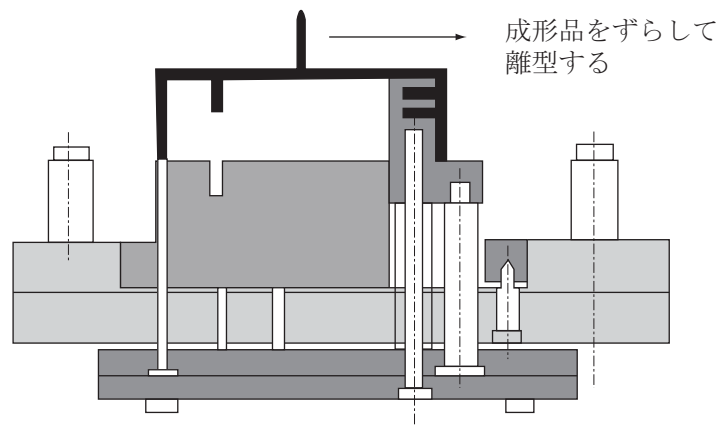
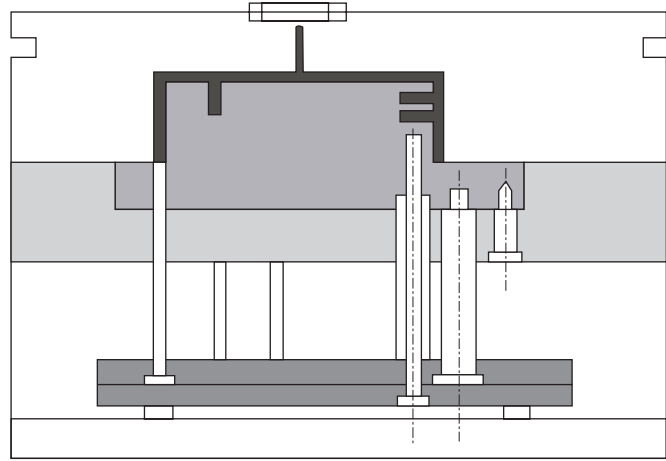


図37.1 アンダカット部の突き出しと離型^[1]

3. 注意事項

- (1) ランナ取出し、成形品取出しの協調が必要な場合もある。金型設計の時に、自動取出しになるか、手動取出しになるか検討することが必要である。
- (2) 取出しロボットの設置にあたっては横ずらしできるようなプログラムを組む必要がある。

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P114 プラスチックスエージ社(1977)

§5 アンダカット

1. シリンダの利用

スライドコアを迅速に動かしたり、成形品に穴を設けたり、表面にくぼみをつけたりするためのコアピン、スライド中子を駆動するために空気シリンダや油圧シリンダを用いるとよい場合が多い。図 38.1^[1]、図 38.2^[2]に例図を示す。

成形時の溶触材料の圧力が強いときに、特に必要になる。

空気シリンダを用いても、成形品で、スライドコアが押返されないようにロッキングブロックは必要である。図 38.1、図 38.2 には省略してあるが、図 38.3^[2]のようにロッキングブロックを設けるとよい。

かなり硬い面積で、成形圧力を受ける時やスライドコアの前進後退に大きな抵抗を受ける時は油圧シリンダを用いた方が故障は少ない。

2. 注意事項

(1) 空気シリンダの使用に当ってはコンプレッサーからの供給空気の中に含まれる水分を十分に除去することが金型寿命を伸ばすために大切である。

(38) シリンダの利用

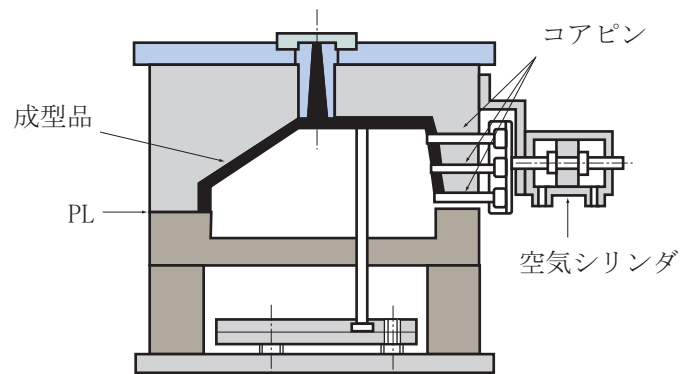


図38.1 空気シリンダの利用

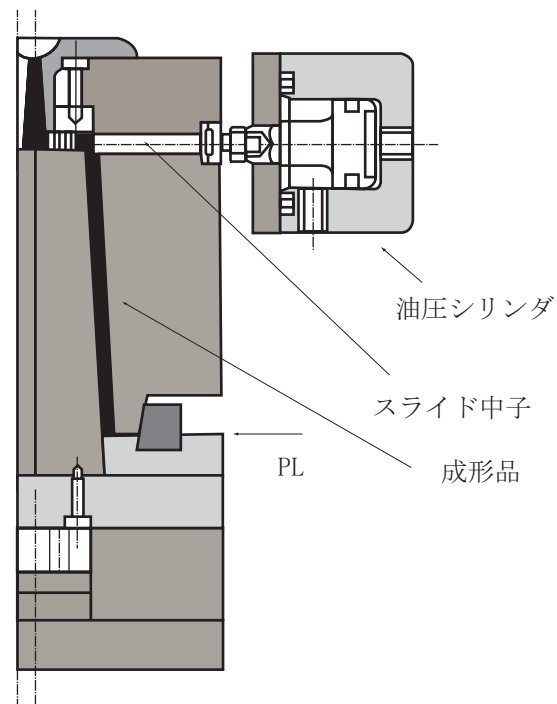


図38.2 油圧シリンダの利用

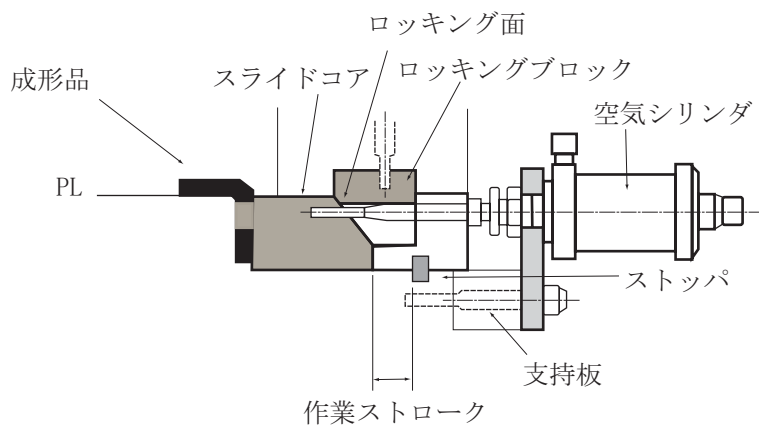


図38.3 ロックブロックの必要性^[2]

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P115 プラスチックスエージ社(1977)

[2] 廣恵 章利他：プラスチック成形品加工入門（第2版）P131 日刊工業新聞社(1995)

§5 アンダカット

1. 無理抜き

成形品にアンダカットがある場合、当然金型には、それに対応する彫込み等の形状処理がしてある。従って普通は単純に簡単にエジェクトできない。

ポリエチレンやポリプロピレンのように柔らかいプラスチック部品や、ABS のようにやや硬い材料の電気器具部品の締結の際に、バネ性を活用して無理押し込み嵌合させることがある。同じように、成形品の取出しにおいてもアンダカット部を弾性的に変形させながら取出せることがある。これを俗に「無理抜き」と呼んでいる。ポリエチレンやポリプロピレンでは容易であるが、AS 樹脂や ABS 樹脂は硬いのでここに述べる離型は難しい。

図 39.1¹⁾が手による無理抜き、図 39.2 がストリッププレートによる無理抜き、図 39.3 が突出しピンによる無理抜きの例である。スライドコアに加えて、図示の方法を併用するとかかなり複雑な形状のアンダカットの取出しも可能になる。

2. 成形品設計・金型動作上の注意

金型製作・成形作業の効率化と安全性を図るために、現場から前の工程に改善を具体的に提案する必要がある。例えば穴の断面を不用意に矩形にするのではなく、図 39.1 における A 部、図 39.2 における B 部のように、適当に傾きをもった断面に設計する。また図 39.1 の先端はつかみ易いように先端球形とか曲り部の曲率を変える。図 39.3 では C 部に小さな丸味をできる限り付けるなどの細かい配慮が望ましい。

(39) 無理抜き

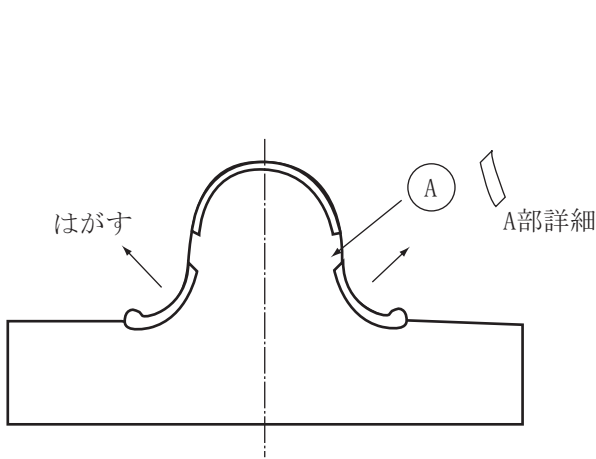


図39.1 手による無理抜き [1]

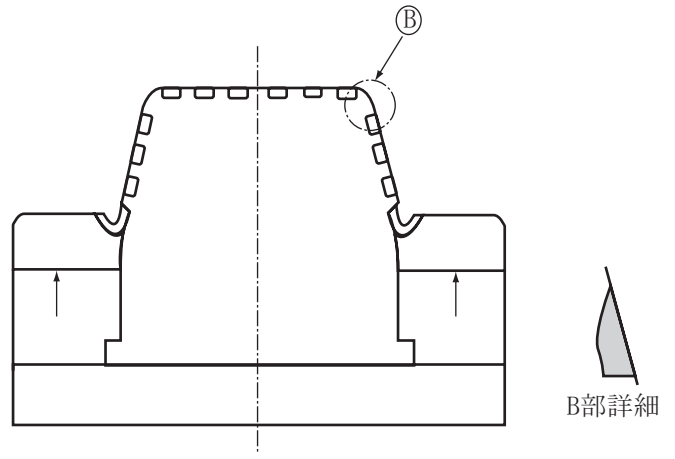


図39.2 ストリッププレートによる無理抜き [1]

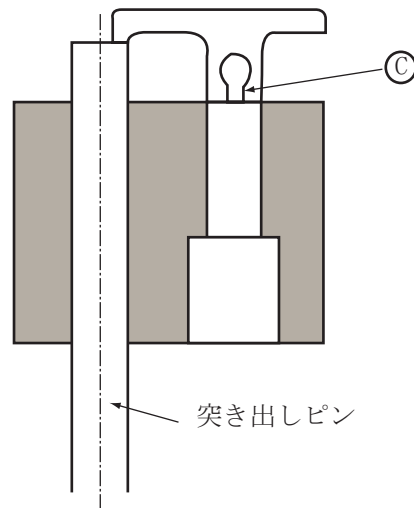


図39.3 突き出しピンによる無理抜き [2]

3. 注意事項

- (1) 無理抜きのために無理な応力が成形品に加わって、白化、クレージングが生じないか否か確認する必要がある。用いるプラスチック材料で、実際の成形条件または等価な条件で試験片を作り確認することが望ましい。
- (2) 7°位までの振れ角をもつ薄いポリアセタール製はす歯歯車なども、エジェクタピンで押出すと回転しながら取出せる。こういう例も実際に試みて自社のノウハウに取込むようにした方がよい。
- (3) AS樹脂やABS樹脂についても材質グレードの選択と形状の設計によって一般に無理抜きは不可能とは言えない。具体例に則して試みても必要である。
- (4) 無理抜きにあたっては空気の流入が容易になるような凹みとか切込みをつけると効果的な場合がある。

出典

[1] 里見 英一：プラスチック部品の設計（第2版）P191 日刊工業新聞社(1986)

[2] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2版）P128 日刊工業新聞社(1995)

§5 アンダカット

1. ねじのアンダカット

成形品のめねじは金型のおねじが転写され、成形品のおねじは金型のめねじが転写されてできる。いずれの場合も金型のねじの底に、成形品のねじの山が噛合った状態で成形されるから成形品のねじ山の一つ一つがアンダカットになってしまう。このために取出しの方法に工夫が必要である。

たとえば、瓶のキャップの内側のねじの場合、嘗てはコアを回転して離型していたが、現在では色々の考案がされて成形サイクルタイムが長くならないように工夫されている。

2. めねじ

図40.1に示すような通称「コラプシブルコア」(つぶれるコア)が用いられる。コラプシブルコアは等分割されたコアにセンターピンが嵌合された状態で金型としてはねじ形状になっている。成形材料が充填され、金型が開く時センターピンが統合状態から引抜かれる時に、スリーブによってコアが内側に倒れ、成形部のアンダカットからコアが外れる。

このセットは米国DME社によって開発され、標準品化されている。一部国産化した標準品もある。また標準的な材質、硬さはつぎの通りである。

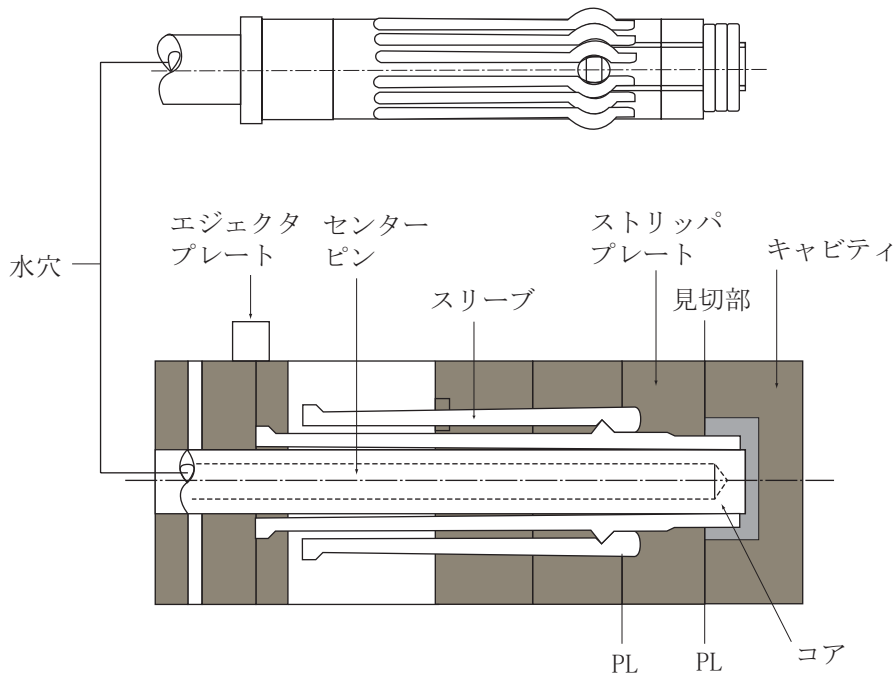


図40.1 めねじ成形 (コラプシブルコア) ^[1]

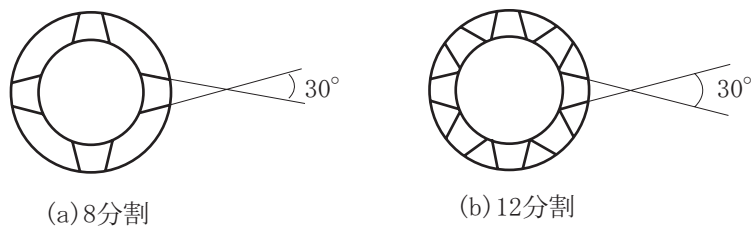


図40.2 コアの分割 ^[1]

(40) ねじの離型

表40.1 コラブシングルコアの材質・硬さ^[1]

DME社製			
製品部	AISIO-1	焼入	55~60HRC
センターピン	AISOD-6	焼入	60~65HRC

2. おねじ

コレットの内面にめねじが切っており、型の開閉に伴って、コレットも開閉する構造のものが欧州CUMSA社によって開発されている。(図40.3) 材質はDIN12106硬さ57±2HRCといわれている。

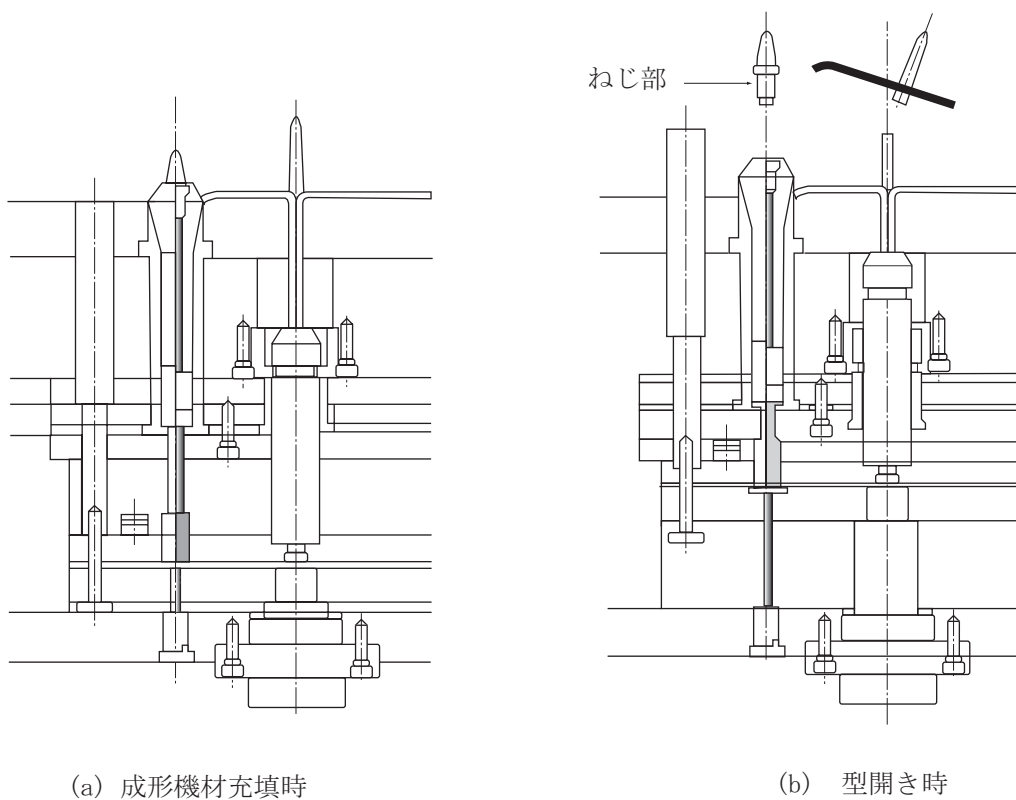


図40.3 おねじ成形

3. 注意事項

めねじ成形型、おねじ成形型とも割型部品の表面にねじが切っているから、解体、オーバーホールの際に十分な注意が必要である。異物残滓が型内に残るとねじのつなぎの部分が滑らかに成形されないことになり、精度も低下する。

出典

[1] 日本金型産業(株) : カタログ コラブシブル(すほまる)コア

§ 6 成形品の加飾、2次加工

1. 加飾と2次加飾

成形品に付加される装飾を加飾という。成形と同時にに行われる加飾を1次加飾といい、単純着色、木目・大理石など色出し等が含まれる。

成形後に行われる加飾を2次加飾といい、めっき、シルクスクリーン、ホットスタッピング、静電植毛などが含まれる。ここでは代表2例を下記に述べる。

2. 着色

着色は1次加飾の代表例で現在行われている着色は材料メーカーが着色ペレット化している場合と、成形部署・成形メーカーがバッチシステムで混練するものがある。混練技術に自信のある所は自家着色するが、経済性・品質の均一化の点から材料メーカー、混練業者に依頼する所も少なくない。

また異色材料を用いた多色複合射出成形機^[1]もある。複数の射出機構ユニットをもち、制御系にモジュール方式を採用し、あわせて一面の金型で多色・複合成形ができるよう、金型回転装置を使用している。

3. しぼ加工

古くて新しい技術分野にしぼ加工がある。しぼ加工にはレザー目、布目、木目などの凹凸模様の表面性状を成形品に与えるもので古くからある。サンドブラストや化学エッチングが主な方法であった。最近では写真技術を用いたフォトエッチングや電鍍で製作した電極による放電加工も行われる^[2]。細字の周辺にしぼをかける金型の製作には数 mm サイズの文字を彫込みその周辺を特殊のビーズでショットブラストしたりする。これは NC フライス盤の発達と、細長エンドミルの開発によるもので、刃具に蓄積された技術がある。

4. 印刷

凸版、フレキソ、ドライオフセット、オフセット、平版、凹版、グラビア、スクリーンなど標準的な印刷技法に属するものの他、転写、ホットスタンプ、静電などの印刷もある。成形品の材質と相性のよい印刷技法、およびインキの種類があるので、その若干を後に述べる。

(41) 種々な加飾法と代表的な方法

表41.1 種々な加飾法

分類	加工	装飾効果							
		文字、数字、 マーク、記 号、化粧線	レーザー 疑似布目 梨地	木 目 模 様	大理石 模様	金属的 な表面	金属化	梨地面上 の数字、 記号、 マーク	
1 次 加 飾	特殊成形材料 によるもの	底発泡材料 金属充填材料							
	特殊成形法に よるもの	2段成形 多色成形							
	金型面に直接 加工するもの	機械彫刻 放電加工 機械加工 + 放電加工 — しぼ加工 サンドブラスト 化学的腐食 フォトエッチング 電鑄 電鑄 + 放電加工 精密鑄造 ベリリウム銅圧力 鑄造 ショウプロセス		(梨面)					
2 次 加 飾	成形品 2 次加 工を施すもの	真空蒸着 電解メッキ	(化粧線)						
		ホットスタンピング							
		塗装 印刷 — スクリーン印刷 — ロール印刷その他 — 金属板貼り付け							

4. 注意事項

(1) 材料メーカーで着色用色剤・ピグメントを変更する時は事前に申出て貰い成形テストをすることが大切である。時に、シルバーストリークや、色むらが単色着色の時に目立つことがある。

(2) 塗装・印刷・ホットスタンプ・メッキにおいてトラブルの少ない設計例^[3]もノウハウとして重要である。メッキ電鑄では主電極の他副電極の配置の仕方も重要なノウハウである。

出典

[1] 高萩 正男：型技術 13(7)P48(1998.6)

[2] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2版）P305 日刊工業新聞社(1995)に増補

[3] 青葉 克：プラスチック射出成形チェックリスト p63-64 工業調査会(1983)

§6 成形品の加飾、2次加工

1. 着色の方法^[1]

プラスチック成形品の着色は、現在では、製品デザインの一部になっており、アメニティを高める上からも重視されている。着色には図 42.1 に示すように代表的な 4 方法があり、着色された成形品を得る方法である。この図において上欄のもの程取扱いが容易であるが着色コストが高い。当初から (4) の方法を採用して着色成形品に取りかかっても、生産他の点から、自動計量混合装置付き成形機に移る傾向がある。作業性・経済性を比較すると表 42.1 のようになる。

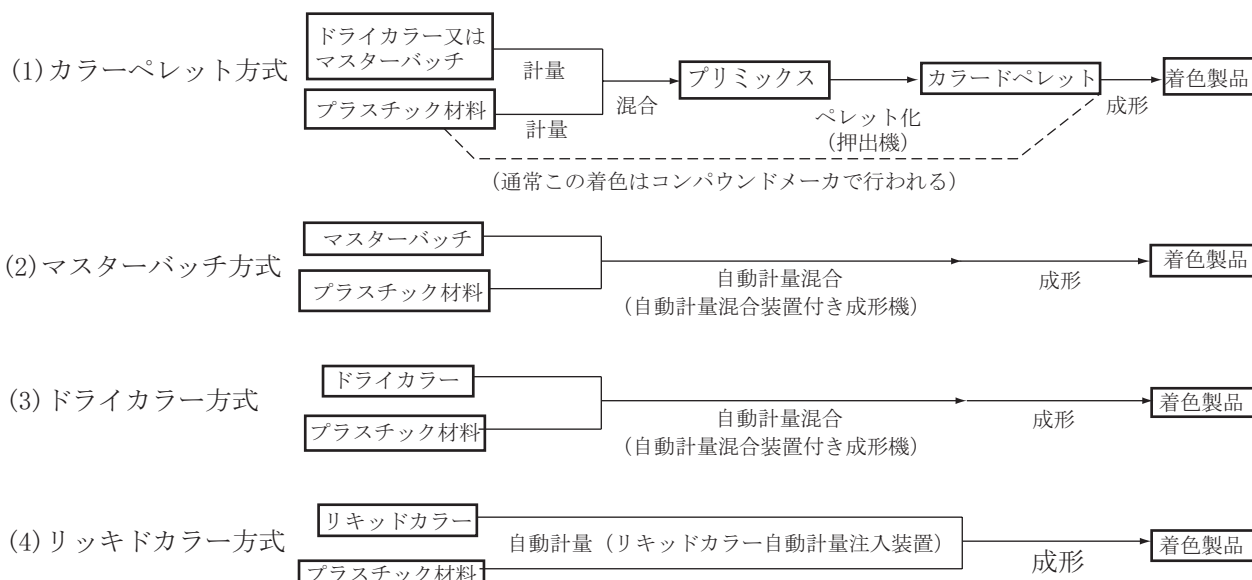


図42.1 熱可塑性プラスチックの着色方法 ^[1]

表42.1 各方式の特徴^[1]

	作業性・経済性						形態
	分散性	飛散性	取扱性	自動計量性	成形加工性	着色コスト	
1) カラーペレット方式	◎	○	○	○	◎	△	固体 (ペレット)
2) マスターバッチ方式	◎	○	○	○	○	○	固体 (ペレット フレーク ビーズ 板)
3) ドライカラー方式	○	×	△	△	△	◎	粉末 (パウダー 棒状 粒状)
4) リキッドカラー方式	◎	○	△	○	○	◎	ペースト
備考	成形メーカーにとって有利な順に◎○△×						——

ドライカラー方式では着色コストは安いですが飛散性があり労働環境的に配慮の必要がある。リキッドカラー方式はこの点に心配が少なく、且つ自動計量性にすぐれているが、着色剤の保存や成形品物性に及ぼす影響などについて、問題があった時代もある。マスターバッチ方式は着色コストが少々劣るが飛散性はなく色替えと自動計量混合が容易なので普及しつつある。リキッドカラー方式については、着色別に関連する事項を、マスターバッチ方式については希釈倍率と色むら防止の方法を成形機、金型の現物に別して確認する必要がある。

マスターバッチ方式はドライカラー方式と同じように自動計量混合装置は成形機が望まれるが混合タンブラーにより、マスターバッチと成型材料をプリミックスすることもできるが、熟練と経費を要するので新設備導入と比較検討しなければならない。

(42) 着色

2. 注意事項

(1) 着色については各社の履歴とノウハウの蓄積並びに既存設備に関係するので決定的にこれがよいとは言い難い。それぞれの長を上手に活かしているのが実情である。

(2) 金型製作部門としては顔料とプラスチックの相性(表 42.2) ¹⁾について承知した上で、金型製作をした方がよい。

(42) 着色

表42.2 顔料のプラスチック適正および性能^[1]

顔料種類	色相	CI.No	熱可塑性樹脂						各種性能					
			低密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	ポリプロピレン	ポリスチレン(GP)	ポリスチレン(HI)	ABS樹脂	耐熱性	耐光性(濃色)	耐光性(浅色)	色移行程	耐候性	
無機顔料														
1. チタンホワイト(ルチル)	白	Pig W6 (77891)												
2. チタンホワイト(アナターゼ)	"	"												
3. リトボン	"	Pig W5 (77115)												
4. 鉄 黒	黒	Pig Black11 (77499)												
5. 弁 柄	赤	Pig R101 (77419)												
6. カドミウムレッド	赤~橙	Pig R108 (77196)												
7. 黄色酸化鉄	黄	Pig Y42 (77492)												
8. カドミウムイエロー	"	Pig Y37 (77199)												
9. チタンイエロー	"	Pig Y53 (77788)												
10. 黄 鉛	黄~橙	Pig (77600)								x				
11. モリアデンレッド	橙	Pig R104 (77605)												
12. 酸化クロムグリーン	緑	Pig G17 (77288)												
13. 群青	青	Pig Blue29 (77007)												
14. コバルトブルー	"	Pig Blue28 (77346)												
有機顔料														
15. キナクリドン	赤~紫	Pig R122 (46500) V19												
16. パーマネントレッド 2B	赤	Pig R48 (15865)										x		
17. プリリアントカーミン 6B	青味赤	Pig R57 (15850)							x			x		x
18. ピグメントスカーレット 3B	"	Pig R60 (16105)												x
19. ピラソロンレッド	黄味赤	Pig R37 (21205)		x	x									x
20. ベリレンレッド	赤	Pig R149 (71137)												
21. ポリアゾレッド	"	Pig R144												
22. ナフトールレッド	青味赤	Pig R150												x
23. モノアゾレッド	"	Pig R176 (12515) R185 (12516)												
24. ジオキサジンバイオレット	紫	Pig Vio23 (51319)												
25. チオインジゴ	赤味紫	Pig R88 (73312)												
26. パーマネントイエローHR	赤味黄	PigY83						x	x					x
27. ベンジジンイエロー	黄	PigY12 . 13 , 14										x		x
28. アンスラキノイエロー	"				x									
29. イソインドリノンイエロー	"	PigY109 , 110												
30. フラバンスロンイエロー	"	PigY24 < 70600)						x	x					
31. アンスラピリミジン	"	PigY108 (68420)												
32. パーマネントイエローHI0G	青味黄	PigY81												
33. ポリアゾイエロー	黄~赤 味黄	PigY93 . 94 . 95												
34. フタロシアニングリーン	緑	Pig G7 (74260)												
35. フタロシアニンブルー	青	Pig Blue15 (74160)												
36. インダンスロンブルー	"	Pig Blue22 (69810)												
37. カーボンブラック	黒	Pig Black7 (77266)												

注) : 一般に広く使用されている。 : 各性能が優れている
: 使用に当たり制限有り。 : 各性能にやや問題有り。
x : 使用は好ましくない。 x : 各性能が劣っている。

出典

[1] 瀬戸 正三監修: 射出成形(第8版) P163-170 プラスチックスエージ社(1977)

§ 6 成形品の加飾、2次加工

1. 成形品設計時の注意事項の例

設計部門が成形品の2次加飾、2次加工を指定する時は、2次加飾、2次加工が実現できるように、具体的に指示する必要がある。

材料選定の問題、形状の選定の問題、付帯する工程設計に関連する事項等の指示である。

2次加飾、2次加工には色々あり、その全てを網羅することはできないが、例として、メッキ、塗装をする成形品の設計時の注意を掲げる。他の2次加飾、2次加工については同じような観点から作業現場と打合せをすることが必要である。参考のために表43.1、表43.2を掲げておく。

またメッキする成形品のプラスチック材料はメッキグレードの有無を確認して選定する必要がある。

2次工程では新たな外力、熱が加わることが屢々あるので、成形品の耐久性も変わってくると考えておくべきである。念の為に耐久試験も行った方がよい。

表43.1 メッキする成形品の設計上の注意^[1]

注 意 事 項	理 由	備 考
肉厚を均一にするかどに丸味、隅肉をつける。	メッキ時の破損防止の点から、ひけ、応力集中をなくすため。	メッキだけでなく、一般に必要なことである。 鋭いかどには、メッキが付き易い。
十分な抜き勾配をつける。	離型剤を用いると、メッキ密着性が悪くなる。	同上
ゲート位置、形状流動比(L/t)を適切に定める。	ウェルドマーク、フローマークがメッキをすると目立つようになるので、その発生を防ぐため。	同上
凹面、平面より、若干凸面にする。	メッキのつきまわりをよくするため。	凹面は0.01、0.02mm/100mm程度 の見当。
エンボス、シボ模様をつける。	同上	-

(43) 成形品設計時の注意

表43.2 塗装する成形品の設計上の注意点^[2]

注意事項	理 由	備 考
プラスチック材料の耐熱性を考えて材料又は塗装法を指定する。	成形品の塗装時の破損、経時変形を防止するため。	自然乾燥形の塗料がよい(但し、生産性も考える必要がある)。焼付けする時は荷重たわみ温度より10 位低い温度の塗料を選ぶ。
耐溶剤性のあるプラスチック材料を選ぶ。	塗料溶剤に上るクラックやクレージング発生を防止するため。	ストレスクラッキングなどによる。
結晶性プラスチック(PE, PP, POM, PAなど)では表面処理を指定する。	メッキの十分な付着力を得るため。	この場合の表面処理は薬液による酸化処理、火炎処理、コロナ放電処理などである。
塗装面には歪が少なく、離型剤がつかぬよう指示する。	表面美麗を保つため。	生産技術、現場の問題であるが、原価把握上からも設計が承知しておくことが望ましい。

2. 注意事項

(1) まとめて書けば何でもないことのようにだが、具体的な材料、素材、形状によって、細かいノウハウがある。経験にもとづき、製品製作時の努力を集積・整理・拡張・演繹して、自分達の宝箱におさめる。簡単には文字では表わされないノウハウがある。

(2) 貴重なノウハウを新人は実物に則して身につけ自分の技にすると共に、社内では上手に蓄積する「しかけ」作りも大切である。

出典

[1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計(第2版) P228 日刊工業新聞社(1986)を表にまとめ補筆

[2] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門(第2版) P318 日刊工業新聞社(1995)を表にまとめ補筆

§6 成形品の加飾、2次加工

1. 金型製作時の注意事項

CAD データにしる、ハードコピー（紙の図面）にしる、金型製作部門に届く時は CAM システムを通して、NC データの形で金型製作に関する事項は伝えられる企業が多い。しかし、CAD にのらず、CAM を経ず、付加的に追加される特別の加工は NC データとしては汚れ易く、コンカレントな金型製作のスケジュールを乱し易いので、念には念をいれて伝達の確認をする必要がある。2次加工（今後2次加飾と他の2次加工を含めていう。）については特に意を用いる必要がある。

金型製作時の注意事項は「成形品の設計時の注意」(43節)の中に織込まれている。成形技術、成形金型について承知していなければ、成形品設計ができないからである。具体的な形状などの配慮については2次加工のいくつかの節の中に図示説明する。2次加工にかかわる金型仕様は金型製作部門が成形品メーカーまたは最終製品のメーカーと直複交渉することもあり、金型設計部門が細部まで指示せず、金型製作部門に任せることもある。

今後、益々製品システムのメーカーは部品メーカーに、部品メーカーは治工具・生産設備メーカーに目的を示して、その具体策を提案してくれるいわゆる提案形企業を尊重する方向が強まると思われる。生産量が減っても、無策のままでは成形品の製造原価の中で大きな比重を占める金型製造原価は下げられない。2次加工を要する成形品では、2次加工法の選択法、2次加工の細かい仕様について検討して金型部品特にコア、キャビティの加工の排除、加工の無人化、自動化が可能になるような金型と成形品仕様を提案することが大切になってくる。例えば、

- (1) エンボス・しぼ模様用金型仕上面の適正化の把握
- (2) 公差内で凹面を作る現場技術・技能
- (3) 次加工を容易にする形状選定の際の金型製作仕様の変更
- (4) メッキ製品に要求されるまで金型表面をよく研磨し、メッキ仕上げする程度の決定などである。

(44) 金型製作時の注意

2. 注意事項

- (1) 2次加工を伴う成形品用金型の引渡・受入れの際の合否の判定は深く考えれば仲々難しい。できるなら予め金型の仕様、検査試験片のとり方、その試験法などを明確にして金型製作に取りかかりたい。この際、力になるのは、金型製作技能者と金型設計者ならびに2次加工技術を担当する生産技術者との連携プレーである。
- (2) 成形後2次加工されたものの合否について金型製作者に全ての責任を負って貰うことは必ずしも妥当ではない。しかし、金型製作者は成形品製作者の指定・指示通り作り上げた時に、不良が発生しても責任はないけれど、2次加工を経ればどういうことが生じるか予見でき、阻止または、修正できれば、より信頼され尊重されることは間違いない。

こういう意味で、金型製作で苦労し、経験を重ねて築かれた技と匠は極めて重要である。最低の責任範囲をどこまで越えて製品の部品としてのプラスチック成形2次加工品を生み出せるかが、技能の重さの一つの尺度だと考えて精進して頂きたい。

§ 6 成形品の加飾、2次加工

1. プラスチックのメッキ

(1) プラスチック成形品のメッキは金属成形品に比較し、つぎの諸点ですぐれている。

①製品の軽量化 ②耐食性 ③製品のデザインの自由度の大きさ、これらによって素材の仕上げ工程の簡略化ができ、加工単価が安くなる。

またプラスチック成形品に金属メッキすれば、つぎの諸物性が向上する。①耐熱性 ②剛性、引張強さ、表面硬さ等、力学的性質 ③耐候性 ④熱伝導率、このために軽量化金属部品の性格で用いられる分野が少くない。

(2) メッキ工程

図45.1にプラスチック成形品のメッキ工程を示す。この中で化学エッチングの工程が最も重要である

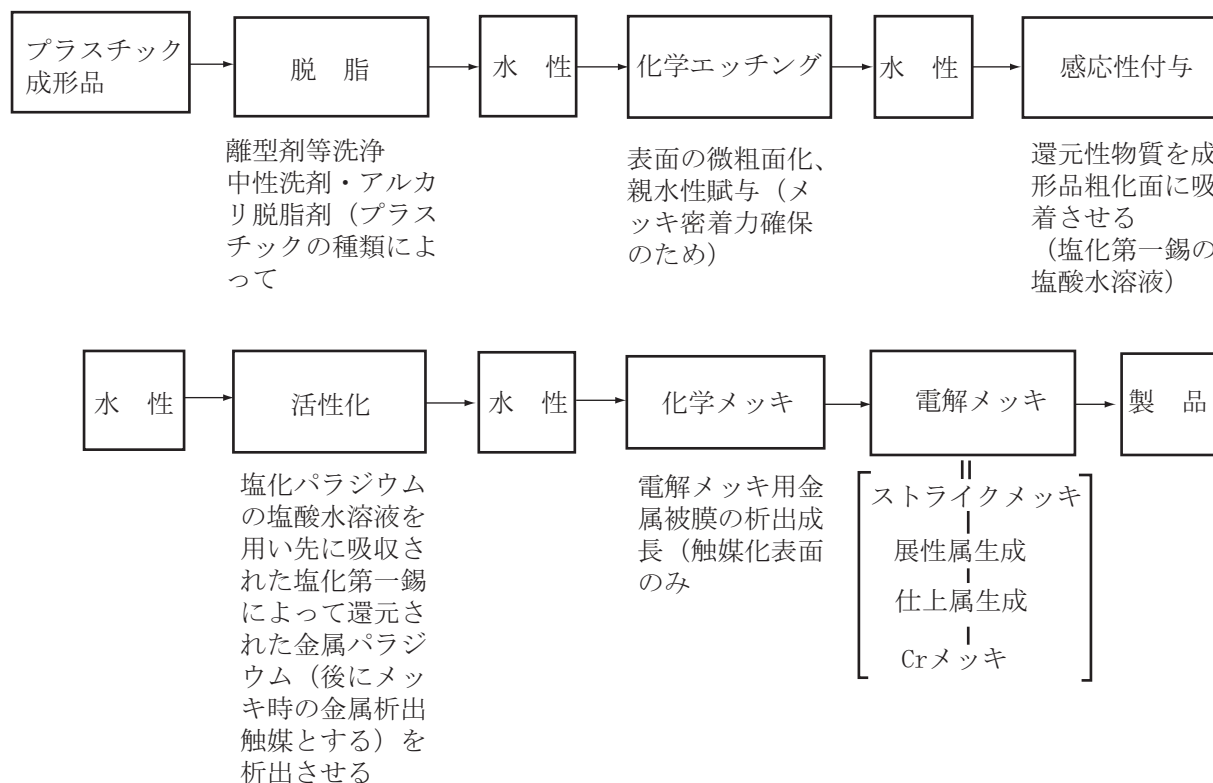


図45.1 プラスチックの成形品のメッキ行程 [1][2]

