

**メキシコ国
プラスチック成形技術
人材育成プロジェクト**

プロジェクト事業完了報告書

**別冊Ⅰ：
日本人専門家から CNAD インストラクターへの
技術移転に関する成果品**

**平成 26 年 11 月
(2014 年)**

**独立行政法人国際協力機構（JICA）
株式会社日本開発サービス（JDS）**

メキシコ国
プラスチック成形技術人材育成プロジェクト
プロジェクト事業完了報告書

別冊I：日本人専門家からCNADインストラクターへの技術移転に関する成果品

目 次

Annex I: 理論研修用教材：PPT テキスト	A-1
Annex II: 実習教育用教材：実習作業指示書／手順書	A-595
(1) 実習作業指示書.....	A-595
(2) 実習指導手順書.....	A-635

ANNEX I:

理論研修用教材：PPTテキスト

Module	Sub-Module	Page
1 プラスチック成形方法	1-1 プラスチック成形の概要	3
	1-2 熱可塑性プラスチックの成形法 (押し出し成形、射出成形、サーモフォーミング、回転成形、ブロー成型)	9
	1-3 熱硬化性プラスチックの成形法 (圧縮成形、トランスファー成形、エポキシ樹脂の取扱い)	17
	1-4 製品の二次加工	24
2 プラスチック材料	2-1 特性と特徴	33
	2-2 同定（材料判別方法）	44
	2-3 分類	52
	2-4 成分	57
	2-5 特徴付け	66
	2-6 材料の色とカラーリング	88
	2-7 各種プラスチックとその応用	96
	2-8 射出成形プラスチックの特性評価	105
3 射出成形設備機器	3-1 射出成形設備機器の概要	117
	3-2 射出成形機の種類とその構造	129
	3-3 射出成形機の構成部分	142
	3-4 油圧成形システムとその機能	166
	3-5 電気成形システムとその機能	173
	3-6 制御系とその機能	181
	3-7 測定機器とその機能	192
	3-8 プラスチック成形工場のレイアウト	199
	3-9 付帯機器とその機能	208
4 射出成形機のメンテナンス	4-1 予防メンテナンス (4-1~4-3)	214
	4-2 事後メンテナンス	-
	4-3 電気系、油圧系、ニューマチック系、電子系の概要	-
5 射出成形プロセス	5-1 射出成形プロセスの原理	222
	5-2 射出成形条件の概要 (温度、時間、圧力、速度、型締め圧、加工材料の分量)	238
	5-3 射出成形条件の設定	249
	5-4 プロセスの管理	264
	5-6 可塑化と材料のフロー	273
	5-7 成形前の材料処理	280
	5-8 プリヒート、添加剤、色素	286
	5-10 製品重量と材料歩留まり計算	294
	5-11 再生材料使用上の留意点	298
6 射出成形における段取り替え	6-1 金型取付け／金型取外し	309
	6-2 冷却回路（電気配線）の接続	327
	6-3 射出シリンダー内材料交換（ページ処理）	333
	6-4 初期成形条件設定と成形品サンプリング	339

Module	Sub-Module	Page
7 製品の品質／ 生産管理	7-1 理論的概念・概要 (7-1~7-2)	344
	7-2 射出成形企業に適用する品質システム	-
	7-3 品質管理に使うグラフ	357
	7-4 製品の不良の原因と分析方法 (QC7toolほか)	366
	7-5 工程能力管理	389
	7-6 5SとKAIZEN活動	403
	7-7 金型段取り改善の手法 (SMED)	411
8 射出成形不良と 成形条件調整	8-1 材料乾燥条件に関連する成形不良 (8-1~8-5)	419
	8-2 可塑化条件に関連する成形不良	-
	8-3 射出条件に関連する成形不良	-
	8-4 保圧条件に関連する成形不良	-
	8-5 成形品取り出しに関連する成形不良	-
	8-6 成形不良改善に関する応用演習	428
	8-7 金型に関連する成形不良	437
9 プロセスに おける安全管理	9-1 射出成形作業における危険	442
	9-2 作業者の安全防具	449
	9-3 成形機の安全システム	450
10 プラスチック 射出成形の金型	10-1 一般概要 (機能・分類)	456
	10-2 金型の構造、構成部品 (インサートほか)	467
	10-3 金型と使用機械の適合	487
	10-4 キャビディーとコア	493
	10-5 ランナーゲート方案	504
	10-6 金型の温度制御	514
	10-7 離型機構 (突き出し／アンダーカット処理)	525
	10-8 金型用材料 (10-8~10-9)	537
	10-9 熱処理・表面処理	-
	10-10 金型のデザイン・メンテナンス	545
	10-11 金型のメンテナンス (金型の分解・組立)	564
	10-14 金型のメンテナンスによる品質生産性改善①	583
	10-15 金型のメンテナンスによる品質生産性改善②	589

M1 プラスチック成形方法

M1-1 プラスチック成形の概要

2011/1/21

目次

- * プラスチックの意味
- * プラスチック加工
- 1. コンパウンディング
- 2. 一次成形
 - 2-1. 一次成形の基本プロセス
 - 2-2. プラスチックの違い
 - 2-3. 融けながら流れるプロセス
 - 2-4. ポリマーへの形状の付け方
 - 2-5. 熱硬化及び熱可塑性
 プラスチック成形法一覧
- 3. 二次加工
 - 3-1. 二次加工方法の概要
 - 3-2. 熱成形
 - 3-3. 熱成形の種類
 - 3-4. 熱成形の特徴

1

プラスチック（Plastic）の意味

ギリシャ語の言葉“Plastikos” 塑造 “から生まれた。プラスチックの意味は” 可塑性 “を持つ。

- (1) 鋼材加熱温度は1000℃以上であるのに対して、ほとんどのプラスチックの柔らかくなる温度（軟化温度）は100～250℃の範囲にある。プラスチックが加工しやすいのは“作業し易い温度”のためである。
- (2) プラスチックは融かす、または柔らかくさせたあとに、製品の鋳型に流し込み冷却して固め、自在に製品を作ることが出来る柔軟性がある。
- (3) プラスチック材料からいろいろな形態をしたプラスチック製品や中間製品を形成する工程を**成形加工（processing）**という。

2

プラスチック加工

プラスチック加工とは重合プラントで作られたポリマーを最終用途に使用するまでの工程すべてを指しており。大まかに3つの作業に分けられている。

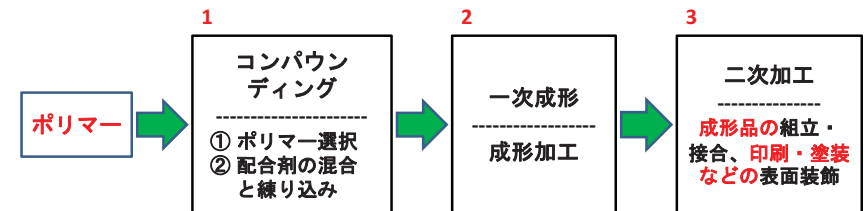
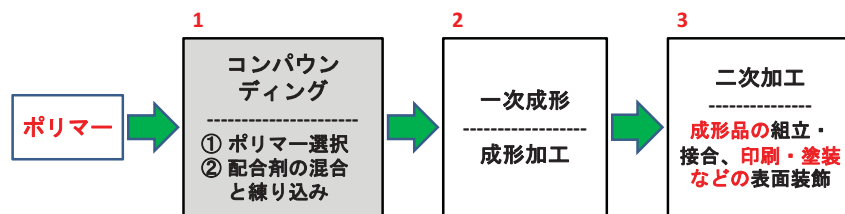


図-1プラスチック加工の分野

3

1.コンパウンディング



4

1.コンパウンディング

プラスチック製品に成形する前に、ポリマーに配合剤を混ぜ合わせておく、この工程をコンパウンディングという。

この混合物質をプラスチック成形材料いう。

配合剤 (compounding) には添加剤 (additive)、着色剤 (coloring agent)、充填材 (Filler) などがありこれによりいろいろな性質を向上させる。

添加剤は成形性を高めたり表面性質を向上させたり、成形品の寿命を長くしたりすることが出来る。

充填材にはプラスチックの強度 (Strength)、剛性 (Rigidity) を高めるための強化材や寸法特性改良のための充填材がある。

成形機にとって扱いやすい性質と大きさ、小円筒形状 (pellets) か、小粒状にしておく。

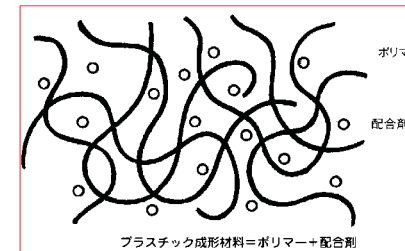
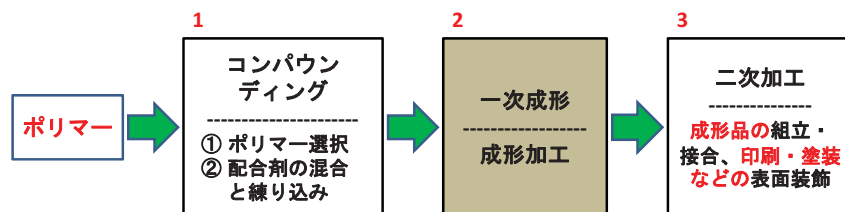


図-2 ポリマーと配合剤

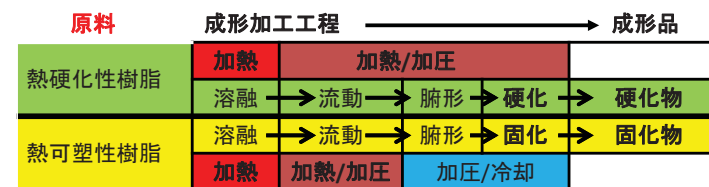
5

2.一次成形



6

2-1. 一次成形の基本プロセス



溶融：材料を軟化点あるいは融点以上に加熱して溶かす。

流動：融けたポリマーに圧力をかけて、型やダイに押し込む。

臍形：さらに圧力をかけて、型やダイの形状を押し込んだポリマーに写しとる。

固化：加圧しながら冷却し再び固化させてその形状を固定する。

硬化：熱硬化性プラスチックでは架橋反応により形状が固定されるので特に硬化プロセスという。

図-3 基本プロセス

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本 (2009) p50(株)プラスチック・エージ

7

2-2. プラスチックの違い

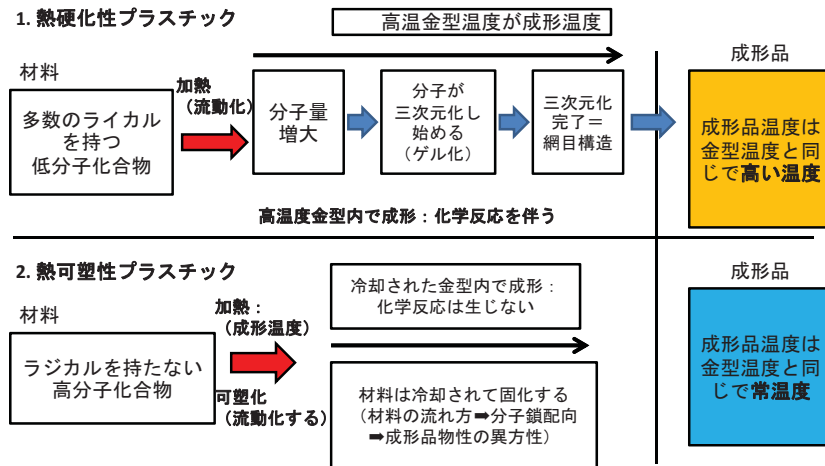


図-4 熱硬化性プラスチックと熱可塑性プラスチック相違

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) p10 機プラスチック・エージ

硬化と固化

1. **硬化 (cure)** とは熱硬化性プラスチックの場合に起こる現象である。加熱金型に注入された材料は官能性低分子で構成され、熱や触媒としての硬化剤の作用により互いに結合 (プラスチックの架橋反応) を起こし三次元網目構造を形成する。

硬化反応の形式は材料の種類により異なる。硬化剤は反応速度や程度を規制する上で重要である。

2. **固化 (solidification)** とは固まることで、熱可塑性プラスチックが軟化ないし熔融状態から冷却されて固体にかわる現象をいう。

熔融温度と比較して低温度金型内に注入されてから成形品として取り出されるまでに少なくとも形状を保持できる、収縮を起こさな安定状態まで冷却固化していなければならない。

熱可塑性プラスチックの特性としてポリマー液体から部分結晶化した固体までの変化は物理的変化であり化学反応は起こさない。

2-3. 融けながら流れるプロセス

図-5 成形機内部での熔融過程

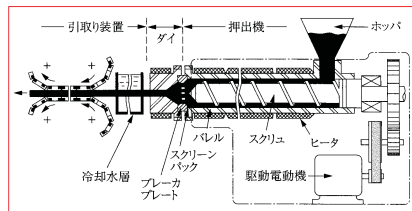
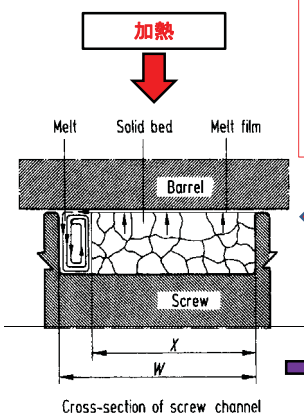


図-6 押出機

Pellets : ペレット
Solid bed : 未熔融ペレットの塊
Melt pool : 樹脂溜まり
barrel : バレル
Melt film : 熔融フィルム

ここで融かされる

Xは未熔融ペレットの塊の幅、先端に行く程Xは小さくなる

プラスチックの粘性と弾性

(1) プラスチックは応力とひずみに対して粘性 (viscosity) と弾性 (elasticity) を併せ持つ、粘弾性 (Visco-elasti-city) である。

(2) 粘性は、粘土のように加えた力に応じた速度で変形する性質のことである。力を除去しても形状は維持され、復元しない。液体としての性質を示す。

(3) 弾性は、バネのように加えた力に応じた量だけ変形する性質のことであり力を除去すると元の形状に復元する。固体としての性質を示している。

(4) 粘弾性を持っているため金型形状を写し取るプロセスにおいて型内に充てんされたポリマーメルトがほぼ形状どおりに変形するまでに、ある一定の時間 (緩和時間) を要する。

粘度

粘度はプラスチックの基礎的な特性である。

粘度 (η) = (せん断応力 τ) $\div$ (ひずみ速度 γ)

$$\eta = \tau \div \gamma$$

で表され、を η (せん断) 粘度と呼ぶ。

典型的な材料の粘度、単位: [Nsn

水: 10^{-3}

グリセリン: 10^0

溶融ポリマー: $10^2 \sim 10^7$

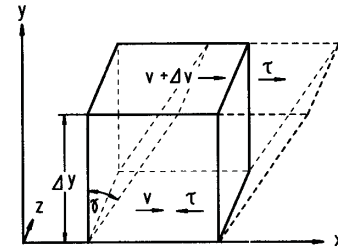


図-7 せん断流動モデル

Birley, Haworth Batchelor: Physics of Plastics, p65 (1992) Hanser

Gerd Potsch, Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction, page 20 (1995) Hanser

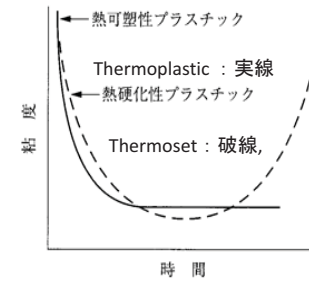
12

状態と溶融粘度の変化

暑い時や寒い時に“蜂蜜”または“水飴”の容器を傾けたりスプーンでかき混ぜた時に液の動き方の違いがわかる。

液体を動かすために容器を傾けたり、攪拌し、外から力を与える時、

その温度での外力に逆らい生じる液体内部の抵抗がその温度における溶融粘度である熱可塑性プラスチックは加熱により粘度が下がる。冷却により粘度は上がり流動性がなくなる。



熱硬化性プラスチックは加熱されると粘度が低下するが架橋反応が進むと三次元網目構造を形成して粘度が上昇し流動性を失う

縦軸、粘度 (viscosity)

図-8 プラスチックを加熱したときの粘度変化

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) p49(株)プラスチック・エージ

13

分子量と流動性

分子量が大きくなる $\Rightarrow$ 力学的強度が優れる $\Rightarrow$ 溶融粘度が高くなり流れにくくなる。

高分子化学の分野では分子量の大きさに化合物を3つに大別している。

低分子 (オリゴマー) : 分子量、1,000以下
中分子 (プリポリマー) : 分子量、1,000~10,000
高分子 (ポリマー) : 分子量、10,000以上

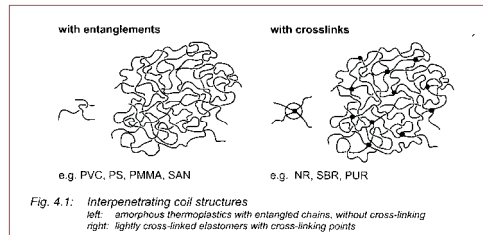


図-9 分子鎖の絡み合い

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) p5(株)プラスチック・エージ

14

2-4. ポリマーへの“形状”の付け方

A 型に充填する成形法 (両面転写) 射出成形 (塑、硬)、 トランスファ成形 (硬) 圧縮成形 (塑、硬) RIM (硬)、RTM (硬)	C 型に通過させる成形法 押出成形 (塑) カレンダー成形 (硬)、 引抜成形 (塑)
B 型に押し付ける成形法 (片面転写) ブロー成形 (塑) 真空成形 (塑) 圧縮成形 (塑) 粉末成形 (塑)	D 型を用いない成形法 光造形 (硬)

図-10 賦形プロセスによる分類

(塑): 熱可塑性プラスチック、(硬): 熱硬化性プラスチック

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) 519(株)プラスチック・エージ

15

延伸加工や発泡成形

- (1) 成形中に延伸、発泡などを行うことによって、製品性能を大幅に改善することができる。
- (2) 熱可塑性プラスチックのなかで**特定な材料**を適当な条件で延伸すると分子鎖の配向構造をとり、配向方向の強度やヤング率などが著しく増大する。
例えば、包装用のPET収縮フィルムでは、延伸により引張強さは約3倍、ヤング率は約1.5倍になる。PETボトルの延伸ブロー
- (3) 成形中の材料を発泡させることにより、断熱性の増大、クッション性や可撓性の付与が可能となる。例途として、建材の断熱板、魚貝類のトロ箱、カップヌードルの容器、発泡倍率は20ー70倍