(3) メッキする成形品の設計上の注意は表43.1に述べた。ここでは例図を示しておく。

(45) メッキ

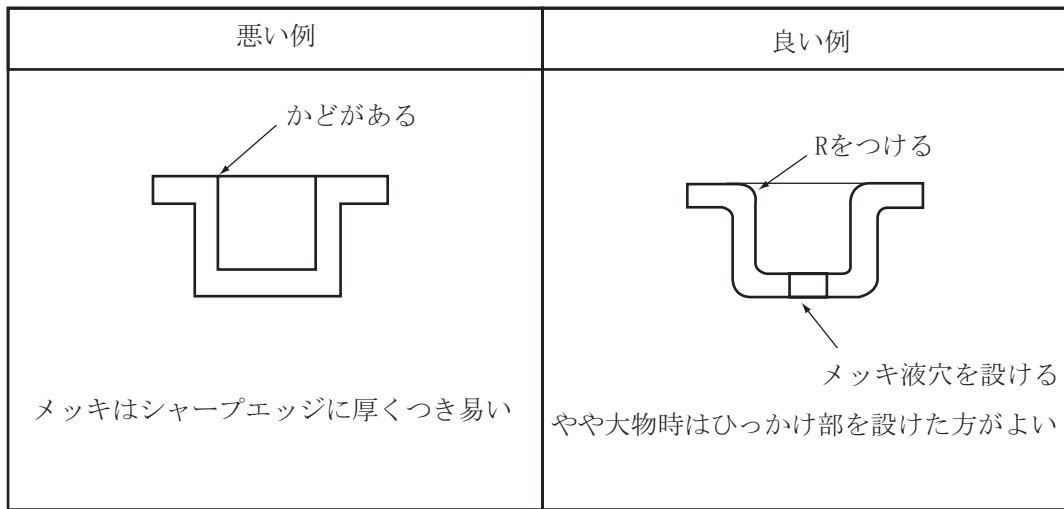


図45.2 メッキの形状設計の注意 [3]

2. 注意事項

- (1) 加飾全般にいえるが仲々理論解析通りにはいかない。一つ一つが経験の積重ねという面がある。
- (2) 大物のメッキでは一般に形状が複雑なので副電極の設置方法が難しく、一概には言えないといわれるが、凹部の中に電極を喰込むように設置するのが基本原則である。
- (3) 成形金型の設計、製作のうえから言えば面倒になるが、メッキ液が流通する穴を適切に設けること、適切な位置にひっかけ穴を設けることが必要となる。またメッキによる変形を防止する形状設計も各社のノウハウの中に秘められている。より多くの具体例の集積が必要な状況である。
- (4) メッキを要する成形品の射出条件は、シリンダは高温に、射出速度はおそく、射出圧力は低く、離型剤は絶対に使わないことを原則とする^[1]。
- (5) 成形品にはひけ、ウエルドライン、フローマークが出ないように、取扱時には表面にきづをつけないようにする^[2]。
- (6) プラスチック成形品のメッキには先に述べた電解メッキの他に、真空蒸着、も含まれるが、ここでは詳細は述べない。

出典

- [1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P193-195 プラスチックスエージ社（1977）
- [2] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2版）P329-330 日刊工業新聞社（1995）
- [3] 青葉 堯：プラスチック射出成形チェックリスト P65（株）工業調査会（1985）

§ 6 成形品の加飾、2次加工

1. 塗装の目的と特徴^[1]

プラスチック成形品に対する塗装は、装飾の他に耐候性の向上、印刷等の2次加工の品質向上のために用いられる。素材の性質上低温焼付形又は常温乾燥形塗料が用いられる。

一般に結晶性プラスチック成形品には塗料の適当な溶剤の種類が少なく、クロム酸処理や、火焰処理などの前処理をしないと塗装しにくい。溶剤の選択範囲が広い非結晶性プラスチック成形品でも塗料の溶剤組成が不適當だとクレージングやクラックを生じる。

適性な塗料の選択には十分な調査の上に、結果をみて、実用化した方がよい。

2. 必要な前処理^[1]

成形品の残留応力によるソルベントクラックが塗装によって誘起されるのを防ぐにはアニーリングする。また成形時に付着してしまった離型剤の拭きとりをする。現在は塗膜付着性を妨げないいわゆるペイントブル離型剤も多く使われるようになっている。しかし、離型剤を使わなくてすむように成形品の形状設計をすることが望ましい。

また、ポリプロピレンのように塗膜付着力が得にくいプラスチック材料の場合には、クロム酸処理、火焰処理をする。成形品の表面粗化をして、アンカー効果による塗膜の付着力増加を図るためである。

3. 塗装の塗り分けのための成形品設計^[2]

余分な所に塗料が付着しないように、マスキングテープを貼ることが多い。しかし、成形品の形状が妥当でないとマスキングテープの貼り方も面倒だし、効果も乏しい。成形品形状の検討によって、塗装の作業効率を高めることができる。その具体例を図46.1に示す。

(46) 塗装

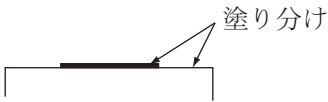
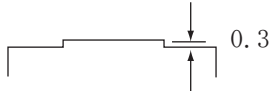
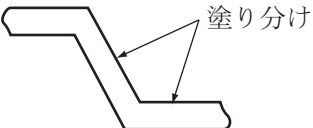
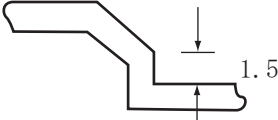
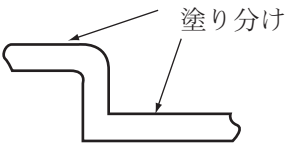
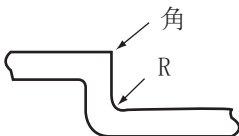

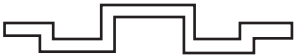
方法	適用例	適用後
平面には 段差をつける		
オフセット形状には立ち上げ部をつける		
オフセット形状では上かどは角に下角はRにする		
塗り部はできるだけ浅くする		

図46.1 塗り分けのための成形品設計^[2]

4. 注意事項

- (1) 塗装したプラスチック成形品にクラックやクレージングが生じた場合、金型設計・製作上の問題か、塗装の問題かをはっきりさせか、と解決できない。そのために金型製作担当の方々もプラスチック成形品の塗装の特徴をよく把握しておいて欲しい。
- (2) 塗装のための前処理はできれば省きたい。このために金型製作担当に持込まれる塗装品の不良の様子と原因をできるだけ早く、金型設計、成形品設計の部門に情報として流すのがよい。塗装を楽にする、または前処理をなくせる成形品形状を提案して頂きたい。

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P191-192 プラスチックエージ社(1977)

[2] 青葉 堯：プラスチック射出成形チェックリスト P63 (株)工業調査会(1985)

§6 成形品の加飾、2次加工

1. 種々の印刷法^[1]

プラスチック成形品に適用される印刷方法はホットスタンピング、転写印刷、シルクスクリーン印刷、ラベル埋込み、パッド印刷等々多彩である。量産的生産効果のよいホットスタンピングが代表的手法であるので、次節に述べる。

種々の印刷法があつて、業界では自社取扱いの手法を強調しているので、画然とした分類がしにくいものがあり、境界を狙った手法が開発発表されるのも当然である。

ここでは代表的な二三の印刷法を掲げておく。

- (1) 転写印刷は転写性のよい別の材料（主にシート）に美しく印刷し、これを機械的又は熱的、化学的方法で成形品に転写するものである。業界では細かく、接触転写、転移、接着剤転写、熱転写などに分けている。しかし、その境界がはっきりしない場合が多い。プラスチックの転写は多くは熱転写で、ホットスタンピングと本質的なちがいはないが箔の構成と使用設備が違うと説明されることが多い。
- (2) シルクスクリーン印刷は下地の色に影響されない濃色印刷が出来、版代が安いので依然重要である。プラスチック成形品ではないが半導体の製造工程にも用いられ、最近特に高精度のものも重用されている。図 47.1 にそのシーケンスを図示する。

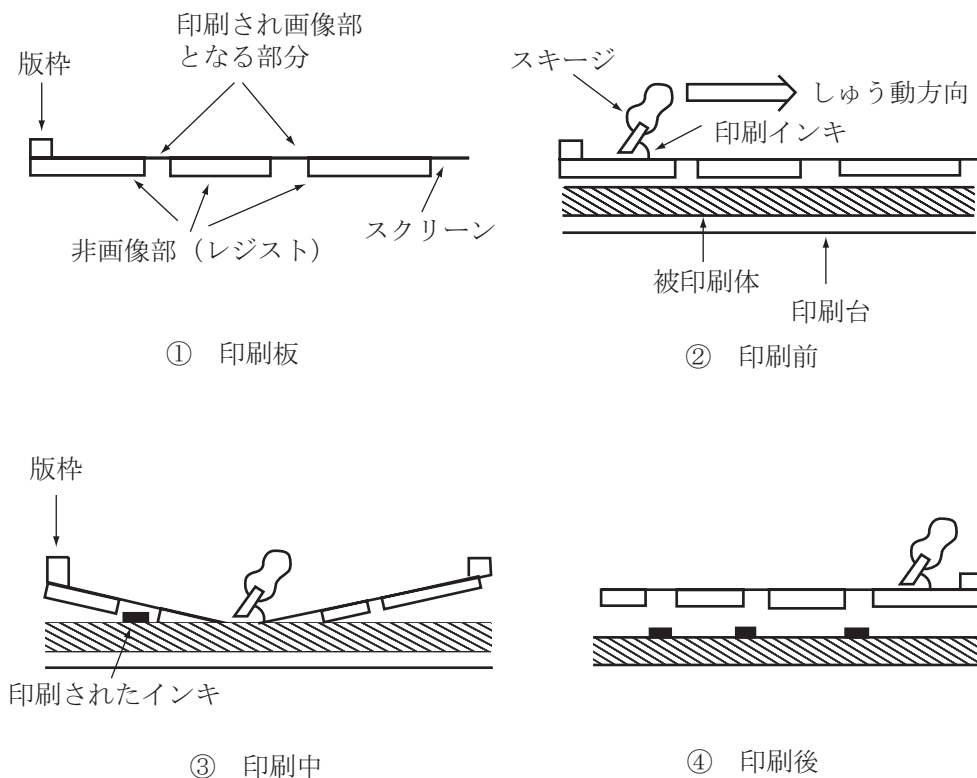


図47.1 シルクスクリーン印刷のシーケンス ^[2]

- (3) ラベル埋込み (インジェクト・オ・パタン^[4]) は成形品の材料と同種材質のフィルムに裏面印刷しておき、適当な大きさに打抜いたものを金型内において射出成形するものである。印刷面が成形品中に埋込まれるので、印刷面の強さにすぐれている。そのシーケンスは図 47.2^[3]に示す通りで、成形と同時に転写するいわゆる「インモールド転写システム^[3]」として登場した。このシステムはパラボラアンテナの成形にも使用されるに至っている。

(47) 印刷

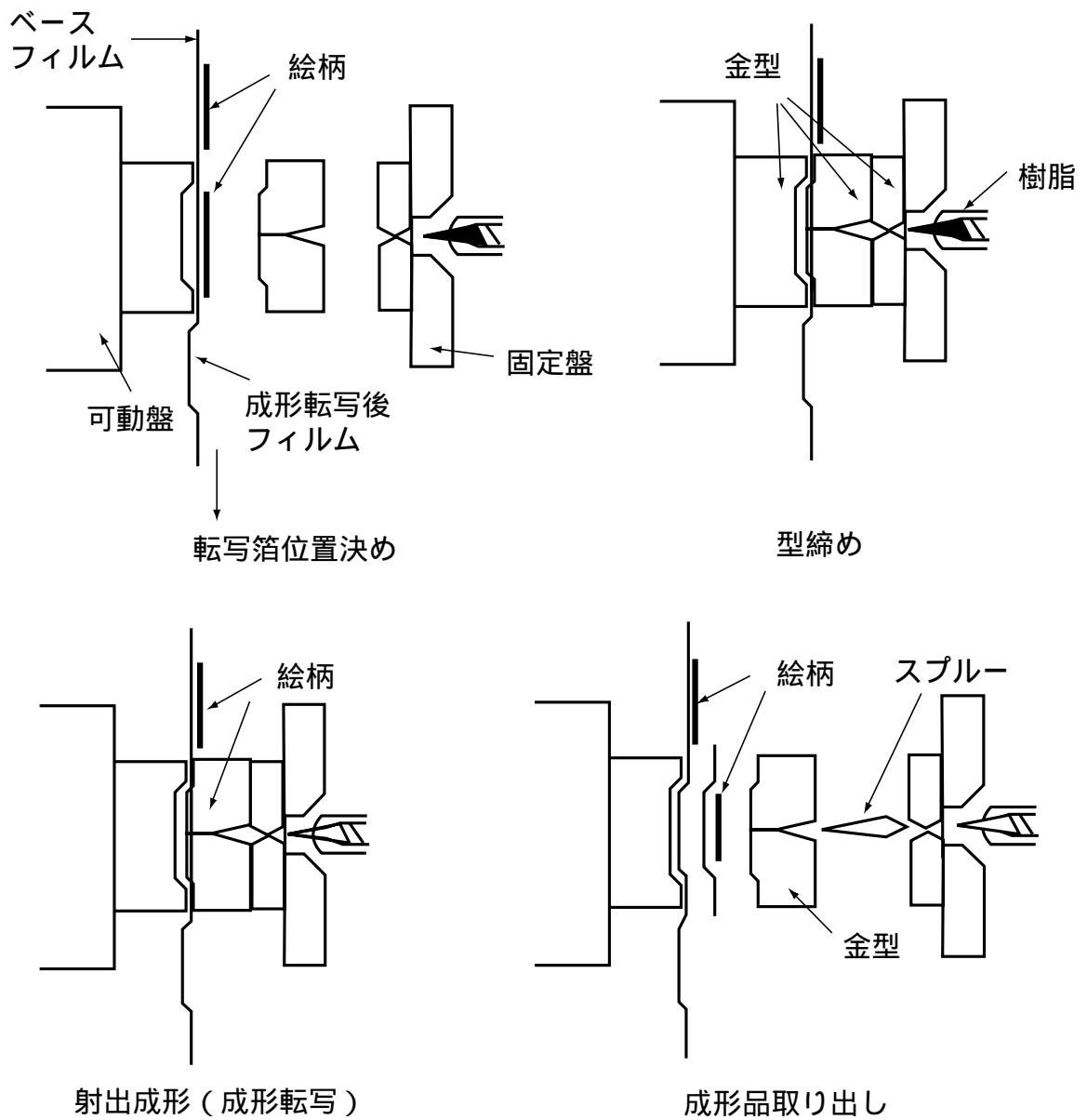


図47.2 成形転写システムのシーケンス^[3]

(4) 簡便な手法にはパッド印刷法がある。柔軟で復元性のある半球状パッド(タンポ)を用いる。多くはシリコン製ゴムである。凹版に塗布されたインキを写し取って被印刷体に転移して印刷する。そのシーケンスを図47.3に示す。

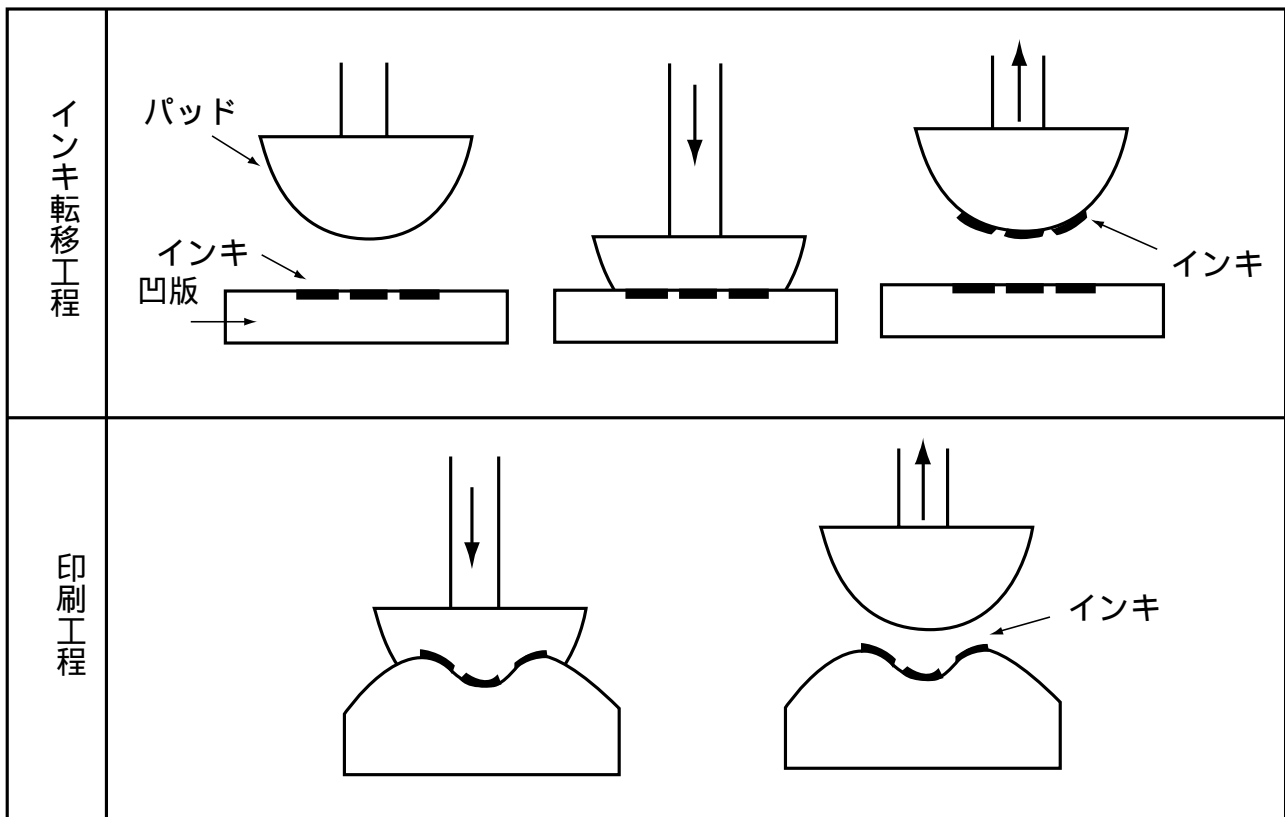


図47.3 パッド印刷のシーケンス^[2]

2. 成形品の前処理

離型剤を使わないこと、色材がのり易いように表面酸化、フレーム処理、コロナ処理などが必要な場合がある。これらの処理条件が難しく、ケースバイケースの調整が必要で、技とノウハウの世界である。

3. 注意事項

- (1) 成形品材料と印刷インク、インクをのせたキャリアとなるシートや接着剤の材質の関係は難しい。製品の目的に応じてきめるので、各社のノウハウになっている。
- (2) UV硬化形インキも普及しているので、適当なものを選択して頂きたい。現状では設備メーカーの取扱製品の更新代謝も激しいので、十分な調査が必要である。

出典

- [1] (社)日本合成樹脂技術協会プラスチック製品の印刷編集委員会:プラスチック製品の印刷 P163-165
他(社)日本合成樹脂技術協会(1972)
- [2] 廣恵 章利他:プラスチック成形加工入門(第2版)P319-321 日刊工業新聞社(1995)
- [3] 村田 重男:形技術 4(2)P38-43(1989.2)

§6 成形品の加飾、2次加工

1. ホットスタンピング

ホットスタンピングは塗装分野の専門的区分から言えば、発想において熱転写と同一で^[1]、熱転写用箔とホットスタンピング用箔とでは境界がはっきりしないものが多い。ホットスタンピングは転写フィルムに印された印刷層または金属の蒸着層と接着層が一体となった積層体がプラスチック成形品に加圧・加熱されて密着し、転写されるものとしている。その意味で熱転写の概念は前節に述べたようにあまり明瞭でないためか、ホットスタンピングと熱転写とを同一視している見解もある。しかし、いずれにしてもホットスタンプの普及は著しい。

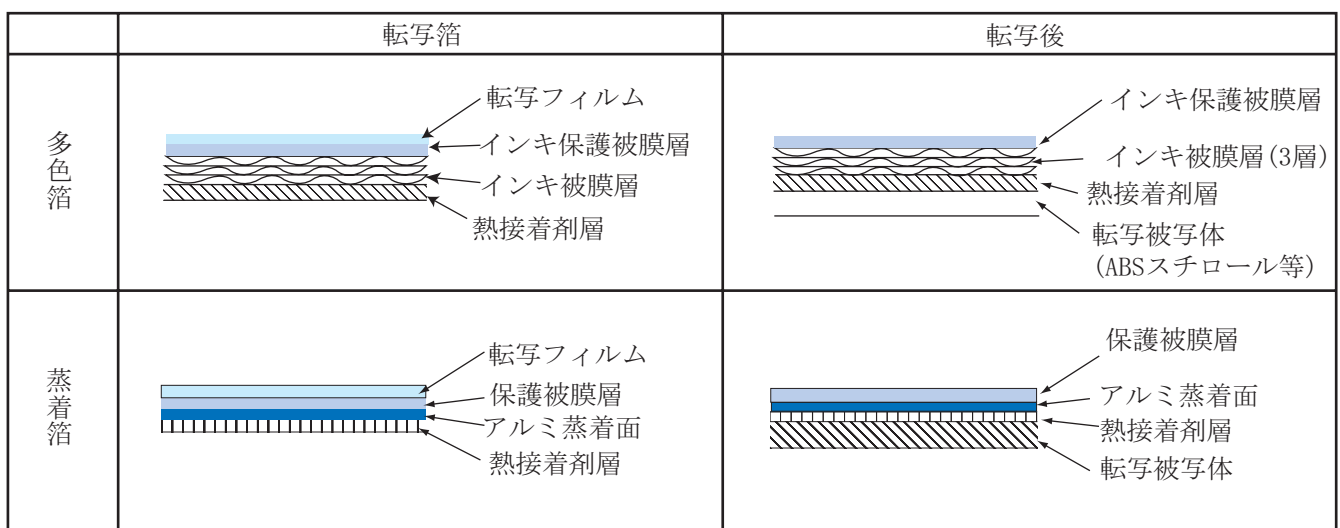


図48.1 ホットスタンピングの箔とその転写後^[1]

用いられる箔は図 48.1 に示すように多色箔と蒸着箔とがある。多色箔は PE、PP、セロファンなどより成る転写フィルム上に、墨版、藍版、赤版、黄版などを重ね、その上に白版印刷をしたものが多い。蒸着箔は主にアルミ金属を蒸着して保護被膜と重ねたもので、色材によって金箔様にしたりする。

成形品に対し、絵柄ができていこれら箔を図 48.2 のような直圧式またはロール式のプレスで加圧加熱する。成形品の全面を同時に押すラバー押しでは成形品に凹凸をつけ、成形品が平らな時はプレスに型板をつける。

またホットスタンピングを上手にするためには図 48.3 のような成形品設計の配慮が望ましい。

(48) ホットスタンピング

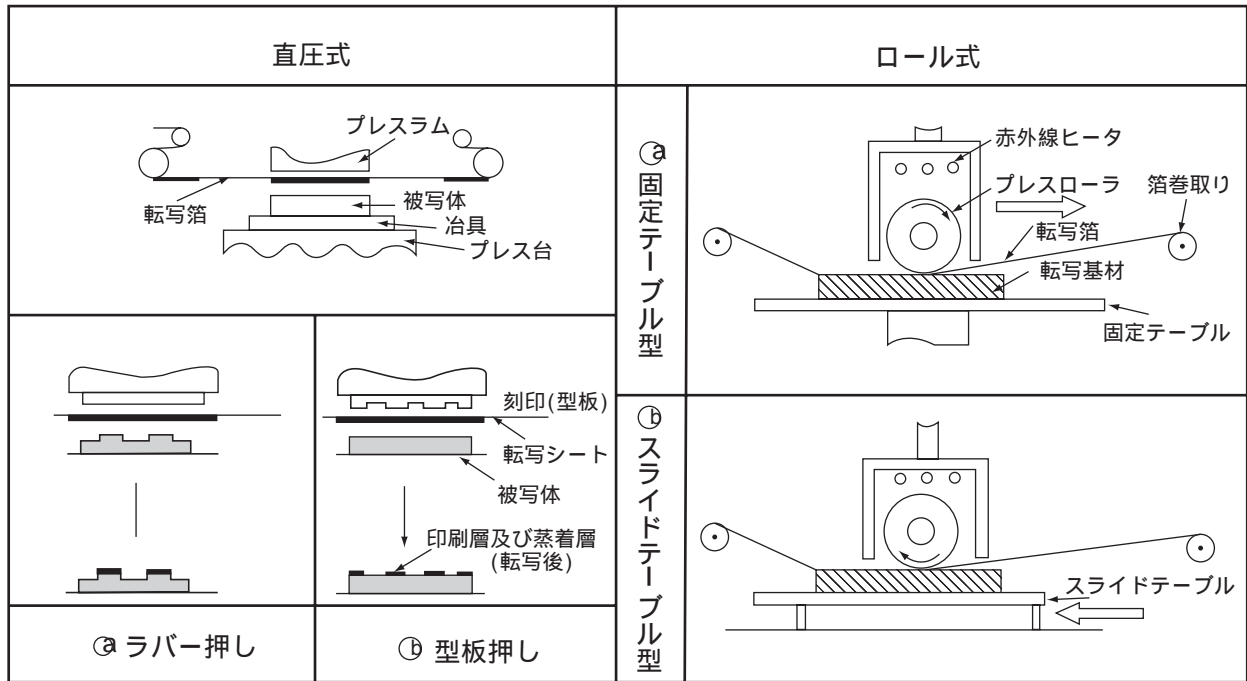


図48.2 ホットスタンピング用プレスと動作

方法	適用前	適用後
スタンピング部の裏面は平らにする		
スタンピング面は平らにする		
高い壁から離す		
スタンピング面のつなぎは角にする		

図48.3 ホットスタンピングのための成形品設計 [2]

2. 注意事項

シルクスクリーン印刷やパッド印刷と異り、転写箔にはすでに絵柄ができてから、自動化はしやすいけれど、設計の変更があると転写箔は全部無駄になる。また、転写箔の送りと成形品の設置位置が狂うと良品ができない。作業環境によっては転写箔の伸びもあるので入念な検討と調整が必要である。

出典

[1] (社)日本合成樹脂協会：プラスチック製品の印刷 P26 - 29(1972)

[2] 青葉 堯：プラスチック射出成形チェックリスト P6 (株)工業調査会(1985)

§ 7 金型構造

1. 基本構造

プラスチック成形金型の製作には、成形品がもっている特徴を承知しておく必要がある。こういう観点から §2 から §6 まで、成形品の性格 - 特に強さと形状を左右する金型の要素またはその製作を考えた設計のあり方について述べてきた。

ここでは金型全体の立場から金型構造、金型要素の若干を見ていきたい。

通常、金型は④モールドベース、⑤キャビティ・コア部、⑥ランナおよびゲート部、⑦突出し部、⑧温度調節機構、F 成形機への取付け部から成る。モールドベースの固定側取付け板、可動側取付け板は、それぞれ射出成形機の固定盤（固定側タイプレート）、可動盤（可動側タイプレート）に取付けられる（図 49.1）。溶融プラスチック材料は金型が閉じた状態で固定側から射出注入され、開いた時に成形品は取敢えず可動側に残り、そして突出されるのが普通である。

上の構成の⑤、⑥は最も直接的に成形品の設計に係わるのですでに述べた。成形品の突出しならびに突出しに関連する抜勾配および、温度調節については後の節で述べる。

2.2 枚型と 3 枚型およびその他の型

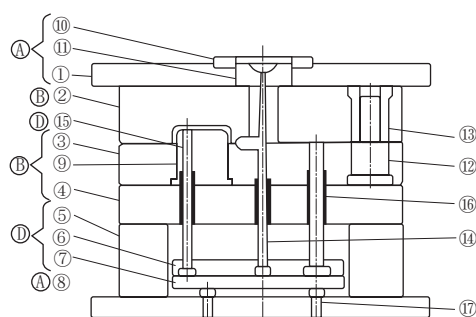
2 枚型（図 49.2）が最も一枚的な構造で、スプルー、ランナ、ゲートがキャビティと同一面であって、一つのパーテング面によってキャビティ（固定型）、コア（可動型）が分割される。これに対し、例えばピンポイントゲートを用いると上記のパーテング面とは別の面にランナが配置されることになるので、この面を開いてランナを取出すために、プレートを 1 枚追加する必要がある。これが 3 枚型（図 49.3）

である。

この他にランナ、スプルーの部分が固化せず、金型内に残って、次の射出の材料となるようにヒーターを組込んだ型がホットラブリナ金型またはランナレス金型と呼ばれるものである。またアンダカットを持った成形品を取出せるように可動中子をもつものがスライドコア型であって、その駆動機構であるアンギュラピン、アンギエラカムについては（35）（36）節で述べた。

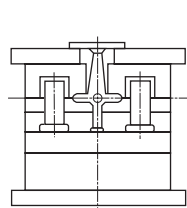
(49) 金型の基本的構造

また熔融材料の注入方式には図49.4に示すように2方式がある。

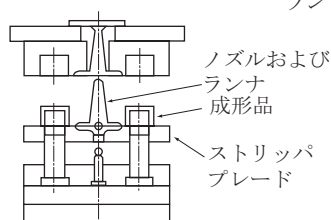


番号	名称	規格	番号	名称	規格	番号	名称	規格
1	固定側取付板		7	エジェクタブレード下		13	ガイドピンプシユ	JIS B 5110
2	固定側型板	JIS B 5106	8	可動側取付板		14	スプルーロックピン	
3	可動側型板	JIS B 5106	9	コア		15	エジェクタピン	JIS B 5108
4	受け板	JIS B 5106	10	ロケートルング	JIS B 5111	16	リターンピン	JIS B 5109
5	スペーサブロック		11	スプループシユ	JIS B 5112	17	ストップピン	
6	エジェクタブレード上		12	ガイドピン	JIS B 5107			

図49.1 通常の金型構造（2枚型）^[1]



①型閉じ



②型開き

図49.2 2枚型^[1]

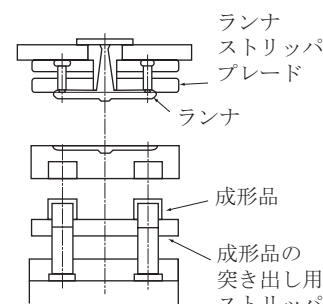
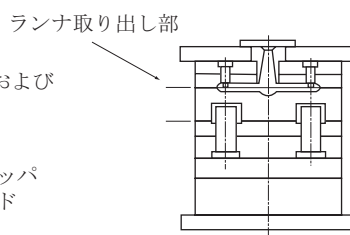
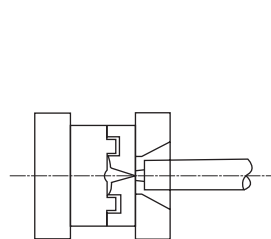
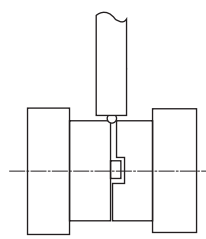


図49.3 3枚型^[1]



(A) スプループシユ方式



(B) パーティングライン方式

図49.4 熔融材料注入方式^[2]

3. 注意事項

- (1) プラスチック成形金型のモールドベースはダイカスト型のダイセットとも類似点がある。またプレス型のダイセットとほぼ同じ役割を担う。熱による膨張収縮の程度に大きな違いである。ここを注意しながらプレスのダイセットの技術、仕上・組立に関する技能をいつも見ている必要がある。
- (2) モールドベースの型板や、その他の構成部品類はJISで標準化され、専門メーカーから市販されている。しかし、時にはJISにとらわれず、材質、強さを自由に変えて試行して、目的を達することもある。マニュアルにとらわれることはあまり賢明ではない。

出典

[1] 廣恵 章利：プラスチック成形加工入門（第2版）P98-99 日刊工業新聞社(1995)

[2] 岩橋 俊之：合成樹脂34(2)P18-19(1988. 2)

§ 7 金型構造

1. 金型の構成要素

プラスチック金型の基本構造を説明するにあたって、その必要上前節で金型の構成要素を①モールドベース、②キャビティ・コア部、③ランナおよびゲート部、④突出し部、⑤温度調節機構、⑥成形機への取付け部と分けた。

図 50.1 にこれら要素をさらに分解して、鳥瞰的に示す。

この図面の使用材料は単なる目安と考え、型締か溶融材料の型内圧を考えて適当な硬さと剛性が得られる物を選択した方がよい。文献には示されていないが、そういう例は少いわけではない。

2. モールドベース^[1]

モールドベースも標準化され、市販されているが、成形品が大きいものに対してはきまっていない。重量 25 トンにも及ぶ金型については製作過程まで考えると画一的には決め難い。

また、射出成形法は本来大量生産に適する加工法であるが、プラスチック成形品を活かしたまま、やや多種少量生産への転用も考えられている。すでに試みの段階を経て実用化されているものに日積樹脂工業(株)のユニットモールド^[1]がある。モールドベースはベアブロック(写真 50.1)と呼ばれ、この中にストリッププレート、突出し、スリーブ突出し構造が仕込まれて、標準化されている大きさのユニットブロックも挿入できる。ベースブロックを成形機に取付けたままユニットブロックが交換でき、成形品の変更が容易にできる。

3. ユニットモールド^[1]

ユニットモールドを写真 50.2 に示す。ユニットモールドをセットした状態を写真 50.3 に示す。ユニットモールドの型板材質に S50C、NAK80 で、ある大きさ以上のものには YH75 (FP75) が用いられている。YH75 はアルミニウム合金でつぎのような特徴がある。

切削、放電加工の加工時間が一般金型材料の 1/3、比重が 2.82 (鋼の約 1/3) で、型脱着の時間が短縮できる。熱伝導率が大きく (鋼の約 2 倍) 成形サイクルが短縮できる。

S45C 相当の力学的強さがある。耐食性に優れ、長期間錆ない。

(50) 金型の構成要素・モールドベース

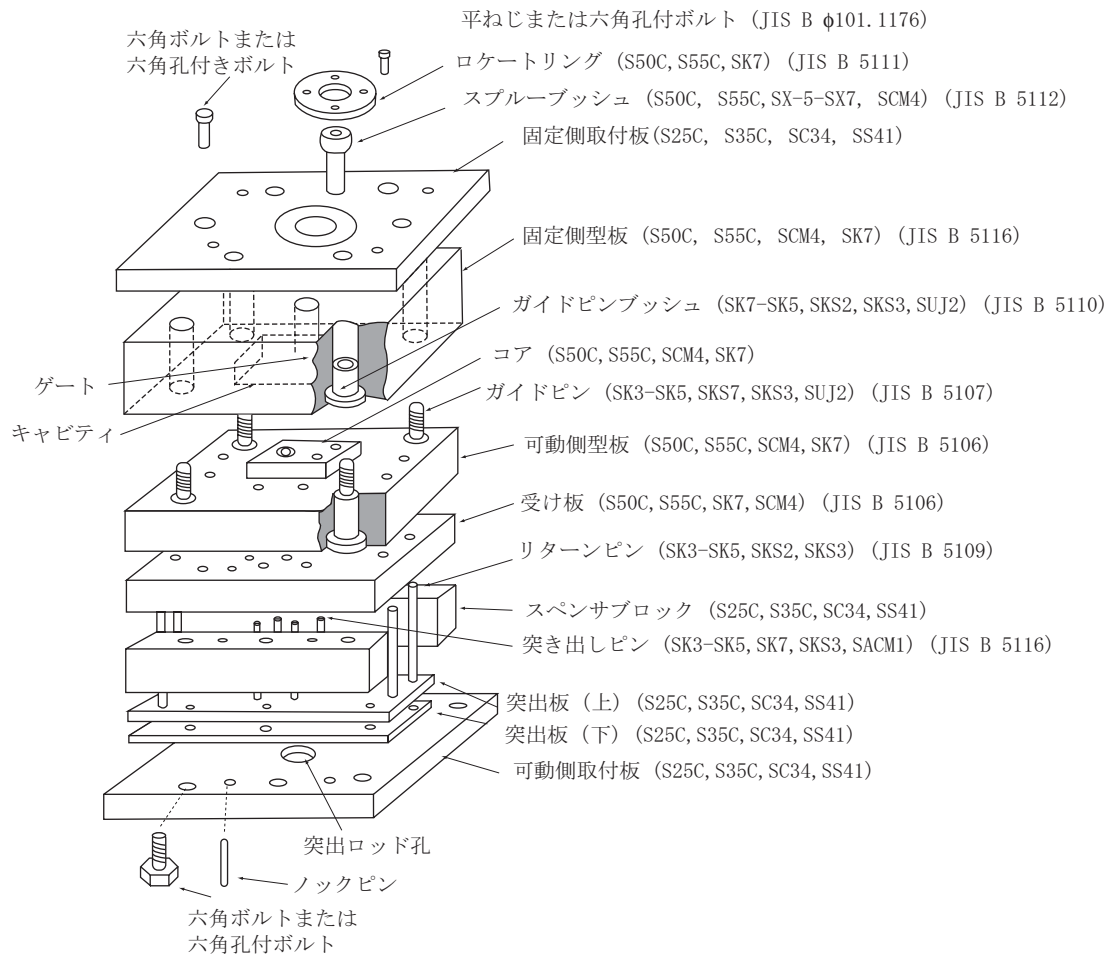


図50.1 金型の各部名称と使われる材料



写真 50.2 ユニットモールド

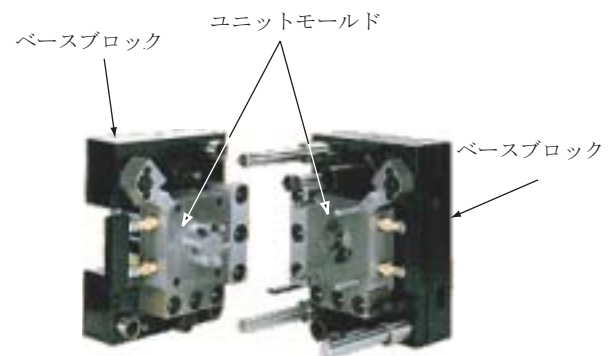


写真50.3 ユニットモールドセット時

4. 注意事項

- (1) 自社独自の金型構成要素を生み出すことが金型設計部門の任務であり、要求がすぐ交換できるような加工精度の維持向上が金型製作部門の責務である。
- (2) ユニットモールドと同じ目的でペンテル (株) の「割型専用カセット金型」がある^[2]。