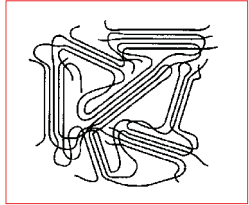


図-11 結晶性プラスチックの分子鎖の模式図

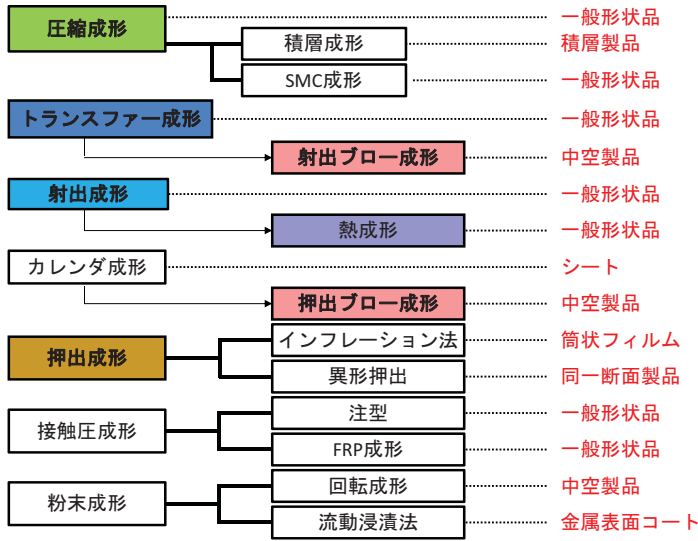
2-5.熱硬化及び熱可塑性プラスチック成形方法一覧

プラスチック	圧縮	射出	押出し	ブロー
熱硬化プラスチック	◎	○	—	—
熱可塑プラスチック	○	◎	◎	◎

プラスチック	トランスファー	熱	注型
熱硬化プラスチック	◎	◎	—
熱可塑プラスチック	○	—	◎

◎：主要な成形法
○：一部材料の成形法
—：成形法として使用されない

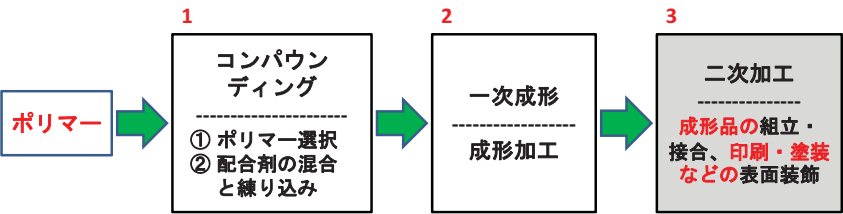
成形加工工程系統



→：工程順序
—：分類

図-12 成形加工工程系統

3.二次加工



3-1. 二次加工方法の概要

種類	主要な技術
熱成形	熱曲げ
接合	溶接、接着（接着剤を使った接着）
表面装飾	印刷、塗装、染色、ホツトスタンピング
表面機能化	UV塗装、帯電防止、リベツティング
機械的接合	スナツプフィット、リベツティング
ネジ接合	タツピン
機械加工	切削加工、切断

日本プラスチック工業連盟 監修：よくわかるプラスチック（2010）p125日本実業出版社

20

3-2. 熱成形

熱可塑性プラスチックシートまたはフィルムを外力を加えて素材に形状を付ける成形方法を板加工（Sheetforming）といい熱成形（Therm forming）が主体である。

熱成形は加熱軟化させた状態で外力を加え、成形する。

薄肉で少数ロットの大型成形品には有利。真空成形、自由吹き込み成形などがある。

プラスチックシートを軟化させるのでこの時の引張強度とその伸びが成形性に大きく寄与する。成形温度の範囲は非晶性プラスチックが広い。

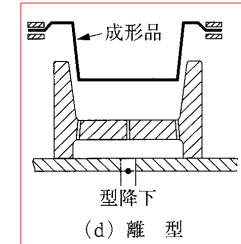


図-13 真空成形

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p311(株)プラスチック・エージ

21

3-3. 熱成形の種類

1) 曲げ加工：

ファイルケース、文房具、自動販売機のカバーなど。

2) 複曲面の成形：

(a) 自由吹き込み成形：

メタクリル樹脂シートの明かり採りドーム、カーブミラー、カバーなど

(b) 真空成形：

シートの両面を加熱して軟化させる。シートと雌型を接触させ、型内を真空にして大気圧との差圧（0.1MPa）を利用しシートを雌型に吸着させる方法。非晶性プラスチックが有利な成形

(c) 圧縮空気圧成形：

真空で軟化したシート雌型に吸着せせる代わりにシート上面から圧縮空気圧で雌型に押し付ける方法。

真空成形法に比べ成形圧力が高くなり型転写性に優れた、また深絞りの成形品が得られる

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）311-314 (株)プラスチック・エージ

22

3-4. 熱成形の特徴

長所	短所
1. シートあるいはフィルムを用いるために投影面積に比べ薄肉の製品が得られる	1. シートのクランプ代（しろ）縁取りなどの後加工に手間がかかる
2. 成形圧力が低いため鋳造アルミやエポキシ樹脂などが型に多用され型費用が安く、工期も短い	2. 射出成形品などにくらべ寸法精度が悪い
3. 二軸方向に延伸されているため成形品の機械的強度が高い	3. 熱成形品は加熱により元のシート状に戻ろうとする潜在力（プラスチックメモリー効果）のため樹脂の融点より低い温度で変形し、耐熱性が悪い
4. シート段階で印刷できるため多色印刷成形品が容易に成形できる	

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p314 (株)プラスチック・エージ

23

M1 プラスチック成形方法

M1-2 熱可塑性プラスチックの成形法

2011/1/24

目次

1 熱可塑性プラスチック成形の概要	4 回転成形
2 押出成形	4.1 粉末加工分類
2.1 押出機	4.2 回転成形の工程
(1) 押出機の基本的要素	4.3 樹脂粉末の焼結
(2) スクリューの機能	4.4 回転成形の特徴
(3) 二軸押出機	
2.2 パイプ、異形押出成形	5 ブロー成形
2.3 Tダイ法のフィルム・シート押出成形	5.1 ダイレクトブロー成形
2.4 インフレーション法押出成形	(1) 連続押出ブロー成形法
2.5 ラミネート	(2) 射出ブロー成形法
2.6 押出しラミネーション成形	5.2 延伸ブロー成形
3 射出成形	6 熱成形
3.1 射出成形の応用	6.1 真空成形
	6.2 圧縮空気成形
	7 圧縮成形

1

1 熱可塑性プラスチック成形の概要

1. 材料を加熱し、軟らかく流動状態で金型（mold）や口金（die）の形状に沿って賦形し（形状をつける）、固化後に、製品を取り出す。
2. 成形品は再加熱で可塑化するので再生使用が可能である。
3. 射出成形のように高速、高圧で不連続的に数十秒程度で完結するものから、押出成形のように低速、低圧で連続的に長尺で薄いフィルム、から板材、チューブまで幅広く成形が出来る。またこれらを組み合わせた成形法（たとえば飲料用ボトルキャップ成形システムなど）がある。
4. 中空成形も可能であり、押出機で型内に吹き込むブロー成形から、粉末を型に入れて焼結させ大きな中空品を得る回転成形まである。
5. シート熱成形のように設備、型費とも安く、安価な製品であるが日常生活に欠くことのできない包装品の真空、**圧縮空気**成形がある
6. 全ての材料が種々の成形加工法 全てに適用されない。仕様どうりの形状寸法を持つ製品を経済的に作るためには最適の材料とその成形方法を選ばなければならない。

2

2 押出成形

- 1) 押出成形は棒、板、パイプ、チューブなど長い製品をつくるのに適した、成形法である。
- 2) 押出成形機械は主に3つの部分で構成されている。
 - ① 原料を加熱して熔融流動状態（**可塑化**）にする**加熱シリンダー**、
 - ② 可塑化されたポリマーを一定断面形状に整える（賦形する）為の**ダイ**、
 - ③ ダイから連続的に押出しされ、表面固化がはじまったポリマーを水または空気で冷却固化させながら完成品を引き取るための**引取機**。
 - ④ その他に、巻き取り装置、カッターである。

ダイの形状でフィルム、シート、パイプ、異形材（プロフィル）、モノフィラメントなど様々な断面形状でエンドレスの同一断面の長尺成形品を連続して作ることができる。

3

2.1 押出機

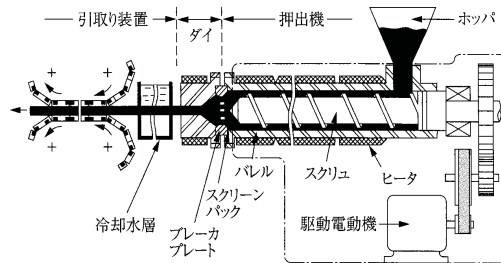


図-1 単軸式押出機の構造

押出機には単軸式と多軸式がある。
単軸式押出機の大きさはスクリュの外径で示される。
各種のダイと組み合わせられて応用範囲が広く、熱可塑性プラスチック材料に汎用されている。

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p273(株)プラスチック・エージ

4

2.1 (1)押出機の基本的要素

(1) シリンダー Cylinder :

バレル (barrel) とも言う。スクリュを入れる円筒、耐食、耐摩耗処理した鋼材で作る。外部からバンドヒータで (heater band) 加熱する。温度調節用に空冷、水冷もある。

(2) ブレーカプレート breaker plate :

押出機の先端とダイの間にある、ダイアダプターに付ける多数の孔を開けた円盤である。

使用の目的は背圧をかけ、流れを整えること、混練効果を上げこと、スクリーン・パック (screen pac) を支える。

同時に溶融材料の異物を取り除く。

5

2.1 (2)スクリュの機能

スクリュはその作用機構から

供給部；ペレットをホツパーからスクリュ内部に送り込む。

圧縮部；材料ペレットを圧縮脱泡（揮発分をホツパー側に戻す）、するとともに可塑化溶融させていく部分。

計量部；一定量の溶融物を押し出されるように計量する部分（スクリュの溝部分が升の働きをする）

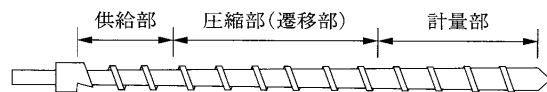


図-2 スクリュ機能

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p274(株)プラスチック・エージ

6

2.1 (3)二軸押出機

スクリュを2本並列に用いた押出機。単軸押出機に比べ混練効果は大きい。現在は横並列が多い。

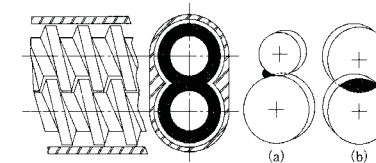


図-3 スクリュの噛みあい

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p276(株)プラスチック・エージ

7

2.2 パイプ、異形押出成形

断面形状が半円、L字、T字、U字など不整形の製品を作る。

硬質塩化ビニル樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、など古くから行なわれている。

大きさは5～1000mmφのものが多い、500～3,000mmφの大型品もある

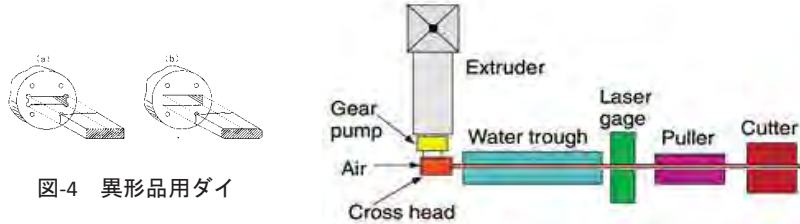


図-4 異形品用ダイ

(地独) 大阪市立工業試験所編：
プラスチック読本 (2009)p281
(株)プラスチック・エージ

図-5 パイプ押出ライン

Chris Rauwendaal, Carl Nanser Verlag : Understanding Extrusion p32 (2010)

8

2.3 Tダイ法フィルム・シートの押出成形

厚みが0.25mm以上をシート、これより薄いものをフィルムと呼ぶ。更に0.25～0.8mmを薄肉シート、0.8mm以上を厚肉シートという。

Tダイ法成形：ダイは押出機と直角に置かれる。上から見るとT字型に見える。

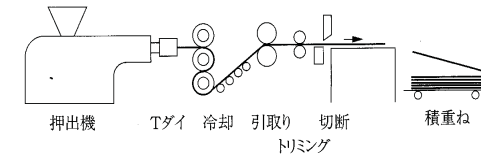


図-6 Tダイ法によるシート成形工程

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本 (2009) p278 (株)プラスチック・エージ

9

2.4 インフレーション法押出成形

フィルムはTダイ法成形でもつられるが通常リングダイ (Ring die) を使いインフレーション法成形で作られる。

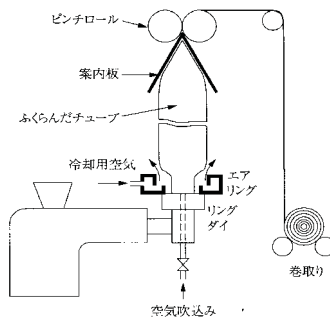


図-7 インフレーション法によるフィルム成形

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本 (2009)p279, (株)プラスチック・エージ

10

2.5 ラミネート

ミネートフィルムとは数種類のプラスチックフィルムを重ね合わせて単体フィルムでは得られない複数の性質を持つフィルムのことである。

すでに固化したフィルムに更にもう1枚フィルム付加することをラミネート法という。

まだ固化していないフィルムを重ねるラミネート技術で共押出法がある、さらに①ダイの中で合わせるのと、②ダイから押し出した直後に合わせる方式がある。

すでにあるフィルムの上にフィルム成形法で直接押し出して冷却する方法や接着剤を使い2枚のフィルムを貼り合わせる方法などがある

11

2.6 押出ラミネーション成形

ラミネーションはTダイから押し出したポリエチレンや塩化ビニル樹脂などプラスチックフィルムを紙（クラフト）セロファン、アルミ箔などの基材の上にのせ、冷却ロールと圧力ロールの間に圧着し、フィルムと基材とを張りあわせた形の複合フィルムを連続的に製造する方法である。

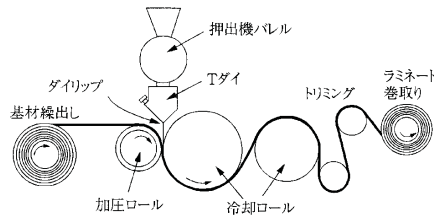


図-8a 押出ラミネート工程

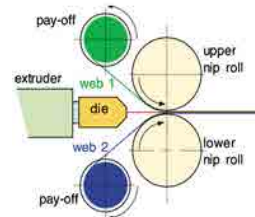


図-8b 多層押出ラミネート模式図

（地独）大阪市立工業試験所編：
プラスチック読本（2009）p280 ㈱プラスチック・エージ

Chris Rauwendaal, Carl Nanser Verlag:
Understanding Extrusion p37 (2010)

3 射出成形

- 1) 成形サイクルが比較的短時間で大量生産に適している。
- 2) 自動化技術が進んでいるので成形品品質が安定する。
- 3) 複雑な形状製品が成形可能で、しかも二次加工が不要などで工程数を減らせる。
- 4) 金型内の熔融ポリマーの流動が複雑なためいろいろな成形不良が発生しやすく対策にかなりの技術力が必要とする。
- 5) 成形機と金型が一般に高価なため、少量生産に適さない。

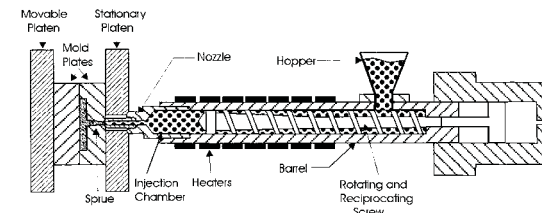


図-9 インライン式射出成形シリンダー

Beaumont, Nagel, Sherman: Successful Injection Molding p57 (2002) Hanser

3.1 射出成形の応用

精密成形及び高付加価値成形として代表的なもの

(1) インサート成形、(2) 射出圧縮成形、(3) サンドイッチ成形、(4) ガスアシスト射出成形

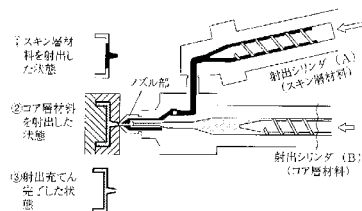


図-10 サンドイッチ成形

VIRTUAL INJECTION MOLDING MACHINE

写真-1：横型射出成形作業



下左：縦型回転成形機



下右側：下型にインサート挿入



（地独）大阪市立工業試験所編：
プラスチック読本（2009）p260,
㈱プラスチック・エージ

4 回転成形

中空製品を生産する成形法である。

ブロー成形でも中空成形ができるが製品の大きさに制約があり、金型費用も高額である。

利点

- (1) 複雑な形状成形可能
- (2) 大型中空成形が可能。（家具、玩具、遊具、自動車部品 タンク）
- (3) 小さいロット、多品種への適応が可能
- (4) ブロー成形と違いコーナーや稜線などが厚肉になることから構造的な強度で有利である。
- (5) 金型が安く早く作れる。
- (6) 成形途中に異なるプラスチック原料を投入出来ることから多層化による高機能化出来る。（2色成形や発泡3層成形など）

4.1 粉末加工分類

樹脂粉末の流動性を利用して成形する点が特徴的である。

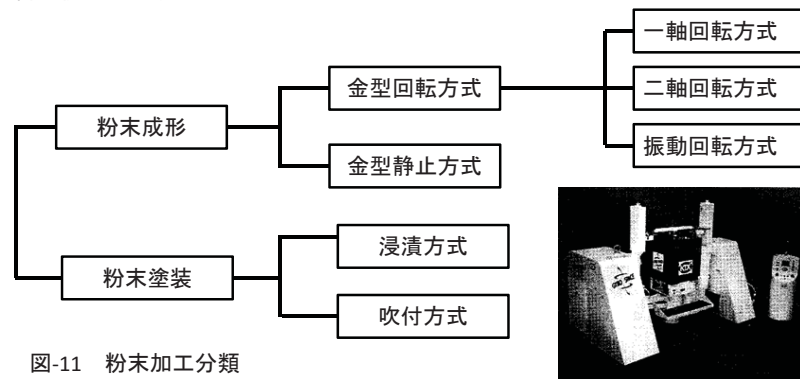


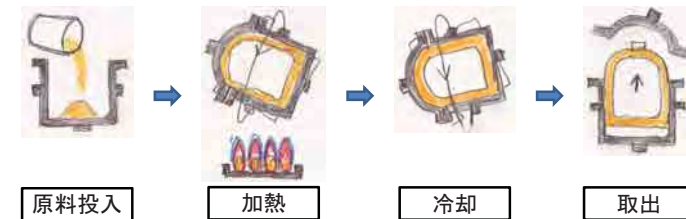
図-11 粉末加工分類

鈴木明彦：成形加工、vol12, No6, p300 (2000)

写真-2 回転成形システムの外観

16

4.2 回転成形の工程



粉末樹脂を金型に入れて密閉し、加熱炉の中に入れ示すように比較的低速で直交する二軸の周りに緩やかに回転させ粉末流動性を利用して型内面（キャビティ壁面）に粉体粒子の均等な付着層を形成する（焼結）。冷却固化させて成形品を作る使用材料の状態