出典

- [1] 溝上 英樹：形技術 10(8)P36-38(1995.8)
- [2] ペンテル (株)：カタログ

§ 7 金型構造

1. 可動中子

本来、中子とは鋳物を作る時に中空になる部分に入れる鋳型をいい、古くは中型（なかご）とも書いた^[1]。

プラスチック成形の場合はコアがこれに当り、多くは可動型（成形機の可動側に付く）がその役割を果している。そして、外側にアンダカットがある成形品の場合、可動側のサイドコアに取付けた駒を固定側に設けたアンギュラピン（§5、(35)）、アンギュラカム（§5、(36)）で動かすのが一般的手段で、この駒を可動中子とっている。

図 51.1 にその例を示す。型開きの時に成形品はサイドコアその他で可動側についてまま後退する。後退の途中で前述のアンギュラピンによって、可動中子が後退してアンダカットが外れる。さらに可動側金型が後退すると、エジェクタプレートは踏み留まるので、成形品に対して相対的に前進したことになり、ストリッププレートおよびエジェクタピンが成形品を突出することになる。これは成形品の突出部に穴があるような複雑な形状の場合に用いられる機構である。

これより簡単な機械の例は §5 アンダカットの章に、スライドピン・スライドコア、アンギュラピン、アンギュラカム、アンダカット部の突出しとつかみ出し、シリンダの利用、無理抜き の項で述べた。

(51) 可動中子

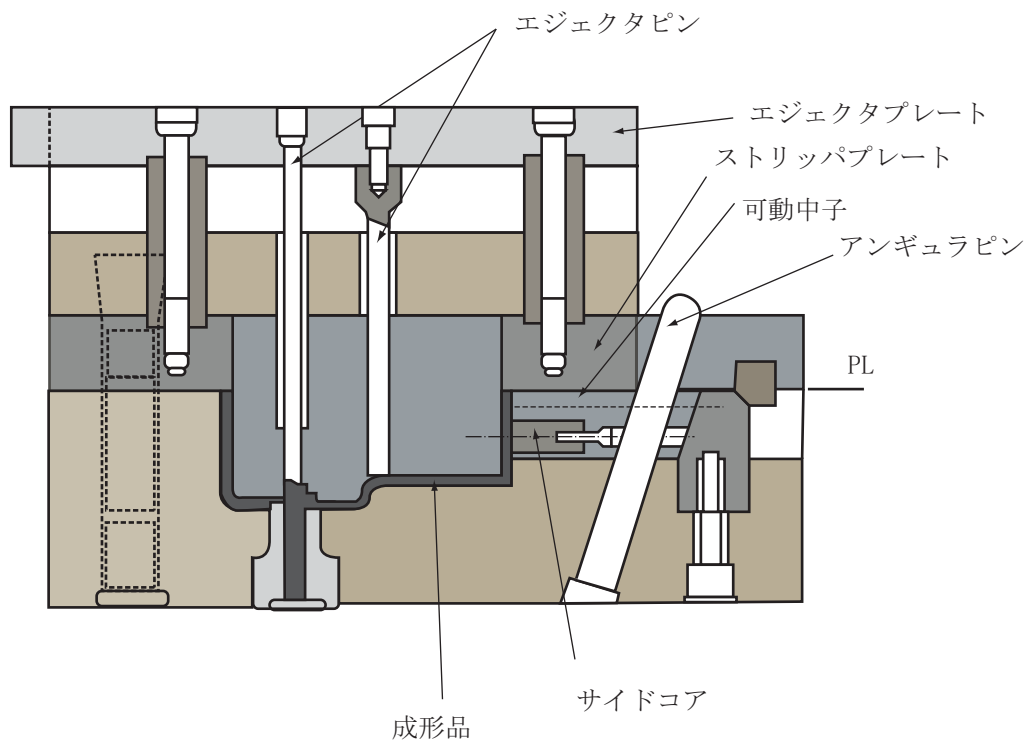


図51.1

出典

[1] 新村 出：広辞苑（第4版）P1898 岩波書店(1991)

[2] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P114 プラスチックスエージ社(1977)

§ 7 金型構造

1. 冷却路の決定^[1]

金型のキャビティ温度が熔融プラスチック材料の流動・固化・収縮・結晶化などに及ぼす影響は極めて大きい。さらに、この影響は成形品の強さ、表面性状、収縮量・反り・擦れなどの変形等、成形品の種々の性能に及ぶ。金型の温度調節は成形品性能を左右する大きな因子の一つである。そのためには、冷却路を適切に配置する必要がある。冷却路の決定上、注意すべき諸点はつぎの通りである。

- (1) 冷却路の位置は金型の強さも考えたうえでできるだけキャビティ表面に近く、間隔はできるだけ小さくする。
- (2) 部分的に厚肉部や複雑な形状のある成形品では冷却路は適切に分割する。
- (3) 各1本の冷却路はできるだけ短かくする。
- (4) 冷却媒体の冷却路入口・出口の温度差は2程度におさえる。
- (5) 流動抵抗の異なる冷却路は並列に配置しない。
- (6) 熱効率の向上が望ましい時には、金型材料としてはベリリウム銅合金など熱伝導のよい金属を選ぶ。
- (7) 細い穴をもつ成形品（例えばキャップ）用の金型にはヒートパイプを用いる^[2]。

2. 冷却路の径^[3]

図52.1に示すような冷却管の場合、冷却路が細い方が冷却効率がよい。単位長さ当りの奪熱量は、細い方が

$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{0.8}$ 倍も多くを奪う。冷却媒体が水の時、 $\frac{d_1}{d_2} = 2$ なら細い方が1.78倍の熱を持去る。

金型内で冷却路を分岐したり、1台の温調器を穴径の異なる2本以上の冷却路につないだりすると、細い方へは冷却媒体が通りにくくなり、熱を奪いにくくする。

金型の部分冷却のために金型の可動側にタンクと称する太い冷却部を設け、邪魔枚を挿込んで、その片面に沿って冷却媒体が入り込み、突当たり部で戻って来るようにして、冷却媒体を往復させることがある。この場合タンクの径が太いと流速が下り、また層流となり易く、壁面に錆とスケールが付き易い。製作上の経済性にとらわれず、細いタンクにした方が結局は得である。太いタンクを作ってしまった時は螺旋状の溝のあるプラグを押し込んで、冷却媒体を通した方がよいといわれている。

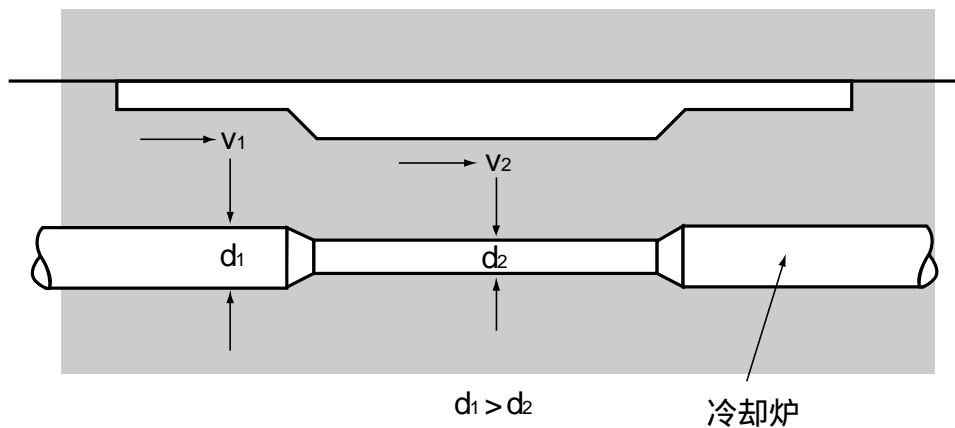


図52.1 冷却炉の径

(52) 金型の冷却

3 . 冷却温度管理装置

金型の可動側と固定側を独立に温度管理する装置を検討し、巧みに活用することが望まれる^[4] .

4 . 注意事項

- (1) 冷却水路はCAE的に定めることは可能であるが、現実には金型の作動機構、取付機構がどうしても優先してしまうことが多い . 従って、完全にCAEに基づいて作られたCADのデータ通りにはできない場合には、どう対処するかが、成形担当、金型製作の部署に任されている所があるのも現実である .
- (2) サイクルタイムを短くするために金型温度を低くするのは必ずしもよくない . 金型温度を下げるとプラスチックの粘度は高くなり、射出圧力を高くしたり、スプルー・ランナを太くする必要が生じ、長い冷却時間が必要になったりする . 却って不経済となる^[3] .
- (3) 金型温度はパーテング面やキャピティ面の測定値だとするのは妥当とはいえない . 型開閉時に大きく変動するからである . 冷却水の入口と出口の温度差が2 以内になった時に、金型は熱的にほぼ安定していると見てよい^[3] . この時の冷却水温度を金型温度とするのがよいという説もある^[3] . ここでは詳細は省略するが、冷却媒体のレイノルズ数が7,000 ~ 15,000になるように冷却路の熱的設計するのがよいという説もある^[3] .

出典

- [1] 村上 : 工業材料 29(7)P18(1987.7)
- [2] 本田他 : プラスチックス 31(9)P73(1980-9)
- [3] 鳴滝 朋 : 間違いだらけの成形技術 P2.7.151 (株)シグマ出版(1994)
- [4] 大橋 富成 : 合成樹脂 44(8)P41-47(1998-8)

§ 7 金型構造

1. 前おき

先に(50)節において金型の6要素(A)～(F)を掲げた。この中で、まだ述べていない「金型取付け」、および6要素に含めにくい「ガス抜き」について、ここに述べておきたい。

2. 金型取付け

(1) 金型取付けなど

スプルーブッシュ方式金型(図49.4(A))ではモールドベースの側面に必要な吊上げねじ穴を設ける。また金型メンテナンスの際必要な型開き時のフックねじ穴を型開きと垂直な方向に設ける。これらのねじはそれぞれ金型重量別に標準化しておくことが当然必要である。

(2) 型取付けガイド

射出成形機の定位置にいわゆるセッティングガイドを取付け、モールドベースに正確な切込みを設けておく。

(3) ガイドピン・ガイドブッシュ

型合せの際に、上下型の向きを間違えないようにモールドベースの4組のガイドピン・ガイドブッシュのうち1組だけ直径を他の組と1～2mm 違うか、設置位置を対称にならぬ位置に数mm ずらせる。

(4) スプルーブッシュの接触

射出成形機のノズルの先端の丸味Rを標準化して購入するとともに、金型につける成形機ノズル受面の丸味R'も標準化する。必ず $R < R'$ になるようにして溶融プラスチック材料の洩れを防ぐ。(図

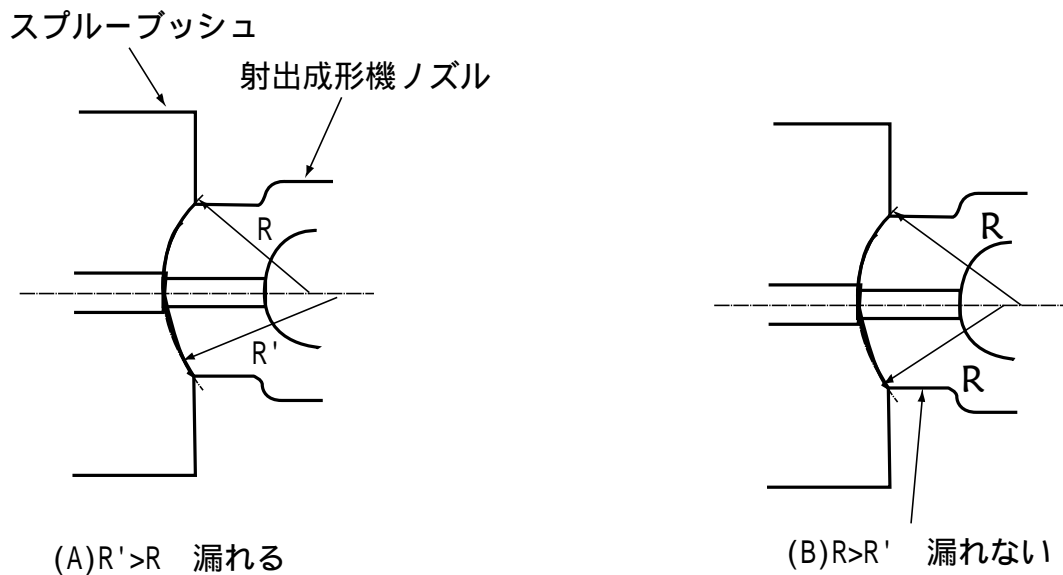


図53.1 スプルーブッシュの接触^[1]

53.1)

(5) 冷却水管のカップリング

ワンタッチカップリングを標準化し、冷却水の出側・入側に色による識別配慮をする。このために常日頃市販標準カップリングの使い勝手を調べておく。

3. ガス抜き^[2]

ガス抜き（エア抜きも含む）はパーテングライン、摺動部の間隙をさりげなく用いている例が少ないが、成形品の大小に拘らず、金型からの転写精密性を要する精密部品・光学部品・高級外装部品では特にガス抜き機構の検討が必要である。一部はすでに図25.1に示したが、ここでは今井氏の報告^[2]を軸に説明しておく。

成形にあたり1秒以内の短時間にキャビティ・スプレー・ランナ内のエアをプラスチック材料に置き換えることと、成形材料が持込むガスを排出することが重要で、今井氏はつぎの3原則をあげている。

(53) その他の要素 (金型取付け、ガス抜き)

ガス溜りおよび成形部周辺にガス抜きをつける - PL 面全体につけた方がよい。

ガス抜きの断面を大きくする。

気体の流動抵抗を小さくする。

図 53.2 はアクリル薄レンズ用の金製のガス抜き機構の例でキャビティ即ちガス溜りにつながる深さ 0.03mm、長さ 1 ~ 2mm のベントが重要で、長さが 5mm 以上になると流動抵抗が大きく、ガスが有効に引け

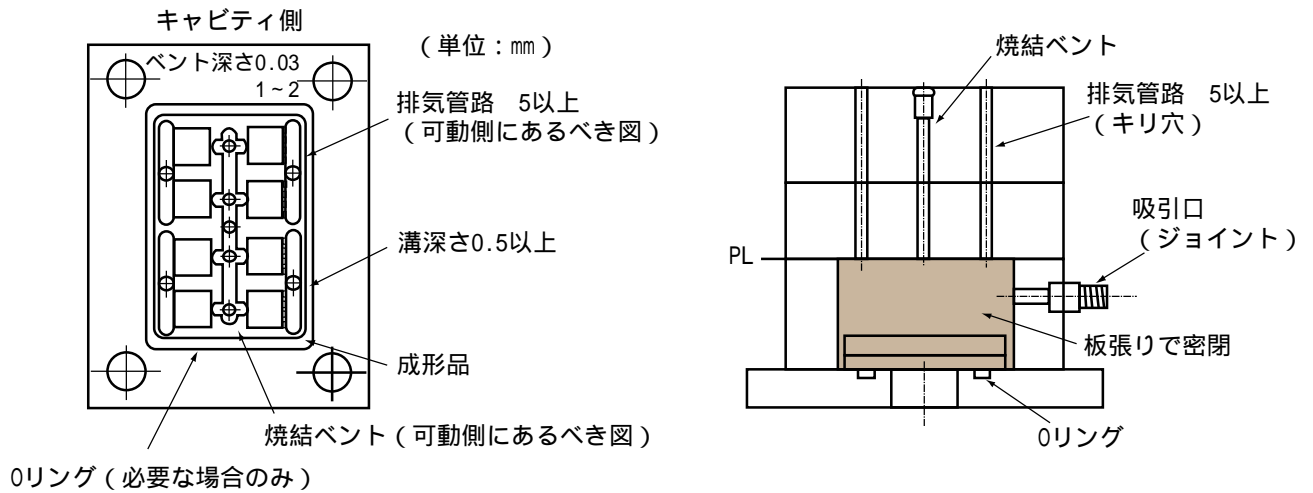


図53.2 基本的なガス抜き機構

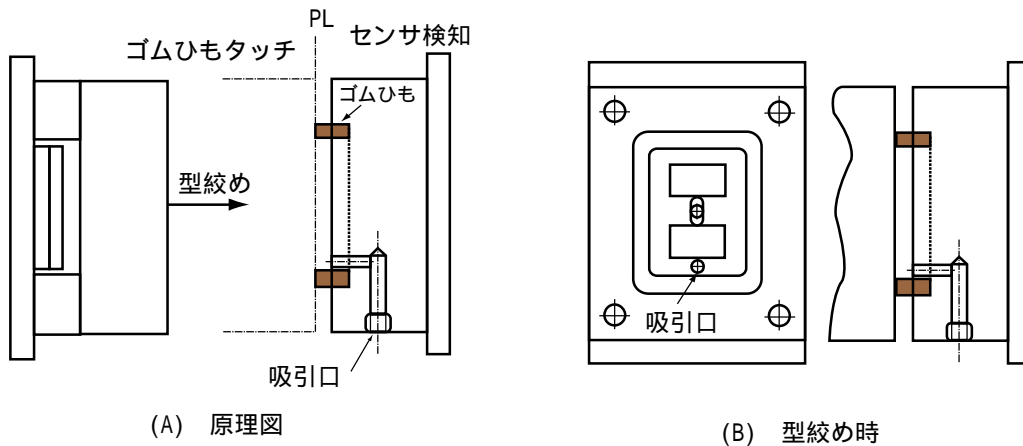


図53.3 サイドゲート、サブマリゲートの脱気 [2]

なくなる。ベントにつながる溝の深さは図のように 0.5mm 以上がよい。

次にサイドゲート、サブマリゲートの金型で、プラスチック成形材料が持込むガスを有効に脱気する手法を図 53.3[2](A) に示す。

PL 面から 5mm 位突出するように固定側にシリコンスポンジひもを埋没させる。そして、可動側型板がスポンジひもの上面に接触する瞬間をマイクロスイッチまたは直接スイッチで検知し、キャビティ周辺一体の空気を脱気し、型締め完了時までには真空にしてしまう。ただしこの方法はトンネルゲートには避けた

方がよい。成形品が落下時にスポンジひもに引っかかるおそれがあるためである。
またピンポイントゲートには「捨てランナ」を設けて、吸引すればよい。

4. 注意事項

- (1) プラスチック成形金型でいうモールドベースはプレス金型におけるダイセットである。吊上げ、型合せに対する配慮は全く同じである。隣接分野のノウハウの活用も心掛けたい。
- (2) プレス金型に比し、一般にプラスチック金型の方が、冷却水配管、ガス抜きなどに設計上の手間と金型製作部門の多くのノウハウが必要である。
- (3) この節に述べたような、やや細かい事柄を漏らさず実行するには、金型製作仕様書または仕上確認上のチェックシートを作っておく方がよい。§ 15で触れる。
- (4) 金型メンテナンス分解時にキャビティ表面の汚れやガス抜き部の汚れの著しい部分を清掃補修するのは勿論、後日のために記録整理してガス抜き設計の資料を作っておく方がよい。

出典

- [1] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工（第2版）P102 日刊工業新聞社(1995)
- [2] 今井 弘幸：プラスチック 48(12)P31-35(1997-12)

§ 8 抜き勾配

1. 勾配

傾斜している面の付きの度合を勾配という．普通は水平面を基準として

$$\frac{\text{斜面の垂直方向の高さの変化}}{\text{斜面の水平方向長さ}}$$

で表わす．

2. テーパー

円錐体を軸に平行な面に投影したときに、生じる2本の稜線が形成する傾きの度合をテーパーという．普通は軸線を基準にして

$$\frac{\text{軸線の端における2本の稜線の距離}}{\text{軸線の長さ}}$$

で表わす．

3. 勾配とテーパーの関係

円錐体を軸に平行な面に投影した時の軸と片側の稜線が形成する傾きの度合を勾配ということがあ
る．従ってつぎの関係がある．

$$\text{テーパー} = \text{勾配} \times 2$$

4. 抜き勾配

プラスチック成形においては慣例として図54.1に示す を抜き勾配という．左右対称のとき2 が
抜きテーパーとなる．角度で表すことが多い．

の角度によって成形品の型からの取出し（抜き）の容易さが変わるので抜き勾配、抜きテーパーと
いう．

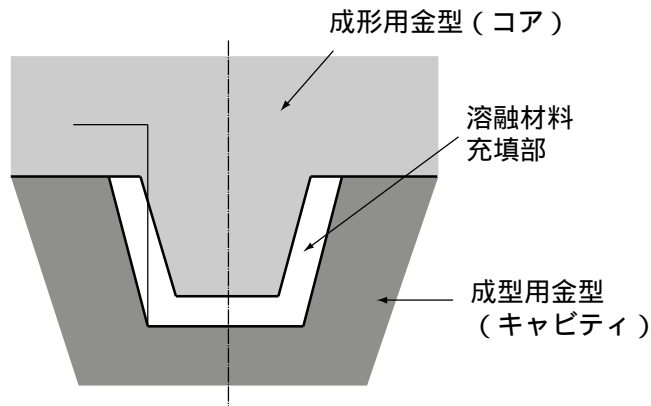


図54.1 抜き勾配

(54) 勾配、テーパー、抜き勾配

5. 注意事項

- (1) 勾配とテーパーと混同する例を若い人に見受けることがある。
- (2) 勾配は三角関数の正接 (tangent) に当る。
- (3) 図54.1においてキャビティ側の勾配 $\theta < 0$ のときがアンダカットにあたる。アンダカットについては後に述べる。なお図54.1において θ は中心線からはなれる方向をプラスにとる習慣がある。
- (4) 機械設計の分野では部品としての軸体などでも、勾配、テーパーは使われる。そして、この場合図54.2のように比の形で表わし、勾配は稜線に平行に、テーパーは中心線に記入する。勾配は半径減少の比、

$\frac{a-b}{2l}$ テーパーは直径減少の比 $\frac{a-b}{l}$ である。従って無名数である。

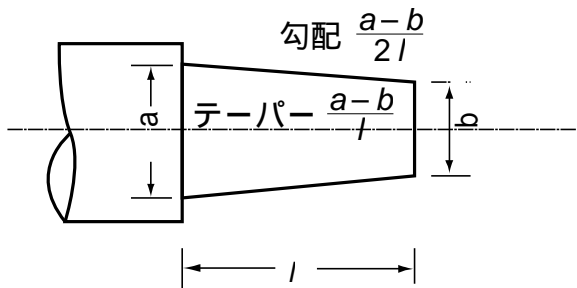


図54.2 勾配、テーパーの表示

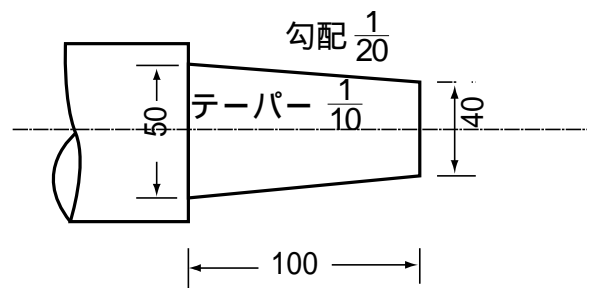


図54.3 勾配、テーパーの表示数値例

- (5) プラスチックの分野では上記とは異なった習慣が行われ、単位として° (度) を用いてもおかしくない。

§ 8 抜き勾配

1. 抜き勾配の値を決めるために考慮すべき要因

(1) 材料の特性

成形収縮率...大きい方が金型と成形体の間隔が大きくなり抜きやすい。

剛性...小さいと押し出すときに変形、破損を生じる。

潤滑性...悪いと押し出すときに成形品に加わる力が大きくなる。

(2) 成形品の形状、構造

成形品の肉厚...厚い方が剛性が大きくなる。

型開き方向の成形品の高さ...低い方がコアから外しやすい。

アンダーカット...アンダーカットがあると金型構造が複雑になる。

しば加工面...抜きの際に成形品が金型と摺動する面は抜き勾配を大きくする等の配慮が必要。

(3) 金型の構造

エジェクトの方法...ピンまたは駒（ブロック）によるか、空気減圧吸着によるか、落下時の姿勢に対する配慮など。

(4) 金型の製作

金型キャビティの仕上げ面あらかさ...あらずぎると引っかかり、平滑すぎると吸着されることがある。

(5) 成形条件

金型内溶融材料圧...大きすぎると金型面に貼り付くことがある。

2. 抜き勾配の決め方

(1) 上記要因の組み合わせごとに理想値を整理分類しておくことが望ましい。この中の類似のものから選択する。

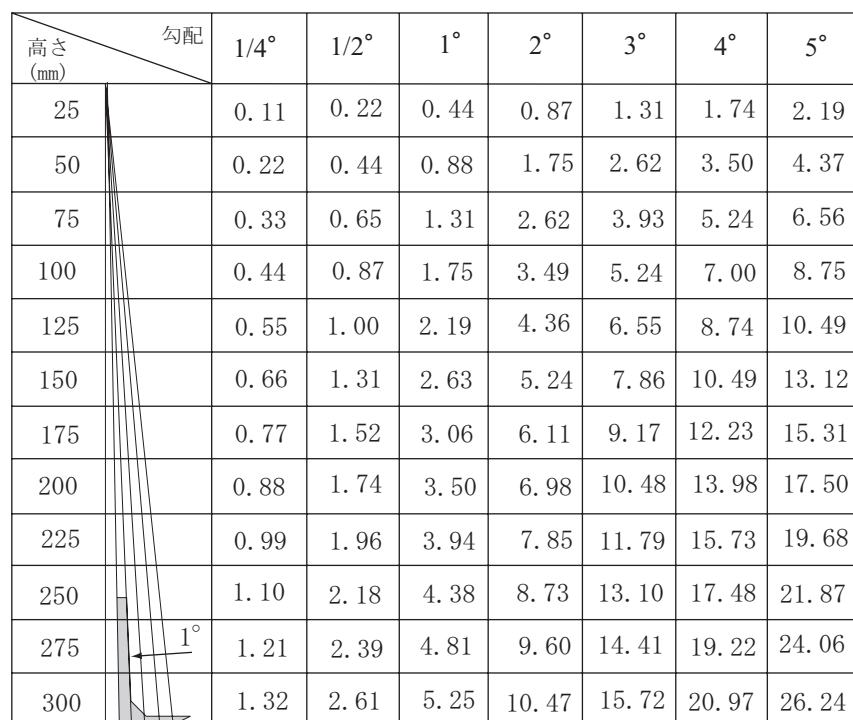
(2) 現実には過去の経験によっている。

(55) 抜き勾配を左右する要因

3. 注意事項

- (1) 成形材料、成形品の形状・構造、金型の構造・製作、成形条件等多くの要因によるから、多くの実例を集め、分類整理することが望まれる。多くの実例を集めるための職場の雰囲気づくりが重要である。
- (2) 抜き勾配がとれない場合は、金型構造をスライド方式か置中子方式にしなくてはならなくなるので、成形品の設計に立戻って検討した方がよい。
- (3) ガラス、炭素、アラミド、ボロンなどの繊維や各種ホイスカ、マイカ、タルク、グラファイトなど各種紛体を配合した材料を用いるときは抜き勾配を大きくとる。
加えて、エジェクト機構とエジェクト面積を大きく、また、エアエジェクト、ストリッププレート方式を用いる方がよい場合が多い。

4. 付記：抜き勾配と値と傾斜の様態を図55.1^[1]に示す。実際にどの値を選ぶかは次節を参照されたい。



高さ (mm)	勾配	1/4°	1/2°	1°	2°	3°	4°	5°
25		0.11	0.22	0.44	0.87	1.31	1.74	2.19
50		0.22	0.44	0.88	1.75	2.62	3.50	4.37
75		0.33	0.65	1.31	2.62	3.93	5.24	6.56
100		0.44	0.87	1.75	3.49	5.24	7.00	8.75
125		0.55	1.00	2.19	4.36	6.55	8.74	10.49
150		0.66	1.31	2.63	5.24	7.86	10.49	13.12
175		0.77	1.52	3.06	6.11	9.17	12.23	15.31
200		0.88	1.74	3.50	6.98	10.48	13.98	17.50
225		0.99	1.96	3.94	7.85	11.79	15.73	19.68
250		1.10	2.18	4.38	8.73	13.10	17.48	21.87
275	1°	1.21	2.39	4.81	9.60	14.41	19.22	24.06
300		1.32	2.61	5.25	10.47	15.72	20.97	26.24

図55.1 抜き勾配

出典

[1] 旭化成工業（株）：ザイロンハンドブック P317旭化成工業（株）（1985-4）

§ 8 抜き勾配

1. 抜き勾配選定の難しさ

抜き勾配は成形品の取出し（抜き）と、成形品精度確保、ひいては成形品の強さとのほごまにある金型性格づけの要因である。

2. 成形材料の抜き勾配

成形品の形状によって、抜き勾配は適切な値があるけれど一応の目安として、材料によって指定することが薦められている抜き勾配を表56.1に示す。

表56.1 材料による抜き勾配

材 料	抜き勾配許容量			出 典
	精密級	標準級	粗 級	
一般用ポリスチレン	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	旭化成技報No.1 “レオナの特長と応用” (1972-112)
耐衝撃性ポリスチレン	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	
高密度ポリエチレン	$\frac{1}{2}^{\circ}$	$\frac{3}{4}^{\circ}$	$1\frac{1}{2}^{\circ}$	SPI Plastics Engineering Handbook より抜粋
低密度ポリエチレン	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	2°	
AS樹脂	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	瀬戸正二監修 射出成形（第2版） P123 プラスチックス エージ社(1977)
メタクリル樹脂	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	
アセチルセルロース	$\frac{1}{8}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	
ナイロン6, 6-6	$\frac{1}{8}^{\circ}$	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	
軟質PVC	$\frac{1}{4}^{\circ}$	$\frac{1}{2}^{\circ}$	1°	

3. 一般的な抜き勾配の目安

原則的には $1\sim 2^{\circ}$ 、抜き勾配のとりにくい所でも 0.5° 以上、浅い成形品で 0.25° 以上。

(56) 抜き勾配の標準値

注意点

- 成形品の材質、形状他種々な要因で標準値に付して種々の修正が必要な場合が多い。特に高精度成形品では抜き勾配も寸法公差（寸法許容値）の中におさめなければならない。
- 金型特にキャビティ製作上、成形品の寸法公差内でどの位の抜き勾配がとれるかを予め計算をして、技能的に可能か、寸法を護り合って抜き公差を生み出せないか。こういう図面検討が着工前に必要である。
- 成形品にひけ、ポイドが生じない範囲で、抜き勾配が大きくなるように部分的に多少の肉厚の加減をすると成功することもある。
- 複合材料に付する抜き勾配の考え方は前節に述べたが、新材料開発または採用時に成形収縮率とあわせて検討することが望ましい。
- 抜き勾配の小さい（例えば 1° 以下）成形品では過充填を避けることが必要である。
- しば加工面の抜勾配およびしば深さの比の目安は $1^{\circ}/10\mu\text{m}$ である。

§ 8 抜き勾配

1. 抜き勾配面の仕上げの考え方

成形品がキャビティ・コアに付着して、成形品取出しが不可能になったり、突出しによって成形品が変形、破損しないように、抜き勾配の仕上げ、面あらさは適切に指定し、それを実現しなければならない。

2. 仕上げ面あらさの指定

諸条件に上って変わるけれども、 $0.3\sim 0.5\mu\text{mRa}$ 程度であることが望ましいと思われる。

3. 抜き勾配面の仕上げの方法

キャビティの抜き勾配面にあたる部分は多くは成形品の外観を形成する部分であるから、成形品に高級感を与えるために、よい光沢面か、整った模様面にすることが多い。

従って抜きの目的以外にも、キャビティの表面あらさはすぐれた値にする必要があり、最終工程では#1200乃至はこれ以上に細かいペーストダイヤモンドを竹、桐、朴などに付着させて磨きあげる。

(57) 抜き勾配面の仕上げ

4. 注意事項

- (1) 成形収縮が大きな成形材料でも成形品が金型から離脱剥離されることが必要である。成形品外観とのかね合いもあるけれど、 $0.3\sim 0.5\mu\text{mRa}$ 程度がよいと思われる。
- (2) キャビティの抜き勾配 1° コアの抜き勾配なしでPPを成形した実験^[1]によるとコアの表面あらさが $0.2\mu\text{mRa}$ よりもっと滑らかになると離型抵抗が増すことが明らかにされている。
- (3) 上の実験結果は磨きすぎると離型しにくくなるという現場の言い伝えを一部実証したものである。外観との関連があるが、抜き勾配を大きくとれない、場合のキャビティの面あらさとの関係が求められることが期待される。
- (4) 磨きの際には均一な反射度になるように注意することが成形品の外観品質上大切である。
- (5) 切削または研削加工が最終仕上げ工程となる時は、刃具の送り方向、切込み場所などを検討して、加工痕方向が成形品離型方向と一致するようにした方がよい。

出典

[1] 豊嶋 歩、佐々木 哲夫他 型技術 13(8)P126-127(1998-7)

§ 8 抜き勾配

前に述べたように成形品の形状はアンダーカットが生じないように設計することが望ましい。しかし、どうしても不可能な場合もある。

成形品の組立てに必要な穴の位置精度が必要な場合には、金型の製作の際に寸法精度が出易いように、成形品の穴となるアンダーカットの角度をパーティングと平行にした方がよい。

これに伴って、座となる平面部を形成するキャビティの平面部は座となっていない面の抜き勾配と当然変ることになる。その例を図58.1に示す。

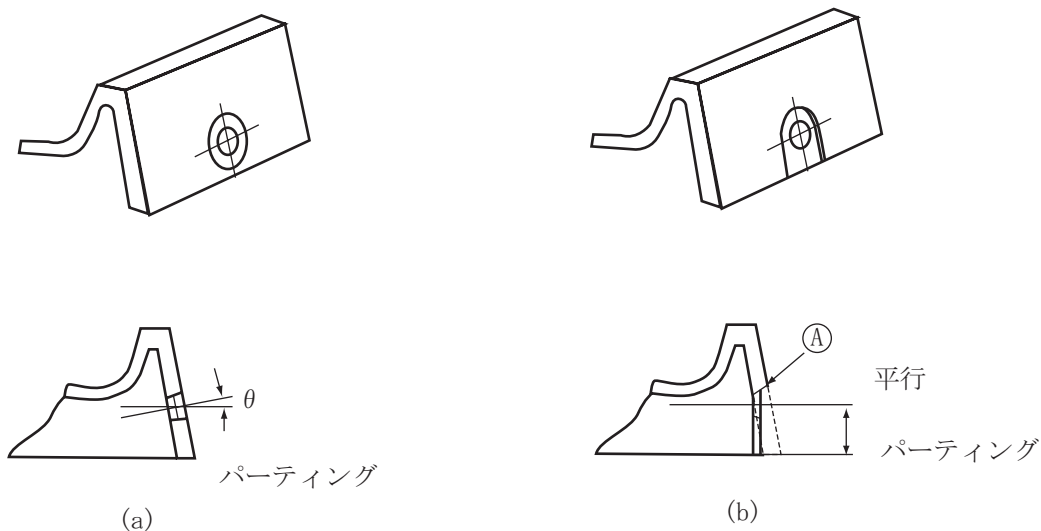


図58.1 アンダーカットの設計例^[1]

(58) 抜き勾配とアンダーカット

注意事項

- (1) 図58.1 (b) における (A) 部に大きなアンダーカットがつかないように滑らかに立ち上げるように設計することが必要である。
- (2) どうしても抜き勾配がとれないアンダーカット部は無理抜きをする。この際ストリッパプレートで無理抜きする。籠の成形などに用いる。ただし、籠の各々の棧の断面に抜き勾配をつける。

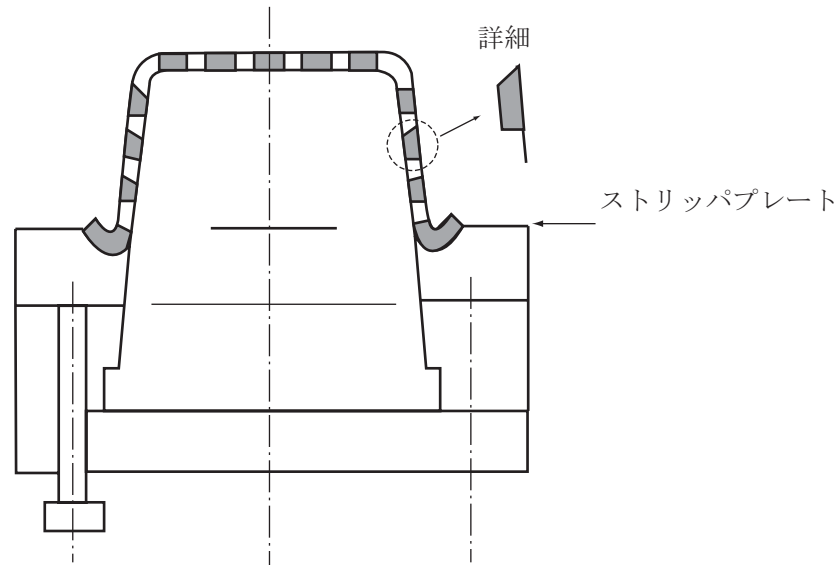


図58.2 アンダーカット部を無理抜きする籠形成形品 [3][4]

出典

- [1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P89 プラスチックスエージ社(1977)
- [2] 岩波：プラスチック・エージ 16(6)P111 プラスチックスエージ社(1970-6)
- [3] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P113 プラスチックスエージ社(1977)
- [4] 廣恵 章利・本吉 正信：プラスチック成形加工入門（第2版）P128 日刊工業新聞社(1995)

§ 8 抜き勾配

1. 縦リブの場合

図59.1の(a), (b)どちらの場合も一般に、抜き勾配 = $\frac{1}{500} \sim \frac{1}{200}$

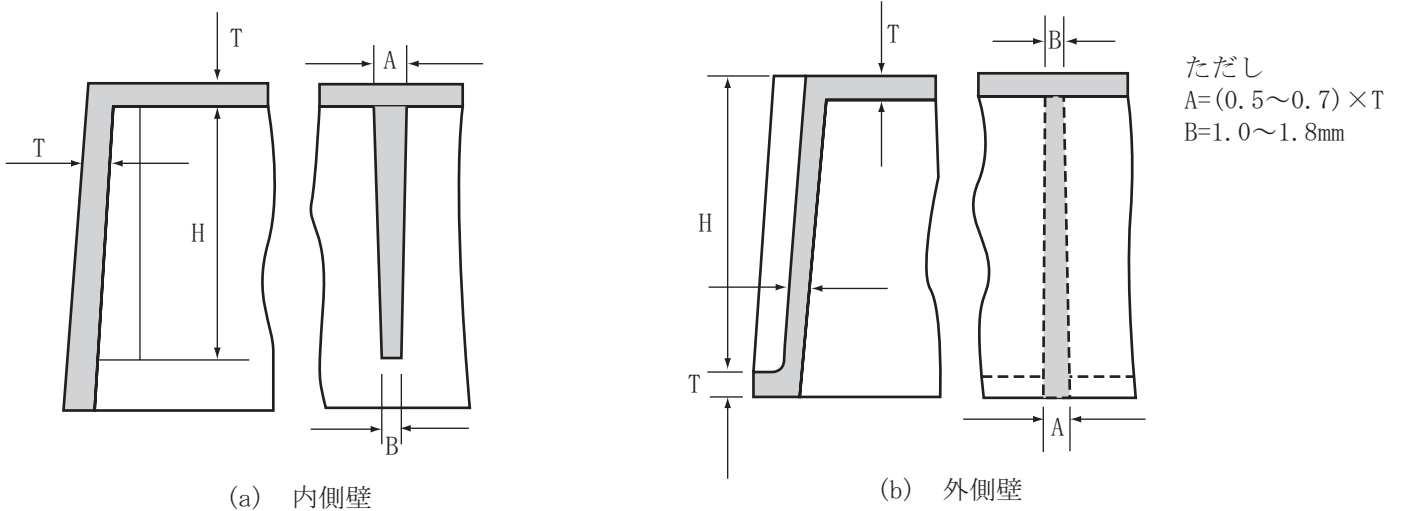


図59.1 縦リブ

2. 底リブの場合

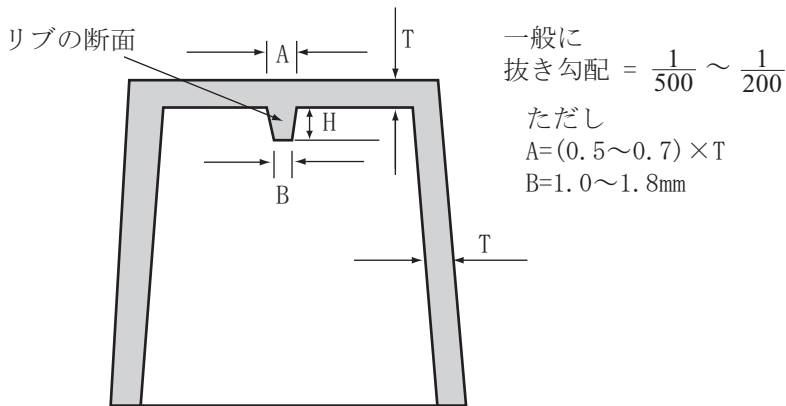


図59.2 底リブ

セルフタッピンネジ用の丸穴の推奨値を下表に示す

表59.1 セルフタッピンネジ用丸穴

T	2.5~3.0		3.5
D	7	7	8
D'	6	6.5	7
t	$\frac{T}{2}$ または1.0~1.5とする		
d	2.6		
d'	2.3		

3. ボス

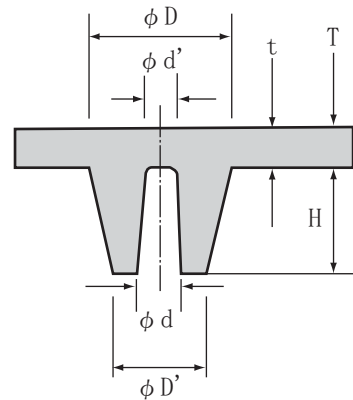


図59.3 ボスとセルフタッピンネジ用丸穴

$H \leq 30 \text{ mm}$ が望ましい
 $H > 30 \text{ mm}$ で強さが必要なときは

固定側抜き勾配 = $\frac{1}{50} \sim \frac{1}{30}$

可動側抜き勾配 = $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{50}$

(59) リブの抜き勾配

注意事項

- (1) リブの曲り（直線性）に注意して、離型後の取扱い、成形時の金型冷却の適正化を保つことが重要である。
- (2) 多数本のリブが平行して走る場合、リブ間の側壁のへこみ（平面度）およびリブの背面のひげが難しい。各部分が均一に冷却するよう金型冷却の設計に意を用いる必要がある。
- (3) 多数本のリブがある成形品ではプラスチック材料の熔融時の流動性によってリアの生成に良否ができる。材料の選択、材料保管、成形条件の設計に十分な配慮が必要である。
こういう成形品では成形品設計者、金型設計者は成形加工部署の意見を十分に聞き、材料メーカ、成形機メーカの持っているノウハウも十分に受け入れて成形品を取りまとめる姿勢が大切である。

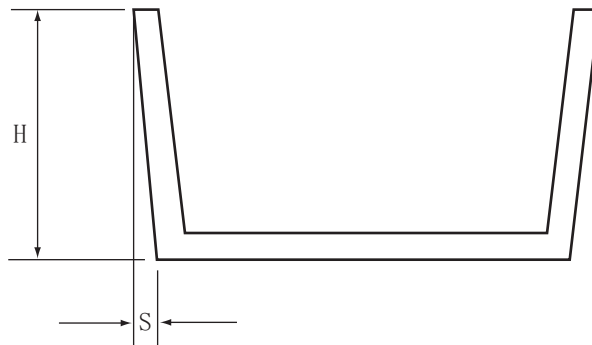
出典

里見 英一：プラスチック成形品の設計（第2版）P213 日刊工業新聞社(1986)

§8 抜き勾配

1. 筐体の抜き勾配

筐体の抜き勾配の常用値は下表に示すとおりである。



Hが50mmまでのとき	$\frac{S}{H} = \frac{1}{30} \sim \frac{1}{35}$
Hが100mm以上の時	$\frac{S}{H} = \frac{1}{60}$ 以下
浅いレザー模様があるとき	$\frac{S}{H} = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$

図60.1 箱または蓋類の抜き勾配 [1][2]

2. 深い筐体の場合

上図に於いて、Hが100mmより大きいとき、 $\frac{S}{H}$ は $\frac{1}{40}$ 程度まで大きくした方が良いという見解もある
Hが50～100mmのときは $\frac{S}{H} = \frac{1}{35} \sim \frac{1}{45}$ 程度がよいと考えられる。

(60) 筐体の抜き勾配

3. 注意事項

- (1) しぼ加工面の凹凸がある時は20～50倍の拡大図を書いて、しぼの山部にひっかからないで、型抜きできるような抜き勾配を選ぶこと。
- (2) キャビティ、コアとも、容器状成形品の底部外かどおよび、底部内かどがなめらかな丸味をもつように仕上げることで離型性を悪くしない要因となる。

出典

[1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計 P213 日刊工業新聞社(1986)

[2] 廣恵 章利・本吉 正信：プラスチック成形加工入門 P299 日刊工業新聞社(1995)

§9 エジェクタピン

1. 成形品の突出し

普通の金型構造では冷却工程の次の金型開き工程の前に、成形品をコア側（可動側）に残す。特別の場合にキャビティ側（固定側）に残す。

成形品の成形収縮やリブやボスなどの構造物でコアに付着させ、金型開き工程でコアから突出するのが一般である。

2. 突出し力・突出し速度

成形品をコア（またはキャビティ）から引離すのに必要な力を突出し力という。実際金型ではランナを金型から解離するための力が必要な場合もある。

直圧式成形機の場合には突出し力は開放力に等しく、突出しストローク速度は一定である。またトグル式成形機ではストローク中に動作位置に応じてストローク速度が変りそれに伴って突出し力が変った^[1]。しかし、近年、突出し速度の調節が自由にできるようになっている。

3. 成型品の突出し方法

表 61.1 に示すように種々の方法があり、エジェクタピンによるのはその一つの方法である。

4. 突出し方法が不適切なとき

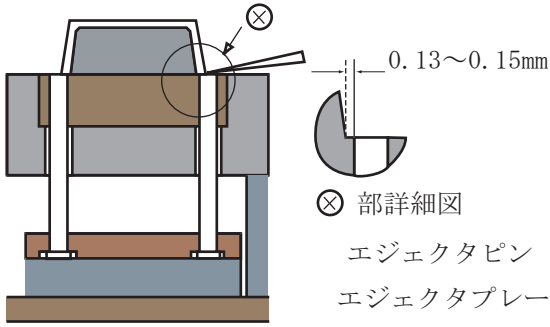
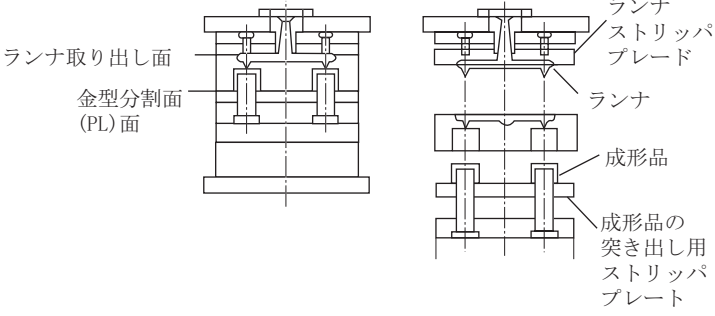
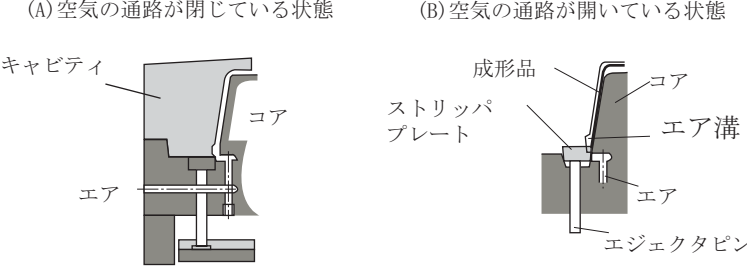
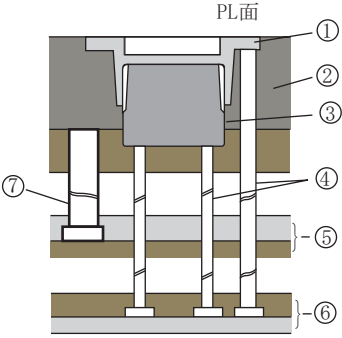
(1) 離型中に成形品の内部に局部的に高い応力が発生し、割れや白化が生じることがある。

(2) エジェクタ機構と冷却管が金型部材内外で干渉すると金型の機能が果されにくくなる

^[2]ので金型設計時から注意を要する。

(61) 突出し力とエジェクタピン

表61.1 突き出しの方法

名称	構造 [3]	駆動源
エジェクタピン	 <p>0.13~0.15mm</p> <p>⊗ 部詳細図</p> <p>エジェクタピン エジェクタプレート</p>	<ul style="list-style-type: none"> 金型開き行程の終わりに成形機に付属した油圧式押出装置によって作動プレートを前進させて押し出す。金型閉じ工程で、エジェクタプレートの4隅のリターンピンで、エジェクタプレートが押し下げられ、エジェクタピンが引っ込む。
ストリッププレート	 <p>ランナ取り出し面 金型分割面 (PL) 面</p> <p>ランナ ストリップ プレード ランナ 成形品 成形品の突き出し用ストリッププレート</p>	<ul style="list-style-type: none"> エジェクタピンを介さずにストリッププレートが直接成形品を周囲から引きはがして突き出す。 コアとの合わせが重要。クリアランスは0.02mm程度 かじり防止にはコアよりは軟らかく58HRC程度がよい。
空気突き出し	 <p>(A) 空気の通路が閉じている状態 (B) 空気の通路が開いている状態</p> <p>キャビティ コア エア</p> <p>成形品 コア ストリッププレート エア溝 エア エジェクタピン</p>	<ul style="list-style-type: none"> エジェクタピンの他にコア側から圧縮空気を吹き込む。
2段突き出し	 <p>PL面</p> <p>① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第1段で、エジェクタプレートにつながるピンで成形品の内側をコアから外す。第2段でエジェクタプレートでキャビティから外す。

出典

[1] 瀬戸 正二監修：射出成形（第8版）P238 プラスチックスエージ社(1977)

[2] 蘇 亦苾他：型技術13(8)P88-89(1998.7)

[3] 廣恵 章利・本吉 正信：プラスチック成形加工入門P99, 121. 122. 123 日刊工業新聞社(1995)

§9 エジェクタピン

1. エジェクタピンの本数

エジェクタピンの本数は成形品離型突出しに必要な力を成形品と型との付着面に均等に伝えられる最小限の本数に抑えることが望ましい。

エジェクタピン本数は、成形品の形状だけでは単純にはきめられない。成形品付着面に対する離型力は単に付着面積だけでなく、その面の表面あらさおよび金型内圧力成形材料の収縮率によっても変る。

また、エジェクタピンの本数は後で述べるエジェクタピンの配置と同様に、これを確定するための方法は公にはされていない。現状では、金型設計者、いやむしろ金型製作者のノウハウに依存している。今後の研究が待たれるところである。

2. 離型抵抗力

最近の研究^{[1][2]}によればコア表面粗さがある限界値を超えて小さくなると却って離型抵抗力が大きくなるといわれている。

金型を開く工程で成形品が固定側に引っ張られないように、スプルーブッシュに 2° 、キャビティに 1° 、コアに 0° の抜き勾配をつけ、キャビティ表面あらさは約 $0.08\ \mu\text{mRa}$ で、コアの方は次に示す5種に交換使用して成形実験した結果が発表されている。

粗ドレッシングした#80 砥石を円筒研削盤に用いプランジカットで押し付けて研削した表面あらさ $0.689\ \mu\text{mRa}$ のコア

#80 砥石により通常の円筒研削した表面あらさ $0.212\ \mu\text{mRa}$ のコア

上記研削後#800 サンドペーパーで磨いた表面あらさ $0.092\ \mu\text{mRa}$ のコア

上記研削、サンドペーパー磨き後ダイヤモンドコンパウンドで磨いた表面あらさ $0.026\ \mu\text{mRa}$ のコア

と同様にして仕上げた表面あらさ $0.016\ \mu\text{mRa}$ のコア

なおコアの材質はいずれもSKD11、焼き入れ硬さHRC60である。

その成形結果は右頁の図の通りである。なおその成形条件も併せて右頁に示す。

これによるとPPによる離型抵抗力は $0.2\ \mu\text{mRa}$ 付近の表面あらさのコアを使用するのが最もよいと考えられる。

(62) エジェクタピンの本数

3. 注意事項

できるならエジェクタピンの数は多く、ピン径を大きくした方が、成形品精度を確保するためには具合がよい。

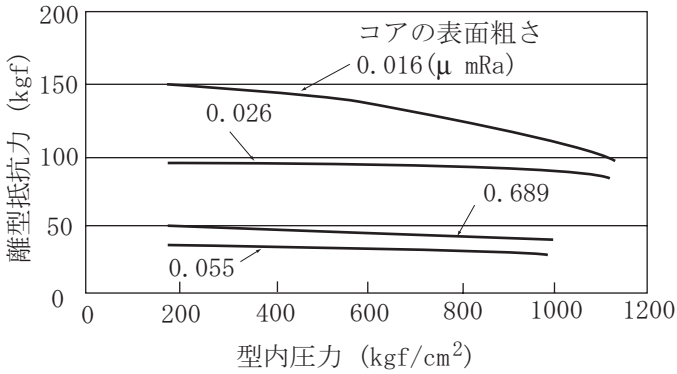


図62.1 離型抵抗力と型内圧力の関係

表62.1 コアの表面粗さ

コア	Ra (μm)		
	Ra	Ry	Rz
1	0.016	0.143	0.046
2	0.026	0.245	0.049
3	0.055	0.515	1.043
4	0.689	6.090	5.327

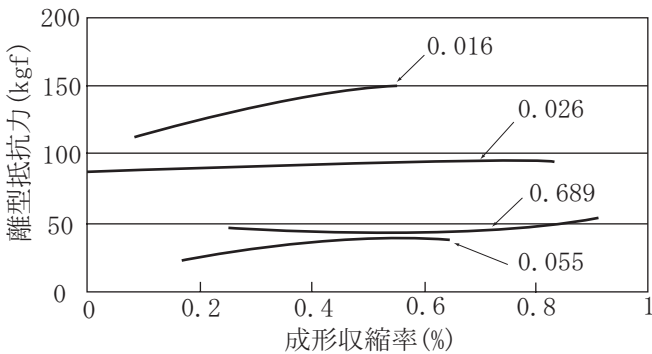


図62.2 離型抵抗力と成形収縮率の関係

表62.2 実験諸元

成形材	PP, MF47C (株) トクヤマ
射出成形機	50t (株) 日本製鋼所
射出速度	15 (cm ³ /sec)
射出圧力	204~1,632 (kgf/cm ²)
冷却時間	4 (sec)
保圧時間	8 (sec)
シリンダ温度	215 (°C)
型絞力	10 (トン)
離型速度	12 (mm/s)
外気	23 (°C) / 24~30 (%)
測定器	水晶圧電式フォースリンク 水晶圧力変換器 (株) 日本KISTLER

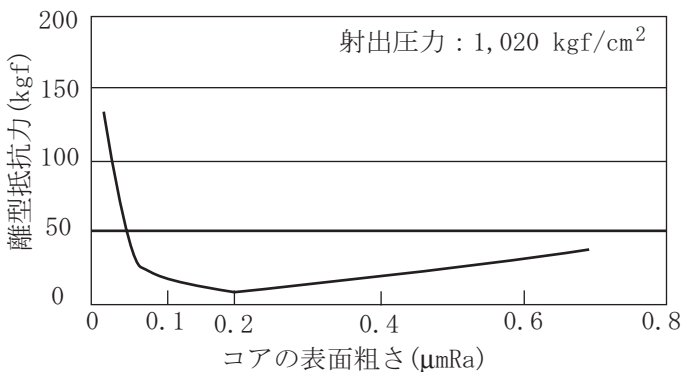


図62.3 離型抵抗力とコアの表面粗さの関係

出典

- [1] 豊嶋 歩他：型技術13(8)P126-127(1998.7)
[2] 日本工業大学 佐々木 哲夫教授 私信

§9 エジェクタピン

1. エジェクタピンの位置

- (1) 金型内にある成形品を側面から見たとき、比較的抜き勾配が大きく且つ低い形状の場合には成形品の周縁部を突出するのがよい。しかし、抜き勾配が小さく、且つ深い形状の成形品の場合には天井部はたは天井部ならびに周縁部を突出するのがよい。
- (2) 成形品の側面形状が複雑なとき、冷却管との干渉のためにエジェクタピンの本数を多くできない場合には突出し過程の成形品の弾性変形によるコアへの喰いつき、キャビティ内でのかじりなどに注意する必要がある。
- (3) 成形品の平面図、すなわち、金型のパーテング面に投影した形状を見た場合についてはつぎの注意が必要である。すなわちゲート周辺だと突出し効果が良い場合が多いが、成形品の品質確保のため残留応力について十分考慮して欲しい。

ラフに言えば、側面形状が突出し方向に平行に近い部分の天井面となる所にエジェクタピンを設けると効果的である。

これらについて成形品の金型内変形の CAE による解析は有効な手段で、実用化されていると思うがまだ公表されたものを見ない。
- (4) 成形品の品費上、表 61.1 のエジェクタピンの×部詳細図に示すようにエジェクタピンが僅かでも確実にコアから離れていることが必要である。
- (5) プラスチック材料が結晶性（例えば PP）で大物成形品の場合、丸ピンでは丸ピンの当たる裏側まで白化してしまう。こういう場合には押上げアロックを用いる。^[2]
- (6) 斜面にエジェクタピンをつけてはならない。成形品の収縮のためエジェクタピンと接触する成形品の位置がずれるためピンの裏側に白化が生じる。特に薄い時には著しい^[2]。

(63) エジェクタピンの位置およびブロック

- (7) リアの下にエジェクタピンをつけてもリブが撓むかりブのつけ根が白化するので不都合である。別の所にエジェタブロックを設けることを考える。特に長物の場合には留意を要する^[2]。
- (8) 箱形のような場合には箱の外側または内側に捨ボスまたは押出し受け部を設けて、そこを押出す。この際本体部のひけには注意を要する^[2]。
- (9) 角カップ状の箱のような場合、縁辺下端を押すことは無意味なことがある。底部に相当する部分を押すのがよい。成形品が収縮して縁辺部がエジェタブロックから離れてしまうためである^[2]。

2. CAEによる自動配置

エジェクタピンの本数の決定と同じように、エジェクタピンの配置は金型設計者または金型製作者のノウハウによりきめられることが多い。ノウハウは過去の経験の蓄積で、経験が物を言う分野であった。

しかし、最近、離型基準、配置基準を定め、外力のなす仕事に対する評価基準を定義して、エジェクタピンの自動配置をする研究も^[1]見られるようになった。今後に期待したい課題である。

3. 注意事項

ゲートとエジェクターについては極精密成形品、大物成形品用の金型メーカーにかなりのノウハウが蓄積されている。企業秘密とされるものも少なくないが、社内では是非資料の体系化をして、確実に効率的に伝承することを願いたい。

出典

[1] 蘇 亦芯他：型技術 13(8)P88-89(1998.7)

[2] 立松モールド工業(株)：社内資料による

§9 エジェクタピン

1. 保守が少なくてすむエジェクタピン

円形断面、焼入れ研削仕上げのエジェクタピンがよい。材質はSKH51、硬さは58~60HRCがよい。必要がなければ焼入れはしない。

ピン穴も丸穴となるので精度よく仕上がる。円形断面ピンだと互換性が良く、破損時の交換が容易。必要に応じ首をつける。

2. 好ましくないエジェクタピン

径が細過ぎると成形品突出し時の加圧面が小さくなり、ピンが成形品にめり込んだり突き抜れたりする。

成形品の大きさによって径は当然変わるけれど外寸が拳(こぶし)大以上の成形品では4~6以上を用い3以下は避けた方がよいと思う。

3. エジェクタピン取付け穴

図64.1に示すようにエジェクタピンの頭がエジェクタプレートより出張らないようにエジェクタピンの首の長さ、エジェクタプレートの座の深さに公差指定をする。

この公差を無記号公差とするよう社内規格を作るのも一案である。この際大手部品メーカーのレイ・メード部品の公差に合わせておくと都合がよいことが多い。しかし、自社の事情を十分考え

てきめることが大切である。

4. エジェクタピン用スペーサリング

図 64.2 の通りエジェクタピンの首より厚いスペーサリングを利用する。厚さの公差や通し穴の公差も例図の程度でよいと思う。

(64) エジェクタピンのメンテナンス

5. 注意事項

- (1) 保守、修理がいらぬ金型設計をする。設計が不十分なら金型製作部署で補う。こういう設計は困ると教えてあげることが大切。
- (2) エジェクタピンの取付け穴は穴付ボルトの通し穴の座のようにきちんと精度よく仕上げる。また、エジェクタピン周辺、首の周辺も穴付ボルトの場合と同じように遊びを設ける。
- (3) エジェクタピンのはめあいはH7/g6程度がよいとされている。
- (4) エジェクタピンに対し、ピン穴に摺動案内内部を設けるとすれば、その長さはピン径の1.5～2倍あれば足りる。

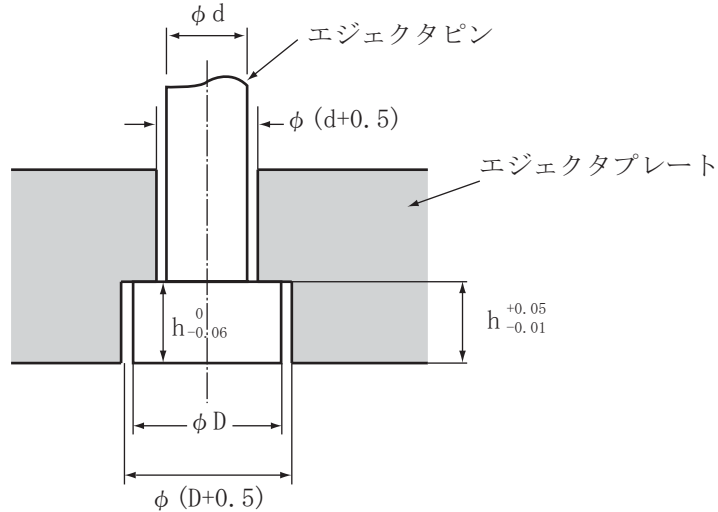


図64.1 エジェクタピンとその取付穴 [1]

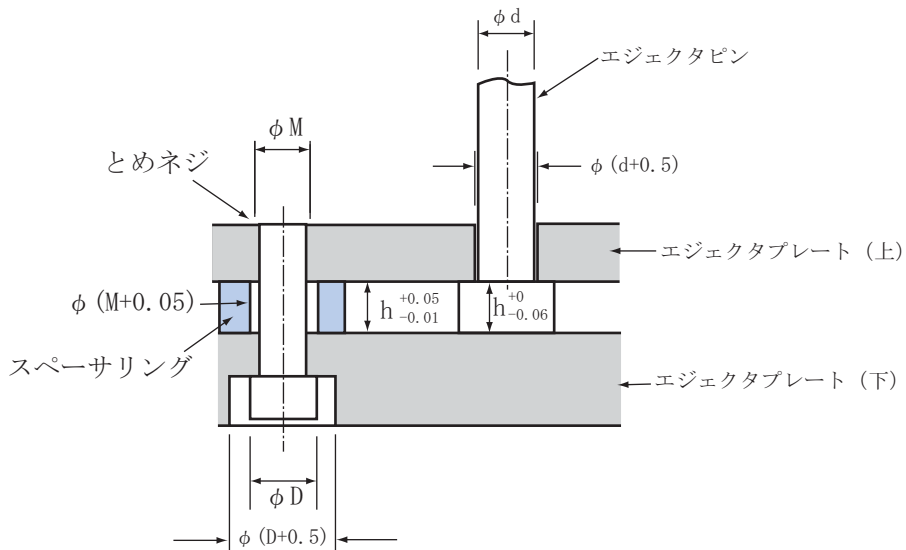


図64.2 エジェクタピンとスペーサリング [1]

出典

[1] 小松 道男：プラスチック射出成形金型設計マニュアル P60 日刊工業新聞社(1996)

§ 10 金型の強さ

1. 金型の強さ

強さというと破壊、破損をイメージし易いが、所定品質の成形品が得られる個数を以て、金型の強さというのが正しい。従って破壊、破損しなくても加工精度不足、形状設計不良によって金型部材の相互位置の狂いが生じ易い金型は弱い金型である。

2. 金型の変形の原因

(1) 金型の変形、破損は金型製作当初より起る初等材料力学的強さの不足によるものと、高温加熱下における繰返し応力による熱疲労によるものがある。また成形品の噛込みも馬鹿にならない。

(2) また先に述べた金型部材の相互位置の狂いもある。

(3) 金型形状は必ずしも単純な形状ではないので、簡単に定量的に予測できる事例は少ない。代表的な事例を次に示す。

3. 金型の変形事例

コアピン、駒の曲り、たおれ、コア入れ子のはずれ、浮上りなどがある。

(1) コアピンの曲り 最大たわみ $\delta = \frac{Wl^3}{8EI}$ (一様分布荷重片持はり)

$$= \frac{8Wl^3}{\pi Ed^4} \quad (\text{円形断面の時})$$

(2) 円筒形キャビティの側壁

$$\text{円筒形キャビティの場合：側壁の接線方向応力} \quad \sigma_t = \frac{2r^2}{R^2 - r^2} p \quad [1]$$

(3) 可動側型板のたわみ・変形

$$\text{可動側型板の場合} \quad \text{：最大たわみ} \quad \delta = \frac{5bL^4}{32EBh^3} p$$

(4) 固定側型板のたわみ・変形 (成形機プラテン中央ノズル用穴に基づく)

$$\text{固定側型板の場合} \quad \text{：最大たわみ} \quad \delta \approx \frac{3\pi R^2 (m-1)(5m+1)R^2}{16\pi Em^2 h^3} p$$

(5) 長方形キャビティの側壁のおれ (底面分割の場合)

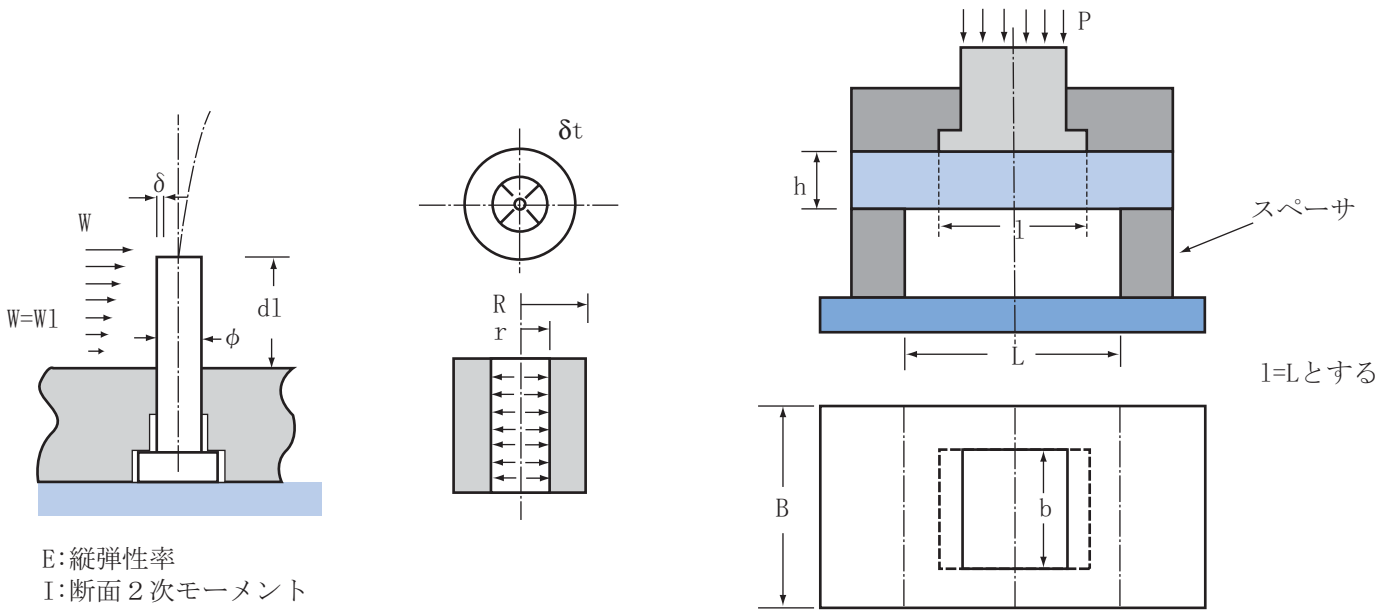
$$\text{最大たわみ } \delta = \frac{al^4}{32Ebh^3} p \quad [2]$$

(6) 長方形キャビティの側壁のおれ (底面一体の場合)

$$\text{最大たわみ } \delta = \frac{ca^4}{Eh^2} p \quad [2]$$

(7) ガイドポスト間隔の狂い (説明略)

(65) 金型の変形

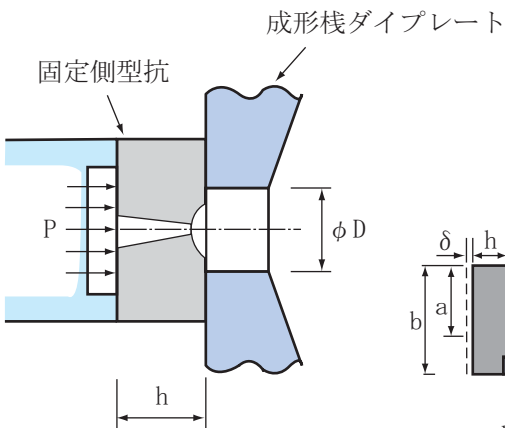


E: 縦弾性率
I: 断面 2 次モーメント

(1) コアピンの曲がり

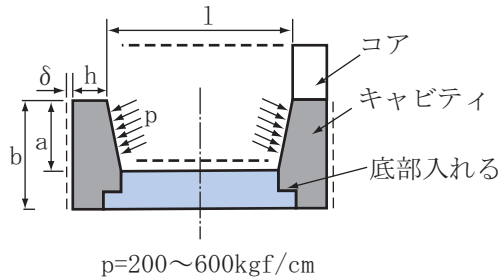
(2) 円筒キャビティの側壁

(3) 可動側型板の場合

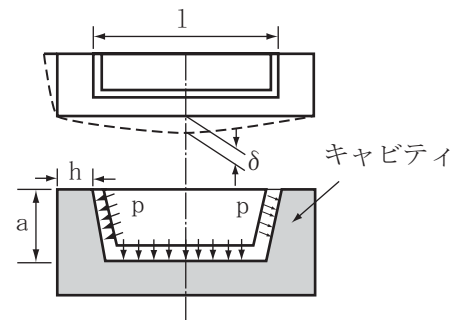


m: ポアッリン数

(4) 固定側型板の場合



(5) 長方形キャビティ側壁
のたわみ (底面分割)



C=l/a による定款 (省略)

(6) 長方形キャビティ側壁
のたわみ (底面一体)

4. 注意事項

- (1) 材料力学的に変形を予防するには、破壊を意味する金型材料の引張強さ、剪断強さで評価してはいけない。成形品の必要精度から求められる金型の許容変形量で検討しなければならない。
- (2) この際、金型の部材間の隙間や異物混入による相互位置の狂いなどを考慮に入れる必要がある。テキストには明示されないこういう現実的な知識も大切なノウハウである。
- (3) 現場においては経験からどんな形状の部材、構造構成の場合に壊れ易いか、寿命が短いかなど、判断できるような知識の蓄積と、着工前にこの種の難点を金型設計部署に指摘するだけのノウハウを技能として身につけておく必要がある。

出典

[1] 中原 一郎：材料力学 (下) P84 裳華書房 (昭和41) より導出

[2] 小松 道男：プラスチック射出成形金型設計マニュアル P130.131 日刊工業新聞社 (1996) より誘導

§ 10 金型の強さ

1. 金型の変形抑制

何事によらず、予防対策は地味である。故障が誰にでも予想される場合には予防対策について異論は出ない。しかし、まさかと考えられている心配事には費用が投じにくい。金型の変形抑制にはそうした側面もあるので、金型製作者はこのことも十分承知して、事にあたる必要がある。

2. 前章の変形事例に対する予防策

(1) 円形断面コアピン曲りに対しては： $d > \sqrt{\frac{8Wl^3}{\pi E \delta_{a/w}}}$ のような太さにする

可能なら上下喰切り構造（図 65.1）にする。

(2) 円筒形キャビティの側外壁は： $R > \sqrt{1 + \frac{2}{\delta_{a/w}} p}$ にする。

または硬鋼（表 66.2）を用い必要なら焼入れをして a/w を大きくする。

(3) 可動側型板のたわみに対しては： $h > \sqrt[3]{\frac{5bL^4}{32EB\delta_{a/w}}} p$ にする

この場合流動性のよい材料に対しては $\delta_{a/w}$ 0.025mm、一般材料に対しては $\delta_{a/w}$ 0.05mm といわれている^[3]。

また E の大きな金型材料を選ぶ（表 66.3）。

L/B = 1 の場合を例示するが、表 66.1 のように 2 辺支持は不可で、できるだけ 4 辺固定にするのがよい。

表66.1 保持法とたわみ量の関係(L/B=1のとき)

	2辺支持	4辺支持	4辺固定
たわみ比	1	0.278	0.086

(4) 固定側型板のたわみに対しては： $h > \sqrt[3]{\frac{3W(m-1)(5m+1)R^2}{16\pi Em^2 \delta_{a/w}}}$ にする。

または成形機発注時に D を小さく、ダイプレートを厚く指定する。

(5) 底面分割長方形キャビティは極力さける。止むを得なければ E, h を大きくする。

(6) 底面一体長方形キャビティでは E, h を大きくする。

(7) キャビティ・コアの噛み合いの防止には次の方法をとる。

(i) パーテング面のインロー

(ii) テーパーロックの採用

(iii) テーパーロック付きガイドの採用

(8) コアピンの設計上の配慮（図 66.2）

(66) 金型の変形抑制

注意事項

- (1) 通常の射出成形の場合、射出充填に要する成形圧力は $500\sim 700\text{kgf/cm}^2$ と考えておく必要がある。一般にプランジャ式射出成形機の方が、インラインスクリー式射出成型機より加熱シリンダー内部の圧力損失が大きいので、熔融材料に加わる力は $30\sim 50\%$ に減ってしまうから、射出圧力は 1400kgf/cm^2 が普通である。インラインスクリー式射出成形機では圧力損失が少ないので、射出圧力は 1000kgf/cm^2 でよい。しかし、いずれにしても射出圧力であって、金型内の熔融材料に加わる成形圧力は上記のように減っていることに注意する必要がある。
- (2) 射出成形機の圧力計の読みは成形機内のシリンダーの油圧であって、シリンダー直径または受圧面の大きさを考えないと上記の射出圧力にはならないことも注意しておきたい。
- (3) 最近では中空成形法が広く用いられるようになってきている。この方法によると金型に加わるガス圧力は 300kgf/cm^2 以下^[1]ともいわれている。金型強度上、通常の射出成形より遙かに圧力が軽減されることになる。

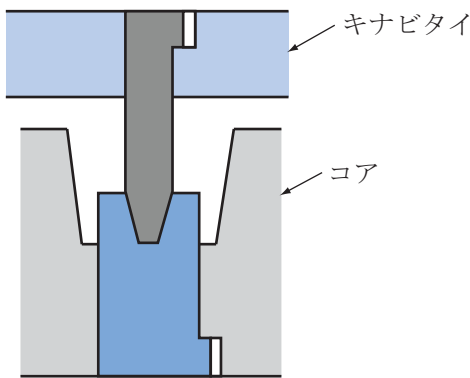


図66.1 コアピンの食切り^[2]

表66.2 $\sigma_{a|w}$ ^[3]

材 質	$\sigma_{a w}$ (kgf/m ²)
軟鋼	900~1500
硬鋼	1200~1800
鋳鉄	500~750

表66.3 Eの値^[3]

材 質	E(kgf/m ²)
軟 鋼	210×10^4
硬 鋼	220×10^4
ブレハードン 鋼 (SCM440系)	230×10^4
鋳 鉄	$(75\sim 105) \times 10^4$