- ① ペースト回転成形、
- ② 粉末回転成形がある

完全に密閉された中空成形品をつくることが特徴である

図-12 回転成形工程図

17

4.3 粉末樹脂の焼結

この図は加熱工程で、金型内面付着層から融液連続層へ変化する過程のP.Y.Kellyモデル。

金型壁から加熱され融液に残された初期気泡（パルプ）の減少が課題である。

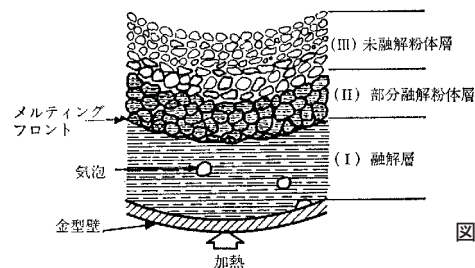


図-13 粉末樹脂焼結モデル

宮路治作、岩倉賢次：成形加工, vol.4 No.3, 148, 1992

18

4.4 回転成形の特徴

1. ペースト回転成形はゲル化現象を利用する成形法。

ペースト樹脂を型に入れて密閉したあと、回転させながら型内壁面に均一に付着させる。付着したペーストを加熱してゲル化させたあと、型を冷却して、成形品を取り出す。例とし ボールや、果物のモデル

2. 粉末樹脂回転成形は焼結現象を利用する成形法。

①ポリエチレン、②ポリプロピレン、③ポリカーボネイト ④繊維素プラスチック、⑤ABS樹脂などの粉末などがおこなわれている

3. 型の加熱方式で

①直火式、②空気炉加熱式、③、油循環方式、④溶融塩浸漬方式などがある。

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p283,
（株）プラスチック・エージ

19

5 ブロー成形

ブロー成形は中空成形とも呼ばれる中空の成形品を作る。

口の部分が狭く、内部が中空になっているプラスチック製容器、シャンプー、容器、マヨネーズのボトルなどはブロー成形方法でつくる。

金型のキャビティの形に応じて種々の容器を製造することができる。

大きいものは自動車の燃料タンク、工業用タンク、灯油タンクなど。

(空気配管)は削除しました

押出ブロー成形と射出ブロー成形に分類される。

(形状を与える温度によってダイレクトブロー成形、延伸ブロー成形)は削除しました

成形材料はポリエチレン (PE)、塩化ビニル樹脂 (PVC)、ポリアミド (PA)、ポリカーボネート (PC)、ポリエステル (PET)、ポリプロピレン (PP) などに应用されている。

20

5.1 ダイレクトブロー法

結晶性樹脂では融点以上で、また、非晶性樹脂では可塑化温度以上でパリソンを押しあるいは射出を行い、直ちにブロー成形する方法である。

この方法によるブロー成形品は無配向である。

パリソンのつくり方によって次の二つに分けられる。

(1) 連続押出ブロー成形法

(2) 射出ブロー成形法 : Injection Blow molding :

21

5.1 (1) 連続押出ブロー成形法 :

パリソンを押出成形によって連続的に押し出しブロー成形する方法である。最も一般的に行われており、大量生産用に適する。熔融材料の押出には、押出成形機タイプの装置を使う。

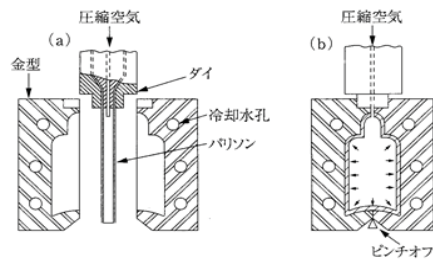


図-11 ブロー（吹込）成形

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p283,
(株)プラスチック・エージ

22

5.1 (2) 射出ブロー成形法

射出成形により有底パリソンをつくり (1) パリソンをコア金型につけたまま引き抜いて (2)、直ちに次込金型へ移動し (3)、コア金型の中央から圧縮空気を吹込んで成形する (4) 方法で、生産性は連続押出ブロー法より劣る、

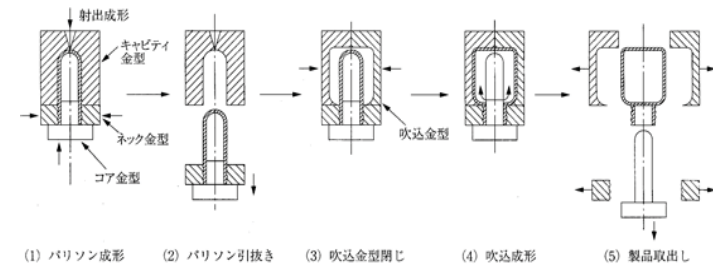


図-12 射出ブロー直接法

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p284, (株)プラスチック・エージ

23

5.2 延伸ブロー成形法

作製しておいたパリソンをプラスチックの「融点以下で軟化温度以上」、融けないが変形し易い温度の範囲に加熱する。

（非結晶性部分の分子は動けるが結晶シタ部分に分子は動けない）この状態のパリソンを型に入れて内側に高圧空気を入れると膨らんでくる。

非結晶性部分の分子はおたがいの位置を変えて移動できるため分子が引き伸ばされ、隣同士が安定した状態に再整列する。

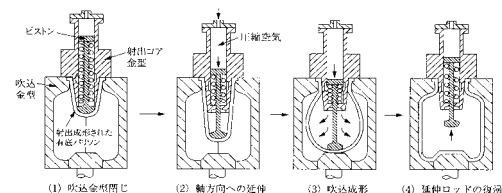


図-13 射出延伸ブロー成形法（逐次2軸延伸法の原理）

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p285、(株)プラスチック・エージ

24

6 熱成形

熱可塑性プラスチックシートまたはフィルムを外力を加えて形状を与える（賦形する）成形方法を板加（Sheetforming）といい熱成形（Therm forming）がる。

熱成形は加熱軟化させた状態で外力を加え、成形する。

薄肉で少数口ツトの大型成形品には有利。真空成形、自由吹き込み成形、圧縮空気成形などがある。

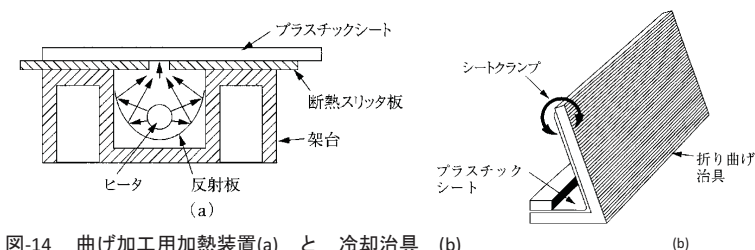


図-14 曲げ加工用加熱装置(a)と冷却治具(b)

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p311(株)プラスチック・エージ

25

6.1 真空成形

型に付けられた小さい孔あるいはスリットを通して型とシートとの隙間を減圧にしてシートを型に吸付けて賦形して、冷却後、空気を吹き込んで、成形品を取り出す方法である。

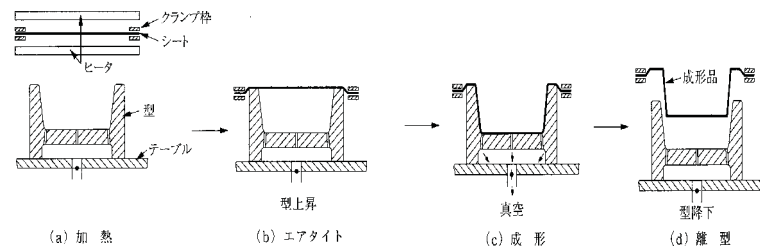


図-15 真空成形工程（ストレート法、雌型成形）

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p312 (株)プラスチック・エージ

26

6.2 圧縮空気圧成形

真空でシートを吸い付ける代わりにシート上から圧縮空気シートを型に押しつけ賦形する成形法。数気圧の圧縮空気を使うので真空成形に比べ成形圧力が高く型の再現性に優れる。

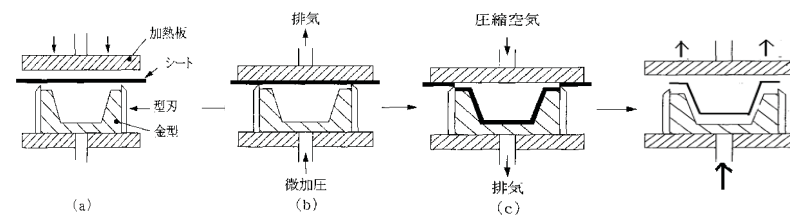


図-16 圧縮空気圧成形工程

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p314 (株)プラスチック・エージ

27

7 圧縮成形

- 1) 容器業界の飲料用PETボトルに使われるキャップが熱可塑性プラスチックを用いて圧縮成形されている。
 - 2) キャップの成形法：ポリプロピレンを押出機により連続可塑化し、熔融状態のポリマーの塊に切り落とす。このポリマーの塊を1つ1つの金型キャビティに入れて型で圧縮し賦形して成形する。飲料用キャップは高速生産性の要求から圧縮成形される。
 - 3) キャップ圧縮成形機システム構成は
①押出機②カッター③ロータリー式圧縮成形機
 - 4) 特徴： ①高速生産性、②低温における樹脂押出の効果、③金型コストの低減、
④ゲートレス成形（表面性状が良く印刷適性に優れる）
- 多層バリアー性キャップなど多層圧縮成形による高付加価値製品化が行われる。



写真-3 キャップ

江藤誠：成形加工、VOL13, No10, p652-654 (2001)

M1 プラスチック成形方法

M1-3 熱硬化性プラスチックの成形法

2011/1/25,26

目次

- 1 熱硬化性プラスチック成形方法の概要
- 2 成形材料
- 3 圧縮成形法
 - 3.1 圧縮成形設備と製品事例
 - 3.2 圧縮成形法工程
 - 3.3 圧縮成形条件
 - 3.4 圧縮成形不良
 - 3.5 圧縮成形金型基本構造
 - 3.6 圧縮成形の特徴
- 4 トランスファー成形法
 - 4.1 トランスファ成形法
 - 4.2 プランジャー式トランスファー成形
 - 4.3 ポット式トランスファー成形
 - 4.4 トランスファー 成形の特徴
- 5 注型成形法
 - 5.1 ポットティング
- 6 熱硬化性プラスチックの射出成形法
- 7 繊維強化プラスチック（FRP）成形法
 - 7.1 繊維強化プラスチック成形の特徴
 - 7.2 ハンドレイアップ成形法
 - 7.3 引抜成形法の概略
- 8 その他熱硬化性プラスチック成形法
 - 8.1 RIM成形法
 - 8.2 レジン・トランスファ成形法（RTM）

1

1 熱硬化性プラスチック成形方法の概要

熱硬化性プラスチックは成形前は低分子量物質（液状または固体状）からなり室温または加熱により可塑性をしめすが硬化剤や触媒あるいは熱または光的作用によって化学反応を起こし不溶不融性の硬化プラスチックに変化する。ゆえに成形加工操作はこれら材料が流動性を失わない間に行われる。

- ① 古くから使用されている圧縮成形法
- ② 成形材料を移送できる。半導体の封止成形などのトランス・ファ成形法
- ③ 大型で複雑な形状な成形品からプリント基板まで積層成形、
- ④ 材料の改良が進み自動化のし易いことで広く普及してる射出成形法、
- ⑤ 大型透明水槽、有機ガラスなどの注型、
- ⑥ ユニット、バス、舟艇、タンクなどの繊維強化プラスチック成形（建築、構造部材を作る、引抜成形、）
- ⑦ ポリウレタン発泡などの反応射出成形法（RIM） などがある。
- ⑧ 航空機や自動車のフェンダー部材などのレンジトランスファ成形（RTM）がある。

2

2 材料

材料主成分のポリマーだけでは脆い。このため充填材をコンパウンドして力学的強度を上げてる。

液状ポリマーに充填材を配合してシート加工したSMC、バルク状にしたものがBMCがる。液状ポリマーをGlass fiber、クロス紙に含浸せて乾燥しプリプレブがある。

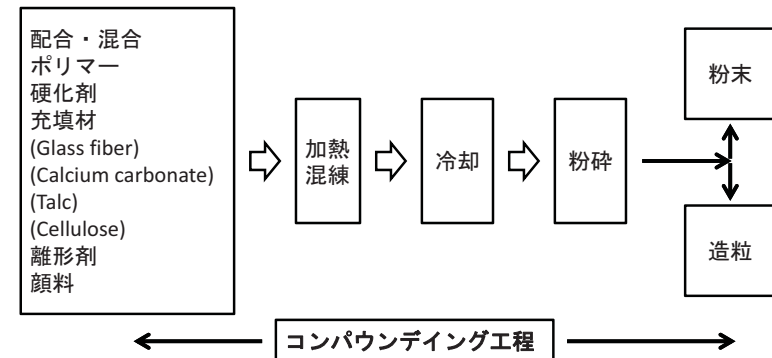


図-1 熱硬化性プラスチックのコンパウンド

3

3 圧縮成形法

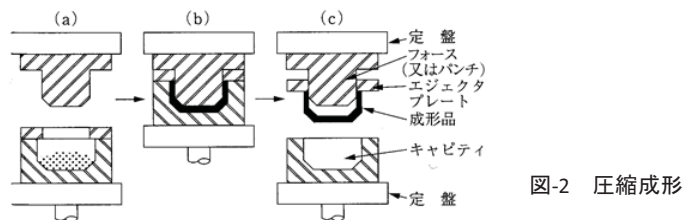


図-2 圧縮成形

- ① 成形タプレットの準備
- ② タプレットを高周波予熱する。
- ③ 材料を加熱金型のキャビティに入れる 図-2(a)
- ④ 縮合型樹脂では低圧型締めでガス抜き操作をする。高圧で型締めをして材料に形状を与える。(賦形する) 図-2(b)
- ⑤ 成形品を取り出す図-2(c)

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) p243 (株)プラスチックエージ

4

3.1 圧縮成形設備と製品事例



A



B



C



D

- A: 圧縮成形機
B: 金型
C: 高周波予熱機とタブレット
D: 給食用メラミン樹脂食器

写真-1 圧縮成形設備と製品事例
提供: 国際加工(株)

5

3.2 圧縮成形法工程

表-1 圧縮成形法工程

熱硬化性プラスチックの種類 略称記号	充填材	成形温度 ℃	硬化反応の種類
フェノール樹脂 PF	木粉、GF、セルロース	140~190	重縮合
ユリア樹脂 UF	セルロース	125~150	
メラミン樹脂 MF	セルロース	140~170	
不飽和ポリエステル UP	GF, CaCo3	110~170	付加重合
ジアリルフタレート樹脂 DAP	GF, PF, CaCo3	150~180	
エポキシ樹脂 EP	Talc, CaCo3, silica powder	140~170	

GF: glass fiber

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) p243 (株)プラスチックエージ

6

3.3 圧縮成形条件

表-2 圧縮成形条件

成形圧力	
重縮合型 (PF, UF, MF) 硬化反応の途中でオリゴマーがガス化する為にガス抜き操作を行う。 1) 低圧型締め: 5MPa程度で型を閉める。型閉め後、圧力をゼロにしてガスを抜きながら直ちに高圧にする。 (15~30MPa)	付加重合型 (UP, DAP, EP) 軟化した材料をキャビティのすみずみまで充填すればよいので低圧、10MPa程度でよい。
成形温度と硬化時間	
成形温度は材料の硬化速度と直接関係する。 温度が高いと硬化時間は短くなるが材料熱劣化と成形ひずみが大きくなる。 経験的にこのような金型温度では成形品厚み1mmで硬化時間1min程度である。	

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) p245 (株)プラスチックエージ

7

3.4 圧縮成形不良

材料は流動性、硬化特性、離形性などが良くないので成形条件が適切でないと不良が発生する。

- 1) アンダーキュア（硬化不足）、オーバーキュア（過剰硬化）；

アンダーキュアでは耐水性、耐薬品性、耐熱性に劣り、寸法変化や“そり”の発生、力学的性質が劣る。オーバーキュアでは硬くて脆くなり、割れやすくなる。

- 2) ガスフクレ、ガス割れ、3) 表面光沢不足、4) 流れ斑などが出来る。



写真-2 フェノール樹脂成形サンプル 写真提供(株) 根上産業

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) p246 (株) プラスチックエージ

8

3.5 圧縮成形金型の基本構造

材料を下型（キャビティ）にいれて上型（コアー）を閉めて圧力をかけると余分な樹脂と、ともに空気も排出されてバリになります。

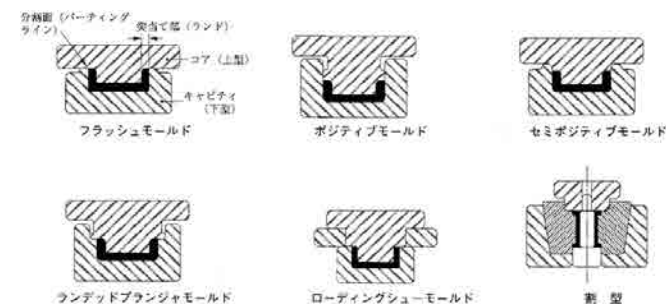


図-3 圧縮成形用金型の基本構造

(地独) 大阪市立工業試験所編: プラスチック読本 (2009) p247 (株) プラスチックエージ

9

3.6 圧縮成形の特徴

1. 材料流動がキャビティだけのために低圧力で成形できる。また低い圧力で形をつけるので成形ひずみが少ない。
2. 成形機構造が簡単である。金型も比較的簡単である。そのため、総合的に費用が安い。
3. 金内での流動が少ないために、良流動性が要求されない。
4. 寸法安定性が良い。その理由は充填材の配向が小さいため。
5. カル、ランナー、など廃棄する材料が少ない

長谷川喜一：成形加工 vol.10 No3 201 (1998)

10

4 トランスファ成形

- 1) 加熱室（ポット）で加熱軟化した材料を金型のカルからランナーへそしてゲートを通して金型内キャビティに圧入し硬化させる方法。
- 2) 圧縮成形では困難な製品を成形するために開発された。
(応用として半導体の封止成形や電子部品成形に多用されている。)
- 3) 成形時に発生するガスや、空気の巻き込み防止対策をすることが重要である。



写真-3 トランスファ成形機

提供: (株) 神藤金属工業所

廣恵 章利、本吉 正信：プラスチック成形加工入門
(1995) p78 日刊工業新聞社

11

4.1 トランスファ成形法

次の2つの方式がある。

- ① プランジャ式トランスファ成形
- ② ポット式トランスファ成形

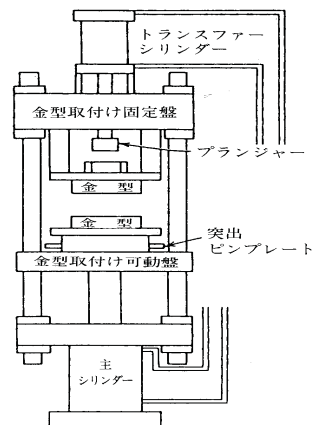


図-4 プランジャ式トランスファ成形機

長谷川喜一：成形加工 vol.10 No3, p200 (1998)

12

4.2 プランジャ式トランスファー成形

材料を成形機のポットにいれプランジャー（補助ラム）によって材料を注入する方式である。この成形を利用したのが

- (1) **封止成形**：良流動性成形材料で半導体などを低圧封止成形することを
- (2) **減圧封止成形**：注型をするとき注型品に気泡を巻き込まないために金型内部を減圧して、樹脂を注入する。

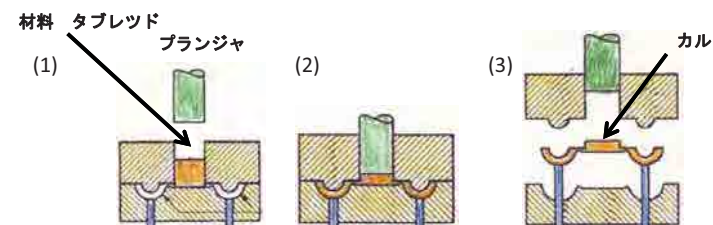


図-5 成形ステップの模式図

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p249 ㈱プラスチックエージ

13

4.3 ポット式トランスファ成形

普通の圧縮成形プレスが使用出来る。金型のみをトランスファー金型にする。

- 1) 金型内ポットにタブレットを入れ、雄金型プランジャで加圧する。圧入する圧力は5～10MPa。
- 2) 型締めと圧入を同時に行う。高压型締めを行い型が開かないようする。
- 3) ポット式はカルを除去するために1回毎に型の分解、清掃、組み立てが必要なる。**試作品の成形に利用される。**

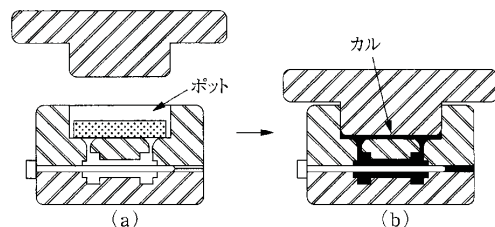


図-6 ポット式トランスファ成形 (a) 予熱したタブレットを挿入する
(b) 加圧して成形材をキャビティに注入する。

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p249 ㈱プラスチックエージ

14

4.4 トランスファー成形の特徴

- 1) 流動性の良い材料を低圧成形が可能である。
- 2) 注入するときランナー、ゲートでせん断発熱するので硬化時間が短縮される。
- 3) 多数個取りなどの自動化が容易である。
- 4) 均一硬化により成形ひずみが少なく出来る。
- 5) 金型を閉じて材料を注入する為寸法精度が良い。
- 6) 高い型締め力が必要になる。（圧縮成形機の約3倍）
- 7) 材料の無駄が出る。（カル、ランナーなど）
- 8) 繊維質充填材が配向して、成形品にソリがしやすい。

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p249 ㈱プラスチックエージ

15

5 注型成形法

- 1) 液状のプラスチックあるいはモノマーを型内に流し込み硬化させてから型を外す方法である。
- 2) 液状初期反応物は①フェノール樹脂、②エポキシ樹脂、③不飽和ポリエステル、④ユリア樹脂、⑤ポリウレタン、⑥ケイ素樹脂などであり、モノマーからは⑦メタクリル酸メチルのプリポリマー、などの注型品がつくられる。
- 3) 大型成形品、眼鏡レンズ、各種の治工具などがつくられ、部品の外部雰囲気からの保護や固定に広く用いられている。
- 4) アクリル樹脂板は注型品であり、2枚の強化ガラスの型中にメタクリル酸メチルのプリポリマーを流し込み、型中で化学反応させることにより得られる。

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) p292 (株)プラスチックエージ

16

5.1 ポッティング

- 電気部品や電気回路を埋め込むことは**ポッティング**ともいう。
- プラスチックで包み、外気と遮断して湿気を防ぎ、劣化防止、回路の固定化する目的に使われる。
- ポッティングは図-7のようにハウジング（またはケース）の中で封入注型を行い、ハウジングと一体で使用する場合を言う。

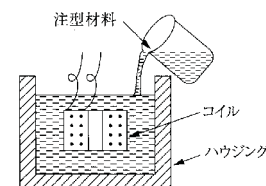


図-7 ポッティング



写真-4 エポキシ樹脂でポッティングされた小さい変圧器
From Wikipedia, the free encyclopedia

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) p292 (株)プラスチックエージ

17

6 熱硬化性プラスチックの射出成形法

1) 特徴:

シリンダー内で完全な溶融状態にせず、流動性を保つ100℃以下の半溶融状態である。これ以上の温度では硬化反応が進み、急速に流動性を失ない充填できなくなる。圧縮成形におけるタブレットの予備加熱と同じ働きをさせる。



写真-5 成形装置と製品事例
提供: (有)高製製作所

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) 260(株)プラスチックエージ

18

2) 射出成形できる材料:

- ① フェノール樹脂、②ジアリルフタレート (DAP) 樹脂③ポリエステル樹脂である。

3) 金型の要点:

- ① 金型で硬化反応を起こすので金型温度を高く保つ。
- ② バリ発生前提で金型掃除をしやすい構造にする。
- ③ 摩耗が激しくバリが避けられないので、金型材料は焼き入れ処理を行う。
- ④ 離形対策と表面の腐食対策として金型キャビティ表面にクロムメッキする。
- ⑤ 金型で硬化 [キュア] させるので加熱と冷却は均一になるようにする。

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) P309 (株)プラスチックエージ

19

7 繊維強化プラスチック（FRP）成形法

1) 接触圧成形法：

常温硬化型樹脂を含浸させたガラス繊維を型内に積層して硬化させる。ボートや浴槽などに応用される。

①ハンドレイアップ法、②スプレーアップ法がある。

2) 高圧成形法：金型を使用して1～30MPaの高圧で成形する。

①SMC法、②BMC法

3) 連続成形法：次の3つがある。

① フィラメントワインディング法（FW法）：
パイプ、タンク、ポンペなどがある。

② 引抜法（プルトルージョン法）：
引き出し軸方向に強度の大きい製品が得られる。
平板や角材など構造部材、建築部材など

③ 連続積層法：応用品、波板、平板、コンテナ、

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）P309（株）プラスチックエージ

20

7.1 繊維強化プラスチック成形の特徴

成形方法	使用材料
射出	短繊維ベレット 長繊維ベレット BMC
プレス	各種シート材 SMC, BMC, GMT プリプレグ
Spray-UP (RTM)	繊維 (カットしてスプレー)
RTM Resin Transfer Molding	プリフォーム (繊維、他)
FW Filament Winding	連続繊維
オープン	プリプレグ
オート クレープ	プリプレグ

- 1) 成形圧力が低い
- 2) 不飽和ポリエステルは硬化剤、促進剤使用すれば常温で硬化する。
- 3) 型費が安い、簡易金型で成形できる。
- 4) 成形法の種類が多い、
- 5) 大型品成形品舟艇、ボート、タンクなどが可能である。

（地独） 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）P309（株）プラスチックエージ

和田原英輔、他、：成形加工, vol 19, No12, (2007) p749

図-8 炭素繊維強化プラスチックの成形法

21

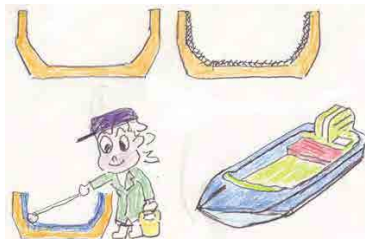
7.2 ハンドレイアップ成形法

ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）や炭素繊維強化プラスチック（CFRP）など繊維強化。

プラスチック（FRP）の成形法にはいろいろなものがある。多くの場合熱硬化性プラスチックが使われ、繊維〔Φ13ミクロンで長い〕強化材を混ぜ込まなければならない。この方法の製品は浴槽、ユニットバス、ボートの舟艇、大型タンクなどがある。

大きな成形物を一体のものとして成形する方法にハンドレイアップ成形法がある。

1) 型制作、材質は木材、FRP



2) 離形剤、ゲルコート層を塗った上に繊維強化材を敷き詰める。

3) ローラや刷毛を使い溶融した成形材を塗り重ねていく。

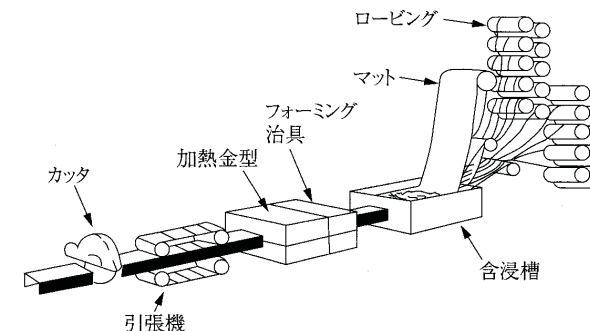
4) 加熱して硬化させる。型から外して仕上げ作業すれば舟艇が完成。

図-9 ハンドレイアップ成形工程

日本プラスチック工業連盟監修：よくわかるプラスチックp122（2010）日本実業出版社

22

7.3 引抜成形法の概略



強化プラスチック成形法で長い連続繊維を引き揃え樹脂を含浸させフォーミングで賦形して加熱型を通して硬化させてから裁断する。特に軸方向に強度の大きい製品が得られ、構造部材、建築部材が作れる。

図-10 引抜成形法の概略

森本尚夫：FRP成形の実景、p240高分子刊行会、1984

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p307（株）プラスチックエージ

23

8 その他熱硬化性プラスチック成形法

- 1) 反応射出成形法、RIM
代表的なポリウレタンRIM
- 2) レジン・トランスファ成形法 RTM

8.1 RIM成形法

反応射出成形 Reaction Injection Molding **RIM** として扱う。
代表的なRIMシステムとしてはポリウレタンRIMがある。イソシアネートとポリオールとの反応によってポリウレタンを成形する。ナイロンRIMシステムもある。

表-3 代表的なRIM条件

材料	原料 温度℃	金型 温度℃	射出 圧力MPa	硬化 時間 sec
ポリウレタン	30-50	30-50	10-20	20-180
ジシクロペンタジエン	25-35	50-80	3.5-7.0	30-180
エポキシ樹脂	40-70	90-150	3.5-15.0	60-180

(地独) 大阪市立工業試験所編:プラスチック読本 (2009) P310 (株)プラスチックエージ

8.2 レジン・トランスファ成形法 (RTM)

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) が航空機分野、自動車向けに利用されている成形法として「レジントランスファ成形がある。シートや織物などの中間基材を裁断して積層して形を与えプリフォームを形成して、型内に配置する。そのあとに母材となる樹脂を注入して含浸、硬化させることで成形する。RTM成形はFW成形とは異なり、CFRP形状に制約を受けない。複雑な形状を得られる利点がある。飛行機、自動車の外板部材など、その適用範囲が広い。スチール比で50%アルミ合金比で30%の計量化になる。

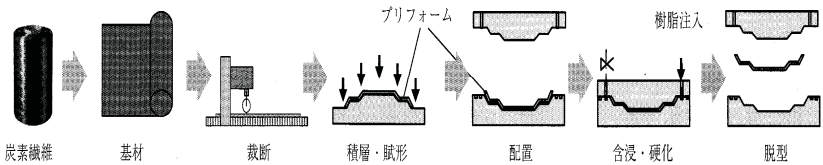


図-11 RTM成形プロセスのフロー

和田原英輔、他、：成形加工, vol 19, No12, (2007) p751

M1 プラスチック成形方法

M1-4 製品の二次加工

2011/9/22,23

目次

- 1 製品二次加工の概要
- 2 プラスチックの接合
 - 2.1 機械的接合
 - 2.2 接着剤による接合
 - (1) 接着の長所・短所と表面処理
 - (2) 接着強度
 - 2.3 熱溶融による接合
 - (1) 熱板溶着
 - (2) インパルス溶着
 - (3) 高周波溶着
 - (4) 超音波溶着法
 - (5) 振動溶着
 - (6) 高周波誘導加熱溶着
 - (7) レーザ溶着法
- 3 加飾
 - 3.1 塗装
 - (1) 塗料の概要
 - (2) 塗装工程
 - 3.2 印刷
 - (1) グラビア印刷
 - (2) スクリーン印刷
 - (3) パッド印刷
 - (4) 水圧転写法
 - (5) 含浸印刷
 - (6) ホットスタンピング
 - (7) レーザマーキング
 - 3.3 メタライジング
 - (1) 湿式めっきの原理
 - (2) ABS樹脂のめっき
 - (3) 乾式めっき工程と特徴
 - (4) 真空蒸着
 - (5) スパッタリング
- 4 その他

1

1 製品二次加工の概要

プラスチック成形品の二次加工は、以下に示す目的および方法によって行う

1. 意匠性と加飾：

製品の美観、や表示方法として行う

①塗装、②印刷、③レーザマーキング、④メタライジング
2. 表面機能の付与：

紫外線吸収性能、帯電防止性能、導電性、耐スクラッチ性を改善する

①塗装、②真空蒸着
3. 複合機能の付与：

異なる材料・材質との接合により新しい機能を与える

①接着、②スナツプフィット、③ネジ接合、④溶着
4. 製品形状設計の自由度付与：

成形部品を接合により複雑な製品に仕上げる

①接着、②スナツプフィット、③ネジ接合、④溶着

(注記) 加飾とは、成形品表面に塗装、印刷、メタライジング、ホットスタンピング、UVコート、などを施し、製品の美観や表面機能を高める方法をいう。

2

2 プラスチックの接合方法

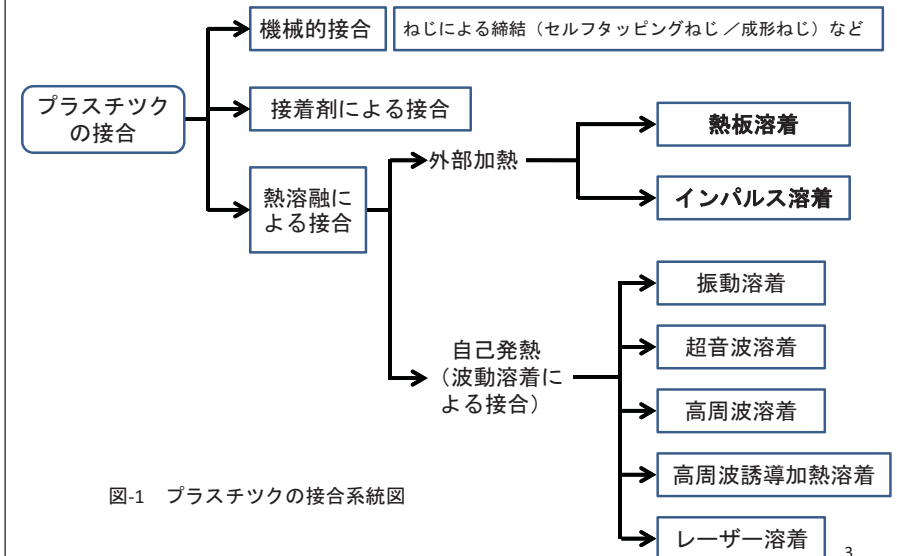


図-1 プラスチックの接合系統図

3

2.1 機械的接合方法

- ① セルフタッピングねじ
- ② ボルト、ナット、ワッシャ
- ③ 成形ねじ
- ④ プレスフィット（圧入）
- ⑤ スナッフフィッティング

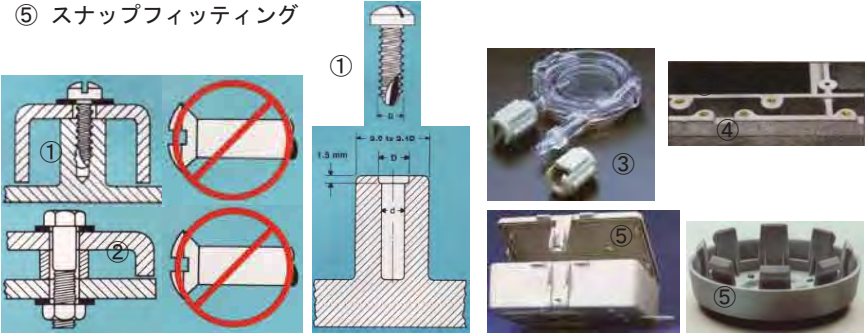


図-2 機械ねじ
(ネジ、ボルト、ナット、ワッシャ)

写真-1 成形ねじと
スナッフフィッティング

Bayer社：技術資料，“マクロロンの接合テクニク”

4

2.2 接着剤による接合方法

接着剤を溶液にして被接着材に塗布し、圧着したあと溶剤の揮発、反応により硬化させると接着する

1 親和性（表面の“ぬれ”）が良くなければならない

接着剤分子が結合力を発生出来る近さにするためには液体状態で被接着材表面を“ぬらし”親和させることが必要。

2 接着強さは接着剤と被接着材との分子間に働くファンデルワース力である。

接着剤が硬化すると接着強さが発生して容易に剥離破壊しなくなる。

3 内部応力

硬化すると接着剤体積が収縮する。これにより接着面に内部応力が発生し被接着材にひずみ、変形が生じる。

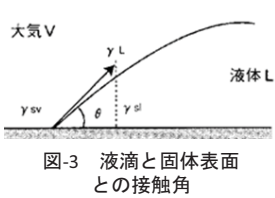


図-3 液滴と固体表面
との接触角



写真-2 テフロン（PTFE）
ペローズ加工

柳原栄一：接着技術のはなし（1997）p66-71 日本実業出版社

櫛クボプラwww.kubopura.com

5

2.2(1) 表面処理法と接着の長所・短所

被着材表面処理法

- ① 有機溶剤洗浄、
- ② サンドブラストなど研磨、
- ③ 酸、アルカリ、酸化剤処理
- ④ コロナ、プラズマのどの高圧放電や紫外線照射など物理的処理
- ⑤ 接着剤と被着剤の仲立ちをするプライマー処理がある。

接着の長所

- 1) 接合部分の応力分散が出来る
- 2) 気密性、水密性が得られる
- 3) 電氣的、熱的絶縁効果が得られる
- 4) 外観の美観を損なわない
- 5) 多くの材料接合できる
- 6) 接着材変質が少ない

接着の短所

- 1) 耐用期限が明確でない
- 2) 得られる接着強さがばらつく
- 3) 耐熱性に限界がある
- 4) 硬化に時間がかかる
- 5) 接合部の取り外しが困難
- 6) 非破壊試験が困難

柳原栄一：接着技術のはなし（1997）p13,15、櫛日本実業出版社

6

2.2 (2) 各種接着剤の接着強さ

種類	接着剤 (adhesive)	せん断 強さ Shear strength	剥離 強さ Peeling strength
熱可塑性 プラスチック Thermoplastic resin	Polyvinylacetate (PVAc)	◎	×
	Ethylene vinylacetate copolymer (EVA)	△	△
	Polymethyl methacrylate (PMMA)	○	△
	ポリシアノアクリレート	○	×
	Polyvinylformal (PVF)	○	◎
	Polyvinylbutyral (PVB)	△	◎
	Polyamide	◎	◎
熱硬性 プラスチック Thermosetting resin	Phenol resin (PF)	◎	×
	Amino resin	○	×
	Epoxy resin (EP)	◎	×
	Modified epoxy resin	○	○
	Polyurethane resin (PUR)	△	○
Rubber	Natural rubber (NR), synthetic rubber	×	△
composite	(PF), (EP/PA), (PVF) (PVB), NBR	◎	◎