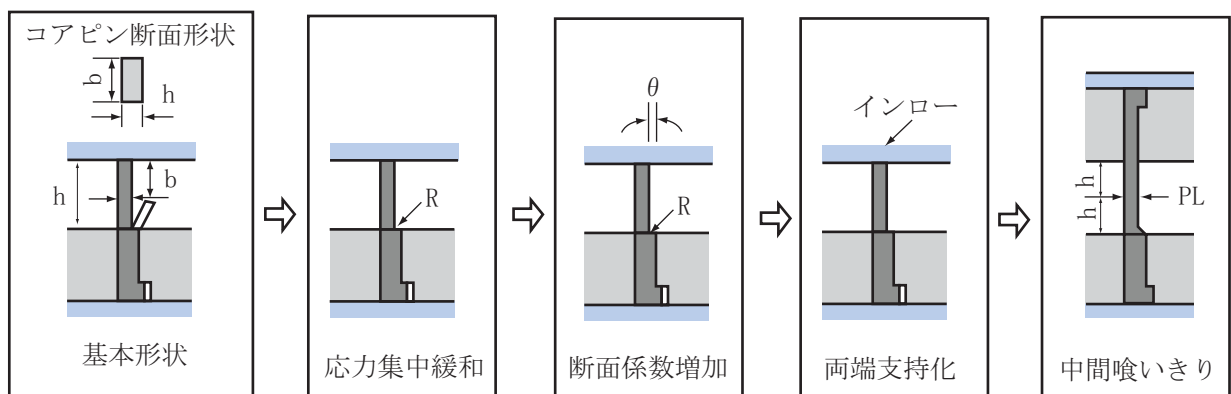


図66.2 コアピンの曲げ強さの向上策^[4]

出典

- [1] 武藤 一夫他：実例にみる最新プラスチック金型技術 P64 日刊工業新聞社(1997-4)
- [2] 小松 道男：プラスチック 47(4)P82(1996-4)
- [3] 小松 道男：プラスチック射出成形金型設計マニュアルP130-132 日刊工業新聞社(1996-6)
- [4] 小松 道男：型技術 12(10)P21(1997-9)

§ 10 金型の強さ

1. 金型の寿命

金型の寿命とは所期の成形品が得られなくなった状態に達したこと、およびそれまでの成形ショット数をいう。

これは、成形機、成形材料、成形技術、金型保守管理状況によって左右される。

プレス型の場合と同じように再研削迄の寿命と同じようにオーバーホール寿命とがあり、さらに総寿命がある。

2. 金型の各部位と金型寿命の関係

下表の通り

表67.1 金型の各部位と金型寿命^[1]

金型部位	寿命の判定	関連要因
キャピティ・コア	・成形品が所定寸法を満足しなくなったとき ・バリが規定値を越えて、大きく、多く発生するようになったとき	・金型材料の靱性、耐食耐摩耗性 ・金型最終加工法と表面粗さ ・成形作動操作エラー ・異物噛込み
ランナーゲート	・ショット、ひけ、銀篠、ゲート跡発生他外観不良	・ゲート部流動容易性 ・金型材料耐摩耗性
エジェクタ機構	・白化、クラック、バリの発生 ・ショット以外の延引	・エジェクタ部品の強さ、精度
アンダカット処理機構	・バリ段差の発生 ・寸法精度低下	・キャピティコアの喰切り面の耐摩耗性
構成ベース	・パーテング面のバリ発生 ・成形品寸法不良	・構成ベースの強さ、平行度
構成部品 ロケトリック、スプールブッシュ 他で構成ベースに取付けるもの	・成形サイクル	・金型材料、熱処理、硬さ

出典

[1] 里見 英一：プラスチック成形品の設計 P200-202 日刊工業新聞社(1986-2)

(67) 金型寿命と金型設計

3. 金型寿命に対応する金型設計仕様

下表の通り

表 67.2 金型寿命と金型設計仕様^[1]

金型種別		大量生産用	中間生産用		少量生産用	極少量生産用	試作用
寿命(ショット)		1,000,000 以上	500,000 前後	250,000 前後	50,000 前後	5,000 前後	500 前後
キャビティ・コア	材料	焼入鋼	プリハートン 鋼	主に構造用 合金鋼	構造用炭素鋼ま たは非鉄金属	鋳鋼、非鉄金属	主に非鉄金属
	加工方法	切削加工、放電加工	同上		切削、放電加工ま たは鋳造	切削、放電加工ま たは鋳造	同左
ランナ・ゲート		主としてホットランナ	ホットランナ方式その他の ゲート方式		ダイルゲート、サイド ゲート、トンネルゲート、 ピンプイントゲート(ホット ランナは極力避ける)	ダイルゲート、サイド ゲート、トンネルゲート、 ピンプイントゲート(ホット ランナは極力避ける)	同左
温度制御		最大限の考慮を払っ て、冷却水回路、穴 溝を加工する(ショットサ イクル短縮のため)	同左		同左	短納期、低価格を 重視した冷却水 回路を加工する (ショットサイクルは多少 長くても良い)	同左
シートの機構		最高部品を用いる。 折損、カジリなどの 事故無く、耐摩耗性 が優れ、離型時に白 化、変形しないよう にする。	標準的部品を用いる。 その他は同上		同左	使用部品はキャビテ ィ・コアの寿命に見 合った品質のもの を用いる。	同左
アングカット処理機構		キャビティ・コアと同等の 材料を用いる。摺動 部には、カジリを生 じないように特に注 意する。	同左		同左	外観を犠牲にし ても可動側スラ イド方式とする	同左

4. 注意事項

- (1) 金型寿命はその設計時に大筋は決まり、動作時に作り込まれる。金型製作者は設計図(CAD)には表われない品質仕様を技能で作り込んで欲しい。

(67) 金型寿命と金型設計

3. 金型寿命に対応する金型設計仕様

下表の通り

表 67.2 金型寿命と金型設計仕様^[1]

金型種別		大量生産用	中間生産用		少量生産用	極少量生産用	試作用
寿命(ショット)		1,000,000 以上	500,000 前後	250,000 前後	50,000 前後	5,000 前後	500 前後
キャビティ・コア	材料	焼入鋼	プリハートン 鋼	主に構造用 合金鋼	構造用炭素鋼ま たは非鉄金属	鋳鋼、非鉄金属	主に非鉄金属
	加工方法	切削加工、放電加工	同上		切削、放電加工ま たは鋳造	切削、放電加工ま たは鋳造	同左
ランナ・ゲート		主としてホットランナ	ホットランナ方式その他の ゲート方式		ダイルゲート、サイド ゲート、トンネルゲート、 ピンプイントゲート(ホッ トランナは極力避ける)	ダイルゲート、サイド ゲート、トンネルゲート、 ピンプイントゲート(ホッ トランナは極力避ける)	同左
温度制御		最大限の考慮を払っ て、冷却水回路、穴 溝を加工する(ショットサ イクル短縮のため)	同左		同左	短納期、低価格を 重視した冷却水 回路を加工する (ショットサイクルは多少 長くても良い)	同左
ジエツク機構		最高部品を用いる。 折損、カジリなどの 事故無く、耐摩耗性 が優れ、離型時に白 化、変形しないよう にする。	標準的部品を用いる。 その他は同上		同左	使用部品はキャビテ ィ・コアの寿命に見 合った品質のもの を用いる。	同左
アングカッパ処理機構		キャビティ・コアと同等の 材料を用いる。摺動 部には、カジリを生 じないように特に注 意する。	同左		同左	外観を犠牲にし ても可動側スラ イド方式とする	同左

4. 注意事項

- (1) 金型寿命はその設計時に大筋は決まり、動作時に作り込まれる。金型製作者は設計図(CAD)には表われない品質仕様を技能で作り込んで欲しい。

- (2) 金型材料の選択と適切な熱処理が必要である．そのために金型材料の管理も正しく行われなければならない．
- (3) 所定ショットごとの分解清掃ができるような構造に設計し、確実に実行した方がトータルとして得である．メンテナンス性が大切である．
- (4) 型締め・成形圧力によるクリープ変形、金型材料の熱履歴による組織変化、圧延・加工・熱処理などによる残留応力の解放、これらに対処するノウハウが必要である．
- (5) 500 個程度の試作型には、置き駒式アングカット処理方法も使われる．

§ 11 金型材料、処理

1. 金型材料の選択基準

選択にあたっては成形材料、ならびに必要な成形品個数を考慮する。成形材料に対する金型のコア・キャビティの材料の選択はおおむね次表によるとよい。

表68.1 成形材料と金型材料名^[1]

プラスチック材料	金型材料への要求	選択する材料名	備考
ガラス繊維強化プラスチック	耐摩耗性	SKD11, SKD12 アッサブXW-10 SCM21浸炭焼入 SACM11窒化処理	ガラス繊維入りでは無充填に比し、金型寿命は60%に低下するといわれている。
腐食性プラスチック 難燃化プラスチック	対ハロゲン化合物耐食性	NAK101, PSL, STAVAX HOM38 Ni-P硬化Crメッキ 硼化処理鋼	侵食性雰囲気中では一般窒化鋼の摩耗性は大きい。
ポリ塩化ビニール	対塩素化合物耐食性	PSL, NAK101	-
透明プラスチック (アクリル、ポリカーボネイト)	鏡面仕上げ性	小物光学部品用... MAS-1, YAG レンズ、光ディスク基板...STAVAX, HPM38	鋼塊中のガス、非金属介在物などによるピンホールの発生を嫌う。

必要成形品数すなわち寿命までのショット数とキャビティ・コアの材質との関係は表 68.2 も参考にされたい。精密成形用の金型の製作にあたっては、更に深く、後述の表 68.2 のような検討も必要である。

(68) 用途別金型選択基準

2. 注意事項

- (1) 先に述べた必要成形品個数に基づき、成形品 1 個当たりの金型代は次の式で求まる。現業に携わる人もこのことを念頭に置いて仕事をするとうい。

表68.2 金型代の構成^[2]

$$\left(\begin{array}{l} \text{成形品} \\ \text{1 個あたり} \\ \text{の金型代} \end{array} \right) = \frac{(\text{型設計費}) + (\text{型材料費}) + (\text{型製作費}) + (\text{型補修費})}{(\text{型寿命までの成形品個数}) \text{ または } (\text{必要成形品個数})}$$

ただし (型製作費) = (型各部品製作費の計) + (型組立費) + (型検査費)

- (2) また金型製作に当たっては、成形品の品質は何によって計られるかを知ることが金型製作の本当の面白さを呼び起こすと思う。

表68.3 成形品の品質指定項目^[2]

成形品の 良い性質	寸法精度、表面粗さ 力学的強さ（降伏強さ、引張り強さ、疲れ強さ、衝撃強さ、引張り、曲げ、振り） 適正熱特性（比熱、熱伝導率、線膨張係数、熱伝達係数、他） 耐熱性、耐燃性、耐寒性 適正化学特性（耐薬品性、マイグレーション、銅害、給水性耐候性） 電気的性質（電気抵抗、絶縁耐力、誘電特性、他） 光学的性質（光透過率、屈折率、対光性）
	上記性質の均一性 成形品の所定位置における上記物性の実現性
	上記諸項目の縦時劣化、環境による劣化

- (3) 実際の金型製作に当たり、困ることは次のようなことである。これらはまだ経験と実績の積み重ねで補う必要がある。そこに金型製作担当部署が珍重される意味がある。

表68.4 実際に困ること^[2]

1. 表3に掲げた金型材料の必要物性値は定量的に表現できない場合もある。
2. 上記物性値は一概にはいえない。
3. 上記物性値の適正值は成形メーカーまたは金型メーカーのノウハウとされ、具体的に公表される例は少ない。
4. 金型材料メーカー別に鋼種を横並べして、ユーザーの選択のもとになるようなデータファイルも、各社の機密となっていて公開は望みがたい。またこの望みはまだ日本の風土にそぐわない。
5. 困ったことに型材料管理が十分徹底していない金型メーカーもあるように見受けられる。
6. 物性の希望を出しても、かなえられるか否かを確認する手段が見当たらないか、経済的に実施されない。

§ 11 金型材料、処理

1. 耐食性試験

金属の耐摩耗性試験は大越式摩耗試験機^[1]等ふるくから成書に記されている。しかし、耐食性特に、成形プラスチック材料の種類によって、ハロゲン化合物、特に塩素化合物に付する耐食性に留意する必要がある。それらに対する金型材料選択は(72)節に概略を述べた。

ここでは通常行われている耐食性試験と最近の動向を述べる。

2. 腐食摩耗試験

ガラス繊維、炭素繊維、セラミック(アルミナ、シリカなど)粉末、磁性用酸化鉄粉末などを添加したプラスチック材料や、成形時に腐食性ガスを発生する成分をもつ高性能エンブレなど、成形材料は多岐にわたっている。これに対応して、成形に用いる金型の材料も腐食試験による耐久性の明確化が必要である。

その一例を図71.1に示す。試験結果を図71.2に示す。

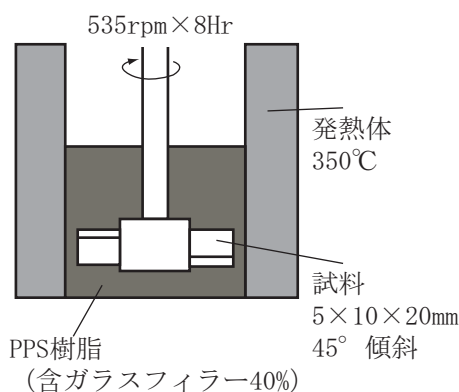


図71.1 腐食摩耗試験機^[1]

3. オートクレープによる耐食性試験法

従来、最も多く用いられている試験法は酸水溶液浸漬法であった。最近、大阪府立産業技術総合研究所が中心になって^[2]、オートクレープによる試験法を開発し、実用化に入った企業もあるという。プラスチックは熱劣化して表71.1に示すような分解生成物を発生する。この点に着目して、オートクレープ(密閉加熱高圧容器)中でプラスチック材料を加水分解させその雰囲気中に金型材料を暴露し腐食する試験法である。

表71.1 熱劣化で発生する分解生成物

	塩酸	アルデヒド	カルボン酸	一酸化炭素	二酸化炭素	有機酸	水
ポリエチレン	×	×	△	×	×	×	×
ポリプロピレン	×	×	△	×	×	×	×
ポリエステル	×	○	×	×	×	×	×
ABS	×	×	×	×	×	○	×
アクリル	×	△	×	×	×	×	×
PVC	○	×	×	○	○	×	×
PBT・PET	×	○	×	○	○	×	×
ポリアセタール	×	○	○	○	○	×	×
ポリカーボネート	×	×	×	○	○	○	○
ナイロン	×	×	×	○	○	×	○

○：発生量が多い △：発生量が少ない ×：発生が認められず

表71.2 PVCの燃焼・熱分解生成物^[2]

加熱温度(°C) 雰囲気	350 600 850			350 600 850		
	He			空気		
生成物						
HCl	53.2	55.5	57.9	47.2	46.0	40.6
CO	-	-	-	1.0	35.6	16.6
CO ₂	-	-	-	1.7	40.8	54.8
H ₂	-	0.06	0.47	-	0.16	0.50
CH ₄	-	1.0	3.2	-	1.7	3.4
C ₂ H ₆	-	0.69	0.32	-	0.14	0.06
C ₂ H ₄	-	0.52	2.5	-	0.63	1.3
ベンゼン	5.9	5.6	5.9	5.4	4.7	3.1
トルエン	0.05	0.67	0.87	-	0.22	0.89
残渣	37.4	6.3	5.1	40.2	2.4	-

試料	腐食摩耗面積(μm ²)	
	1000	2000
ZDP 4 (63 HRC)	■	241
SKD 11 (60 HRC)	■	1040
HAP 72 (粉末) (ハイス) (68 HRC)	■	1920

図71.2 腐食摩耗試験結果の例

§ 11 金型材料、処理

1. 金型材料の諸特性の比較

先節に述べたように、金型材料メーカーはそれぞれ独自の改良、開発をしており、必ずしも JIS 通りの材料だけを作っていない。

そして、他社の材料と具体的につき合わせて比較表示をすることもないといってよい。金型材料のユーザすなわち金型メーカーは、金型材料メーカー各社のデータを常に比較検討していなければならない。

下に、コア・キャビティを主体に考えた若干の比較表を示しておく。

表 69.1 (次ページに示す)

2. これらの材料について、引っ張り強さ、引っ張り降伏点、曲げ強さ、等いわゆる初等材料特性値も日頃収集する必要があるが、ここでは省く。

(69) 金型材料の諸特性

3. 注意事項

(1) 技能職に求められることは種々のカタログに基づいて設計が選定した金型材料が、本当に初期の性能を発揮するか否かの監視である。昔は火花試験などという手法があって、鋼材の炭素含有率まで瞬時にして、現場で確認された。鋼材ないしは金型材料の多様化、複合成分化によって、この試験方法は一般の現場から消えつつあるように見える。

しかし、本当の金型メーカーでは是非、手にすれば金型材料の品種を見破るだけのノウハウの伝承を求めてやまない。

(2) 金型材料の品種の管理が不十分な現場が無いとは言えない。是非、鋼材の端面に、品種を表す識別マークか色分けマークを記して頂きたい。これによって、現業技能職のレベルの向上と、発送される金型の品質の重み付けができるというものである。

(3) 表 69.1 の力学的性質（いわゆる機械的性質）他諸性質が購入受入後、検査されないまま、金型メーカーは使用することが多いように見受けられる。是非材料メーカーの検査表を添付させるとか、公共試験機関に依頼して検査データを取り寄せることなどを抜き打ち的に行うと良い。

表69.1 金型材料の比較^[1]

分類	JIS	金型材料メーカ				熱処理()		熱処理変形	力学的・化学的性質				加工性				価格	
		H社	D社	U社	N社	焼入れ	焼戻し		硬さHRC	韌性	耐摩耗性	耐食性	被削性	鏡面性	氷加工性	放電加工性		溶接性
プリハードン鋼	S55C	HIT81	PD51	VHB11	KPM1	---	---	/	13	++++	+	+	++++	+	++	++	+++	++++
	SCM440	HIT28	PD53		KPM2	---	---	/	28	+++	+	+	++++	++	++	++	+++	++++
	SCM440改	HPM2.7	PD55, PX5	HOLDAX	KPM25	---	---	/	33	+++	++	++	++++	+	++	++	++++	++++
	SNCM420	HPM17		IMPAX		---	---	/	33	++++	++	++	++	+++	++++	+++	++++	++++
	SKD61改	FDAC	DH2F	ORVAX		---	---	/	40	+++	++	++	+++	+	++	++	+++	++++
	SUS42012	HPM38, 77	PD555, 742	STAVAX, RAMAX	KSP1	---	---	/	33	++++	++	++++	++	++++	++++	+++	++++	+++
	析出硬化SUS630	PSL	NAK101		U630			/	35	++++	++	++++	+	+++	+++	+++	++++	+++
析出硬化AISI P21改	HPM1 HPM50	NAK30		KAP KAP2			/	40	++	++	++	++++	+++	+++	++++	+++	++++	
								40	++	++	++	+++	++++	++++	+++	++++		
焼入れ焼戻し鋼	SK3	YC3	YK3	UHB20	K3	800	150 ~ 200		60			+		+				++++
	SKS3	SGT	GOA	ARNE	KS3	820	200 ~ 500		60		++			++				++++
	SKD1	CRD	DC1	SVERKER3	KD1	960	200 ~ 500		58									
	SKD11	SLD	DC11	SVERKER21	KD11	1020	200 ~ 500	++	60	++	++++		+++	++	+	++	++	++++
	SKD11改	HPM31	PD613		KSP2	1020	200 ~ 500	+++	60	++	++++	++	+++	+++	+++	++++	+	+++
	粉末SKD11	ZDP4		VANADIS4		1025	480 ~ 520	++	60	+	++++	++	+	++	++		+	
	SKD12	SCD	DC12	RIGOR	KD12	940 ~ 960	400 ~ 450	++++	57	++	++++	++	++++	++	++	+++	++	
	SKD61	DAC	DHA1	ORVER	KDA	1020	400 ~ 550	+++	50	+++	+++	++	++++	+++	+++	+++	+++	+++
	SKT4	DM	CFA		KTV	850	600		45			++						
	SUS420J2	HPM38	PD555	STAVAX	KSP1	1030	520	++++	52	+++	+++	++++	+++	++++	++++	++++	+++	+++
	SUS440C	ACD51	MH57	ELMAX(粉末)	KSP3	1100	530	++++	58 ~ 62	++	++++	++++	++	++++	++++	+++	+	++
	SKU51	YXM1	MH51	KM2	H51	1050 ~ 1220	560 ~ 580		60 ~ 65	+++	++++							
	SKH55	YXM4	MH55	KM35	HM35	1180 ~ 1200	560 ~ 580		63 ~ 66		++++	++						
	SKH57	XVC5		WKE4	NV10	1150 ~ 1240	550 ~ 560		66 ~ 67		++++							
粉末ハイス	HAP10 HAP40 HAP50	DEX20 DEX40 DEX60	ASP23 ASP30 ASP60			1050 ~ 1150	560 ~ 580	++	58 ~ 65	++	++++	++	+	+++	++++	+++	+	
						1100 ~ 1180	550 ~ 570		64 ~ 67		++++		-					
析出硬化鋼	マルエージング鋼	YAG	MASIC		KMS18, 20	480 ~ 520時効処理		++++		++++		++		++++	++++	++++	++++	+

注：- + ++++
良好

§ 11 金型材料、処理

1. 金型材料の実用例

金型材料の用途例を金型用鋼種・金属種別に示すと下表のようになる。JIS では十分カバーできないので、文献に示された某社の 号で合金品種記号を示しておく。

表70.1 プラスチック成型用金型材料と用途例^[1]

分類	使用硬さ (HRC)	合金品種記号	化学成分	用途例
プリハードン鋼	32	HPM2	P20改良 (快削)	不透明品成型、ホルダー用 (テレビ、雑貨量産品など)
		HPM7	-	溶接性、被削性重視用 (テレビ、テールランプなど自動車、家電住設製品)
		ZHD220	P21改良	鏡面仕上げ性及び被削性重視用 (ヘッドライトレンズ、OA機器部品)
		HPM38	SUS420J2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)
		HPM77	SUS420改良 (快削)	耐食おも型用、ゴム型用など
	35, 50	PSL	SUS630改良	PVC, 発泡樹脂用、ゴム用 (電話機、継ぎ手、パイプ、各種リール)
40	HPM1	P21改良 (快削)	汎用金型用 (各種家電製品他)	
	HPM50	P21改良	鏡面、シボ、放電加工肌重視用 (ダストカバー、各種透明ケース, OA機器)	
	FDAC	SKD61 (快削)	エンブラ、スライドコア用	
焼入れ焼戻し鋼	50 ~ 55	HPM38	SUS420J2改良	耐食鏡面仕上用 (フロッピー、カセットケース、医療機器、ライター部品、食器)
		HPM38S	SUS420J2改良	超鏡面仕上用 (光ディスク、非球面レンズ)
	56 ~ 62	PHM31	SKD11改良	耐摩耗、精密エンブラ用 (ギヤ、コネクタ、ICモールド)
	60 ~ 63	ZDP242 ZCD-M	SUS440C改良粉末ダイス鋼 SKD11改良	高耐食摩耗性、エンブラ用 ICモールド用
60 ~ 65	ZDP4 HAP40	高合金粉末ダイス鋼 粉末ハイス	高耐摩耗耐食スーパーエンブラ用、ICモールド用 高耐摩耗スーパーエンブラ用、ICモールド用	
時効処理鋼	40 ~ 45	HPM75	高硬度非磁性鋼	磁場成形用 (プラスチックマグネット)
	52 ~ 57	YAG	超強力鋼	高靱性超鏡面用 (各種元字レンズ、薄肉用コアピン)
非鉄系合金	1	HIT51	Al系合金	試作型、少量生産用
	15	HIT71	Cu系合金	ハイサイクル成形用 (テレビ、エアコン、自動車インパネ、バンパー)

2. 金型材料を実用化するための検討

金型材料の選択の概念ならびに金型材料の特性項目は前 2 節にわたって述べたが、具体的な対象を考えた上で検討すべき事項を下表に示す。

表70.2 金型を上手に作るために^[2]

	検討すべき事項	金型材料に要求される物性
成形金型を上手に設計する	適切な成形品部品精度の確認	加工変形、耐摩耗性
	溶融樹脂の成分と流動経路	耐摩耗性
	残留空気、発生ガスの排出	耐食性（成形材料による）
	溶融樹脂が流入しやすい形状	-
	成形スキン層が適切にできる伝熱構造	熱伝導率
	射出圧、保圧に耐える強度	力学的強さ（降伏強さ、ときに衝撃値、疲れ強さ）
	成形材料に腐食されにくい型表面性状	耐研削われ性、表面処理特性
	心部まで効率的に冷却できる配慮	熱伝導率
	型加工しやすくする配慮	切削性、熱処理に対する非変形性、シボ加工性
	成型品の設計変更や摩耗に即応して部品を交換できる配慮	線膨張係数、溶接肉盛り性
	かすの付着性と被洗浄性	磨き性
付記	必要な事項は仕様として要求すること	設計的要因のほうが大きいことが多い

(70) 金型材料の実用例

3. 注意事項

(1)金属材料メーカーは JIS より良いものを作る努力をしているから、各社とも品種名は JIS そのままでない。参考のために各社の記号比較^[3]を下記に示しておく。

表 70.3 (次ページに示す)

(2) これら材料購入使用時に注意すべきことは入荷材料のロール方向と最終圧延率である。これをどれ程注意するかによって焼入れ歪の抑制防止策の検討の姿勢が変わってくる。

焼入れ担当または焼入れ依頼担当の部署では現物から上記のことが推察される眼力をもつよう精進することが大切である。

出典

- [1] 遠山 文夫：型技術 12(10)P31(1997.9)
- [2] 青木 正義：型技術 12(10)P27(1997.9)
- [3] 熊谷：型技術 12(10)P49(1995.8)
- [4] 特殊鋼： 41(12)P18-21(1992.12)
- [5] 型技術協会：型技術 9(9)P34(1994.9 臨時増刊号)

(71) 耐食性とその試験

例えばポリ塩化ビニール PVC を高温加熱すると表 71.2 のような材質を生成する .

そこで、臭素系難燃剤入り ABS 樹脂 30g、水 30g を圧縮空気圧 10kgf/cm²、加熱温度 280 の下に 3 時間放置した時の各種来歴の金型材料の腐食試験結果は写真 71.1 の如くである .

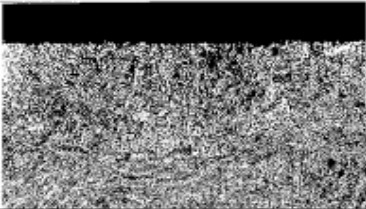
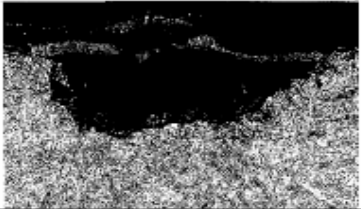
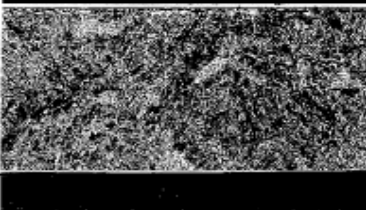
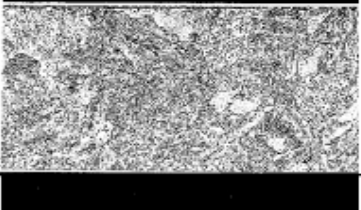

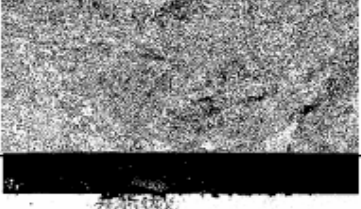
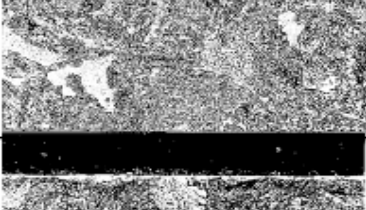
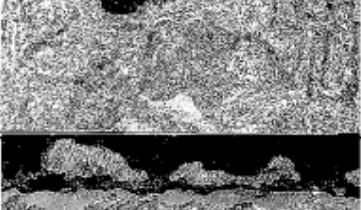

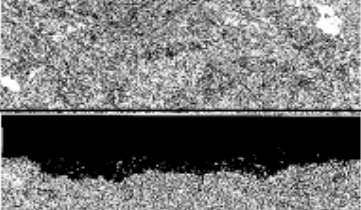


表面処理法	腐食試験前	腐食試験後
無処理材 SKH51		
TiN (イオンプレーティング)		
Crめっき		
Ni-Pめっき		
イオン窒化		
SUS420J2		

写真71.1 オートクレーブ腐食試験結果^[2]

4. オートクレーブ試験による知見例

上記の他に報告^[2]されている知見例 (写真省略) はつぎのようなものである .

- (1) SKH51、SUS420J2 の放電加工面に生じる白層（溶融再凝固層）の薄い部分や、マイクロクラッタ、炭化物等偏析部から難燃剤入り PBT による腐食が発生することが多い。
- (2) 上記の場合 2 鋼種とも 3 工程の放電加工の最終仕上げ面が最も腐食が多い。
- (3) また、SKH51 では腐食の進行に伴い、表面の白層の剥離が見られることがある。
- (4) SUS420J2 では SKH51 のような孔食は殆ど認められない。これらは実用の成型金型とほぼ同じ腐食形態だと考えられる。

出典

- [1] 遠山 文夫：型技術 12(10)P32(1997.9)
- [2] 上田 順弘他：型技術 12(10)P79-86(1997.9)
- [3] 金型総合技術研究会：プラスチック成形材料に対する各種表面処理金型材の耐食性評価（平 7.7）

§ 11 金型材料、処理

1. プラスチック成形金型の熱処理

プラスチック成形金型の熱処理にあたっては特に (1) 寸法変化、変形の少ないこと、(2) 酸化膜が形成されないことが必要である。従って、真空熱処理か、無酸化雰囲気加熱の他は用いない方がよい。

2. 熱処理の手順

(1) 材料取り (金型設計時の指定)

素材の圧延方向に対して使用材料をどのように取るかによって、著しく異なる。素材の圧延時に材料が大きく移動した方向ほど寸法変化率が大きいと考えてよからう。(図72.1)

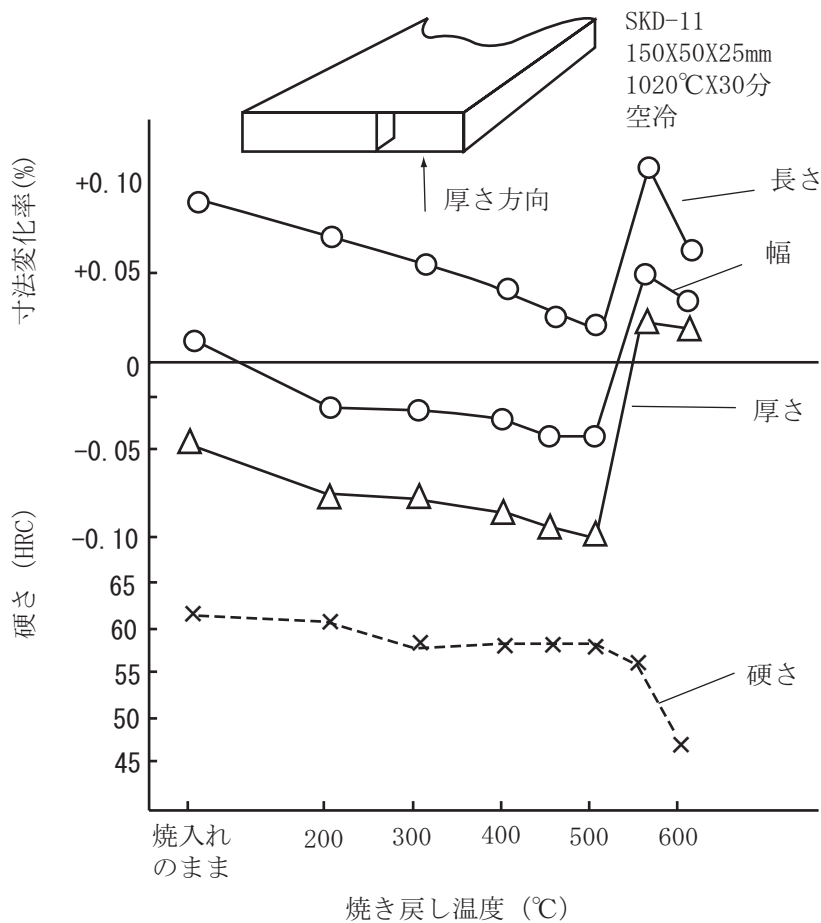


図72.1 材料取りと寸法変化率^[1]

(2) 前処理

適切な調質を行うこと。力学的性質を整え、寸法変化を小さくするのに有効。荒加工後の歪取り焼鈍をすること。機械加工で生じる応力除去により寸法変化、変形を減少できる。

(3) 加熱、冷却

均等に、できるだけ緩やかに昇温し、できるだけ速く冷却するのがよいといわれている。細かに言えば、速く昇温すると温度分布が一樣でなくなり、変態にずれを生じ、応力が不均一となり、変形の原因となる。昇温速度が速すぎると結晶が粗大化し易い。従って精密金型では段階的加熱をした方がよい場合が多い。

また冷却速度が遅いと衝撃値が下り、寸法変化も大きくなる。

材料の種類によっては、水・油焼入れではなく、空気焼入の方がよい場合もある。

真空加熱だと輻射だけで加熱されるので、炉内温度と被加工物の温度差が大きくなるため、保持時間と昇温のおくれに注意する必要がある。真空加熱炉では加圧冷却もでき、冷却速度も若干調整できる。

(72) 熱処理

(4) 焼入温度

プラスチック金型には他人温度を低めにして熱処理するアンダーハードニングがよい。この際、炉内温度分布等温度管理が極めて大切である。

靱性を重視する場合は結晶粒の成長を抑えて、強さを増すため、寸法変化を小さくするために、残留オーステナイトを少なくしたいからである。熱処理歪を避けるために、熱間強さを考慮すべきで、焼入温度は低めがよい。

(5) 炉 積

金型の形状、質量を考え、薄肉部、凹部などを内側になるように組合せて、披加工物の置き方を考え熱処理歪を少なくする工夫をする。

また、一回の処理量を一定でかつ、できるだけ少なくする。

(5) 焼 戻

焼入後2~3回焼戻をすること。必要に応じ、サブゼロ処理を1~3回すること。靱性と経年寸法安定性のために有効である。

3. 注意事項

(1) 金型設計時に金型材料の材料取りまで指定する設計者は少なくなったと思うが、金型製作現場の秘伝として是非伝えて欲しい技能である。

(2) まだ水または油焼入する際の浸漬の方向も極めて重要なノウハウである。日本刀の焼入にまだまだ学ぶべきことが多く残されていると思う。

(3) 部品形状でも変形しやすいものがある。その例を図72.2に示す。この形状は切削、研削、プラスチック射出成形でもほぼ同じことが言える。

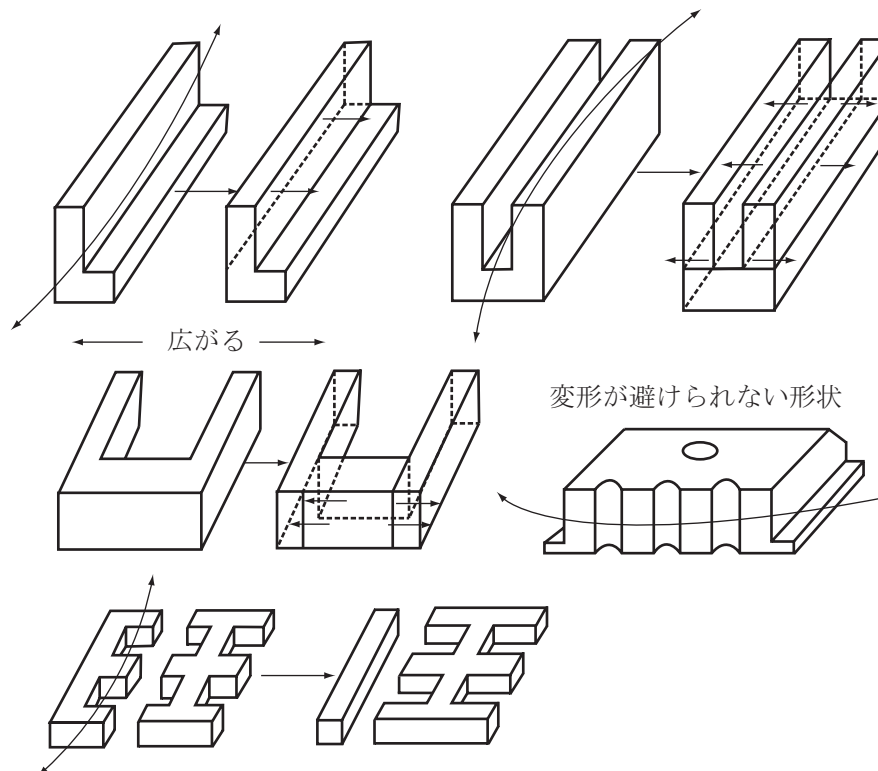


図72.2 変形しやすい形状と対策^[2]

出典

[1] 某社 PR 資料

[2] 某社 PR 資料

§ 11 金型材料、処理

1. 表面処理

表面処理の当初の目的は表面装飾で、平滑な光沢面とか、鋭い艶消しなどが工芸品に用いられた。現在は、この分野の他に、防食、硬さや幾何学的な表面粗さ、摩擦係数のための表面改質に表面処理は使われる例も多い。プラスチック金型への利用は主にこのためである。

そして、硬質クロムメッキが表面処理の主流であったが、今や諸種の表面処理が開発利用されている。その主なものを表 73.1 に掲げる。

表73.1 金型の代表的な表面処理方法^[1]

処理名 特性	メッキ		窒化(ナイトライディング)	硼化(ボライディング)	化学的蒸着(CVD)		物理的蒸着(PVD)	TRD	
	硬質クロム	ニッケル-リン			熱CVD	プラズマCVD		溶融塩法	流動層炉法
表面層材質	Cr	Ni-P	Fe ₂ N ₂ Fe ₄ N	FeB FeB ₂	TiC TiN TiCN W ₂ C ₁ 他	TiC TiN アモルファスカーボン他	TiN CrN 他	VC NbC CrC VN	VC TiC CrC TiNC
層厚さ(μm)	20~50	20~50	10~20	50~500	3~15	1~5	1~5	3~15	3~15
適用母材	金属 非金属	金属 非金属	鋼	鋼 Ni合金 Co合金 超合金	鋼 Ni合金 Co合金 超合金	鋼 Ni合金 Co合金 超合金	鋼 Ni合金 Co合金 超合金	鋼 Ni合金 Co合金 超合金	鋼 Ni合金 Co合金 超合金
施工時母材温度()	50~80	60~100	500~600	600~1100	500~1100	400~600	400~600	500~1200	500~1100
施工時間(H)	1~5	1~5	1~8	1~4	4~8	1~2	2~4	0.3~8	0.3~8
施工方法	水溶液中電解	水溶液浸漬	・ガス中加熱 ・溶融ソルト浸漬 ・減圧ガス中放電	・粉末中加熱 ・溶融ソルト浸漬 ・溶融ソルト電解 ・ガス中加熱	ガス中加熱	減圧ガス中放電	減圧N ₂ ガス中	・溶融ソルト浸漬 ・溶融ソルト電解	粉末流動層中加熱
層厚さ均一性	×								
歪み発生リスク				×	×			×	

2. やや具体的な事項

- (1) 摺合せや突当て面のある金型部品にはめっきは不向きである。剥離し易いからである。
- (2) コアピン類の長寿命化やかじり防止のためにはCVDやPVDによる窒化チタンや炭化タングステンなどの薄膜コーティングも適当である。