接着性の順序：◎>○>△>×

表-1各種接着剤の接着強さ

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p319 櫛プラスチック・エージ

7

2.3 熱溶融による接合方法

溶着法は接合面を溶融、圧着、冷却固化の工程をへて一体化する。

外部からの熱源で加熱溶融させる、樹脂の自己発熱で溶融させる、成形時に型内で溶着する方法がある。フィルム・シートの各種方法を比較した。

表-2 シート&フィルムの各種溶接法の特徴

項目	熱板溶着	インパルス溶着	高周波溶着	超音波溶着
連続溶接の可否	○	◎	◎	◎
サイクルタイム	長い	中	短	短
溶接部の外観	良	優	優	優
適用シートの厚さ	中	薄	薄～厚	薄
PE	◎	◎	×	○
PP 未延伸	◎	◎	×	◎
PP 延伸	○	○	×	○
PVC soft	◎	○	◎	○
PET	-	○	×	○

これ以外に
高周波誘導加熱溶着。
振動溶着。
レーザ溶着が利用されている。

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p319(株)プラスチック・エージ

8

2.3 (1) 熱板溶着

熱板に被溶着部分を接触させて溶融した後、すぐに溶融面同士を加圧し、固着するまで保持し溶着接合する。

特徴

①溶着強度・熱効率が高い（各種溶着工法の中で最も良好）。②気密溶着が可能で信頼性が高い。③製品形状、溶着部の形状に比較的自由度がある④加熱体からの熱による溶融溶着のため、サイクルが比較的長い。⑤大型製品の接合に適している。

用途

①タンク、②パレット、③ファン、④ライト

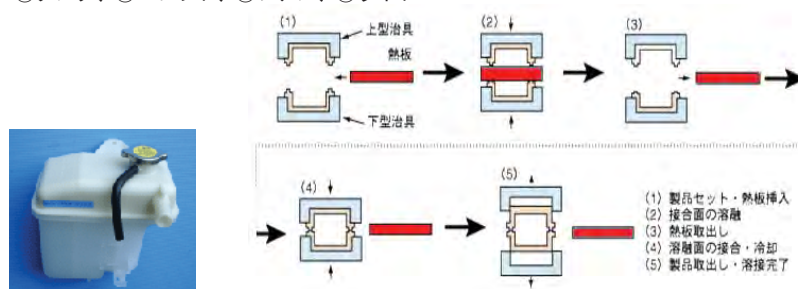


写真-3 プレーキオイルタンク

図-4 熱板溶着工程 ポリプラスチック(株) 技術試料

本間精一：プラスチックの二次加工技術（2007）,P68 工業調査会

9

2.3 (2) インパルス溶着

インパルス溶着はフィルム、シートでかつ融点の低い熱可塑性プラスチックの溶着に適している。圧子先端の発熱体（ニクロムバンド）に大電流を短時間通電し瞬間的に発熱させる。圧子で被溶着材を押え溶着面を加熱して溶着させる。

特徴

インパルスは、加熱後短時間で冷却されるので、ヒートシールに比べて溶着部及びその周辺のシワ、ウネリの発生を防止し、シール面が美しく仕上がる。ただし、フィルム、シートの厚みに制約があり、融点差の大きい多層フィルムでは、美しく仕上げるのが難しい。

用途

接着剤が使用できない、かつ内容物を変質させない食品包装製袋シールインパルスシーラーとしてPE,PPフィルム、多層フィルムのシールまたは薄いシート（0.2mm位まで）の直線シールや成形品の“ピン”かしめ、ファイル、バインダートナーケース、などに使われる。

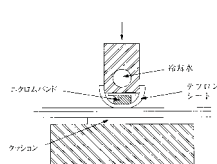


図-5 インパルス溶着工程



写真-3 食品包装袋の表面・裏面



(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）315(株)プラスチック・エージ

10

2.3 (3) 高周波溶着

被溶着材（電気特性が誘電体）を電極型に挟みエアープレスにより圧着させる。

高周波電界（40MHZ電磁波）により電極型が圧着してる部分だけを被溶着材の分子振動をさせる（誘電加熱）、この時の内部発熱で溶着する。

特徴

①材料内部のみ均一に急速加熱できる、②気密性と高強力な溶着強度が得られる、③数秒の印加時間で品質の安定した溶着、④環境負荷物質が出ずクリーンである。

用途

塩化ビニルのフィルム、シート、レザーやポリアミド樹脂、熱可塑性エラストマー素材などの溶着を行う。

①フレコン、②浮き輪、③手帳の表紙、④輸液、採血バッグ、カテーテルなど



写真-4 PVC製のフレコンと高周波溶着機

11

2.3 (4) 超音波溶着法

PZT素子（チタン酸ジルコン酸鉛）素子は高周波電流を流すと超音波振動を発生させる。

これを取りつけた振動子から加工治具に超音波振動を伝え、固定したプラスチック材料に加圧力を同時に加えることで、プラスチック製品の一部に強力な摩擦熱が発生させる。

接合したい部分を溶融させて接合する。

特徴

①サイクルが早い②コストが安い③仕上がりがきれい④強度が高い⑤自動化しやすい⑥高い気密性が得られる⑦再現性が高い⑧制御しやすい⑨悪臭が発生しない

用途

成形品溶着だけでなく、ボスのカシメやスポット溶着、フィルム・シートや不織布のシール、金属のインサートなど幅広い分野において使用されている。

①医療機器や衛生器具、②電子部品、③自動車部品、④食品包装



写真-5 Food pack



写真-6 超音波溶接機

12

2.3 (5) 振動溶着

二つの接合面を重ね合わせ加圧すると同時に左右方向に数ミリの振動を与え摩擦エネルギーによって被接合面を溶融させる。振動停止後、加圧・冷却して接合させる。振動溶着機の周波数は通常100Hz（振幅は約3mm）または240Hz（振幅は約1.5mm）が用いられる。

特徴：

①異形断面形状の大型部品に適して②高気密性で強固な溶着力が得られる③サイクルが短い④消費電力が少ない⑤臭気が発生しない。

用途：

①自動車部品（インテークマニホールド、インパネ）、②洗濯機前面パネル、③タンク

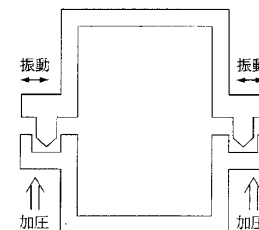


図-6 振動溶着の原理

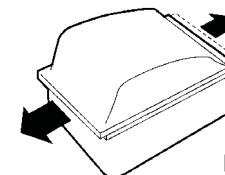


図-7 振動溶着

本間精一：プラスチックの二次加工技術（2007）,P77工業調査会

（地独）大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p315(株)プラスチック・エージ

13

2.3. (6) 高周波誘導加熱溶着

導体を高周波磁界の中に入れると導体に高周波の渦電流が誘起し、流れて導体が自己発熱する。鉄（磁性体）、アルミ、ステンレスを電気導体とし、プラスチックに磁性体粉末をコンパウンドした丸棒やプラスチックシートを接着剤とする。

嵌め合わせ形状にしてその接合部に導体を入れ、加熱と加圧を同時に加える。

選択的に金属導体を発熱させ周りの樹脂バインダーを溶融する。これが被接合面を溶融させて溶着させる。

特徴

①瞬間加熱ができる。②局部加熱ができる。③均一加熱ができる。④クリーン加熱ができる。⑤表面のみの加熱ができる。⑥接合面に金属が残る。⑦導体形状により補強効果が得られ溶着強度を高める。⑧磁性導体や金属粉末コンパウンド品など材料コストがかかる。

用途：①密封品、②金属インサート加工

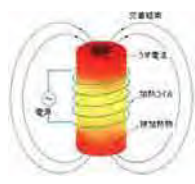


図-8 誘導加熱の原理

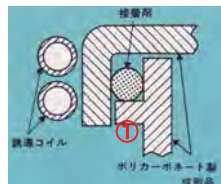


図-9 高周波誘導加熱溶着例

アイメックス(株) www.i-mecs.com

Bayer社：技術資料“マクロロンの接合テクニク” 14

2.3 (7) レーザ透過溶着法

レーザを通す材料（透過材）とレーザを吸収する材料（吸収材）を密着させる。透過材側からレーザ光を走差照射する。両材料界面で吸収材がレーザ光を吸収し、分子間運動摩擦により、内部発熱して吸収材表面側から溶融する。

同時に、この熱は接触している透過材側に熱伝導し、界面周辺も溶融されて両面が融け合うことで溶着する。

特徴

①振動や超音波、衝撃などの負荷が無いので精密部品にも応用できる。
②非接触溶着のため、表面に熱影響・キズ・変形を生じさせない。
③粉塵やバリなどが出ない。
④ビームサイズを小さくし微小エリアを選択的に溶着する。熱による影響も最小限にできる。

用途：自動車のヘッドランプ、タンク、注射器など

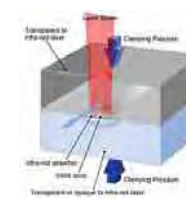


図-10 Diagram of transmission laser welding

15

3.1 塗装

塗装は成形品表面に塗膜を形成して表面性能および機能を改質する。

目的は意匠や他部材との色調統一などの外観向上および耐候性や表面硬度の向上、帯電防止、ガスバリアー性などの機能付与がある。

材料固有の表面特性（光沢、粗さ）などに左右される、着色剤選定に制約があり、大量生産型であり個性的な要求に答えるには難点がある。

塗装による表面加飾技術は、シボ、メタリック、良光沢にあわせた表面加工が出来る、要求外観にあわせた多品種少量生産が可能になる利点がある。

材料リサイクルの場合は①基材から塗膜が分離できるか②一体で破碎する。これを基材同一の新材とコンパウンドする。成形材料性能が要求を満たしてるか判断する必要がある

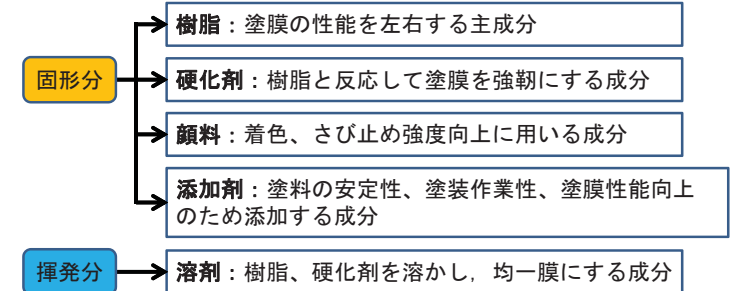


写真-7 塗装適用例、携帯電話・オートバイヘルメットの塗装

16

3.1 (1) 塗料

溶剤系塗料の成分



プラウチックにしようされる樹脂系塗料の種類	特徴
熱硬化アルキド樹脂系 エポキシ樹脂系 ウレタン樹脂系 アクリルラッカー系 不飽和ポリエステル樹脂系	樹脂、硬化剤を溶剤に溶解し、顔料等を分散混合した一般的塗料。乾燥性、塗装作業性に優れた均質な塗膜がえられる

図-11 塗料の成分とその種類と特徴

中道俊彦、坪田実：塗料の本（2008）p22-99、日刊工業新聞社

17

3.1 (2) 塗装工程

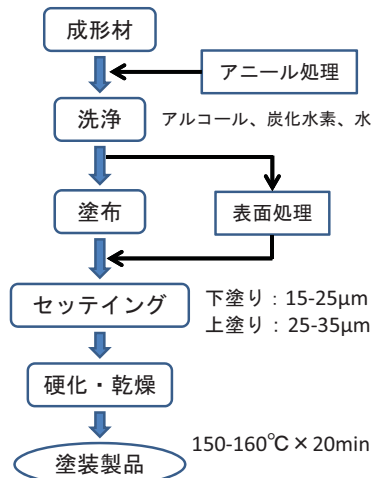


表-3 塗膜と基材の接着

主な原理	方法
基材表面のWBLの除去	溶剤、中性洗剤による洗浄、超音波洗浄
分子相互分散、エツチング	塗料洗浄、シンナーによる膨潤・溶解
有効表面積の増加、アンカー効果	サンドペーパー、サンドブラストなどによる表面粗化
極性基の導入	重クロム酸などによる化学的処理 放電など物理的処理
塗膜と基材間に接着層を形成	プライマー処理

図-12 塗装工程図

本間精一：プラスチックの二次加工技術（2007）,P94-97工業調査会

18

3.2 印刷

プラスチック成形品の表面に文字や図柄を入れて、意匠性、識別性などの特性を付与する（表面加飾法）二次加工技術として印刷などの方法がある方法の特徴をまとめた。ホットスタンピング、フィルム・シートの包装容器類で多用されている

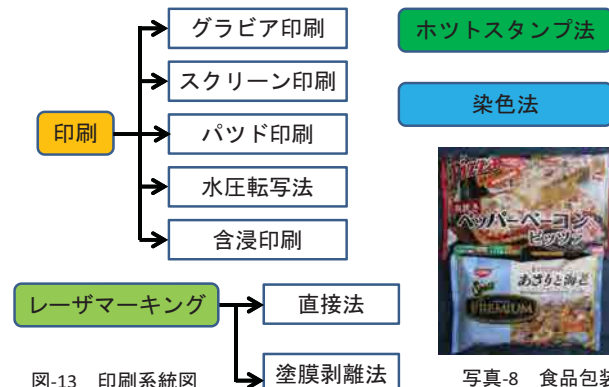


図-13 印刷系統図



写真-8 食品包装と球体への印刷 例

本間精一：プラスチックの二次加工技術（2007）,P110工業調査会

19

3.2 (1) グラビア印刷

フィルム・ビニール軟包材への印刷に用いられている。

グラビア印刷は細かい幾何学的模様の印刷に利用する。

版は円筒形状をしているメッキ銅をベースにエッチングや彫刻で凹形状を作る。

比較的流動性の高いインキを凹部に入れ余分なインキをかき取り、印刷基材に押しつけてインキを転写する方式である。

特徴：①シート、フィルムの加飾に適する②豊富な階調、色調の絵柄の印刷が可能③凹凸のある成形品には不向き

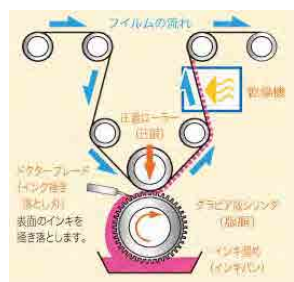


写真-9 レトルト食品包装

図-14 グラビア印刷工程
中京化学㈱

20

3.2 (2) スクリーン印刷

スクリーン印刷は、細かい目の布にインキを遮蔽する膜を張り付けた、孔版印刷の一種です。絵柄の遮蔽膜を作る方法は写真製版法が広く使われている。

特徴

①射出成形、押出成形、ブロー成形品真空成形品などの加飾に適する

②厚膜印刷、多色印刷が可能

自動車のメータ文字盤やオーディオなどの銘板などに適用



外周がスクリーン印刷
で内周がパッド印刷



曲面印刷部分筒状
の曲面印刷

写真-10 適用例

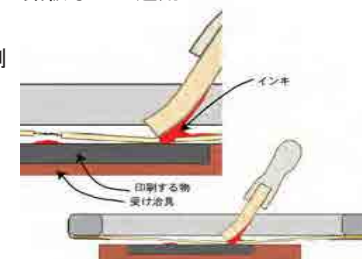


図-15 スクリーン印刷工程

ミスズ技研www.purple.dti.ne.jp

21

3.2.(3) パッド印刷

凹版にインキを流し込み、余分なインキをブレードでかき取ったあと、弾性力のあるシリコンゴム製のパッドに転移させる。次にパッドを被印刷物（成形品）表面に押し付けると、インキがパッドから転移して印刷される。

特徴

①曲面印刷が容易である。

②印刷精度が高い。

③厚膜印刷、多色印刷が可能



写真-10 パッド印刷適用例 ダイヤルつまみブルー目盛りと文字など

www.invest-plan.co.jp

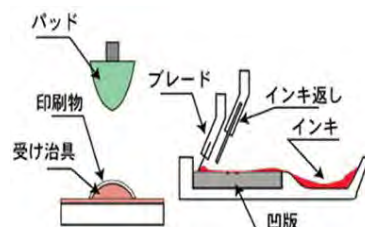


図-16 パッド印刷の工程

www.purple.dti.ne.jp

22

3.2 (4) 水圧転写法

水圧転写は、フィルムにグラビア印刷をし、そのフィルムを水圧を利用して被印刷物に転写する。おもに自動車内装材や家電製品外装材の加飾に幅広く使用されていますが、被加加飾（基材）の材質に制限がある。

特徴

①複雑な3次元曲面など様々な形状に適用できる。

②小さいものから大型成形品まで幅広く適用できる。

③ABS,PS,PPなど以外にフェノール、エポキシ樹脂など熱硬化樹脂に適用

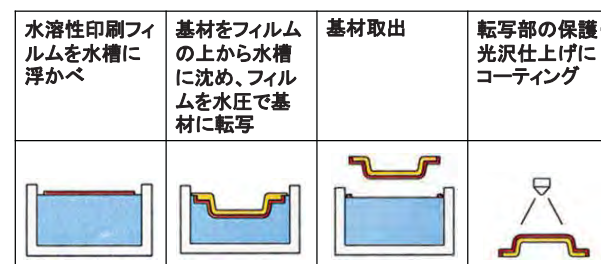


図-17 水圧転写の工程

布施真空㈱ホームページwww.fvf.co.jp

23

3.2 (5) ホットスタンピング

ポリエステルフィルムにグラビア印刷、蒸着などで印刷した転写箔を用い印刷側を成形品に加熱圧着して印刷部分を成形品に熱転写する。

特徴

- ① 金属光沢を含む多色印刷や精密な図柄が一工程でできる。
- ② 加熱によるそりが発生し易い、③ 3次元曲面が難しい

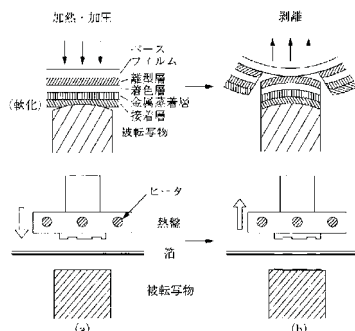


図-18 ホットスタンピング工程



写真-12 蒸着フィルム

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本（2009）p322(欄)プラスチック・エージ

24

3.2 (6) 含侵印刷

昇華印刷とも言う。樹脂にインクを染み込ませて文字、絵柄を描く方法。インキは成形品表面から約10～20μm程度の深さまで浸透する。

熱転写法は転写フィルム（ペーパー）に昇華性インクで文字を印刷し、そのフィルムをキートップにのせ、200度近くの熱と圧力で樹脂へ浸透させる。

直接法は転写フィルムを使用せずに、キートップに昇華性インクをパッド印刷で直接転写し、その後熱で浸透させる。

特徴：①印刷面の耐久性がすぐれる②印刷時間が長い③高い温度には不向き



印刷面に耐摩耗性が求められるキートップ（POM,PBTの場合、樹脂の表面から約20～40μmの深さまで浸透させている。

写真-13 含侵印刷適用例

Qerters clinic: <http://park16.wakwak.com>

25

3.2 (7) レーザマーキング

成形品表面にレーザー光を照射することによって文字や図柄を印刷する方法。

直接法

樹脂にカーボンブラック、酸化チタン、発色用着色剤などを配合した成形品にレーザー光を照射して発熱により材料が熱酸化反応により炭化することで発色させる方法で色相は淡色のみ。

塗膜剥離法予め成形品表面に印刷や塗装を行い、インキまたは塗料をレーザー光で昇華させ除去して文字、絵柄をいれる。バックライトパネル、携帯電話のキーなど

特徴

- ① 非接触で印刷できる、
- ② マーキング精度や再現性が良い、
- ③ 前処理をしなくて良い
- ④ インキや溶剤を使用しないので環境・安全性にすぐれる（直接法のみ）

個装箱への賞味期限・製造年月日の印字、基板や樹脂部品への型式・ロットの印字



写真-14 レーザマーキング適用例

上信樹脂 <http://www.joshin-j.co.jp/ichikawa/text01.html>

26

3.3 メタライジング方法

- 湿式めっきとは金属が溶解した溶液中で成膜する方法である。
- 乾式めっきとは真空中で成膜する方法である。

①薄膜で軽い②多種類のカラーメタライジングが可能である

③各種プロセスに適用可能である。④湿式めっきでは廃液の環境負荷が大きくこの処理設備、運転コスト負担が大きい、管理方法により公害化することもある。

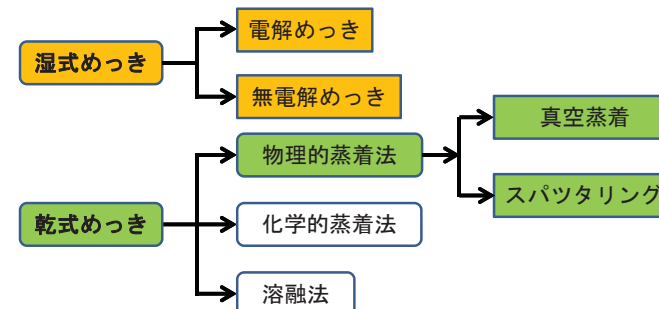


図-19 メタライジング系統図

27

3.3(1) 湿式めっきの原理

電気めっきの原理

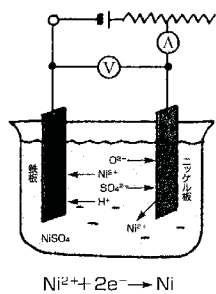
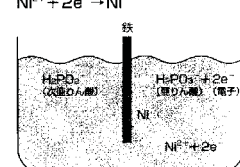
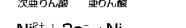
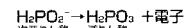


図-20 湿式めっきの原理

- 溶液中の金属イオンを電気エネルギーで還元
- 容極の溶解
- めっき浴の構成成分

無電解めっきの原理

還元剤→酸化生成物+電子



- 置換めっき
- 自己触媒めっき
- 還元剤を用いるめっき

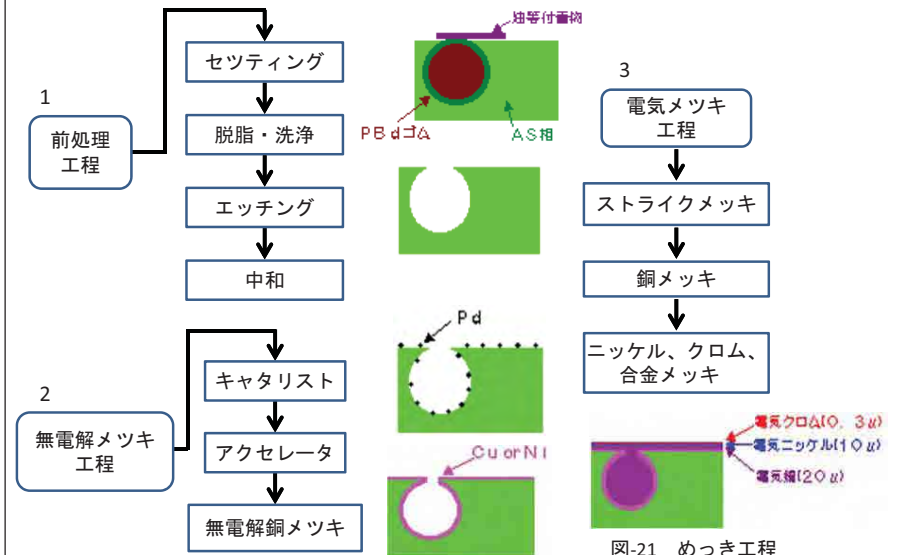


写真-15 めっき適用例

榎本英彦：めっきの本、2006,p23,25、日刊工業新聞社

28

3.3(2) ABS樹脂めっき工程



榎本英彦：めっきの本、2006, p23, 25、日刊工業新聞社

29

3.3(3) 乾式めっき工程と特徴

利点：

- ① 薄膜で軽い、
- ② 無公害プロセスである
- ③ 多種類のカラーメタライジングが可能である
- ④ 各種のプラスチックに適用可能である

欠点：

成形品との密着力が弱いこと。これは湿式めっきより劣る。

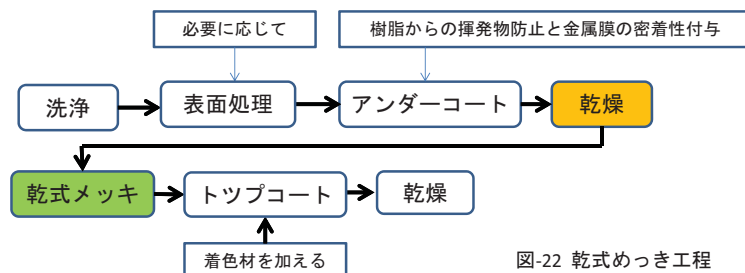


図-22 乾式めっき工程

本間精一：プラスチックの二次加工技術（2007）,P159工業調査会

30

3.3(4) 真空蒸着法

PVD（物理的蒸着法）

蒸着法は真空中で金属膜にしたい蒸発材料を加熱蒸発させ、その蒸発粒子を基板(成形品)に当てて金属膜をつける方法。装飾を目的とした製品やフィルムメタライジング多く採用される。温度が高くなるので素材は耐熱性を要する。

特徴

膜純度が高く出来る
膜の表面は平滑にしやすい
密着力はアンカー効果と拡散に依存
影になった部位には付き廻らない



サークルアンドスクエア
www.csq.co.jp/



写真16 プラスチックレンズ化粧品チューブメッキ

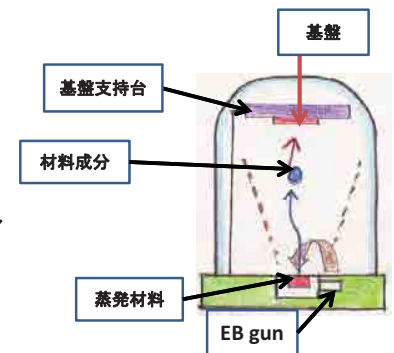


図-23 真空蒸着法原理

31

3.3(5) スパッタリング

真空槽に 10^{-2} ~1 (Torr) のアルゴンガスを導入しト陰極（ターゲット）と陽極（基板）の間に数kVの電圧をかけると放電が発生する。

放電プラズマ中のアルゴンイオンをターゲット材料にぶっつけ、その衝撃で材料成分の原子・分子をたたき出して、成形品表面に金属膜を形成する方法。

特徴

- ①再現性・連続性は容易、②合金膜が成膜しやすい、③成膜速度が上がらない、④基板と同サイズのターゲットが必要。

用途：コンパクトディスク、磁気記録媒体、光ディスク



写真-17 ミラーシールド（ダークスモークシールド）
光磁気ディスク

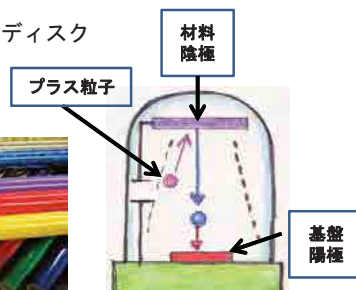


図-24 スパッタリング
の工程

32

4. その他

1. ゲート処理

成形品を取出したあとに制限ゲートのランド部を除去すること。①切断跡が凸状に残らないこと②製品部の切り込まないこと。

2. バリ取り

金型合わせ面、ガスベント部の隙間からの“はみ出し樹脂”を除去すること。

3. アニール処理

成形品を高温槽で熱処理すること。①残留応力を除去し変形、割れを防ぐ②結晶性プラスチック成形品は金型温度以上に曝される過程で後結晶化と加熱収縮をしょうじて寸法変化する。これを促進させておく

4. バフ仕上げ

ゲート仕上げや表面の艶出し、あるいは傷とりなどで研磨剤を使いバフ加工をすることがある。バフ種類は、目的と成形品表面硬度から選択する

5. 調湿

ポリアミド樹脂（ナイロン）は成形直後は吸水率0%であるが、自然放置すると吸水する。吸水すると寸法が増加し材料強度が低下する。吸水率はそれが曝される雰囲気温度と相対湿度により決まる。使用環境（温度、相対湿度）吸水率に調整すること。

33

M2 プラスチック材料

M2-1 特性と特徴

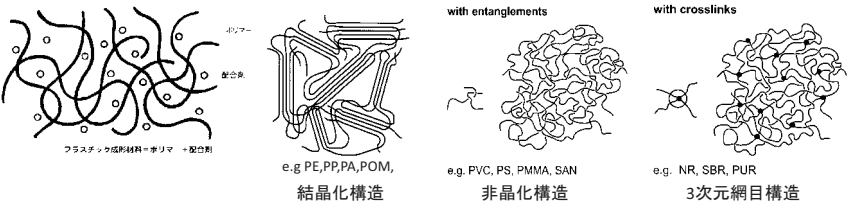
2011/2/17,18,23

目次

1	プラスチックの構成	9	PVT挙動
2	熱可塑性プラスチックは鎖状高分子	10	流動特性と成形収縮率
2.1	熱可塑性プラスチックの性質	11	力学的性質
3	熱硬化性プラスチック	11.1	引張特性
3.1	成形材料の種類と構成	11.2	衝撃強度
4	添加材	12	耐薬品性
4.1	難燃材	13	電気特性
4.2	強化材	14	燃焼性
4.3	ガラス繊維強化材の形態	14.1	プラスチックの酸素指数
4.4	充填材	14.2	環境負荷の少ない難燃樹脂
5	重合	15	透明性プラスチック
5.1	熱可塑性および熱硬化性プラスチックの結合	16	エポキシ樹脂の特徴
5.2	付加重合	16.1	エポキシ樹脂と硬化剤の危険性
5.3	重縮合	16.2	取扱作業者の保護具
5.4	共重合 とアロイ化	17	再生材比率と特性の変化
6	熱可塑性プラスチックの分子モデルとモルホロジ	18	生分解性プラスチック
7	結晶性と非晶性の特徴	19	ポリマーの構造式
8	熱的性質	20	各種プラスチックの特性関連
8.1	結晶性プラスチックの熱挙動		
8.2	非結晶性プラスチックの熱挙動		
8.3	耐熱性		
8.3.1	荷重たわみ温度、測定例		
8.3.2	長期耐熱性の比較		
8.3.3	連続使用温度と荷重たわみ温度		

1 プラスチックの構成

- (1) プラスチックの主成分は高分子であるポリマー (polymer), またはプレポリマー (prepolymer), である。
- (2) 線状高分子量ポリマーが熱可塑性プラスチックの構成成分になり、反応性官を持つ低分子量のプレポリマーが熱硬化性プラスチックの主成分になる。
- (3) 副資材としての添加剤はポリマーの種類やプラスチック製品の要求性能に応じて選び、コンパウンディングされてプラスチックとなる。



2 熱可塑性プラスチックは鎖状高分子



- (1) 熱可塑性プラスチックの分子はたくさんの数の原子が鎖のようにつながって高分子になっている。
- (2) 高分子鎖同士がからまって大きな分子間力が働いている。自由に動き廻れないため硬い材料
- (3) 高温になると分子鎖の運動が激しくなり、分子間力が小さくなる。そして軟化シテ、融けて、流動して可塑性を示めし、これを冷却すると固化する。

可塑性とはプラスチックが応力を受けて弾性限界を超えた変形を自在におこない応力を取り除いても形状を保持する性質のことである。ゴムは大幅に変形しても復元する。エラストマとよばれプラスチックと区別されるが熱可塑性エラストマーは熱可塑性プラスチックに分類される。

分子鎖がお互いに離れるのを牽制しようとする力を「分子間力」という。鎖状高分子は表面積が大きく、接している他の分子鎖も多いため、この力が特に大きい。

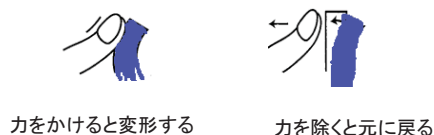
図-2 鎖状高分子の分子運動の模式図

2.1 熱可塑性プラスチックの特徴

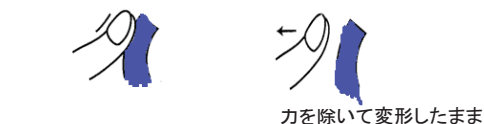
(1) 剛性



(2) 弾性



(3) 塑性:



(4) 流動性:



図-3 熱可塑性プラスチックの特徴 佐藤 功:図解雑学 プラスチック p20、ナツメ社

4

3 熱硬化性プラスチック

- 1) これは官能基を持つプレポリマーを主成分とする反応性混合物である。
加熱により軟化・流動するが硬化剤により次第に分子鎖が三次元網目構造を形成する架橋反応を起こして硬化する。
- 2) 種類により骨格となる化学構造や官能基の種類が異なるため加工法も物性も異なる。
- 3) ポリウレタンのように液状の成形材は室温で容易に型内注入や強化材含浸が出来る。
- 4) 固体成形材料でも加熱して、軟化流動させ、加圧下に形状を与えることが可能。
しかし時間経過とともに熱・触媒の作用で三次元硬化反応がはじまり、組織が不可逆的に変化する。
- 5) 硬化が十分に進めば成形品は高温でもとりだせる。必要ならポストキュアさせる。
- 6) 最終品は不溶、不融である。表面硬度が高く、耐熱性、機械的強度などの諸点で熱可塑性プラスチックより優れるがリサイクル再生使用はできない。
- 7) 熱可塑性プラスチック同様にガラス転移温度 T_g も存在するがその温度はポリマー分解温度に近い。

5

3.1 熱硬化性プラスチックの種類と化学成分

表-1 熱硬化性プラスチックの種類と化学成分

名称	記号	構成
フェノール樹脂	PF	フェノールとホルムアルデヒドの付加縮合体
ユリア樹脂	UF	尿素とアルデヒドの付加縮合体
メラミン樹脂	MF	メラミンとアルデヒドの付加縮合体
不飽和ポリエステル樹脂	UP	主鎖に不飽和二重結合を持つポリエステル(例、エチレングリコール、マレイン酸のポリ縮合体で通常スチレンモノマーとの混合液状)
	BMC	UPを射出成形用にコンパウンド化したもの
	SMC	UPを圧縮、積層成形用にコンパウンド化したもの
エポキシ樹脂	EP	ビスフェノールとエピクロロヒドリン重縮合体で両末端にエポキシ基を持つ
ポリウレタン樹脂	PUR	ジオール類とジイソシアネート類の2液(成形時に型内で混合し重付加反応させる)
ジアリールフタレート樹脂	DAP	ジアリールフタレートプレポリマーとモノマーの混合物
シリコン樹脂	SI	ポリシロキサン結合を持つワニス状の樹脂で末端に水酸基を持つ

6

4 添加材

ポリマーあるいはプレポリマー単独で要求性能が満たせない時に配合する。

- 1) 主要添加剤は
可塑剤、安定剤、滑剤、抗酸化剤、難燃剤、着色剤、帯電防止剤、硬化剤、発泡剤、充填・強化材(ガラス繊維、炭素繊維)、抗菌剤がある。
- 2) 核剤は結晶性ポリマーに添加されそれが結晶核になり、金型内の結晶化速度、サイズの制御を行い、物性、透明性、成形サイクル短縮などに影響する。
- 3) 架橋剤は三次元網目構造を形成して硬化させるので硬化剤とも呼ばれるが樹脂特有の架橋反応に対応して硬化剤も異なる。

7

4.1 難燃材

1) ハロゲン化合物の働き。

ハロゲン含有有機化合物の炭素－ハロゲン結合は燃焼熱により分解し容易にラジカル(Br, Cl)を生成する。このラジカルが燃焼過程のラジカル連鎖と反応して酸化反応を止める。

2) 熱安定性はよくない。

成形時は安定していて燃焼時には速やかに分解するという矛盾した性質を持つ化合物であるが、微量ながら分解しガス化する。遊離したハロゲン、分解物による汚染はある。

3) 金型など金属腐食が起きる。

連続成形において、遊離ハロゲンは成形機内、金型の樹脂流路、ベント部に堆積し湿度とで酸を形成して金属を腐食させる。

4) ハロゲンフリーの進行。

ハロゲンを含まない難燃剤として芳香族リン酸エステル、赤燐などが使用されている。また燃えにくいポリマー、炭化し易いポリマーなどとアロイ化することで難燃剤添加量を減らすなどが行われる。

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本(2009),p211-212,プラスチックエージ社

8

4.2 強化材

強化プラスチックの特徴である優れた機械的特性は繊維強化材(補強材ともいう)に起因する。強化材は母材のポリマーにより結合され力学的性能を発揮する。

①引張強さが大きいこと、②弾性率が大きいこと、ポリマーとの接着性が良いこと③耐熱、耐食、耐摩耗性が良いこと、④取扱し易いこと、コストが安いこと

表-2 強化材の比較

区別	材料名	形態	目的・効果
無機物	ガラス繊維 比重:2.54	ロービング チョップドストランド 短繊維 クロス	機械的強度向上と耐熱性、寸法安定を狙う。フィラメントワインディング成形、圧縮成形、射出成形、補強効果は大きい
	ボロン繊維 比重:2.56	ロービング クロス	圧縮強度が引張強度の2倍あるなど衝撃強さがあり寸法安定など軍事装備、耐弾丸性などが良く軍事装備
有機物	炭素繊維 比重:1.74-1.84	ロービング テーブル状のプリプレグ クロス	ガラス繊維で得られない高強度、高弾性率要求される分野での利用。ガラス繊維より軽い
	アラミッド繊維 比重:1.45-	ロービング テーブル状のプリプレグ クロス	ガラス繊維で得られない高強度、高弾性率要求される分野で利用。炭素繊維より軽い航空機分野では炭素繊維と組合わせて使用される。