(73) 表面処理

3. 注意事項

- (1) 表面処理の全てを自社内で実行できる所は少ないと思われる。外部に依頼する時は被膜の厚みや、加工工程における加熱のための変化など十分打合せておくことが賢明である。
- (2) めっきした面が剥離した場合またはピンホールが発生し始めた場合、生地 of 金型材料を腐食が知らぬ間に進行していくことがあるから、常に金型の表面の観察検査を怠ってはならない。電気化学的に止むを得ないことと現在も考えられているようである。
- (3) 表面処理の方法にも色々あって、その詳細はここでは述べられないが、全貌を一覧すれば図 73.1^[2]のようになる。この中で、窒化処理法に分類されるハイパー窒化 (EH 処理) 法が開発された^[2]。処理品を石灰窒素紛 (CaCN₂) 中に埋没して、密封減圧し窒化処理温度まで加熱する。これに混合ガスを導入して安定的に窒化反応をマッフル内で進行させる方法である。
 プラスチック成形金型の場合、シボ面、鏡面などの製品仕上げ面となる部分に適用できる。処理による変形も極小で表面は平滑である。
 ガラス繊維シリカなどを充填したプラスチック成形材料の成形金型にも用いられる耐摩耗性があるとされている。
- (4) 硬質クロムめっきは無電解で不可能ではないが、実用上はあまり行われていない。無電解ニッケルめっきは肉盛りのためにおこなっている所もある^[3]。

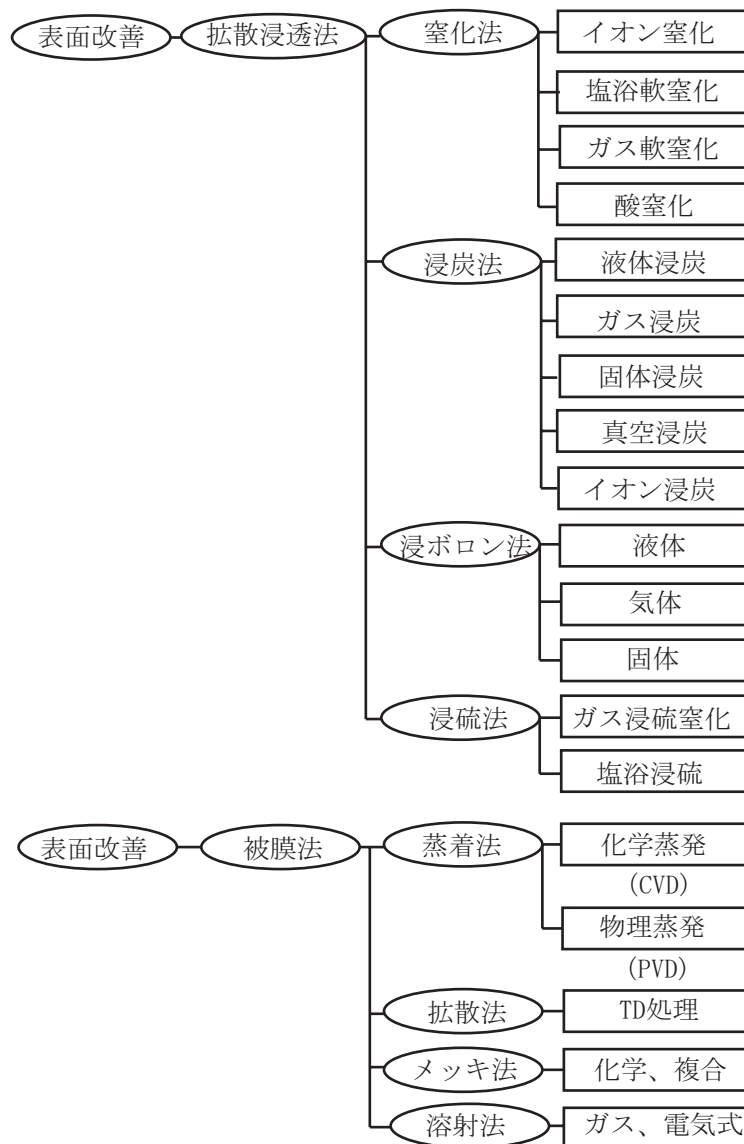


図73.1 表面処理の分類 ^[2]

出典

[1] 小松 道男 : 型技術 12(10)P23(1997.9)

[2] 竹居 正実 : 型技術 13(1)P83(1998.1)

[3] 吉原 典孝 : 私信(1999-1.7)

§ 12 機械加工等諸加工

1. 旋盤加工の動向と機械加工の要素

プラスチック金型の場合、通常、旋盤加工（旋削）は金型部品の最終仕上げの前加工として用いられてきた。旋削の後、熱処理して研削加工や砥粒加工して仕上げられることが多かった。後で述べるように、工具（刃具）の発達により切削のまま用いられることが多くなっている。

機械加工の品質すなわち、寸法精度、幾何精度、表面粗さを左右する 3 要素は工作機械、工具、工作物である。その要因・成果関連図をまとめれば、図 74.1 のようになる。基礎的な事柄として取り扱っている 3 要素を加工の前後に検討する必要がある。

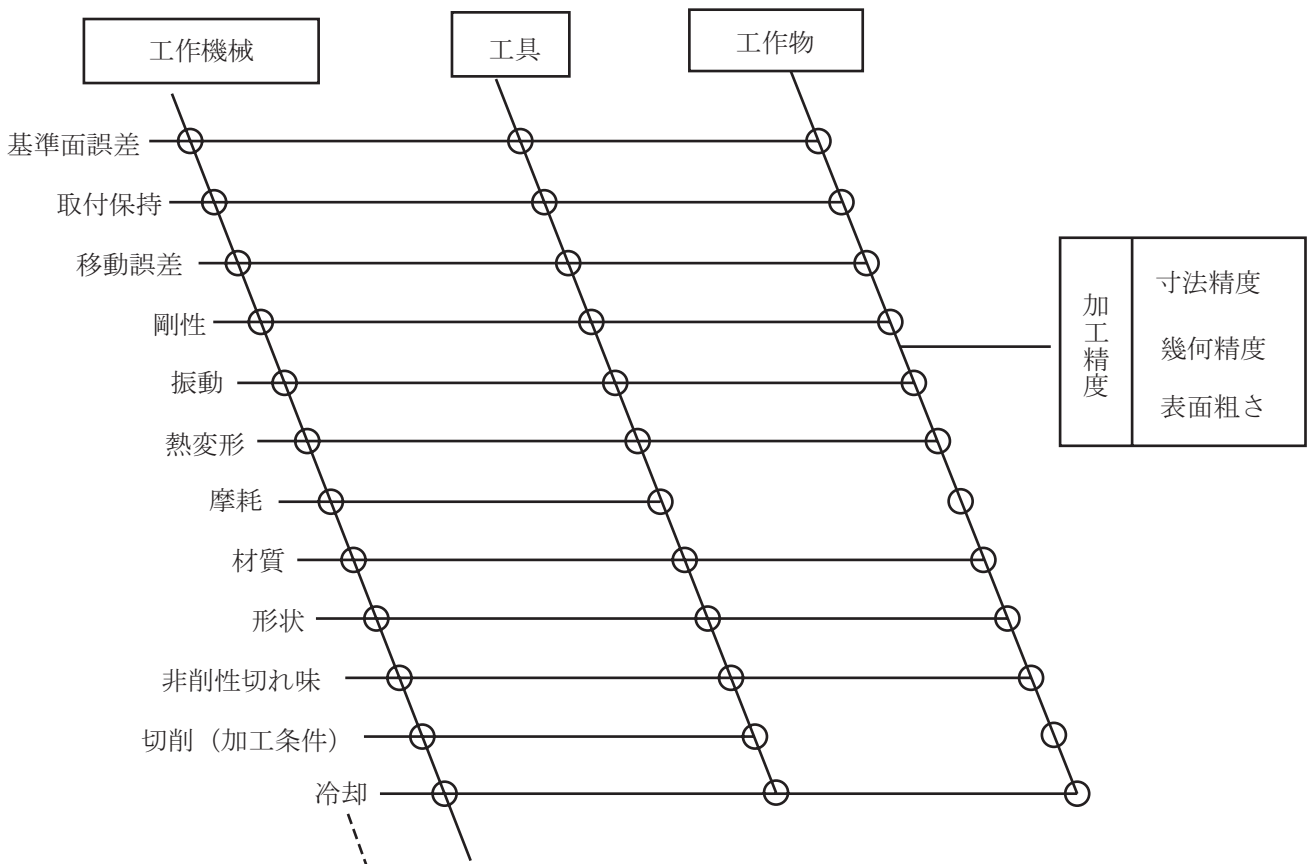


図74.1 機械加工精度に関する要因・成果関連図

2. 工作機械

切削工具の開発・改良により各種切削加工機の主軸回転の高速化が求められている。旋盤で、最近 15 年間に嘗ての最布回転速度 $3,000\text{min}^{-1}$ が、一般的な回転速度になり、通常密転速度が $3,500\text{min}^{-1}$ 、最高回転速度は、 $6,000\text{min}^{-1}$ のものも出現している^[1]。また特別の場合を除いては、CNC 制御で、DC モニターなどにより無段階変速方式が採用され、周速一定にしている。工具位置に指令信号と比較して偏差を 0 にするクローズドループを取り入れているものが極めて多くなっている。案内面には弗素系材料を用いて、摩擦係数を小さくしている。軸受も仕様によってころがり軸受け・静圧軸受の何れも使えるが、静圧軸受も浸透しつつあると見られる。

§ 12 機械加工等諸加工

1. フライス盤とマシニングセンター

一部を給いて、金型の諸要求は六面直方体から、直接削り出すか、放電加工・ワイヤ放電加工によって造形する。嘗ては一つの曲面ごとに加工していたようなフライス加工も、今は素材の一面から削り出して多数の曲面群を創出できるようになった。この点でフライス盤とマシニングセンターの間には著しいブレイクスルーがあったといえる。

現状では一加工品ごとに CAM 室から加工データが、工具室から必要刃具が送達され、しかも加工日程まで指示され、刃具の寿命管理までできるものもある。従って、オペレーターの業務は披加工物を所定の場所に取り付け、加工完了品を現認し、取り外して、所定の部署に連絡することになる。現在もマシニングセンターは著しく自動化が進んでいるが、その活用が進むほど一段と複合化が進んでいく。

マシニングセンターには加工物の形状、特徴に対応して選べるように縦形と横形がある。主軸の保持の方向の違いがこの2種を生み出している。また制御軸数も機種の特徴づけの一つになっている。

2. マシニングセンターの特長づけ

マシニングセンターの特長づけのポイントはつぎの4点をあげていることが多い。

高剛他の機械本体構造（主要部に充分なリアを配し、厚肉のミーハナイト鋳鉄を使用する。主軸頭の上下動は油圧シリンダでバランスを保持する。）

強力な加工能力（高馬力駆動モータと3点支持構造、大形フロントベアリングを用いた高剛性主軸で強力重切削をする等）

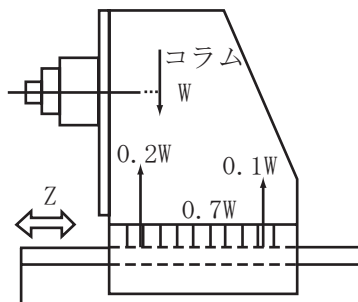
高精度割出しテーブル（大径カービックカプリングによる割出しと強力クランプによる重切削、エア吹き出しによる切屑の噛み込み防止）

高性能送り機構（焼入研削した厚肉・広幅の角形案内面と予張力の超精密ダブルナット式ボールねじ等で構成する案内方式）

これらによって、運動範囲：テーブル左右方向（X軸）1500×主軸上下方向（Y軸）1300×コラム前後方向（Z軸）800において、高精度仕様機では位置決め精度：±0.004mm/全長、繰り返し精度：±0.0015mm/全長を実現するという^[1]。このような高精度に連続加工をするには、

(75) フライス加工

- ① 主軸の熱変形対策（主軸潤滑油温度制御、熱変形の少ないスピンドル構造、潤滑油品質など）
- ② 摺動面にかかる荷重の均一化（半浮上摺動方式：図 75.1）
- ③ 迅速な ATC 機構（AC サーボモータによるマガジン割出し精度向上、カートリッジの省スペース、切り屑・切削液が付かない諸要素配置）
- ④ 高速パレットチェンジ機構が追求されている^[2]。



ターカイト加重：0.7W
半浮上加重：0.2W, 0.1W

図75.1 半浮上方式

3. NC と CAM

CAM により生成される NC プログラムに許容値指定により、1 ブロックの長さがきまる。この近似計算過程では主軸の回転数、軸の送り速度というような工作機械の動的な影響は要件に入らず、理論的な形状精度からのみで結果がきまる。NC と CAM の処理の違いを表 75.1 に示す。その第 4 項目によって切削所要時間が違ってくることを見落とし易い。

表75.1 NCとCAMの処理の違い^[3]

	NC	CAM
1	◎ コーナ部での適切な加減速処理 (モータ軸換算の負荷イナージャ、制御系のゲインを考慮し最適の加減速を行って、衝撃を少なく、設定された許容エラー量以下に精度をコントロールできる)	△ コーナ部での加減速処理の適正さはNCに劣る (加減速不足によるコーナ部での衝撃または加減速過多による加工時間延長を引き起こす)
2	△ コーナ角度（直線の交わる角度）の大小により加減速をかけられるが、溝切削か、片側切削（ピックフィード切削）かの区別がつけられない	○ 加工中の工具の接触断面を認識し、単位時間当たりの除去体積を一定に保つようにコントロールできるソフトが存在する。これにより、溝切削時の送り速度を片側切削（ピックフィード切削）時より低く抑えられる。
3	○ 連続した直線ブロックの場合、各ブロックの終点で急激な速度変化が起きやすいが、TOSNUCではCNC SHAPE機能によりこれらを避けられる。 また、円弧補間、NURBS補間などのように、NCの最小処理時間（割り込み時間）毎の分配指令を生成できることにより、スピードの急変を生じることがない	△ NCの処理時間（割り込み時間）とは全く関係なく、指令値を生成する。 したがって、各指令の実行時間はNCの割り込み時間の整数倍とは限らず、それよりはるかに短い時間内で実行の終了する指令も容易に生成してしまう
4	△ 工具径補正、マクロプログラミング機能を用いるなど、解析時にNCの最小処理時間の数倍を各ブロックで要してしまう	○ 複雑な形状でも、工具径補正やプログラムを用いる必要がない。ただし、工具の出入り位置の指令が難しい

4. 注意事項：その他の新しい技術

上記に述べきれなかった新しい技術としては FF 加工（Flush Fine Cutting）^[4]、「一発大荒・カケ上がり加工」^[5]、クーラント液を使用しない加工技術^[6]などがある。紙面の都合で詳細は割愛するので文献を調べて頂きたい。

出典

- [1] (株) 牧野フライス製作所：カタログ マシニングセンタ MC1210/1510, M247. 93 (H2/2.0 (3P-F))
- [2] (株) 牧野フライス製作所：カタログ マシニングセンタ MC4 ファミリー M264d, 9611/3.0 (AB-F)
- [3] 百地 武：型技術. 13(3)P52(1998-3)
- [4] 貝原 紘一：日本塑性加工学会板金プレス成形分科会第 39回 SMFセミナーテキスト(1997.7.1)
- [5] 高橋 百利他：素形材センター研究調査報告 522 (平成9年度) F97.1.1. 型技術協会、(財)素形材センター (平成10年2月)
- [6] 松岡：型技術 13(10)P18-23(1998.9)

§ 12 機械加工等諸加工

1. プラスチック金型製作における研削加工

プラスチック成型用の接続的な製作工程に必要な研削加工にはつぎの3種類がある。

- (1) キャビティ・コアの仕上げ前または仕上げのための研削
- (2) 金型構成要素間の接触面・摺動面の研削
- (3) 金型要素特にキャビティ・コア切削用刃具の研削

それぞれの目的によって研削盤、砥石が異なってくる。

また最近著しい発展を遂げているELID (Electrolytic Inprocess Dressing : 電解プロセスドレッシング) 研削は理研大森氏と東大生研中川教授の開発によるもので、寧ろみがき作業に属するものである。さらに電鍍マスタ製作^{[1][2]}他に適用が試みられ、またプロファイル研削^[3]、小径ピンの研削^[4]の開発も進められている。実際の成形金型の実施例の公表が待たれる処である。

2. キャビティ・コアの仕上げ、仕上げ前の研削および接触面・摺動面の研削

(1) 従来キャビティ・コアの平面部は平面材削盤によって、2次曲線部はプロファイル研削盤(輪郭投影研削盤)によって研削されている。他の工作機械が汎用→簡易NC→NC→CNCと進化したのに付し、金型生産設備としての成形研削盤は手作業によって成形研削をつづけていたために、その地位をワイヤ放電加工機に奪われてしまった^[5]。これをまき返すために、CNC化と構造の設計変更によりつぎの諸項目を改善したという報告もある^[5]。

- ① 高能率化—多高異研削、クリーブ・レシプロ連続研削、左右高精度ターン研削、ロータリドレッサによるドレス法、複合研削(図76.1)^[5]
- ② 高速化—左右作業中にストローク長・位置を変更、切込中にストローク量を順次縮力、クリーブ送り。
- ③ 高精度化—全摺動面左右対称形化、全摺動面キサゲ仕上げ、油圧タンクなどを機体外に出す。

さらに、1997年秋の日本国際工作機械見本市にはELIDシステム搭載のCNC平面研削盤^[6]が、鏡面研削の実演をしていたという報告^[6]もある。

まだ3次元曲面の研削は経済的でなく、その報文の発表も見いだせない。

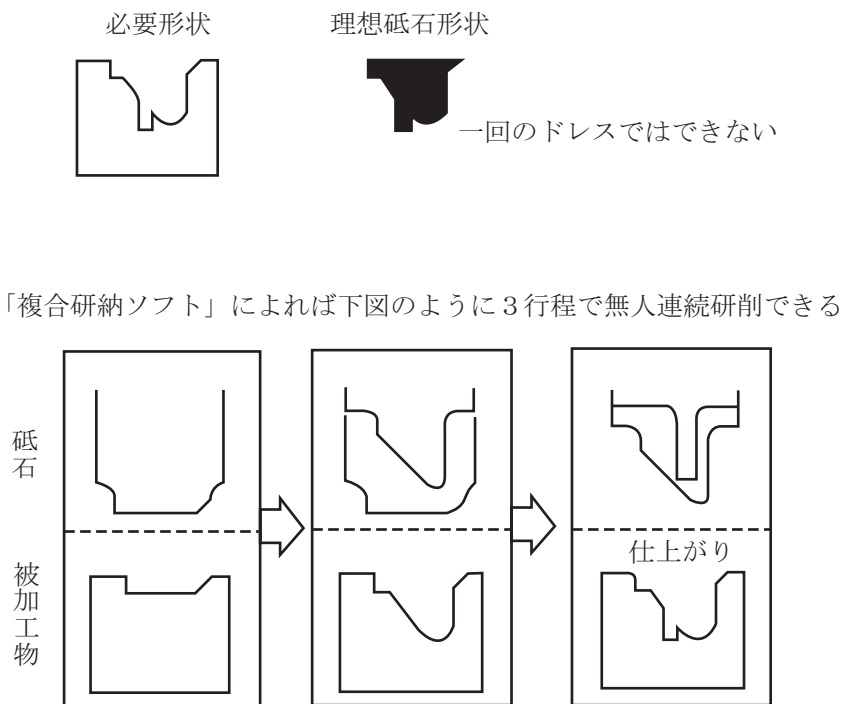


図76.1 複合研削の例^[5]

(76) 研削加工

(2) 穴仕上げ上加工にはジグ研削盤が必要不可欠である。最近はZ軸がリニアモータ駆動で、チョッピング・サイクルが毎分400回/25mmストロークの超高速送り機構をもつCNCジグ研削盤が出現している。この送り機構はリニアモータ構造で加速度特性が2.3Gという。^[6]

3. 金製加工用研削盤

工具研削盤も殆どCNC化されている。制御軸数5~7で、7軸のものを図76.2に示す。マシニングセンターの発達に伴いエンドミルやドリルなどの切削工具の研削性能が重要である。

従来は工具の3次元形状は主に創成研削によっていたため、他の工作機械に比べて著しく低能率であった。CNC化に伴い高速送りが可能になり、本体ベッドを3点支持の高剛性のものとし、ハイポイドギア駆動、主軸のビルトイン方式化などが検討吟味採用されている^[7]。そして主軸回転数は、 $12,000\text{min}^{-1}$ に通している。

また高精度確保のために、砥石軸のステータ周囲を冷却ジャケットで包み、一方、スピンドル内部にオイルミストを通してている。またプログラミングの数値化処理にも配慮している^[7]。

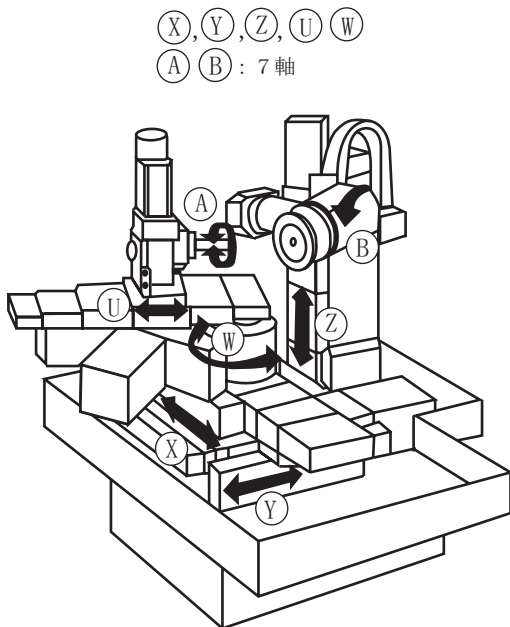


図76.2 7軸制御工具研削盤^[7]

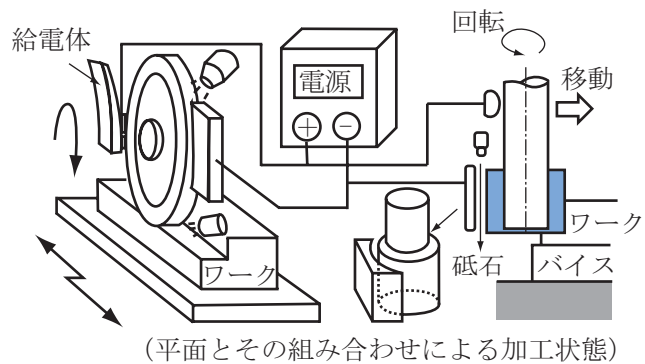


図76.3 ELID研削法の適用原理^[8]

4. 注意事項

- (1) ELID研削^{[8][9]}は鑄鉄を結合材とするダイヤモンド砥石に水平の研削液中でパルス電流を作用させて常により切れ味を保つもので起硬合金、サーメット、セラミックスの研削が可能である。
- (2) 研削用砥石には好みがあって、GC、WA、RAそれぞれを専用している企業と、目的に応じて区別使用している企業とがある。自社により物は何か時々見直したい。

出典

- [1] 大森 整他：型技術者会議 95No. 324(1995-6)
- [2] 大森 整他：型技術者会議 95No. 325(1995-6)
- [3] 野口 清隆他：型技術 13(8)P158-159(1998-7)
- [4] 李 偉他：型技術 13(8)P162-163(1998-7)
- [5] 長島 善行：型技術 10-(3)p79-83(1995-7)
- [6] 松岡：型技術 12(3)P18-23(1997-3)
- [7] 井上 茂：型技術 11(12)P80(1996-11)
- [8] 大森 整他：型技術者会議講演論文集 No. 324(1995-6)
- [9] 野口 清隆他：型技術 13(8)P158-159(1998-7)

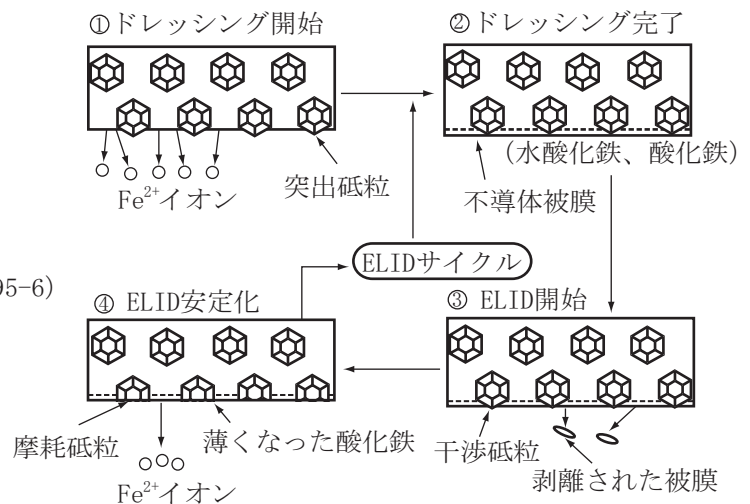


図76.4 ELID研削法のメカニズム^[9]

§ 12 機械加工等諸加工

1. 放電加工とは

導電性材料を工具電極とし、鋼、超硬合金、その他の金属など金型材との間にパルス状の放電を発生させ、被加工物を溶融除去する加工法が放電加工である。総形形状の電極を垂直方向に下げて加工する形彫り加工と、細いワイヤを電極として被加工物の中に輪郭をくり抜くワイヤ放電加工とに大別される。形彫り放電加工で電極に銅、銅タンゲステン合金を用いるときに、加工液としては通常軽油を使う。電極にグラファイトを用いる時には、加工液として純水に添加物を混入した一種のポリマー^[1]を使う。

またワイヤ放電加工においては純水に被加工物に撒布しながら加工するものや純水槽や油槽の中で加工するどぶ漬け方式とがある。放電加工の電源回路としては、図 77.1^[2]に示すものが最近の代表的な例である。極間電流波形は①の状態から何回かの段階を経て②の状態に移行させる。

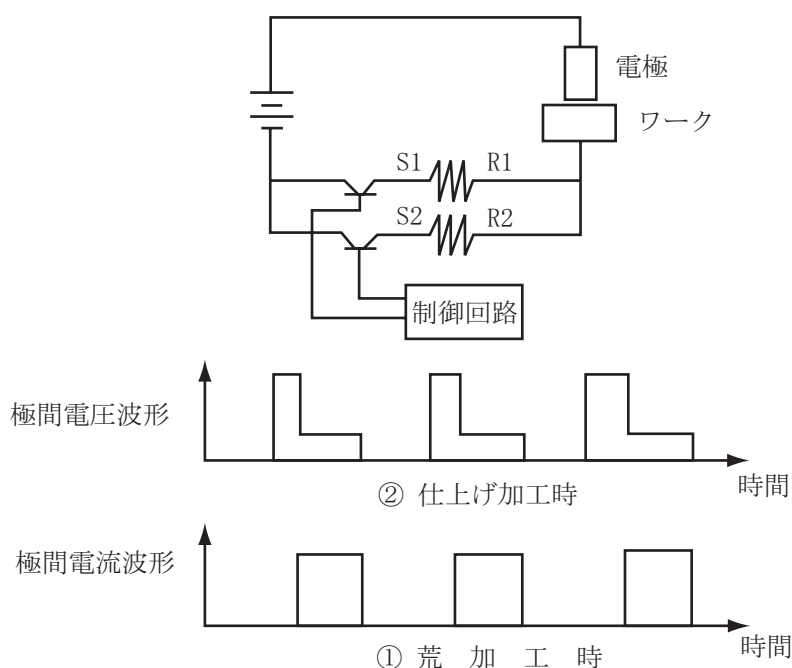


図77.1 放電加工の電源回路と極間電流波形 ^[2]

2. 放電加工機の行方

形彫り加工機は加工の高速化、仕上げ面の鏡面化、複合電極化、不燃性加工液使用による無人化・安全性確保、ファジィ制御機能賦与による熟練技能の不要化^[3]が、ここ 10 年の間に着々と進行し、ほぼ完成している。

ワイヤ放電加工機では、自動中子除去機能、ワイヤ電極自動通し結線による無人化、自動化、どぶ漬け方式による加工精度向上、加工開始穴加工装置・テーパ加工法の開発による加工形状の拡大も予測されていた^[3]ように実用化している。

今後問題になるのは短納期、低価格を益々求められるプラスチック成形金型の製作に、電極を造形してキャビティに転写する方が得か、かなりの高硬度の材料まで切削可能になっているマシニングセンターで大部分を直彫り仕上げし、刃物がまわり込めない隅部のみ放電加工に任せた方が得かの議論が深刻になるであろう。議論より先行して、色々の産業分野の金型で直彫り方式が試みられていくであろう。

(77) 放電加工

3. 粉末混入放電加工法

最近著しく着目されている手法に粉末混入法がある。一般に放電加工面に梨地になり、みがき作業が必要であった。このため、かねてより放電加工のみでクラックのない良好な面粗さの実現が望まれていた。これに対し、1989年、斎藤・毛利・小林の諸氏により^[4]油加工液にシリコン微粉末を混入し高速鏡面加工が開発された。

この方法により得られた加工断面を図77.2に示す。

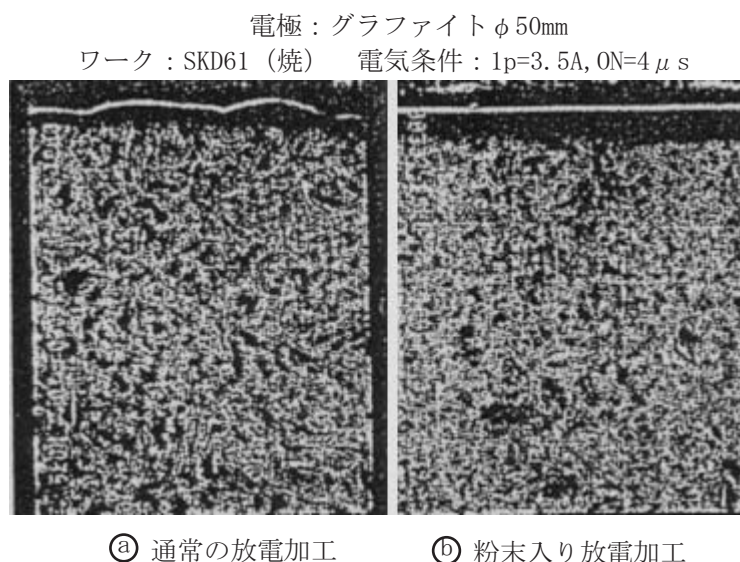


図77.2 加工断面の比較^[4]

そして、この方法を具体化した放電加工機が1992年三菱電機（株）から発売された^[5]。この方法はみがき作業が困難な形状・部位には極めて効果的で、手みがき作業の削減、金型のコストリダクションに大きく寄与している。

この方針はさらに検討され、新パルス回路（電流パルス割れを抑えられる回路）の開発した。この新回路と組み合わせることによって中仕上げ乃至は梨地面仕上面の作成時間を半分以下に減らせることを明らかにしている^[6]。

4. ワイヤ放電加工の進歩

電食を発生させない正極パルスと逆極パルスの最適な組み合わせ^[7]、最良面粗さ0.3μmRmax実現する電源^[8]などがある。

5. 注意事項

いずれの放電加工を行うにせよ、加工液の汚れは2次放電の原因となり、加工精度を下げる要因となる。如何に、加工設備が進歩しようが、最終的には取り扱う技能者の真剣さが最良のものを生み出すものである。

出典

- [1] 三水：応用機械工学(1989-1号)p125
- [2] 後藤 昭弘他：型技術 13(3)p100-101(1998-3)
- [3] 福井 雅彦：型技術 6(2)p22-26(1991-2)
- [4] 後藤 昭弘他：型技術 11(12)p29-30(1996-11)
- [5] 新開：型技術 10(3)p94(1995-3)
- [6] 河津 秀俊他：型技術 13(8)p68-69(1998-7)
- [7] 韓 福桂：型技術 13(8)p64-95(1988-7)
- [8] 佐藤 清侍他：型技術 13(8)p72-73(1988-7)

§ 12 機械加工等諸加工

1. 金型製作における電鋳^[1]

プラスチック成形金型のキャビティは成形品の表面に接する複雑な形状をもつため高い精度の仕上げが必要である。また、キャビティの加工形状は成形品と逆であるため、機械加工が極めて困難な場合があった。このため、古くから放電加工と並んで、精密鋳造や電鋳加工が利用されてきた。

電鋳による金型製作には高い転写性と転写精度が期待できるので、ニッケルめっき技術の開発と殆ど同時期から使われている。

2. 電鋳の原理とその工程^[1]

電鋳は基本的には電気めっきと同様に金属の電気化学的析出である。めっきは良好な下地処理の後に20～30 μ mの薄層を電着させるものである。これに対し、電鋳は「マスター」または「マンドレル」と呼ばれる下地に離型処理をした後に、3～5mmの厚さ（大物ではもっと厚くなる）の金属層を電着させる。この層を下地から剥がして裏打ちをし、内面をそのままキャビティの表面として使用する。電鋳層を用いる金型の製作工程は図78.1に示す通りで、3次元形状のレザーや皮を張って原型を作る。シリコン樹脂などでこれを反転して電鋳用マスターを作る。

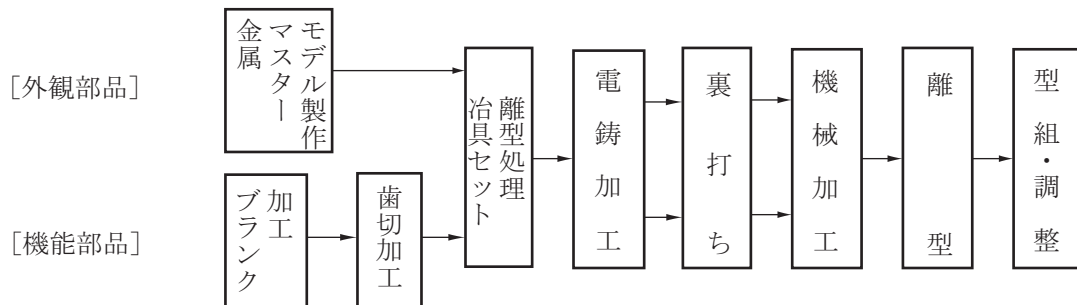


図78.1 射出成型用の電鋳金型の製作工程^[1]

3. 電鋳の特長と活用例^[1]

上記の原理から判るようにつぎの特徴がある。

- (1) 使用目的に合わせて電着金属の硬さ、引張の強さ、耐熱性を広く選べる。また、マスター材質もかなり広く選べる。
- (2) 転写性にすぐれ、寸法精度が高い。
- (3) 電解槽が大きければ、後処理材の形状にあまり左右されず、大形キャビティが作れる。
- (4) 電着層の厚みは自由に選べる。取り付けられる金型が必要とする熱容量や強さできめればよい。

(78) 電鍍

- (5) ニッケルと銅など異種金属の複合電着が可能で、熱伝導性などが調整できる。
- (6) 中空品の製作ができる。
- (7) 金型が大きいほど他の製法よりコストが安くなる。

ただし、厚い電着層を得るには数週間もの長時間を要するという欠点がある。射出成形用金型の活用例を表78.1に示す。力学的強さと耐食性の点からニッケルが最も広く使われる。

表78.1 射出成形用金型における電鍍加工の活用例

区分	種別	品名	電鍍使用の理由	電鍍金属	マスター材質
自動車産業	内部部品	インストロメントパネル、ドアトリム、エアバックホーンパット、ステアリングホイール、P座用エアバック蓋、コンソールボックス	デザイン、コスト	ニッケル	エポキシ樹脂
	外装部品	バンパー、リヤスポイラー、ガソリタンク、ホイールキャップ	デザイン、コスト	ニッケル	エポキシ樹脂
	機能部品	ギヤー、リフレクター	転写性、寸法性	ニッケル	銅・銅合金、アルミ・アルミ合金成形品
弱電産業	外観部品	パネル、ツマミ類	転写性、寸法性	ニッケル	銅・銅合金、アルミ・アルミ合金
	機能部品	ギヤー、フレネルレンズ、CD・DVDピックアップ用レンズ、導光板	転写性、寸法性	ニッケル	銅・銅合金、アルミ・アルミ合金、ガラス、フォトレジスト、アクリル等成形品
精密産業	光学機器	レンズ、アクセサリ部品	デザイン、寸法性	ニッケル	銅合金、成形品
	医療機器	カテーテル先端、注射針ケース、試験管	デザイン、寸法性、耐食性	ニッケル	銅・銅合金、アルミ・アルミ合金
その他	各種電極	放電加工電極	転写性、寸法性	銅、ニッケル	銅合金、アルミ合金、エポキシ樹脂
	文具	筆、軸、キャップ	デザイン	ニッケル	銅合金、成形品

4. 注意事項^[1]

- (1) 射出成型用金型は成形時に350~450kg/cm²の高圧を受けるので電鍍層に裏付けをしなければ使えない。三次元形状の電鍍層を形板に隙間無くはめ込むには、注意深くアルミ合金や垂鉛合金のパッキングをして、固定する。この固定にノウハウと注意が必要である。(図78.2)

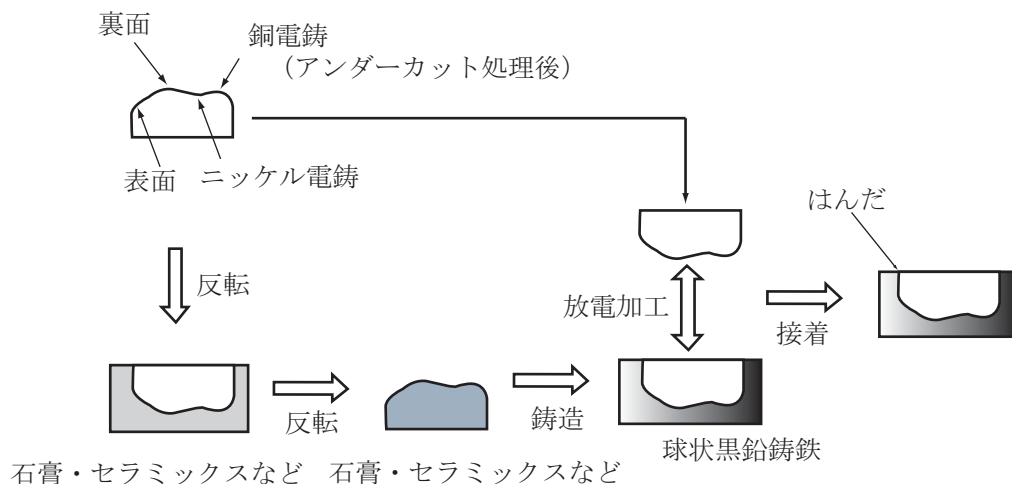


図78.2 電鍍・放電加工用の金型組み込み

- (2) 固定に際し、鋳造応力で電鍍層が割れることがある。このために、電鍍と放電加工を併用する方法(図78.2)がある。

出典

- [1] 竹田 博昭：UYEMURA TECHNICAL REPORT No. 43 P43 37 上村工業(株) (1998-11)
- [2] 竹田 博昭：池上化研工業 特許 平2.17334