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本(2009),p227-230,プラスチックエージ社

9

4.3 ガラス繊維強化材の形態

ガラス繊維には種々の形態のものがある。

A:ロービング、B:チョップドストランド、C:マット、D:ロービングクロス、E:平織クロス、F:しゅう織りクロス

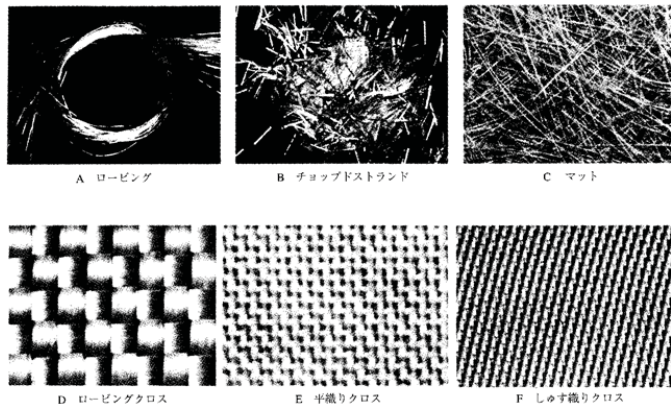


写真-1 ガラス繊維強化材の形態

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本(2009),p228,プラスチックエージ社

10

4.4 充填材

充填材はプラスチックに配合して製品や加工性の改善をしたり増量材として使われる

表-3 充填材の比較

形状	材料名 (種類)	特徴
粉末状 (無機) 0.015～ 100μm	シリカ、マイカ、クレイ、ベントナイト、 二硫化モリブデン カーボンブラック、グラファイト マイカ、タルク、アルミナ、(粉末) 硫酸バリウム	耐熱性向上、絶縁性向上(遮蔽効果)(吸着効果)(流下防止効果)。 耐摩耗性向上(摺動効果)。 導電性付与、熱伝導率向上(導電効果) 摩擦係数低減。 扁平状材料による荷重たわみ温度の向上。 耐熱、耐摩耗
球状 (無機)	ガラス球: 粒度:0.1mmφ以下	エンブラのそり低減に使用、球形のため充填率が高く、物理的、化学的、電気的性能も優れている。
布状 (有機)	合成繊維布(ビニロン、テトロン、アクリル繊維) 綿布、麻布、フェルト 紙、(クラフト)	不飽和ポリエステル樹脂に使用される。衝撃強度向上、比重小、機械的強度向上 フェノール樹脂に使う 積層基材に使用、機械的強度向上
繊維状	ガラス繊維 (ロービング、チョップドストランド、短繊維) 合成繊維(ビニロン、)	高強度が得られる。耐熱性を上げる(補強効果) 衝撃強度向上、寸法安定

(地独) 大阪市立工業試験所編：プラスチック読本(2009),p230,プラスチックエージ社

11

5 重合方法

1つの原子の結合でみると、

(1) モノマーと線状高分子化、3次元的網目構造高分子化

重合方法には

(2) 付加重合

(3) 重縮合

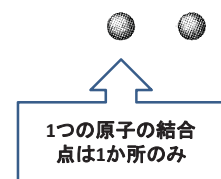
(4) 共重合

ポリマーの改質方法として

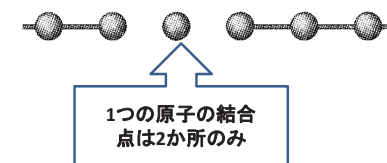
(5) ポリマーアロイ化がある

5.1 熱可塑性及び熱硬化性プラスチックの結合

原料(モノマー)



熱可塑性プラスチック
(線状高分子)



熱硬化性プラスチック(3次元的網目構造高分子)

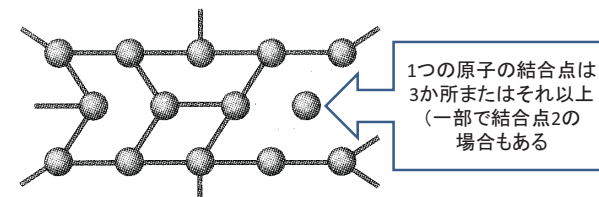


図-4 モノマーとポリマーの結合

5.2 付加重合

1) 重合とはモノマーをポリマーにする化学反応である。

2) 付加重合とは分子内に“二重結合”を持っているモノマーにおいて、二重結合が解かれ、余分の結合“手”で隣のモノマーと結合して繋がるような重合の仕方のことである。

ポリマーは鎖のように原子が一列に繋がった構造をしており、この部分を主鎖という。主鎖から脇へ飛び出したような部分を側鎖に分けられる。

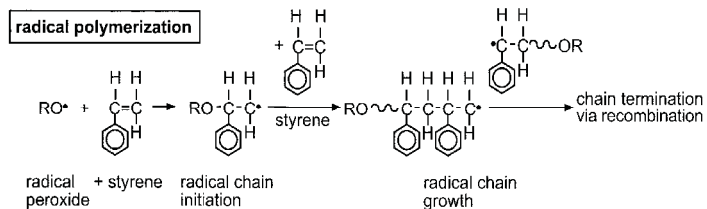


図-5 ポリスチレンの付加重合様式

5.3 重縮合

2つの分子から小さい分子が離脱し、あとに残った部分同士が結合して新しい1つの分子を形成する縮合反応によって起こる重合を**重縮合重合**という

縮合重合に使用されるモノマーには官能基を2つずつ持つ。

残りの-CO-と-O-とでエステル結合(-COO-)が形成される。1つのモノマーには2つの官能基があるので2つのエステル結合で鎖状に繋がる。

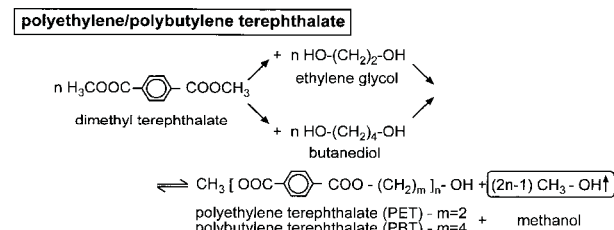


図-6 重縮合反応の例

5.4 共重合とポリマーアロイ

- 1) 共重合は数種類のモノマーを混合して重合すること。
 コポリマには ①ランダム共重合、②ブロック共重合、③グラフト共重合ある。
- 2) 2つ以上のポリマーを混ぜ合わせて作ったものをポリマーアロイという。
 代表的なものは変性ポリヘエニレンエーテル (m-PPE)である。

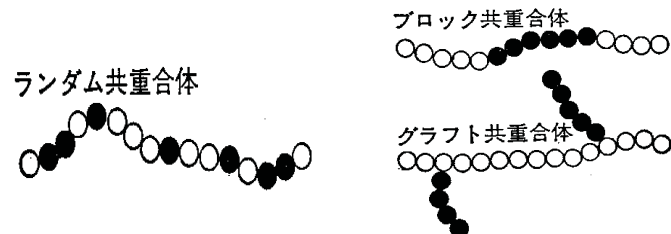


図-7 共重合体の模式図

糸乗 貞典編:ポリマー辞典、p101(1970)、憐大成社

16

6 熱可塑性プラスチックの分子モデルとモルホロジ

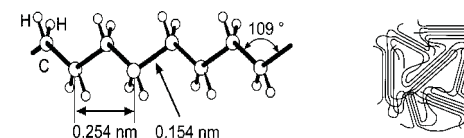


図-8 ポリエチレンの分子構造モデルと部分結晶化の状態

Cottfried W. Ehrenstein: Polymeric Materials p65,69(2001) Hanser Publishers

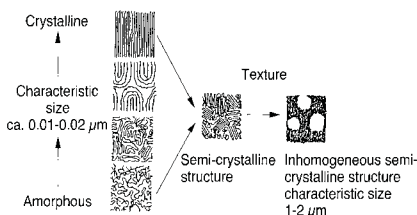


図-9 モルホロジ

Tim A. Osswald / Georg Menges, : Materials Science of Polymers for Engineers, (2003),325 ,Hanser Publishers

17

7 結晶性・非晶性の特徴

結晶体:

- 長所 ①不透明、②耐熱性が高い、③耐溶剤性に優れる、
 ④流動性が高いため薄肉成形品に適する、⑤耐摩擦・摩耗摺動性が良好、
 ⑥高剛性、⑦高硬度

短所 ①脆い、②割れやすい、③ソリ易い、④成形収縮率が大い。

• PP, PE, POM, PA, PVA, PBT, PET, PPS, LCP, PEEK, PTFE

非晶性体:

- ①透明、②耐薬品性に劣る、③着色がし易い、④流動性が悪い、⑤摩耗し易く、摺動性が悪い、⑥柔軟性があり強靱である。⑦割れにくい、⑧ソリが少ない、⑨成形収縮率が小さい。

• 典型的なのは、PMMA PVAcである。

• GPPS, PC, PVC

• m-PPE, PSUPESU, PAR, PAI, PEI, PI

18

8 熱的性質

- ポリマーの強度は加熱されると柔らかくなり低下する。
- 隣接分子鎖間の水素結合やファンデルワールス力は比較的に弱いので、温度が上がると束縛は減少しミクロブラウン運動が増す。
- 室温付近にガラス転移温度を持つことで成形が容易という利点があるが、物性が温度の影響を受け易い欠点がある。
- 熱的性質は次の3つに分けて把握する。①熱挙動、②熱物性、③耐熱性、
- 熱物性は比熱、熱伝導率、熱拡散率、線膨張率がある。CAE加熱冷却計算に必要である。

19

8.1 結晶性プラスチックの熱挙動

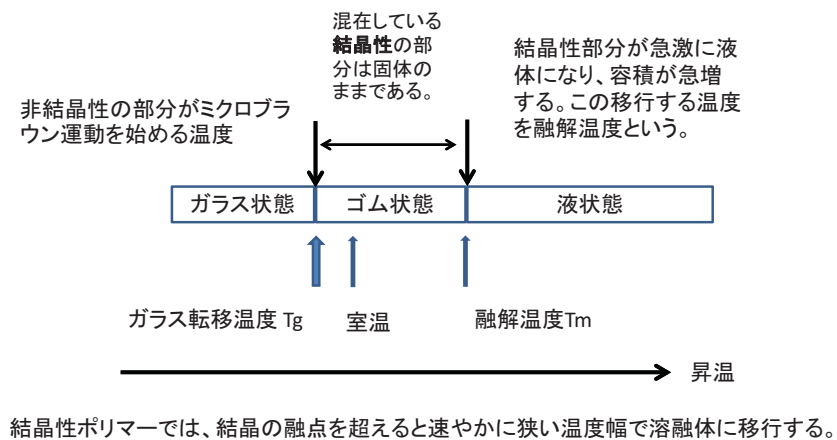


図-10 ガラス転移温度と融解温度

20

8.2 非晶性プラスチックの熱挙動

無定形ポリマーでの軟化は広い温度幅で進行する。が一方の分子間力が弱まり、主鎖間の距離が広がるためにガラス状態から急激にゴム状態に移行する。

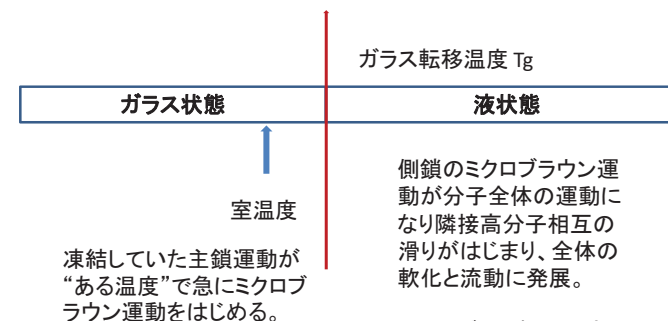


図-11 ガラス転移温度

21

8.3 耐熱性

材料の熱に対する抵抗性のこと。

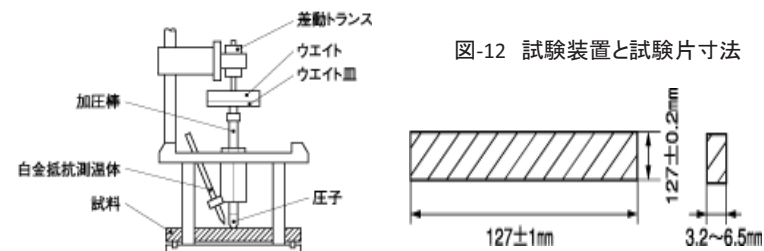
大別すると

- (1) 熱劣化, thermal degradation
- (2) 熱変形, thermal deformation
「荷重たわみ温度」は短期の耐熱性の一つである。」
- (3) 熱分解, thermal decomposition

- 低温、高温の繰り返し負荷による耐冷熱サイクル性も熱安定性の指標である。
- UL764B長期耐熱老化評価法：
熱可塑性樹脂の場合は引張強度、衝撃強度、絶縁破壊強度をパラメータとして評価する。材料が10万時間高温雰囲気曝露されても各強度が初期値の50%に低下する温度を決める。

22

8.3.1 荷重たわみ温度 (Heat deflection temperature)



材料の物理的な耐熱性を基本とした工業的指標。
ASTMD648の規格が標準となっている。(JISK7191もASTMに準拠), ISO 75

加熱浴槽中で試験片の両端を支え、中央の荷重棒によって試験片に1.82MPa (18.6kgf/cm²) または0.46MPa (4.7kgf/cm²) の荷重を加え、所定の曲げ応力を与えつつ、加熱媒体の温度を2°C/minで温度を上げていく。すると、一般に非測定材料の機械的強度が下がるので試験片は徐々にたわむ。この変位量が0.254mmに達する加熱媒体の温度を「荷重たわみ温度」とする。熱変形温度、加熱変形温度ともいう。

23

10 流動特性と成形収縮

(1) 流動特性

① メルトフローレート

流れやすい程その数値は大きくなる。押出用材料のMFRは小さく、射出成形用材料のMIは大きく、ハイサイクル用はさらに大きくなる。MFRが大きい程分子量は小さいともいえる。

② スパイラル流動長

実用的な流動性を知るために専用金型で測定する。

③ 熔融粘度特性

原理的にはMFRと同じ、荷重、押出速度の大きいところで測定できる。

成形に関する重要な性質である。①温度依存性、②圧力依存性、③メルトフラクチャーバラス効果(圧力記憶効果)

(2) 成形収縮

成形中に流動停止したあと冷却によって固化する。

固化するとき結晶化か、非晶化のまま固化するかにより成形収縮は顕著な差がある。

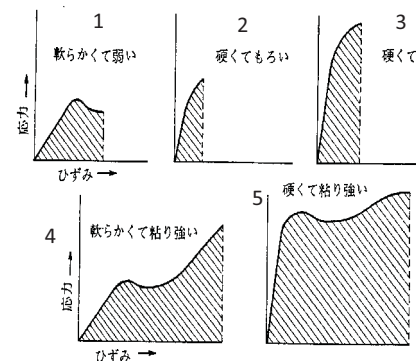
非晶性ポリマーでは0.1%から1%程度であるが、結晶性ポリマーは数%にも及ぶ。

元の金型寸法から成形品寸法のちじみ割合。

28

11 力学的性質

- 1) 粘り強く、塑性(plasticity)に対する抵抗が大きく、破壊するまでの変形度合いが大きい、靱性(toughness)を持つ材料、から傷つき易くもろい材料まである。
- 2) 力学的性質とはいろいろな力学的外力に対しての抵抗度合を示す性質で、
①温度と②時間スケール③変形速度に強く依存する
- 3) 比強度(specific strength) 材料の機械的強度を比重で除した数値を言う。
異なる材料の一定重量当たりの強度の比較に用いられる



1. 柔らかくて弱い
2. 硬くて脆い
3. 硬くて強い
4. 柔らかくて粘り強い
5. 硬くて粘り強い

図-16 応力-ひずみ曲線

Lawrence E. Nielsen,
小野木重治訳: 高分子の力学的性質(1965)p98化学同人

29

11.1 引張特性

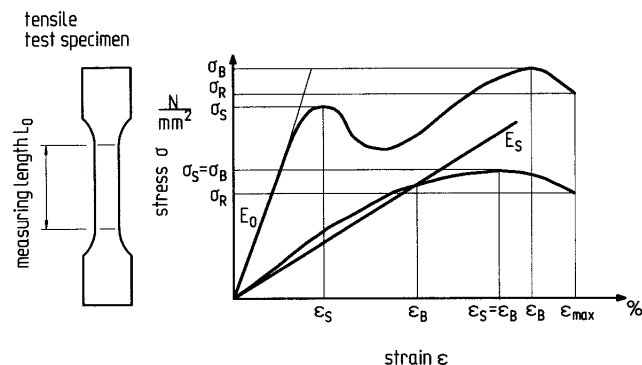


図-17 引張試験の試験片と応力-ひずみ曲線

試験片に一軸方向の引張荷重をかけたとき破断するまでの最大応力を引張強度と呼び最大荷重をもとの試験片の断面積で除した値、破断するまでのひずみ量を伸び;

Gerd Pötsch Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction (1995), page 48, Hanser

30

11.2 衝撃特性

- 1) プラスチックに高速で打撃を与えた時瞬時に破壊する現象を衝撃破壊という。
- 2) その破壊に抗する強さが衝撃強さである。多くのプラスチックは粘り強く延性があるが低温下や超高速では脆性破壊をする。
- 3) 代表的な試験方法アイゾット衝撃試験とシャルピ衝撃試験と実用性の高い落球衝撃試験がある。

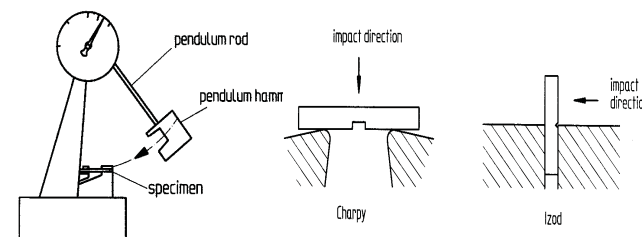


図-18 衝撃試験原理と打撃方向

Gerd Pötsch Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction (1995) 51, Hanser

31

12 耐薬品性

- 耐薬品性と化学的劣化は化学結合に密接に関係する。
- プラスチックとの親和性を示す溶解パラメータ(Solubility Parameter)は物性値から計算される。
- 鎖状構造を持つポリマーは分子量が大きく分子鎖が長くなるとそれだけ分子間の引力が大きくなり耐薬品性は高くなる。
- 分子鎖中に炭素以外の原子を持つと比較的、アルカリ、酸に弱い。
- 結晶性が強く分子配列が規則正しい場合も耐薬品性が高くなる。
- 非晶性プラスチックは分子間の拘束が弱い薬品に溶けやすい。ポリスチレン、アクリル樹脂はシンナーに溶けやすい。

熱硬化性樹脂は三次元構造で強固な結合のため分子間の距離が広がるだけでポリマー分子が破壊されない。ゆえに薬品に溶けない。

32

13 電氣的性質

- プラスチックは原子に束縛されずに自由に移動できる電子である自由電子を持たない。電気を通さない絶縁性がある。
- そして、絶縁体同士を擦りあわせると、一方の物体が他方の物体から電子を奪うことで起きる帯電現象を生じる。帯電した電気を静電気という。
- 静電気に弱い電子部品の機能を破壊したり。とほかの物体を引き寄せる。このために、帯電防止剤を内部添加して静電気を分散させる。

- 絶縁抵抗:
直流電流を流した時の抵抗のこと(表面抵抗、体積抵抗がある)
- 絶縁破壊強さ:
電気絶縁性材料に高電圧を加えた時にある電圧以上になると電氣的に組織破壊を起こし電流が流れて絶縁体としての機能を失う。(絶縁油浸漬で行う)
絶縁破壊を起こす最少電圧のことで破壊電圧を試料の厚みで除した値で示す。
kV/mm.