§ 13 手仕上げ、組立

1. 手仕上げと人

微細機械加工や精密切削などにより、研削加工仕上げが排除され、直彫り、切削の発達により放電加工は相当な程度、縮減されるかに見える。いわゆる仕上げレス化技術によって仕上げ作業は徐々に排除されつつある。嘗ては金型構成要素の完成を見るために無視できず、付随的にしなければならなかった仕上げ作業を排除するための技術開発も行われ、その成果をあげつつある。

金型完成までに行われる仕上げと呼ばれる作業にはつぎのようないろいろな要素^[1]がある。

- ①部品の手仕上げ（面取り、ガス抜き）
- ②部品の鏡面仕上げ
- ③部品に嵌合性・摺動性賦与
- ④部品の組込
- ⑤配線・配管作業
- ⑥合わせ部の調整
- ⑦試作成形結果の評価と不具合点の修正
- ⑧修理改造の際に発生する入れ子の調整、溶接による肉盛り調整

これらの作業のあるものはソフト技術を種々の加工法の発達により短縮されつつある。自動化することが不経済なためなかなか完全には排除されない作業も少なくない。そういうものは人が工具を使って、人の技能的判断で作業されている。

2. 技能熟達

「技術、技能とその変化」については冒頭の「本マニュアル作成にあたって」の4節で述べたが、手仕上げは技能と大きくかかわるので若干付説しておく。浅井氏によれば^[2]技能は技術を構成する重要な部分である。技術は特定の目標を達成するための手段体系であり、知識をベースとした技術（工学技術）と、技能をベースとした技術から構成されている。技能は、主として「こと」を達成する上での人に付随した熟達、勘、ノウハウと呼ばれるものであり、容易に言語や図形によって情報化、形式知化できない部分を指す。

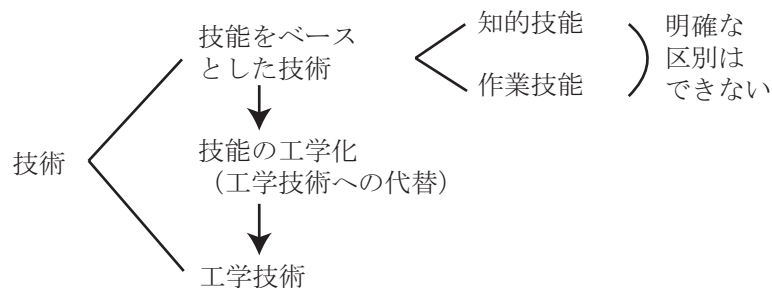


図79.1 技能と技術の関係

(79) 手仕上げ作業

この技能には、実践を中心とした作業技能と、判断など頭脳を中心とする知的技能の2つがある。ただし、知的技能と作業技能は明確に区別できない面がある。(図79.1)

そして熟達した技能がスキルである。現今のような労働事情では全ての技能者にスキルを持たせられない一方、スキルを伝承していかなければ困る状況にある。そして、1998年秋には、型技術協会では、「型技術ワークショップ 98in浜松」で「スキル創造・伝承」について「NC加工におけるスキル抽出」^[3]をはじめ、いくつもの研究成果が発表されている。

3. 手仕上げを含む技能の行方

高度の金型には高い精度が要求され、部品加工に高精度が求められる。これを実現するには

- ① 工作機械の動的剛性・精度
- ② 繰り返し加工の精度
- ③ 工作物取付け治工具精度
- ④ 工作機械設置環境（温湿度、空気清浄度）
- ⑤ 工作機械の個性への対応策
- ⑥ 上記を維持するための作業者の習熟度

が必要である。^[4] 逐一はあげないがこの作業者の習熟度の対象の中に種々の手仕上げ作業が含まれている。手仕上げ作業を排除するために開発された新設備を導入すれば当然不必要になる技能もあるが、図79.2^[5]に示すように新たに必要となり、獲得された技能も生まれる。このように技能は変質していくものであるが全く不必要になることはない。

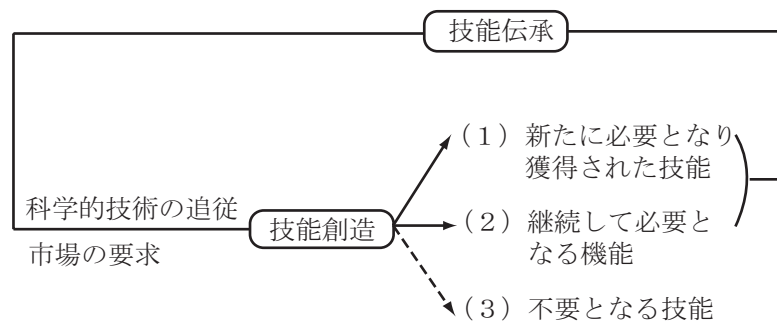


図79.2 技能の創造と伝承 ^[5]

4. 注意事項

先を見据えている企業は技能の伝承に熱心である。しかし多くは On the Job Trainingで、技能士資格取得を間接的に応援する程度である。また公的資格より寧ろ自家作業に直接支配的要因をもつ課題を取り上げている企業もある。

出典

- [1] 河野 泰久：型技術 11(12)P42-43(1996-11)
- [2] 浅井 敬一郎：型技術 12(5)P62-66(1997-4)
- [3] 幸田 盛堂他：型技術 13(13)P76-77(1998-12)
- [4] 斎藤 弘：型技術 12(1)P63-68(1997-1)
- [5] 浅井 敬一郎：型技術 12(12)P18-22(1997-11)

§ 13 手仕上げ、組立

1. 従来からのみがき作業

1989年の *plastics machinery & equipment* 誌^[1]によれば、医療器具のような重要成形品を成形する極端に細かい金型では製作原価の20%強がみがきであるという^{[1][2]}。そしてよいみがき作業の第一の条件は成形品にキャビティ面の良好なみがき面を転写できるようにすることにあるが、よいみがき作業はつぎの利点^[3]も引き出すことになる。

- ①成形サイクルの終わりのエジクトを迅速化でき、
- ②金型表面の錆、腐食の生成を減少させ、
- ③成形サイクル中の瞬間的な過負荷、疲労破壊、クラックを減少させる。

また一般にみがき作業はつぎの工程順に進める。

- ①粗いダイヤモンドペーストと硬いみがき工具によるみがき
- ②粗目ダイヤモンドペーストと中程度の硬さの工具によるみがき
- ③中目ダイヤモンドペーストと中程度の硬さの工具によるみがき
- ④中目ダイヤモンドペーストと柔らかい工具によるみがき
- ⑤微細ダイヤモンドペーストと柔らかい工具によるみがき

これによって、機械加工の擦り傷や研削焼け、放電加工の残留物をみがき取る。またみがき回数と表面粗さと前加工との関係の1例を図80.1^[3]に示す。放電加工面のみがきは工数がかかることが判る。また、前加工がSL#320で熟練工が磨いた仕上げ面粗さ^[4]とその時の除去量を図80.2、図80.3^[4]に示す。因みに各種仕上げ面粗さを表80.1^[4]に示す。

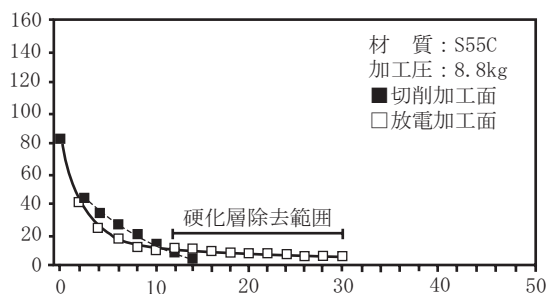
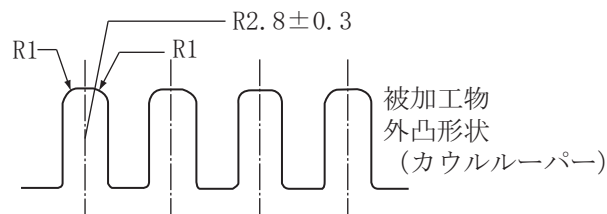


図80.1 みがき回数と仕上げ表面粗さ^[3]

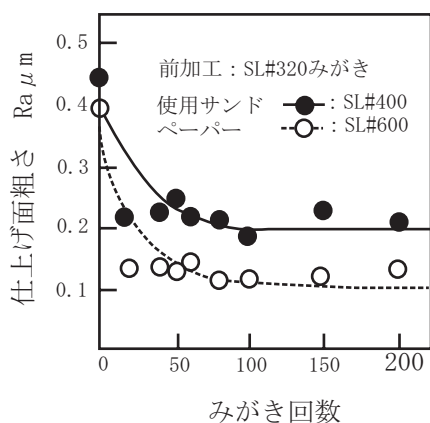


図80.2 みがき回数と仕上げ面粗さ

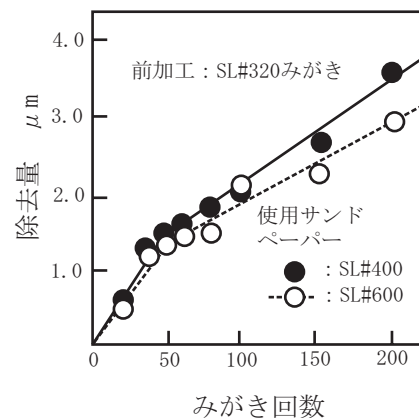


図80.3 みがき回数と除去量^[4]

(80) みがき作業

なお、各種成形金型、プレス型に求められる仕上げ面粗さは表 80.1 のようにいわれている。このために地道に熟練技能者がこつこつと磨く一方、その負荷軽減のためにみがきの自動化の研究が進められている。

表80.1 金型の種類と仕上げ面粗さ^[4]

金型名称	面粗さ μmRmax
DVD射出成形金型	0.008~0.01
CD射出成形金型	0.01~0.02
自動車用テールランプカバー射出成形金型	0.1~0.5
TV外装射出成形金型	0.3~0.5
自動車外装部品プレス型	5~6
自動車内装部品プレス型	10~20
同上プレス 2 部品の凸Rすべり込み部	1.0

2. みがきの研究^[4]

その主なものはつぎの通りである。

- (1) 磁気研磨：理化学研究所安斎主任研究員、東大生研中川教授が開発した方法である^[5]。砥粒にはプラズマ溶融法で製作したNbC・Feを使う。図 80.4 のように回転する電磁石の先端に砥粒を吸着して砥粒も一緒に回転して研磨する。S50C の金型の高速切削加工曲面で $1.9\mu\text{mRmax}$ の面を $0.5\mu\text{mRmax}$ に仕上げている。この研究では切削条件の影響も調べている。[6]一般に刃具一刃当たり送り量/ピックフィード送り量=1:10~1:5 がよい。この研究ではこの比を 1 にした時に加工能率は良く、磨き後の粗さは変わらないことを示している。

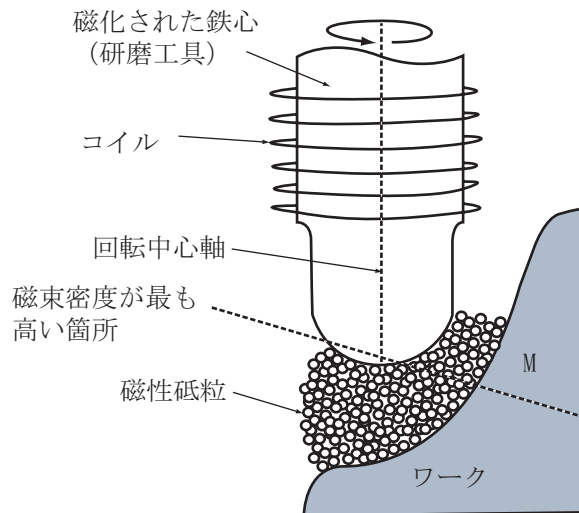


図80.4 曲面の磁気研磨モデル^[4]

- (2) CAD データに基づく 6 軸制御磨き：電通大竹内教授等は CAD データを用いてオーバーハングした金属面の磨き装置の開発を行っている^[7]。重直 6 関節ロボットを逆さに吊す形に固定し、ロボットアームの先端の回転装置にサンドペーパーを取付ける。これによって、初期面粗さ $8\mu\text{mRmax}$ のオーバーハング部を $0.09\mu\text{mRmax}$ に仕上げている。

3. 注意事項

- (1) いろいろの研究が進んでいるがまだまだ手作業のみがき作業が托されている。その作業者の適性を示す解説もあるがここでは省略する。
- (2) 先に § 12 (76) 4 項に述べた ELID 研削もみがき作業に属するものである。

出典

- [1] Kevin M. Cooney: plastics machinery & equipment 18(8)P47(1989-8)
- [2] 三谷 景三訳：型技術 5(1)P102-106(1990-1) [1]の訳
- [3] 金城 盛順：型技術 10(6)P40-44(1995-6)
- [4] 佐々木 哲夫：塑性加工学会セミナー資料
- [5] 安斎 正博他：1996 精密工学会春季大会講論 P921-922(1996)
- [6] 安斎 正博他：1996 型技術者会議講論 No. 220(1996-6)
- [7] 酒井 未希他：1995 形技術者会議講論 No. 208(1995-6)

§ 13 手仕上げ、組立

1. 組立て

金型の自動組立の報告はまだ見当たらない。金型は金型取りまよめの責任者（職長であったり、係長であったり、課長であったりする）が担当することが多く、豊富な知識経験を要求されるので、専門職としても尊要される人が多い。組立は捨部品を除く全ての部品の最終到達地点で、ここに至って部品は最終的な機能に寄与することになる。

金型まよめ者はCAMデータと平行して現場に送付される日程管理データと組立指示データ（または組立図）に基づいて組立作業を指揮する。

または一人の組立技能者が日頃から加工状況の進行に着目監視している部品を集合し品質確認をして組立てる。

組立に当たり注意確認することは、最終的には成形技能 - 成形品精度、成形効率である。当然、金型設計時に考慮指示されるべきことであるが、これを確認することが大切な業務になっていることが多い。技術的内容をブレイクダウンすればつぎの各事項である。

金型重量と取扱い補助手役の配慮（つりボルト穴、型開き用ボルト穴）

キャピティ配置と成形品取出し・落下機構との関連

コア・キャピティの板厚と仕上げ状況

コア・キャピティの冷却方法、冷却路の安全な設計と施行

ガス抜きの確認、形成

摺動部の材質、あたり、油だまり油溝

成形品のエジェクトおよび収納経路

ランナのエジェクトおよび粉碎工程へのつなぎ

インナガイド（ガイドピン、ガイドブロック）

スプループッシュおよびロケートリング

金型の解体性（解体用叩き穴、解体時の部品干渉）等

（81）組立て作業

2. 注意事項

（1）組立担当は成形試し打ちに大きくかわかり、成形現場との接点になるので、多くの企業では大きな責任を負わされている。成形品、成形技術、金型部品製作・仕上げに関する知識を広く求められている。

（2）わが国では組立担当は金型ユーザ（同一企業内の場合もあるが、金型部門には独立採算を求められている所が多い）からの全ての苦情の窓口となる。技術的な面だけでなく、金型製作仕様（契約）

についても十分承知しておく必要がある。

(3) 金型まとめ担当は教科書的な基礎知識だけでは仕事をこなせない。金型まとめ者の養成にはマンツーマンで先輩・師匠から組立の技を吸収するより良い方法は見当たらない。NC 工作機械などを担当し、手動工作機械作業の実務経験のない人が増えている。

このような人は数値では理解できても、実感（感覚、フィーリング）と一致しない。高度な技能は教えて伝わるものではない。「教わらない努力と教えない親切が必要である。」^[1]これは芸、芸術の世界とも通じるものがある。

(4) 金型の修理、オーバーホールにあたり、相手部品との寸法合わせをすることは面倒で非効率なことである。国際調達が進む今日では部品精度を向上し、無調整で部品交換することが求められており、かなりの企業で、実行されている。組立まとめ者は組込みを容易にする部品加工上のノウハウは如何にあるべきかを常に発信するとともに、その部品の材質・後処理の適切な実施状態を確認する能力も求められる。

(5) 要所要所に合いマークをつけておく。増し締めをした時は合いマークを適確に訂正しておく。このことはメンテナンスの点から重要である。

出典

[1] 吉田 弘実：型技術 10(6)P46-51(1995-6)



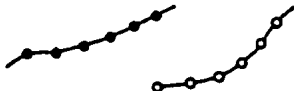

§ 14 新材料のための金型

1. ポリマーアロイの位置づけ

プラスチックを金属に代替するために、エンジニアリングプラスチックが開発された。さらに耐熱性などに対する高度な要求に応えるためにスーパーエンブラが生まれた。そして従来もっていなかった機能が求められて、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、液晶ポリアリレートが生まれた^{[1][2]}。つづいて、ポリシクロロヘキサントレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリブチレンフタレートが生まれた^[3]。色々なニーズに対応して新しい材料が求められている。

新しい材料の提供開発の手法の一つとしてポリマーアロイがある。複合化による新材料の開発パターン表 82.1^{[4][5]}の中にポリマーアロイの位置づけを示す。このポリマーアロイの走りは 1948 年に表れた DOW 社の HIPS、US ラバー社の ABS 樹脂である。また、比較的最近の開発実用化事例としては(10)節に述べた「りん片状マイカ添加 PA/PPE アロイ^[6]」もある。

表 82.1 複合化による新材料開発のパターン^{[4][5]}

ポリマー総合複合 = ポリマーアロイ	コポリマー ^{注)}	グラトコポリマー	あるポリマーを幹にしてポリマーが枝状に接ぎ木した形のコポリマー	
		ブロックコポリマー	あるポリマーに別の一種のポリマーが線塊になって結合しているコポリマー、この二種のポリマーが交互に連なっていることがある。	
	ポリマーブレンド		ポリマー同士を加熱し、機械的に混練する	
	IPN (Inter penetrating polymer network)		網目構造になって異種ポリマー同士を高度にからみ合わせた構造	
非ポリマーとの複合	複合化プラスチック材料	繊維配合	主として材料強化のために加える	ガラス繊維、炭素繊維、有機繊維(セルロース、セルロース、綿、ジュート、ザイザル麻)、化学繊維(ナイロン、オーロン、レーヨンなど)、石綿
		粒体・粉体充填	主として原価低減、比重・硬さ・すべり性改善のために加える。	水酸化アルミニウム、粉末アルミ、炭酸石灰、マイカ、ケイ酸石灰、カオリン、シリカ、二硫化モリブデン、滑石、グラファイト、カーボンブラック、石灰、木炭、樹皮
		ウスカ配合	主として材料強化のため加える	Al ₂ O ₃ 、SiC、BeO、B ₄ C、Si ₄ N ₄ など

注) コポリマーには右のほか、ランダムコポリマー、交互コポリマーがある

(82) ポリマーアロイ用金型

2. ポリマーアロイ用金型

一般にポリマーアロイは素材のプラスチック材料、および組合せならびに必要な相溶化剤など成分が多岐にわたる。このため金型設計法について一般的な指針は出されていない。実用化している企業では、ノウハウとして社内に納めている。材料開発に協力してくれる材料メーカの協力を得て、成形条件と金型設計のノウハウを把握する必要がある。

基礎的には例えば図 82.2^[7]のような流動特性を他のプラスチック材料の流動特性と比較しながら成形品の大きさも考慮に入れ、ランナ、ゲートの寸法ならびにキャビティ・コア間隙すなわち成形品厚さを確定する。この間隙が熔融材料充填時に流路となる。

またあわせて相溶化剤などから揮発するガスや流動過程におけるプラスチック材料が金型に接する部分をバルク部分との組成の違いや、色材ピグメントに起因するフローマーク、ジェットング、くもり、やけ、銀条などの外観不良やバリなどに留意する必要がある。

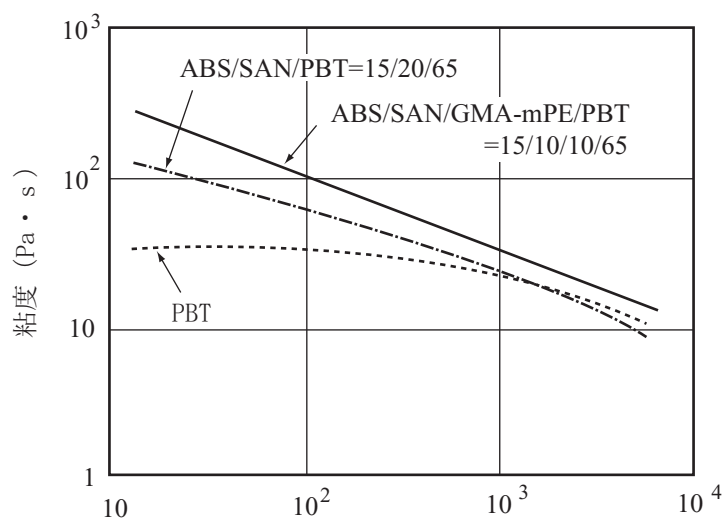


図82.2 PBT及びPBT・ABS系ポリマーアロイの流動特性^[7]

3. 注意事項

上記の諸状況を予測するためのCAEも、そのための必要データは即時にできるものではない。新しい材料ほど工匠の勘と経験にたよりながら金型の計画をしなくてはならないのが現状ではなかろうか。

出典

- [1] 安田：工業材料 35(6)P27(1987)
- [2] 田中：プラスチックスエージ 35(4)P148(1989)
- [3] エンプラ連絡会：新エンプラの本（改正版第3刷）
- [4] 小林 昭：プラスチック構造材料 P22.104 (株)工業調査会(1986)
- [5] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2版）P18.19 日刊工業新聞社(1995)
- [6] 西井 耕太他：成形加工 4(11)P712-716(1992)
- [7] 阪野 他：成形加工 9(6)P404-408(1997)

§ 14 新材料のための金型

1. 繊維配合プラスチック

繊維を配合して複合化する目的は 2 種以上の素材のそれぞれの特徴を損なうことなく、新しい工業材料を作り出すこと^[1]。物理的にも化学的にも異なった相を作り、有効な機能を生み出すこと^[2]、そして経済性を高めることである。

プラスチック配合材料は第 2 次世界大戦中に不飽和ポリエステル樹脂（熱硬化性プラスチック）をガラス繊維で補強した Fiber Reinforced Plastic (FRP) に始まる。この技術を米国の Fiberfil 社が、1955 年に熱可塑性プラスチックに拡張することに成功し、1958 年に ガラス繊維強化ポリアミド樹脂を発表した。これが FRTP (Fiber Reinforced Thermo Plastics) の走りである。

さらに配合材料として炭素繊維 (CF)、アラミド繊維 (AF)、ボロン繊維 (BF) を使用して、よりすぐれた特性 - 軽量性、耐衝撃性、振動減衰性を得ることができる。これらは先端複合材料 ACM (Advanced Composite Material) と呼ばれることもある。

2. ガラス繊維強化プラスチック

概要を表 83.1^[3]に示す。

表83.1 ガラス繊維強化プラスチックの概要

項目		説明
用いるガラス繊維材		低アルカリガラスまたは無アルカリガラス (Eガラス: Electricalガラス (アルカリ成分0.8%以下のもの))
配合上の注意		無機物のガラス繊維と有機物のプラスチックが分離しないようにシランカップリング剤でガラス繊維表面処理する。 (シランと有機ケイ素化合物である水素化ケイ素 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ の総称)
注意事項		不必要に充填量を多くしないこと ガラス繊維の場合上限は35wt%くらい (本文参考)。多すぎると圧縮強さ、曲げ強さが低下する (結晶化が妨げられて、樹脂同士の結合力が弱くなるためであろう) ペレットの粒度分布を定期的に調べ、粒度が均一な材料を入手使用すること 成形条件のバラツキ、成形不良の多発の原因を防ぐため 再生品 (リターン材) の混入率10%以下に抑えること 再生品では強化材が切断されているので初期強さが低下している 成形収縮率などの物性異方性を調べて金型設計すること ウェルド部のクラックについて特に注意すること
適用材料	熱可塑性	強化材添加の無意味なもの 透明な非晶プラスチック (PMMA, PSなど) Tg低いプラスチック (PE, PP)
	熱硬化性	広く使用されたいもの PC (透明だがTgが比較的高く140~150 で耐衝撃性に優れている) PPS, PA, POM, PBT, PAI (ポリアミドイミド)
効果		力学的強さ向上、耐熱性向上、成形収縮減少、寸法安定性向上、いずれも結晶性プラスチックで顕著 PA, PETではHDTが摂氏で100deg, PP, POMでは60~80degくらい向上する 一般に非結晶性樹脂、例えば、スチレン系、PMMA, PC, PVC, PPO, SSFなどは力学的強さ、寸法安定性が向上する。しかし、HDTは10~20 くらいしか向上されない。結晶性プラスチックでは充填剤結晶の融解を妨げるからであろう

(83) ガラス繊維強化プラスチック用金型

3. ガラス繊維強化プラスチック射出成形用金型に関する注意

諸文献^{[2][3]}ならびに著者等の経験をまとめると表 83.2^[4]のようになる。また、長繊維を用いる時は成形機とともに、金型について表 83.3^[5]の注意が必要である。

表83.2 ガラス繊維強化プラスチック射出成形用金型に関する注意

項目	注意事項	理由
スプル	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法は大きめに ・許されれば抜きテーパーも大きく 	材料の流動性が悪い ため "
ランナ	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法は大きめに ・繊維配向に悪影響が出ないように ・よくみがくこと 	材料の流動性が悪い ため 流動方向による成形収縮率、力学的性質に異 方性が生じるため 材料の流動性が悪い ため
ゲート	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法は大きめに ・繊維配向に悪影響が出ないように、ま たウェルド発生位置も考慮して大きさ、 位置、方向を十分検討のこと ・部品交換が可能な構造にする 	材料の流動性が悪い ため ランナの項に同じ 繊維による摩耗性に対し
流路全般（特に流動 圧、流動抵抗の大き い部分について、例 えばゲート部）	<ul style="list-style-type: none"> ・耐摩耗性金属を用いる ・場合によってはクロムめっきやフッ素 樹脂コーティングする ・フッ素樹脂混入ニッケルメッキも試 みしてみる ・CVD, PVDによるイオンコーティングも試 みしてみる 	繊維による摩耗と腐食に対し " " "
エアベント	<ul style="list-style-type: none"> ・十分にエアベントを設ける ・とくに成形品のウェルド部に設ける 	成形時に金型表面にシランカップリング剤が 白い粉のように付着することがあるため ウェルド部に材料を充填し易くするため場合 によっては材料の一部を逃がす
キャピティ	<ul style="list-style-type: none"> ・できるだけ焼入すること ・できれば分割型にすること 	繊維による摩耗に対し ガス抜きをよくするため
ダイセット	<ul style="list-style-type: none"> ・必要に応じて硬度を上げる 	射出圧力を高めるため、型が撓むのをふせぐ ため
成形品形状との関連	<ul style="list-style-type: none"> ・なるべく角ばったコーナ、肉厚の激変 を避けること。R面にしたり、緩やかな勾 配を持たせること ・ピンや開口部の周囲に製品肉厚を厚く すること ・成形材料の収縮率、力学的性質等物性 の異方性を調べて金型設計すること 	材料の流動性が悪いが射出速度を下げたいた め ウェルド発生による力学的強さの低下を防ぐ ため、成形品の精度、強さを確保するため （特に液晶樹脂）
金型材料	<ul style="list-style-type: none"> ・耐摩耗性、耐食性に対する考慮の他、 熱膨張係数の小さいものを選びたい 	金型のひずみを小さくするため

表83.3 ガラス長繊維強化熱可塑性プラスチック用の金型

項目	内容	理由
摩耗対策	短繊維の場合と同じでよい	同じ含有量なら長繊維のほうが繊維末単数が少ないので長繊維のほうが摩耗が少ないと考えられる
ランナ	6以上の円形または高さ6以上の台形	剪断速度を小さくするため大きくとる
ゲート	サイドゲートのとき ゲート厚 3mm以上 ピンゲートのとき ゲート径 2.5以上	同上
温度調整	十分配慮のこと	外観向上、結晶化促進を図り、金型温度を高く保つため

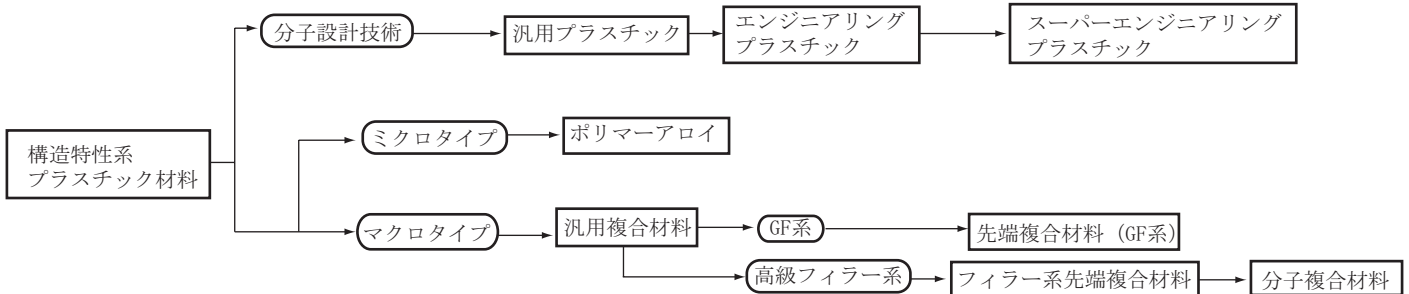
出典

- [1] 小林 昭：プラスチック構造材料（第4版）P104 日本工業調査会(1972)
- [2] 廣恵 章利他：プラスチック成形加工入門（第2版）P29 日刊工業新聞社(1995)
- [3] 内尾 舜二：型技術 6(12)P97-103(1991-11)の関連事項を要約
- [4] 青木 正義：型技術 13(9)p105(1998-8)
- [5] 高野 菊雄：合成樹脂 35(11)P8-9(1989-11)

§ 14 新材料のための金型

1. 炭素繊維の活用と開発

構造特性系プラスチックの系譜は図 84. 1^[1]のように要約される。炭素繊維強化プラスチックは高級フィラー系に属する。



注：この図ではガラス繊維複合材料も先端材料になっている

図84. 1 構造特性系プラスチック材料の系譜

用いられる炭素繊維は表 84. 1^[2]のように、構造材として用いられる炭素繊維プラスチックに用いられるものは 1989 年頃から殆ど PAN 系のものになっている。

表84. 1 炭素繊維の種類^[2]

種類	用途	収率
1 ピッチベース炭素繊維	炭素複合材料、耐熱性、耐食性、摺動特性、導電性の応用	85~90
2 PANベース炭素繊維	構造材として	45

(1982年1月現在)

炭素繊維強化プラスチックの一般的特徴は表 84. 2^{[2][3]}に示す通りである。

表84. 2 炭素繊維強化プラスチックの一般的特徴^{[2][3]}

<ol style="list-style-type: none"> 1. ガラス繊維強化プラスチックより比強さ、比剛性、などが高性能 2. ガラス繊維強化プラスチックより機能特性がよく活用されている 3. 疲労特性がよい 4. 強度の配向性を調整しやすい 5. 複雑な曲面形状の部品を成形できる 6. 振動減衰率が大きい 7. 摩擦係数が小さい、又、摩耗特性も良い 8. 耐薬品性がよい 9. X線の透過性がよい 10. 導電性がある 11. 新グレードの開発、マトリックスの改良が見通され、その活用が期待される
付1 : アラミド繊維複合材料 (AFRP)は炭素繊維、ガラス繊維とハイブリッドに多く利用され軽量性、耐衝撃性を賦与するのに貢献している
付2 : ボロン繊維複合材料 (BFRP)は特殊用途に用いられる。しかし、ボロン繊維が高価なため需要減少

これらに用いられる炭素繊維の開発の歴史を参考までに表 84. 3^[4]に各種炭素繊維の開発の歴史を、表 84. 4^[5]にピッチ系炭素繊維の開発の歴史を示す。

(84) 炭素繊維強化プラスチック用金型

表84.3 各種炭素繊維の開発の歴史^[4]

1880年	T. Edison	白熱電燈フィラメント用特許（20世紀に入り、フィラメントはタングステン線に代わった）
1950年代後半	-	航空宇宙用の複合材料素材として研究開始
1955	UCC	レーヨンを原料とした製品ThorneIを上市（ロケットのノズル、各位パッキン用）
	進藤	ポリアクリロニトリル（PAN）を原料として試作、完成
1959～61	（大阪府工試）	
1962	日本 大谷	汎用品として生産開始 ピッチを原料として生成することを提案、実証
1963～64	（群馬大）	
1964	-	レーヨン系、PAN系とも、高性能品が開発された。その後PANが主力となる
1967	呉羽化学	工業的規模で、ピッチを原料とする研究に着手
1969	?	ピッチ系高性能品の製法が報告された
1970	-	レーヨン系、PAN系とも特性改善が重ねられ（大谷）、汎用品として工業化された
1971	東レ	PAN系製品を最産開始

表84.4 ピッチ系繊維の開発の歴史^[5]

1963年頃	群馬大・大谷教授がPVDを300以下で脱塩酸して、溶解性ピッチを得る、このピッチが曳糸性に富むので熔融紡糸、酸化処理して不融性化し、不活性雰囲気中で炭化し、炭素繊維を得る着想を得る
1967年	呉羽化学工業が工業的規模の研究に入り、2年半で10トン/月のプラントを建設
1970年（2月）	プラント運転開始つづいて、米国の宇宙開発関連の市場を狙って、市場開拓を図ったが第1次石油危機で市場が伸び悩む
1973年（6月）	東洋紡・呉羽化学が炭素繊維活性炭育成のため太洋化研を設立。1978年に事業は再び呉羽化学に移行
1975年	50トン/年生産
1980年	200トン/年生産

2. 炭素繊維強化プラスチックの射出成形と金型

この材料を射出成形するための金型をその射出成形の特長とあわせて表84.5^{[2][6]}に示す。

表84.5 炭素繊維強化プラスチックの射出成形と金型^{[2][6]}

成形	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素繊維強化プラスチックの成形には、ガラス繊維強化プラスチックの成形法が原理的にはすべて適用できる 炭素繊維は剛性が強く、脆い．異方性が強い．しかも炭素処理がむずかしい ・ガラス繊維強化プラスチックより成形性が悪い．黒色で不透明なので、成形作業の良否を外観では判別できない
金型	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素繊維強化プラスチックの使用目的が弾性係数の向上、電磁シールドのため長繊維を保つように考慮すること ・このため異方性が大きく出るので、収縮性を十分検討すること ・使用目的に従い薄肉化するため、成形圧力を大きくするのが一般的である．金型設計にはこのことを十分考慮すること ・具体的な事項の1、2をあげれば、金型の摩耗、そり、割駒の開きはガラス繊維プラスチックの場合より大きい．少なくともゲート部は超硬合金を用い、モールドダイセットは焼入れすることが望ましい

3. 注意事項

ガラス繊維複合プラスチックの場合と同じように、金型に関する文献は乏しく、古い文献と著者の知見をあわせて表 84.5 にまとめた。

炭素繊維は剛性が強い反面、脆く異方性が著しいので、成形圧力にガラス繊維の場合より大きめにすることになる。したがって、金型要素の開きや摩耗、ガス抜きに気を配る必要があると考える。

出典

- [1] 井出 文雄：プラスチック 47(10)P2-7(1996-10)
- [2] 深井 保：日本機械学会誌 80(701)P367-373(1977-4)
- [3] 森本 尚夫：9(5)P336-344(1997-5)
- [4] 高分子学会編：高分子新素材 P456(1989)
- [5] 天城 康雄：高分子 31(1)P62(1982-1)
- [6] 田部井：材料 19(206)P11(1970)

表85.3 通常の金属焼結とMIMとの相違^[2]

	MIM	通常の金属焼結
素材	金属粉末 + 樹脂バインダー	金属粉末
成形法	射出成形後焼結	金型プレス後焼結
完成品形状	かなり複雑な形状ができる 3次元形状で優位	比較的簡単な形状にとどまる
透かし彫り	デザイン可	不能
工程上の特徴	焼結前に樹脂バインダーを丁寧に除去する（脱脂）工程が必要	脱脂工程不要
公差	±1%以下、小物で±0.3%	±2～5%

§ 14 新材料のための金型

1. MIM

プラスチックをバインダーとして金属粉を成形するのが Metal Injection Molding (MIM. 金属射出成形) である。ちなみにセラック粉を成形するのが Ceramics Injection Molding (CIM. セラミック射出成形) である。これらによって、複雑な 3 次元形状の製品をニヤネットシェイプの考え方で作り、仕上げ作業を排除しようというものである。

この MIM は 1960 年代に米国 NASA の元研究員 Dr. R. E. Wiech, Jr. が開発したのが端緒だといわれている。[1] 表 85.1[1] にその概算を示す。

MIM と類似他技術との比較を表 85.2[1] に、通常の金属焼結と MIM との相違を表 85.3[2] に示す。

表85.1 MIMの概要[1]

項目	説明		
狙い	<ul style="list-style-type: none"> ・流動性と賦形性、保形性を同時にあたえる ・金属粉末を焼結体として、複雑な 3 次元の金属製品を生産する。このため、有機系バインダーを添加する ・鋳造のようなひけ巣（プラスチック成形ではポイド）が生じない 		
工程	<pre> graph LR A[金属粉末] --> B[樹脂バインダー配合] B --> C[射出成形 (金型が必要)] C --> D[低温徐熱 (脱脂工程)] D --> E[高熱加熱 (焼結)] B --- B1[流動性を 与える] C --- C1[成形体ができる (グリーンと呼ぶ)] D --- D1[ばインダーを気化 させる (時間がかかる)] </pre>		
対象金属	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的にはどんな金属でも可 ・高コストなので、ステンレス鋼、鉄コバルト合金（磁性材料）が主体であったがニーズに伴ってその範囲が広がっている 		
対象となった主な部品の例	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; vertical-align: top;"> 装飾機能 構造 </td> <td style="vertical-align: top;"> 時計部品、時計バンド 磁気回転ヨーク（印字ヘッド用、ほか）、ミシンルーパー 歯車 </td> </tr> </table>	装飾機能 構造	時計部品、時計バンド 磁気回転ヨーク（印字ヘッド用、ほか）、ミシンルーパー 歯車
装飾機能 構造	時計部品、時計バンド 磁気回転ヨーク（印字ヘッド用、ほか）、ミシンルーパー 歯車		

表85.2 MIMと類似他技術との比較^[1]

比較項目		諸技術				
		MIM	ダイカスト	ロストワックス	粉末冶金	冷間プレスコイニング
1	形状の選択範囲	+	+	++	-	-
2	形状の細密性	++	+	+	++	++
3	寸法の精度	++	±	±	+	++
4	材質の選択範囲	++	-	+	++	-
5	力学的強さ	++	--	+	-	++
6	量産性	+	++	-	++	++
7	金型費	±	-	±	±	-
8	製品原価	±	±	-	+	++

(85) 金属射出成形 (MIM) 用金型

2. MIM用金型設計上の留意点 上記留意の表を下に示す^[2].

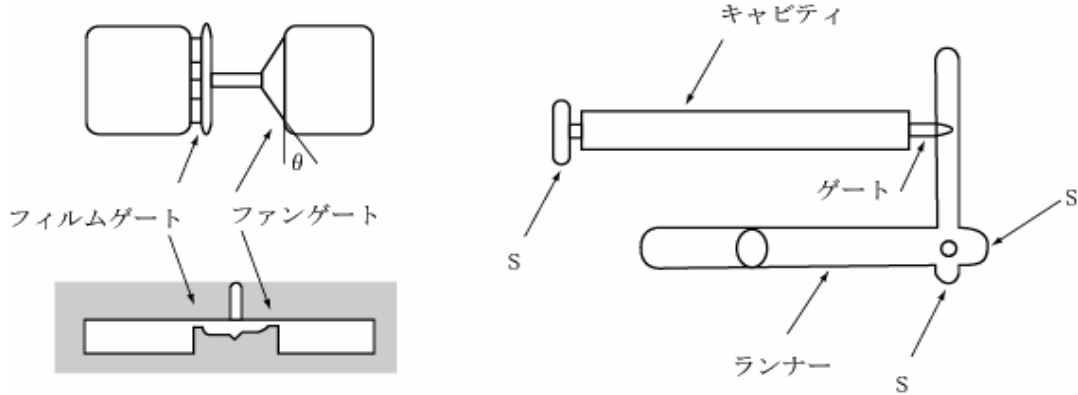
表85.4 MIM用金型設計上の留意点

項目	説明
溶融流動挙動	<ul style="list-style-type: none"> ・非ニュートン流体 ・非ニュートン性は原料粒径、粒度分布、バインダー溶融粘度、同添加量によって変わる
流動時の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・単独のプラスチック材料に比し、含有プラスチック材料（バインダーとして）の含有量は少ないので、圧縮性が低い。したがって、キャビティ流入の際のダイウェル部が小さいとジェットイングを生じやすい ・プラスチック単体に比し、一般に冷却速度が速く、圧力降下が大きいので、ウェルト部融着が悪く、強度が低い
ゲート	<ul style="list-style-type: none"> ・やや厚みのあるフィルムゲートまたはリングゲートがよい。歪み防止のため ・ピンゲートは避ける ・温度、速度を変えてもジェットイングを防止できない場合がある ・ファンゲートではファンの拡がり角...は60°以下のこと。角度が大きいとファンの効果が落ち、ジェットイングを生じる ・サイドゲートでは開口部の試行錯誤を要することがある。 <p>キャビティへの流入直後に対面壁面に突き当たるので、ジェットイングは防げるが、ゲート側壁面と対面壁面では圧力差が生じ、配向、密度差により、焼成後ゲート側に曲がることある</p>
ランナー	<ul style="list-style-type: none"> ・断面状況を大きい ・ゲートバランスを考えたランナー配置をする
キャビティ	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法は別表に示す ・みがきをかけること
抜き勾配	<ul style="list-style-type: none"> ・プラスチック単体材料用金型の約2倍（1°1/60）以上）
スプル	<ul style="list-style-type: none"> ・5～10° ・みがきをかけること
エヤペント	<ul style="list-style-type: none"> ・必要、厚さ0.02mm以下
スラグウェル	<ul style="list-style-type: none"> ・必要、コールドスラグやウェルド部キャビティ外に導くため
エジェクタピン	<ul style="list-style-type: none"> ・大きさ、数、配置も考える
金型材質 (キャビティ、コア)	<ul style="list-style-type: none"> ・試作型、少量生産型では非鉄系材料 ・やや量産が確定しているときは耐摩耗性の金型材料焼入必要に応じ、TiNなどPVD・CVDコーティング ・ゲート付近には焼入れ耐摩耗材質にPVD・CVDコーティング、または超硬合金を入れ子にする

- ・非ニュートン流 : ずれ応力が速度勾配に比例しない流動。例えば水、アルコール、ベンゼンなどのように層流のなかで流れの速さが一定でない流れといえよう
- ・ダイスエル : ダイスエルともいう。溶融流動するプラスチックなどの材料が型のなかの断面急変部で通過する出口の寸法（径）より大きな寸法（径）となって通過する現象をいう。ダイスエリング、シェリンクバック、プラスチックリカバリーともいわれる
- ・ウェルド部 : プラスチックやゴムの成形で、キャビティ内で分流した流れが再び合流した部分

で、お互いに完全に融合しないで「むら」が生じる部分をいう。鑄造の分野の「湯境い」に当たる

- ・・・ファンノ拡大がり角：下図の θ 、 $180^\circ - 2\theta$ を開口角度というものもある
- ・・・スラグウェル：下図（右）のS部



4. 注意事項

目下の所 MIM 用の金属素材は、150 社以上に供給されているが、MIM による成形品が大々的に行われるのは足踏み状態だと見られる。この時期に技術確立、技能の習得をすることは企業進展に寄与する所は大きいと思われる。

出典

- [1] 岩崎 俊之：金属・セラミックスの射出成形、平成元年度第一回粉末射出成形技術研究会（財）素形材センター P20(1989.6.1)
- [2] 青木 正義：型技術 13(11)P97-107(1998-10)

§ 15 金型の検査と保守

1. 契約事項に盛り込むべき事柄

金型製作メーカ（または部署）は完成製品メーカいわゆるセットメーカあるいは代理店商社（または社内成形部門、設計部門）からの要請で金型を設計・製作するのが通例である。社内の金型製作部門は、時によって、社外金型製作メーカと競合競争となることもあるし、部分的な協調・共同開発をすることもある。

金型製作の契約について第一に重要なことは、上記のような色々な関係があることを考え、発注者または発注代行者と受注者を明確にすることである。そして、これを契約書の署名という形で確固たるものにしておく必要がある。曖昧にしておくとは後日不慮のトラブルが生じた時の解決に苦しむことになる。

その上で、契約内容に盛り込むべき事柄は -

品質 納期 金額 支給品の有無 指定品の有無 受け入れ検査の方法 金型現品の保管 安全の責任である。このうち、
、
、
、
は製作現場の隅々まで製作指示と共に徹底する。しかし、
は金型取りまとめ者のクラスまでに留まることが多い。
、
に時によっては浸透不十分のことがある。

品質についてはいくつかの視点から後に述べる（§ 89,90）

納期についてはCAM データと併行して生産管理部門から各社独自の方法で通達されているのでこのマニュアルでは述べない。

金額についてはこのマニュアルでは省略する。

についてはその都度忘れずに打合わせる必要がある。

については後に触れる。

ここでは本来最も重要な事項の一つで一般的な事項である 安全の責任について述べる。

(86) 金型製作時の契約事項

2. 安全の責任について

この場合製作依頼された金型に関する問題とその金型で成形された部品すなわち成形品の問題がある。通常、消費者にわたる商品の部品について責任を問われることは判っているが、その源と見られる金型に遡及しないかどうかを契約時に確認しておく必要がある。

PL 法第 4 条第 2 項では「部品・材料を組み込んだ最終完成品メーカの行った設計に関する指示に従って、部品・材料を製造し、それが故に欠陥が発生した場合には、部品・材料の欠陥の発生につき過失が無かったことを当該部品・材料メーカが証明した場合にはその責任は免責される」とされている^[1]。

親企業・完成品メーカの部品・材料メーカに対「設計に関する指示」について、免責が認められる指示としてはつぎのことが要求される。

設計に関する指示に限られるものであり

部品などの設計自体を指示したり

部品などの設計を具体的に拘束するもの

そして、指示の範囲に部品・材料の設計図、仕様、構造、材料・材質、性能などが含まれると解釈されている。指示の形態も、つぎの場合など種々考えられる。

設計図そのものを貰う 指定を受けている 口頭による
従って「欠陥が生じたことにつき過失がないこと」の解釈は事範ごとに異なり容易には認められない^[1]とされている。

こういう状況にあるから、金型メーカーは金型ユーザとの間で、指示・要請のやりとり確認のための文書を作り保管して万一に備える必要が出てくるようになるであろう。契約書の中に「売買契約責任免除特約」として、「製品（この場合は金型）に瑕疵があり、その瑕疵がもとで損害を生じてても責任を負わない」旨明記した方がよいという考え^[2]もある。また、購入品の安全性保証と事項保管と契約書に明記を求め品質保証に同意がない時に受け入れ検査を厳しくする方針を打出した所もある。
いずれこのことは金型に及ぶと見られる。

3. 注意事項

取引を開始するに当たっては購買担当課または金型発注課が購入一般仕様書、取引契約書を作っている所が多い。この中に確実に PL 条項の有無確認をし、必要な追加をすること。

出典

[1] 橋本 敏夫：型技術 10(3)P96-97(1995-3)

[2] 林田 学：PL 法完全対応マニュアル 中央公論社（[1]による）

§ 15 金型の検査と保守

1. 購入受入れ時の検査法の決定

購入受入れ時には購入契約書、購入一般仕様書、購入特記仕様書など各社所定のルールで金型メーカーと予め取りかわした約束で検査をしなければならない。購入者の考えで、この検査を省略することは何ら差し支えないが、受け入れ時点で新たな検査項目や方法を追加することは困難か不可能である。

購入受入れ時に、

成形品の品質によって金型の合否をきめるか

金型設計図または金型設計データ（仕様）により金型の合否をきめるかは予め約束しておかなければならない。

わが国では良い成形品が得られない金型は注文した金型ではないという考え方も一部にはある。製品開発・発売のサイクルタイムを短くするために、金型発注を前倒しにし、その後の製品の設計変更に伴う金型の設計変更までを金型製作期間の中に取込んでしまう習慣まである。

所定環境に 24 時間以上放置し金型寸法を検測して、合否を判定するのが金型メーカーにとっては手離れがよく、喜ばしいことである が、まだ日本の商習慣とは一致しないので、諸外国の金型メーカーまたはその方針に従っているメーカーに金型製作を依頼する時は第一に決めておかなければならない事柄である。

2. 成形品の品質による金型の合否判定

通常金型の組立作業が完了すると、必要な部品の有無と動作の正常さを確認した後に、試し成形をする。試し成形の後に社内検査データを作成し金型ユーザに提出し、立ち会い成形の実行について打合わせる。

日頃から取引があり、相互に信頼している関係にあつて、急ぐ必要がある時は立会い検査を省略することもある。また、事情によっては社内検査データが不十分のまま立会い検査を求められることもあるが、立会い検査が金型メーカーの社内検査の代行となつて、そのときに調整修理箇所が摘出されるようでは困る。事前に十分無駄のないよう打合せておくべきものである。

成形品検査による金型検査の際の問題点等は(90)節でもう少し細かに述べる。

(87) 金型の検査方法 - 購入時、保修時

3. 金型設計図 - 寸法による合型の合否判定

成形状態まで正しく把撮できれば試し成型を要せず、金型図面通りで求める成形品が得られる筈である。そのためには金型設計図または金型データ(仕様)がよい成形品を生むべき因子を十二分に持っていることである。技能から技術への転換が求められ、新しい技能が求められる今日、金型設計図通りの金型作りで金型が合格するようにならなければならぬし、その方向に向かっている。

そうでなければ海外生産に用いている金型の摩耗、破損時の金型要素の自在な交換はできないであろう。

いづくして難く、金型設計技術の裏付けるデータは全てにわたっては集積されてはいない。類似品または新形製品のための類似設計の成形品の時にはデータの蓄積が可能になっている。

4. 保修時の受け入れ検査

本質的な設計不良による金型保修は新型の時と何ら変わらない。破損・摩耗による保修の時は原因を究明して解決するのは当然である。必要に応じ、金型材質、硬度の変更・初等材料力学的補強形状を追加した金型部品との交換、ガス抜きの見直し、摺動部の調整で大部分は解決する。

5. 注意事項

(1) 金型保修に当たっては原因の究明が金型製作部門にとつても金型設計部門にとつても、またとない勉強のチャンスである。破損に到る成形数を確認し、それより長い寿命を得るにはどうすべきか、ノウハウのつかまえ時である。

(2) 金型保修にあつては成形品が必要機能をおとすことなく、金型寿命を延ばすための成形品の設計改善もあわせて考えたい。

§ 15 金型の検査と保守

1. 機能検査の考え方

金型の高品質化、高精度化の動向はすでに§1(2)節で述べた。この目的を達成するために精密金型では付帯設備を含めて高機能化が進んでいる。その範囲はかなりの分野に及んでいるのでその機能検査は簡単には記し尽くせない。しかし大切なことは、その設置、運用、増設にあたり、常に

(1) 機能回復性の検査・確認

(2) 機能拡張性の検査・確認

特に(1)は異常緊急停止後の機能回復(2)は他機種との混用および、増設時の他機能の低下・阻害である。生産効率向上の上から、精密金型とその周辺ではこのことに特に注意する必要がある。

2. 機能検査の範囲

機能検査そのものについては各論的に細かく、にわかには述べきれないので、その範囲だけ図 88.1 を記して、その各々については計画的に社内マニュアルを整備して頂きたい。それに基づいて、購入・受け入れの検査を行う。

(88) 精密金型とその周辺の機能検査

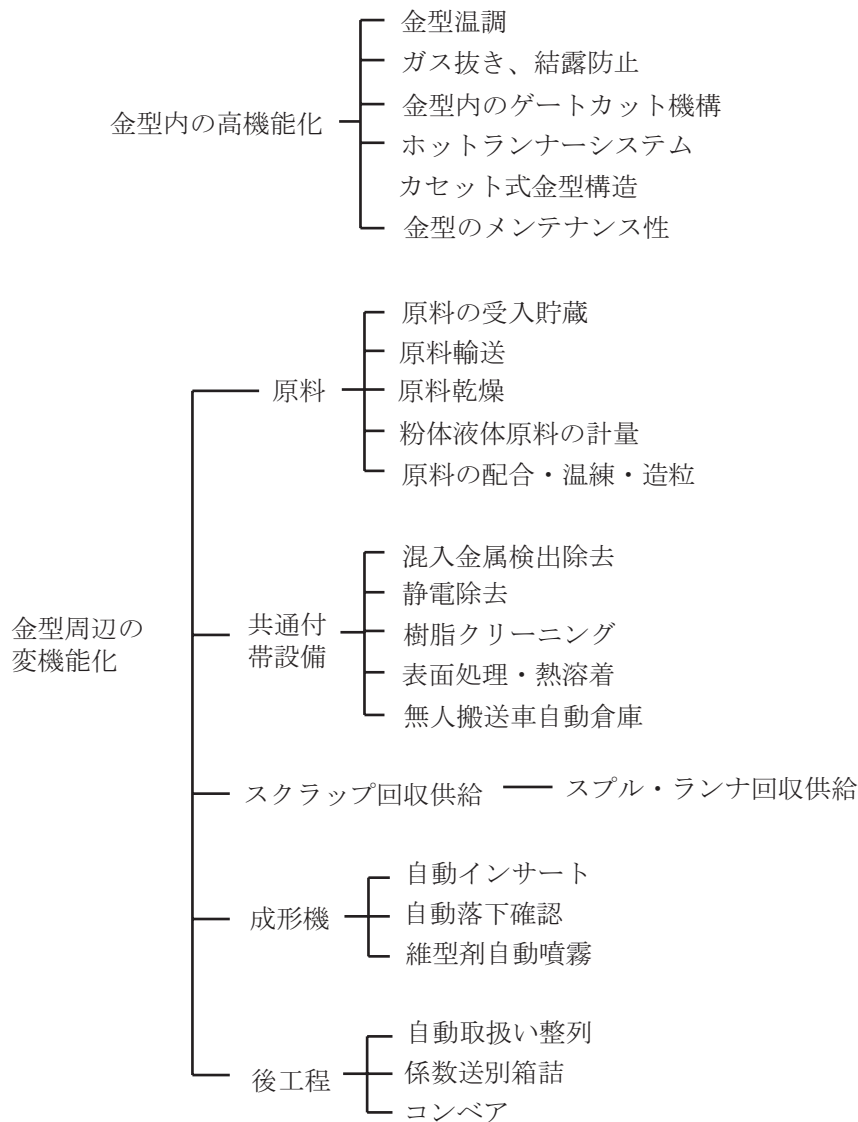


図88.1 高機能化の範囲 [2]

3. 注意事項

- (1) ここに述べた内容はプラスチック成形金型そのものからは離れた分野の技術内容である。しかし、一つの技術を確実に物にし、一つの技能を十分に発揮するには周辺の事情をよく知らなければならない。その意味においてここで揚げたキーワードも記憶に留め、必要な時に資料を取寄せて調べて頂きたい。
- (2) 精密金型は今や単独に存在しても大きな役割を果たすことはできない。特に小物量産品ではその感が深い。生産システムの一部として精密金型を捉える必要がある。
生産システムの観点から各要素がシステムの中であって、どの位のMTBF (Mean Time Between Failure : 故障発生間隔平均時間) MTTR (Mean Time to Repair : 故障回復平均所要時間) であるか調べておくことも大切である。
- (3) 作動を伴う機能、能力を発揮するまでに時間を要する機能については、試験・検査の対象になるまでの経過時間、連続運転時間を約束しておいた方がよい。

出典

[1] 一部：高野 菊雄：型技術 9(13)P20(1994-12)

[2] 一部：沢田 慶司：自動化技術 (第4版) P5-6 プラスチックスエーじ (1987)

§ 15 金型の検査と保守

1. 計測の前提条件

金型の検査のための金型の計測の前提条件は測定値が時間とともにふらつかず安定することである。特に熱に関する線膨張係数が大きいプラスチック成形品の場合にはこのことは重要である。検測の環境が問題とされるのはそのためである。

金型にしてもプラスチック成形品にしても検測前 24 時間は自分達が定める恒温、恒湿の雰囲気中に静置しなければ測定結果は正確 と言い難い。

金型・成形品の検測項目には寸法精度、幾何精度、力学的強さ、特定機能など、種々あるので、ここでは 3 次元形状の測定の見聞を述べておきたい。

2. 接地式 3 次元測定機

最近の計測技術は^[1]高精度化とともに高速化、効率化が大きな課題になっている。3 次元測定機を例にとると、摺動部のセラミクス化による高精度化、新しいプローピングとスキニング技術による高速化、アルミガイドによる軽量化、温度補償や振動・塵埃対策による測定環境の改善などがあげられる。

従来から用いられている接触式 3 次元測定機は CNC 化され、CAD とリンクさせたシステムになっている。^[2] 本件の主な仕様を表 89.1 ^[2]に示す。また、従来はテーチングによって測定のためのプログラムと作り 2 回目からはプレイバックによる自動測定としていた。そのため測定準備には試作品の完成が必要であった。最近 CAT が導入され、試作品がなくてもパートプログラムをオフラインで作れるようになり、測定着手が早められるようになった。測定機のプローブ先端は球状で被測定物表面の曲面にタッチする時の半径分の補正も従来よりも迅速にできるようになって来た^[2]。

表 89.1 3 次元測定機の主な仕様^[2]

測定範囲 (X×Y×Z)		864×1524×610(mm)
機械の大きさ (幅×奥行×高さ)		1602×2731×2766(mm)
最小表示量		0.0001mm
側長ユニット		反射形リニヤエンコーダ
精度 20 L: 任意 2 点間の 寸法 (mm) (JIS B7440)	各軸の測定精度 U_1	(1.5+1.5L/1000 2.5) μ m
	空間の測定精度 U_3	(2.0+2.0L/1000 3.0) μ m
案内方式		各軸ともエアベアリング
測定物の最大高さ		Z 軸先端からテーブル面まで 730mm
測定物の最大質量		1500kg
駆動速度		最大 500mm/s
Z 軸バランス		エアバランス方式

3. 非接触式 3 次元測定機

さて一般には検測の方法としてはできるなら接触式は避け、非接触式を用いるようにしたい。

(89) 計測の前提条件及び環境

計測技術の高精度化とは被測定面の傾斜角やエッジの影響を受けず、クレイモデルのような拡散反射面だけでなく、鏡面反射光成分を含む金型加工面の3次元形状を許容誤差内で測定できることである^[1]。そして、高密度化とは細かいサンプリング間隔(0.1mm)で大量のデータを高速に測定処理できることである^[1]。

このような3次元形状測定法が最近報告されている。その代表例を表 89.2 に示す。

表89.2 高精度化・高速化を指向した光学的3次元形状計測技術^[1]

測定法	精度影響因子			総合精度	高密度		特長	備考
	エッジ	傾斜角	鏡面反射		高速性	横分解能		
ニューモアレ法	やや有	有 (±30°可)	有	±50 μm	有	有 (25万画素/面)	大きな曲面を微小パッチ単位で高精度、高速度に測定可能	変調格子縞の面パッチ測定法、(CCDカメラ) 2軸以上の角度精度必要
非点収差法 (焦点合致法)	有	無 (±80°可)	無	±3 μm	無	無 (10 μm/点)	細かなピッチで測定可能、急斜面からなる金属加工面に適用可能	合焦点法のためサーボ機構が必要、偏光光学系に鏡面反射成分除去
光リング画像法	無	無 (±80°可)	やや有	±5 μm	やや有	やや有 (50 μm/点)	傾きやエッジ部の影響を受けずに金属面3次元形状を高精度、高速度に測定可能	光リング半径と変位の間に関係有り、回転拡散板によりスベックルノイズ除去

4. 注意事項

測定法ならびに測定値処理技術の進歩により高精度、高密度な測定結果が得られた時に、その結果は何を意味するか十分検討することが大切である。その結果がいわゆる常識と異なる理解を与えるものである場合には、被測定物ならびに測定法をもう一度検討し直してみることも大切である。新しい発見があるかも知れない。

出典

[1] 三好 隆志：型技術 11(6)P18-22(19965)より抽出

[2] 管場 義隆：型技術 11(6)P37-40(1996-3)に加筆

§ 15 金型の検査と保守

1. 成形品と金型検査

- (1) 成形品の品質による金型の合否判定の位置づけに § 15 (87) で述べた、これを具体的に実行するにはより細かい手順と注意が必要である。
先ず、成形品で金製の合否判定をするには成形材料^[1]およびその予備処理、成形機、検査機器、試験片のとり方、扱い方について約束しておく必要がある。
- (2) 同じプラスチック成形材料名でも、各材料メーカーはユーザの動向を見ながら、自社でもそのモデルを作って適切な材料の開発に挑み、またユーザの意向を聞きながらモディファイしている。このために種々のグレードがある。同じグレードでも色指定によって加える色材ピグメントの選択により、ひげや、色むら、フラッシュ、シルバーストリークなどの欠陥が生じたり目だったりする。その予備処理も実行業を予想して試験指向しなくてはならない。
- (3) 試験片作成用の成形機の選択と成形条件についても、何回かの実績をつむまでは試験片作成用成形機と実生産用成形機の特性的相関を把握しておかなくてはならない。高精度、高品質の成形品ほどこのことが重要である。成形機には、まだ、個性があり、使用年数が増すほど個性が著しくなる。まして成形能力がちがう成形機で成形品の試験片を成形しなければならない時は、既存類似型を使って、ことさらに入念に比較しておかなければならない。
- (4) 測定機・試験機についても全く同じことが言える。ただし、測定機は ISO1900 において^[2]
測定項目、必要精度に応じた適切な計測機を使用すること
測定機は規定の間隔で校正すること
校正装置は国家標準にトレーサブルであること
国家標準にトレーサブルでない場合は校正に用いた基準を文書化しておくこと

(90) 成形品検査による金型検査

校正手順を文書化すること

適切な標識などにより、校正状態を表示し、校正記録を維持することが求められている。

しかしながら、プラスチック成形品に用いられる衝撃試験機の機差に著しく、数個所に設置されている試験機で同一試験片から同一試験結果を得るための校正は極めて難しい。かなり昔に当時の数都府県の工業試験場が比較実験を行ってこのことが大きく取上げられたことがある^[3]。すでに解決されたという報文をまだ見出してはいない。

2. 注意事項

- (1) 実成形作業でもあることであるが、試験片成形金型から得られる筈であった寸法の試験片が得られない場合、成形条件を無理して探し出しては正当な金型の評価が出来ない。使用するプラスチック材料の

指定する成形条件で成形しなければ成形品の力学的特性他、各種の物性が変わってしまう。

- (2) 金型検査のための成形品は適正なシーゾニングまたは常温放置をしてから検測しなければいけない。当然のことが中々守られない向きがある。

出典

- [1] 青木 正義：プラスチック成形部品設計 P110-112 (株)工業調査会(1988)
[2] 管場 義隆：型技術 11(6)P40(1996-6)
[3] 往年の「合成樹脂」に掲載。著者他不詳

§ 15 金型の検査と保守

1. 仮定した量

金型に限らず如何なる製品でも、新しく世に出す時は、全ての過程の全ての条件や定数が明々白々と判っている方が少ない。未知な条件や定数が未確定のままでは事が進まないから、経験と勘をたよりに、過去の経験やデータベースの中に似たものを探す。そして、この条件や定数をきめて、設計を固める。工作や組立でも同じことで仮の基準面をきめて手を進める。取り敢えずきめたものがここでいう仮定した量である。具体例をいえば流動比であったりゲート数であったりする。

2. 金型に同じものなし、似たものがたより

マルチキャピティと修理の他金型では同じものは作らない。マルチキャピティでも時によってはゲートランドの形状やゲート幅を個々に変える。修理に際しても修理に到った過程を検討して改善したものにする。マルチキャピティでも修理の場合でも同じものを作ることはないと考えた方がよい。ロボットでいうティーチングもプレイバックも金型設計製作の世界では素直には受入れられない。それほど同じものはないのである。

だから、似たものがたよりであるし、似たものが知識の源であり、データベースである。

3. 無次元化と類別

成形品や金型の全ての属性・特性が全く同じことはないのだから、一つの特性に着目して、その類似性を求めて、前の実績を活用する。この考え方は殆ど全ての工学部門で利用されている。プラスチック成形の分野では流動比、レイノルズ数、溶融時の pVT 特性値などである。

これは無次元の概念であるが比較する目的からみれば、機能相似数^[1]といわれるもので各種の交通機関の好適速度範囲^[3]を求めるのに利用している。そして図 91.1^[2]のように反発式磁気浮上鉄道の可能性の予想などに使われた。

(91) 仮定した量の確認と試作データの活用

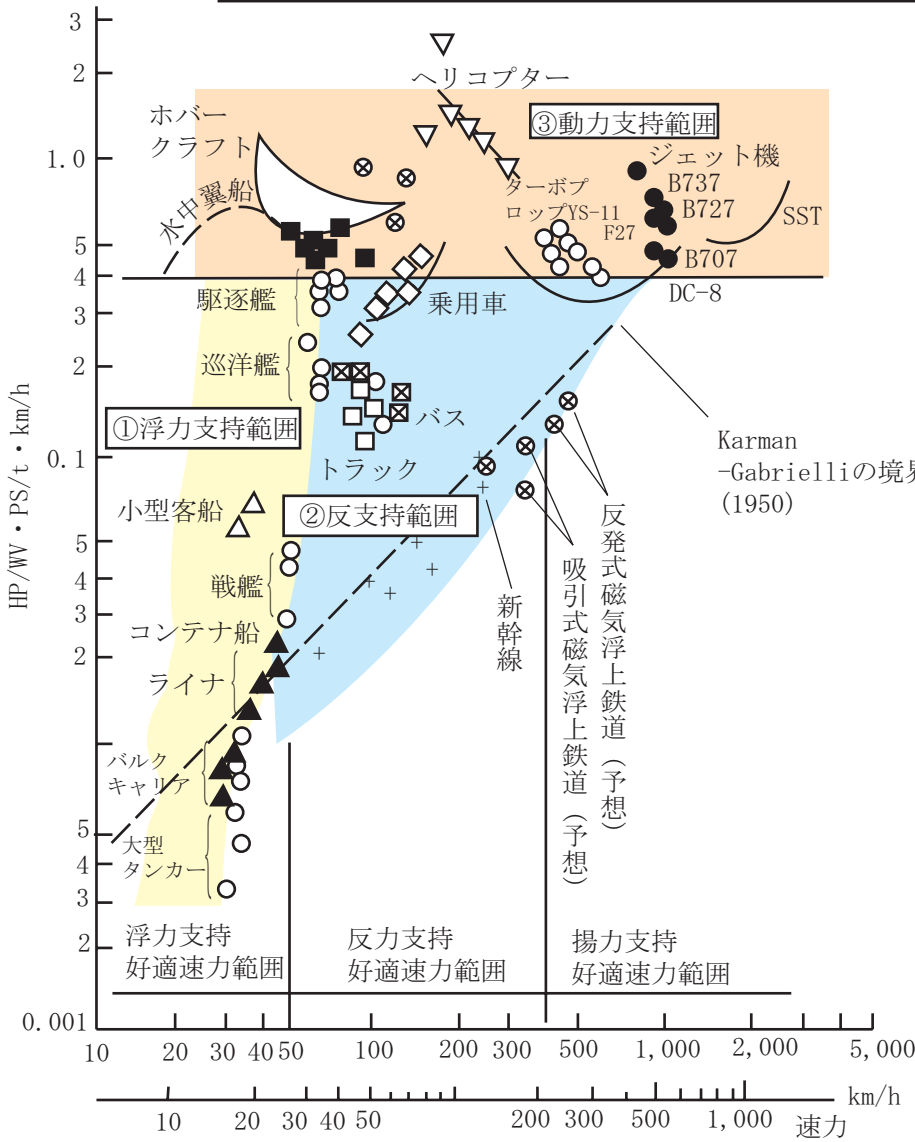


図91.1 各種交通機関の好適速力範囲 [2]

また、規模に応じた適正サイズ、方式を選ぶ研究が本四架橋の個々の橋梁部分についておこなわれた。そしてスパン間隔に応じて好適方式を使いわけている。(図91.2 [2])

プラスチック成形金型の要素についてもこういう整理の必要が感じられる。

4. 注意事項

- (1) 金型の設計・製作は常に新しいものへの挑戦である。そのために自分たちの経験を整理して、他人に伝えることも大切な時代になっている。われわれは失敗の経験を整理する時期にきている。
- (2) この意味で仮定した量・値の結果の確認が必要である。
- (3) 成形品で、仮定した事柄を確認すると共に、金型のメンテナンスの際にもすべきことである。金型設計者は金型保守技能員から多くのことを吸収して成長する。

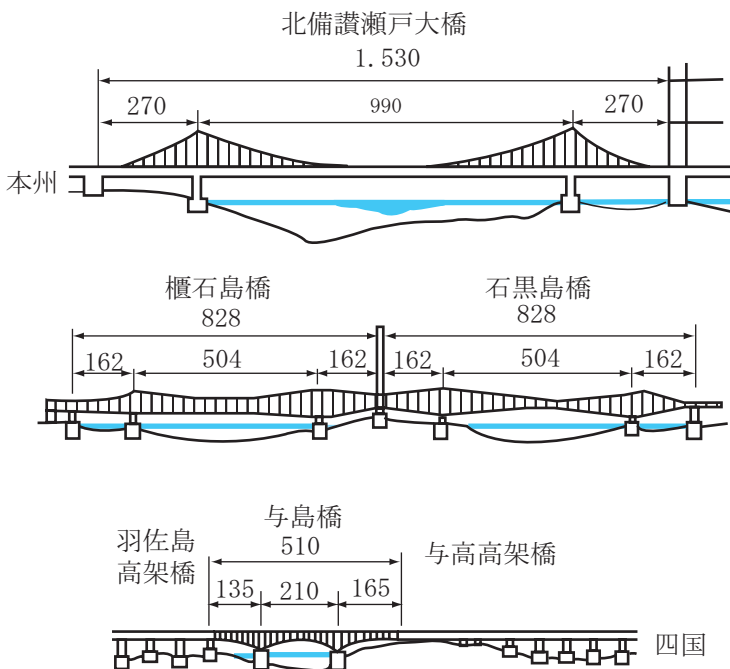


図91.2 橋りょうの規模と好適方式の例—本四架橋 (児島/板出の一部) [2]

出典

- [1] 青木 正義：プラスチック成型品設計 P112 (株)工業調査会(1988)
- [2] 赤木 健介：日?誌 90(818)P54-55 (1987.1)

§ 15 金型の検査と保守

1. 金型管理の目的と対応

日常頻繁に使う型、毎月1~2回使う型、当分使わない型によって材応のしかたが異なる。

日頃常時または頻繁に使う型は成形現場に任せておけばよい。それがきちんと管理されていなかったら日常業務に支障をきたすから。

但し、何ショット成形したか履歴が判るようにした方がいろいろの意味で経済的に有効な筈である。

毎月1~2回使う金型は現場職長が気配りをするなり、金型管理担当を設けて、担当に責任を負わずなりする。当分使わないことになっている型は管理担当の管理下におく。

2. 金型管理の実務的ないくつかの注意

要点を下記に箇条書きする。

(1) 初歩的なこと

誰(何社)の物か判るような識別をする。

いつまで保管するかが判るような識別をする。

所有者が納得のいく保管方法をきめる。

平積みにするか立積みにするか。取出し方を考えてきめる。

保管前の最終成形品の要否並びに要する場合の期間をきめる。

中間メンテナンスの要否を決める。

(2) やや実務的なこと

汚れや土から出た水滴の清掃

エア(圧縮空気) 冷却液の配管のコネクターの明示と破損防止策

次回使用時期の申し合わせに応じた防錆処理

再稼働時の損失危険の負担に関する打合わせ

(92) 金型の管理

(3) 金製設計製作時の注意

持上げ取出しのための最外寸法に対する配慮

同上のための吊りボルト穴配置の配慮(関係法規をよく調べる)

汚れや鉄錆が溜まらない構造

所有者銘板の貼付位置の統一

成形材料が鉄の防錆油に対して弱い時は、防錆方法を具体的に示すこと

できれば保存期間を標示する

3. 注意事項

(1) 金型管理を考えて、金型管理表を作り成形個数、修理来歴を作ると良い。成形工程のみを担当するメーカーではこの金型管理表にその型のよい点、悪い点、を書いておくと、誰にでも使い易い。

(2) 金型管理というと財産としての金型現品の員数管理と理解され易い。次の使用時期をできるだけ把握して、すぐ使えるように整備しておくことも金型管理の業務に加えておいた方がよい。

§ 15 金型の検査と保守

1. メンテナンスの必要性和対処の考え方

当初の制作費は多少高くともメンテナンス費用の少ない金型を設計製作または購入する。

このことによって、トータル金型費も少なく成形作業の機会損失を防げる。そしてメンテナンスが少なくなるよう、つぎの配慮をする。そのためには金型の故障、事故、寿命について十分に経験する必要がある。

組立、分解を容易に

モールドベースにはアイボルト用ネジ穴を設ける

加工し易い金型部品にする - 深い溝加工が必要な時はコアを分割して、ガス抜き確認と金型加工を容易にする

強度、摩耗を懸念する所は入れ子構造にする。また予め強い材料を使い、焼入れをする。また PVD、CVD などによるコーティングする

ランナ、ゲートを適切に選択する。ゲート部など磨耗し易い所は入れ子にする

ガス抜きを確実にする。PL 面にはガス抜きをつける

スライドコアのガイドのクリアランスは大きめにする

スライドコアはたわみが 0.02mm 以下でガイドは長めにする

スライド部はかじらないような硬度差をつける

バリの発生しにくい金型にする

離型性のよい金型にする

冷却ホースの着脱は容易にし、表示をつけておく

温調用配管は、必要な時に O リングをつけ易い構造にする

コア締付用ボルトは極力大きく、本数は少なくする

2. メンテナンス性の獲得

製品担当設計者は製品の機能、集計したコストには多大の関心をもつが、部品（成形品）にまで十分な気配りをしかねることがある。

メンテナンス性を獲得するにはメンテナンスフリー、フェイルセーフな金型構造が実現できるような成形品設計をすることが大切である。そういうことを金型設計、製作、成形の部署は成形品設計部

者に、数えてやる必要がある。

ガス発生が少ないプラスチック材特を選ぶこと

金型標準部品が使えるように成形品設計を柔軟に考えること

パーテング面を単純にできる成形品設計ができること

なお、パーテング面、エジエクタピンの設計時のメンテナンスに関する配慮については、すでに §3 (26) §9 (64) にのべておいた。

3. 保守技能員の要件

保守技能員は金型の新製担当より高度な知識・経験・技能が必要となる。その要件は次の通りである。

(93) 金型のメンテナンス

金型構造が十分わかり、分解組立ができること

金型をみて、不良個所を摘出できること

成形技術と金型技術（構造から工作まで）が判っている人

磨きや合わせの技能をもっていること

研削、旋削、フライスなどの手動機を操作して必要な加工が行える人

4. 予防保全

一度の予防保全で、長期の生産障害を防ぐことができる。連続成形品は定期的な断続生産では1ロットごとに型開き清掃、摺動部清掃をする。そして汚れの履歴書を作っておく。類似内容を整理して管理ポイントをきめる。そして上記の期間を数回くり返したら解体清掃をかね、金型チェックをする。これによって金型の大きな砥損を予防できるとともに、次の金型設計に大きな、ノウハウを提供する。たとえば、

日常点検項目の決定（例 - パーテング面、ランナ、プレート掃除：2回/日、ガイドピン、プッシュ位置決めピンのグリスアップ：1回/日、温調機、乾燥機、製品取出し機点検：1回/日）

成形材料内圧と喰切り時の衝撃による破損に対しては位置決め構造、型板構造、熱処理方法の改善と分解掃除で乗切れる場合もある

破損したら強度は2倍にしてしのぐ。

摺動部は油溝より固形潤滑剤（含油合金、焼結カーボンなど）入りすべり面にする

ガイド部はガイドピンの径を太く、併せてすべり軸受より軸がり軸受がよい

またプラスチック成形材料に応じてメンテナンス項目は当然変わる。何れの場合も、PL面、キャビティコア表面は十分補修するとともに、ガスの出易い材料（POMなど）ではガス抜きを、硬くもろい材料（PS.など）ではゲートランドやゲート出口を十分みがき直しておかないと後日思わぬトラブルの原因になる。

5. 注意事項

金型設計者は自分の出した図面（または加工データ）が歩いている現地と、自分が産んだ金型の不具合が見られる保修現場とがよい教場である。

出典 本節は箇所を特定せずに下に記す。

- [1] 浅井 真吾他：型技術 11(11)P88-93(1996-10)
- [2] 嶋田 善安：型技術 11(10)P29-34(1996-9)
- [3] 高野 菊雄：合成樹脂 43(6)P38-42(1997-6)

平成 10 年度ものづくり人材支援基盤整備事業

一技能の客観化、マニュアル化等 -

「プラスチック成形用金型（その 1）一金型の製作 - 」

発行 中小企業事業団情報・技術部技術支援課

〒105・8453

東京都港区虎ノ門 3 - 5 - 1 虎ノ門 37 森ビル

「TEL 03 - 5470 - 1589 FAX 03 - 5470 - 1526

無断転載を禁ずる

Copyright 1999 中小企業事業団 All right reserved.

このマニュアルは、財団法人素形材センターの協力を得て中小企業事業団が作成いたしました。
中小企業事業団は、平成 11 年 7 月 1 日付けで、繊維産業構造改善事業協会からの業務移管を行うとともに、中小企業信用保険公庫と統合し、中小企業総合事業団となります。