33

14 燃焼性

プラスチックは燃えやすい可燃性のものから、燃えにくい難燃性のものもある。

可燃性プラスチックはPEやPPが代表的で難燃性プラスチックはPVCやPTFEである。

燃え方として

- ①火をつけると燃焼が継続するもの、
- ②火をつけると燃え上がるが炎を遠ざけると消火する自己消火性のものと
- ③炎を近付けても燃えない。試験結果にランクが付けられる。

ある物質の燃えやすさを表すには**酸素指数**(JISK7201)がある。

燃焼を継続するのに必要な最小酸素量で表す。燃えやすいPOMが15.0、燃えにくいのがPTFEで 95.0

プラスチックは可燃性であるが、難燃材を加えて難燃プラスチックに変える。

34

14.1 プラスチック素材の酸素指数

表-5 プラスチック素材の酸素指数

素材	酸素指数	素材	酸素指数
POM	15.6	PA66	24.0-29.0
PMMA	17.4	PC	26.0-28.0
PE	17.4	PI	36.5
PP	17.4	PVC	45.0-49.0
PS	17.6-18.3	PVA	60.0
ABS	18.3-18.8	PTFE	95.0
セルロース	19.0		
PET	20.0		

大気中の酸素濃度は21%であるから酸素指数が22以上の樹脂は難燃性と言える

日本プラスチック工業連盟監修: よくわかるプラスチックp47(2010)日本実業出版社

35

14.2 環境負荷の少ない難燃化プラスチック

- 1) 高分子を燃えにくくしたものを難燃材料といいその構成は①ポリマー、②難燃剤＋難燃助剤、からなる。
- 2) これまで難燃剤はリン、臭素、塩素などを化合した物質に助剤として三酸化アンチモンなど無機物が使用されてきたが**規制強化により**、ハロゲン系からノンハロゲン系(リン酸エステル系)の難燃剤へ移行してきた。
- 3) 難燃化メカニズム：① 塩素や臭素によるラジカルトラップで**燃料を止める**、
② 固相(チャー形成)ポリマー表面を炭化させ、**分解ガスの拡散を絶つ**
③ 水酸化マグネシウムなど**燃焼時の吸熱反応により燃焼の連鎖を止める**。
- 4) 環境負荷が少ないバイオベースプラスチックの難燃化：
酸素指数で22以上の難燃性樹脂と植物由来のポリ乳酸の燃焼の仕方が汎用樹脂と異なる。この組合わせで2007年にベースポリマーはPLA(ポリ乳酸)とPCをアロイ化したものに材料衝撃強さとリン酸エステル難燃剤の均一分散を実現させて、UL規格UL94,V-0認定材料を開発した。すでにOA機器ハウジングに製品化された。

大越雅之：プラスチックvol 60,N011,p57

36

15 透明性プラスチック

透明なものから結晶性プラスチックのように不透明なものもある。非晶性プラスチックでは屈折率が均質なため光が一直線に進むが、結晶性プラスチックでは結晶部と非晶部とで屈折率が違い、その境界で光が乱反射するため不透明になる。

表-6 物質の屈折率

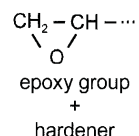
物質	屈折率
真空中	1.0
大気中	1.0003
水中	1.33
エタノール	1.36
石英ガラス	1.45
ポリメタクリル酸メチル	1.4893
水晶	1.59
ポリスチレン	1.59-1.592
ポリエチレンテレフタレート	1.576

日本プラスチック工業連盟監修：よくわかるプラスチックp35(2010)日本実業出版社

37

16 エポキシ樹脂の特徴

1. エポキシ樹脂はエポキシ基(一分子中に炭素、酸素原子からなる3員環構造を持ち)を持つ化合物と活性水素を持つ化合物が付加重合したもので分子量が数百から数万の低分子(オリゴマー)の総称である。
2. この樹脂は反応性に富むエポキシ基を有するため用途、目的に応じた硬化剤と組合わせ硬化反応を行うことでいろいろな特性を持つ硬化樹脂を得ることが可能。
3. 特に①接着性、②耐熱性、③機械特性、④電気特性、⑤耐食性などに優れことや成形の容易であることから塗料、電気・電子、土木建築、接着剤、複合材料など幅広く使用される。
4. 代表的な種類はつぎのもの
 - (1) ビスフェノールA 型エポキシ樹脂
 - (2) ノボラック型エポキシ樹脂
 - (3) グリシジルエステル型エポキシ樹脂



佐藤義雄、村田保幸：成形加工、vol.15 No.3,199-207(2003)

38

16.1 エポキシ樹脂と硬化剤の危険性

それぞれの製品容器ラベルに表示をして注意を喚起している。

1. エポキシ樹脂製品で注意すべき事項：

物質との直接皮膚あるいは粘膜と接触すると、**刺激性がありアレルギー反応を誘発する物質**を含有する成分を含んでいる製品であること。

2. 硬化剤で注意すべき事項：

腐食性があり、吸入、皮膚接触、飲み込んだ場合に有害のもので、直接皮膚あるいは粘膜と接触すると火傷を引き起こし**アレルギー反応を誘発する物質**を含有する成分を含んでいる製品であること。

エポキシ樹脂工業会：
エポキシ樹脂取扱ガイドブックからwww.epoxy.gs/eshg-japan.html

39

16.2 取扱作業者の保護具

1. 保護手袋: ニトリルまたはブチルゴム製の裏面が完全にコティングされているもの。
2. 目と顔面保護具: 顔面バイザー、保護ゴーグル、安全メガネ
3. 使い捨ての作業用胸当て、ズボン、安全エプロン
4. 混合作業では膝当てをする。
5. 必要に応じて呼吸用マスクを使う
6. 手袋などでカバーできず、曝される個所には保護クリームを使う。

意図しない接触は①適切な保護具をしない時、②注意をしない時、③適切でない道具で取り扱う時。

次のことは避ける。

7. エポキシ樹脂製品がしみ込んだ布や靴や手袋。
8. エポキシ樹脂製品に汚染された取っ手や工具
9. エポキシ樹脂製品の蒸気の吸入。

硬化後のエポキシ樹脂成形品は健康上のリスクを引き起こすことはない。

エポキシ樹脂工業会:

エポキシ樹脂取扱ガイドブックから www.epoxy.gs/eshg-japan.html

40

17 再生材比率と特性の変化

ガラス繊維強化ポリカーボネートの再生回数と強度の関係である。ガラス繊維強化の場合再生の繰り返しによりガラス繊維は破砕するので強度は低下するが新材に再生材を30%添加した場合でくりかえしても強度低下はない。

表-7 ガラス繊維強化ポリカーボネートの再生回数と強度の関係

分類	再生回数	平均繊維長 μm	曲げ強さ Kgf/cm ²	曲げ弾性率 Kgf/cm ²
新材	-	241	1220	36,000
100%再生	1	187	1130	33,700
	2	154	1070	31,600
	3	146	1040	30,900
	4	140	1110	30,200
30%再生	1	-	1180	34,700
	2	-	1180	34,700
	3	-	1180	34,700
	4	-	1180	34,700

本間精一編: ポリカーボネイト樹脂ハンドブックp479(1992) 日刊工業新聞社

41

18 生分解性プラスチック

プラスチックは自然に分解しない。この問題を解決するために微生物によって分解される生分解性を持つプラスチックが開発された。生分解性を持つプラスチックは“グリーンプラ”と呼ばれた。プラスチックに生分解性をもたせ微生物に分子鎖を切断させるには主鎖の部分に酸素原子を取り込む必要がある。

酸素があると微生物が主鎖を切断しポリマーは分解され、最終的には水H₂Oと二酸化炭素になる。(CO₂)

植物など生物資源から作られたプラスチックを**バイオマスプラスチック**という。その1つがポリ乳酸である。PLA耐熱性、衝撃性の改善が進み食器やごみ袋などフィルム化されている。商品化されアロイ成分としても利用される

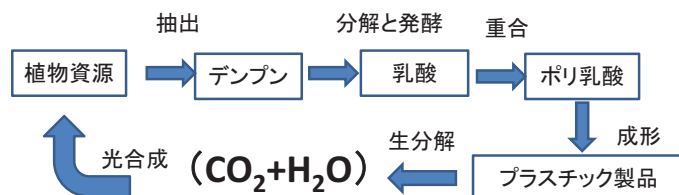


図-19 ポリ乳酸の生成と分解サイクル

日本プラスチック工業連盟監修: よくわかるプラスチックp61(2010) 日本実業出版社

42

19 ポリマーの構造式

付加重合でモノマーを繰り返し単位とし、

重縮合では2種類のモノマーから重合後に残る結合(エステル結合、アミド結合など)部分を繰り返し単位として構造式を表す。

Nは重合度でモノマー繰り返し数を表現する。

鎖状に繋がる主鎖原子や側鎖の原子、結合の種類などポリマーの特性と関係づけられる。

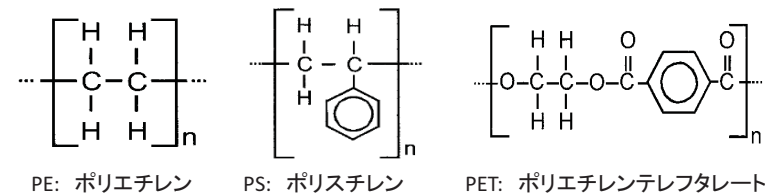


図-20 代表的ポリマーの構造式

43

M2 プラスチック材料

M2-2 同定(材料判別方法)

2011/9/26,27

1

目次

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 同定方法の概要 2 プラスチック同定の手順 3 材料同定の手がかり 4 燃焼試験によるポリマー同定法 <ul style="list-style-type: none"> 4.1 プラスチックの燃焼状態 4.2 不燃性 4.3 自消性 4.4 易燃性 5 乾留ガスの分析pHによる分類 <ul style="list-style-type: none"> 5.1 乾留ガスの臭気 6 プラスチック密度分布と測定溶液 <ul style="list-style-type: none"> 6.1 プラスチック密度による識別系統図 6.2 汎用プラスチック密度と転移温度 6.3 エブラの密度と転移温度 6.4 スーパーエンブラの密度と転移温度 6.5 透明プラスチックの物理的性能 | <ul style="list-style-type: none"> 7 化学分析による含有元素分析 <ul style="list-style-type: none"> 7.1 試料の分析前処理 7.2 成分元素の検出 7.3 有機官能基による分類 7.4 ポリマーの溶解性 8 プラスチック同定の機器分析 <ul style="list-style-type: none"> 8.1 示差走査熱量測定 <ul style="list-style-type: none"> 8.1 (1) 走査熱量測定 DSC -curve 8.2 赤外分光分析 <ul style="list-style-type: none"> 8.2 (1) 赤外特性吸収チャート 8.3 ガスクロマトグラフィーと質量分析計 8.4 熱分析ガスクロマトグラフィー 8.5 原子吸光分析 |
|---|---|

2

1 同定方法の概要

- (1) 未知プラスチックが何であるかを明確にすることを『同定する』という。プラスチックを構成する成分及びその量の割合を組成という。
- (2) プラスチックの同定はポリマー成分の組成分析が主であるが配合剤の同定も行う。
- (3) 正確なプラスチックの同定は薬品や機器による定性分析、元素分析、ポリマー分子が振動吸収する特性吸収スペクトルなどによらなければならない。成形現場では迅速に未知サンプルの判別が求められることもある。
- (4) 簡便な方法で、燃焼試験あるいは密度測定や融点測定を組合わせて同定する。これらと元素分析、乾留ガス分析、溶解性試験により熱可塑性プラスチックか熱硬化性プラスチックか、結晶性プラスチックか非晶性プラスチックであるか分別する。さらに汎用プラスチックかエンジニアリングプラスチックかと分別をすすめる。
- (5) プラスチックの同定に使用される主要な機器分析を紹介する。
- (6) 材料が同定されて、①成形品物性の予測、②成形加工現場における品質管理や、不良対策に役立てる。

3

2 プラスチック同定の手順

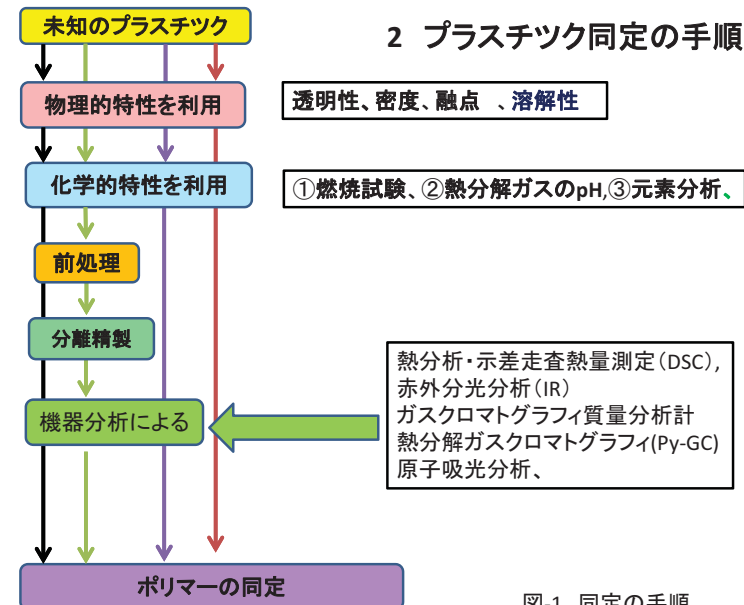


図-1 同定の手順

4

3材料同定の手がかり

成形加工法

- ① 射出成形品(薄肉)
- ② 押出成形品か
フィルム、シート、パイプ、
板、丸棒
- ③ ブロー成形品
- ④ 熱成形品、真空成形
- ⑤ 二次加工

求められる性能

- ① 耐薬品性
- ② 耐熱性
- ③ 機械的強さ
- ④ 耐摩耗性
- ⑤ 電気的性能
- ⑥ 光学的性能

物理的性質

- ① 透明であるか不透明であるか？
- ② 密度:プラスチックが単独成分で出来ている場合は、
密度を測定によりおおよその判定ができる。
- ③ 加熱したとき、溶融するか焦げるか？
融点があるか軟化点があるか？
熱可塑性プラスチックの代表的なものは融点測定で
ある。
- ⑤ 溶解性はSP値で判定できる。
注目するポリマーと近いSP値を持つ溶剤が その良溶
媒となる素の溶剤で判定

化学的成質

- ① 燃焼性
- ② 吸水率
- ③ 耐薬品性(化学構造溶解度)
- ④ 熱分解ガス

図-2 材料同定の手がかり

5

4 燃焼試験によるポリマー同定法

燃焼反応はポリマー化学構造や構成元素によるものでバーナーの無色炎に試料をかざして燃やした時、それぞれが特有である。

燃焼性、臭い、煙、灰などは簡便かつ迅速にポリマーを同定するための手段になる。バーナーの炎にかざして、観察し、識別工程図に従い同定する

燃焼の難易

燃えない、燃えにくい、**不燃性**:PF、UF、MF、PVDC、フッ素樹脂(フッ素含有量、ハロゲン含有率が高い)

炎を遠ざけると消える、**自消性**:PVC、PET、PA、

炎を遠ざけても燃える、**易燃性**:PE、PPなどオレフィン系では青白い小さい炎上げて燃えつつける

炎の状態、

煙の出具合:煙なし、煙少ない、煙多い

状態の変化

燃えだれ無し、燃えだれあり、(燃えながらポリマーの溶融塊が滴下する)

燃焼後の状態を観察する。

燃えたあとと白灰化物が残る、
燃えたあとと黒変物が残る

臭いをかぎわける

図-3 燃焼試験識別

6

4.1 プラスチックの燃焼 状態



写真-1 プラスチックの燃焼

7

4.2 不燃性

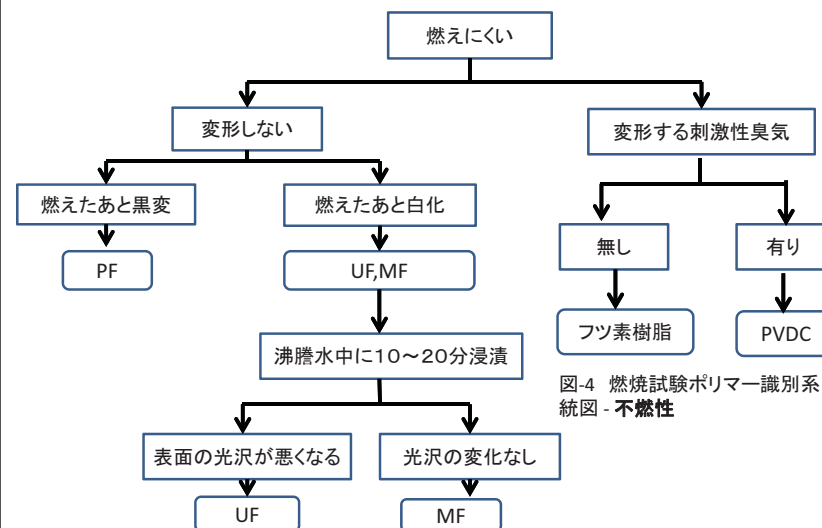


図-4 燃焼試験ポリマー識別系
統図 - 不燃性

8

4.3 自消性

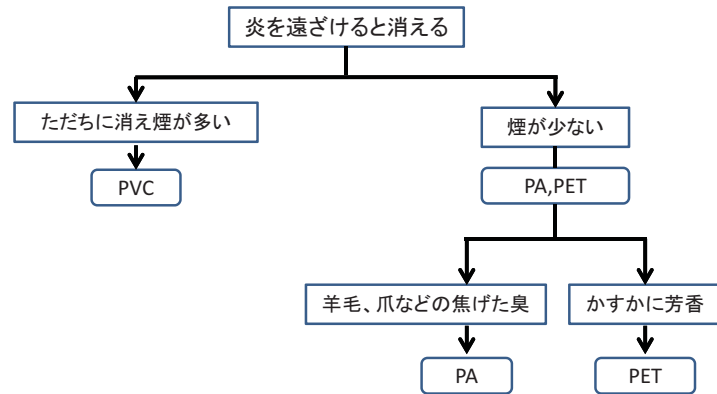


図-5 燃焼試験ポリマー識別系統図
- 自消性

9

4.4 易燃性

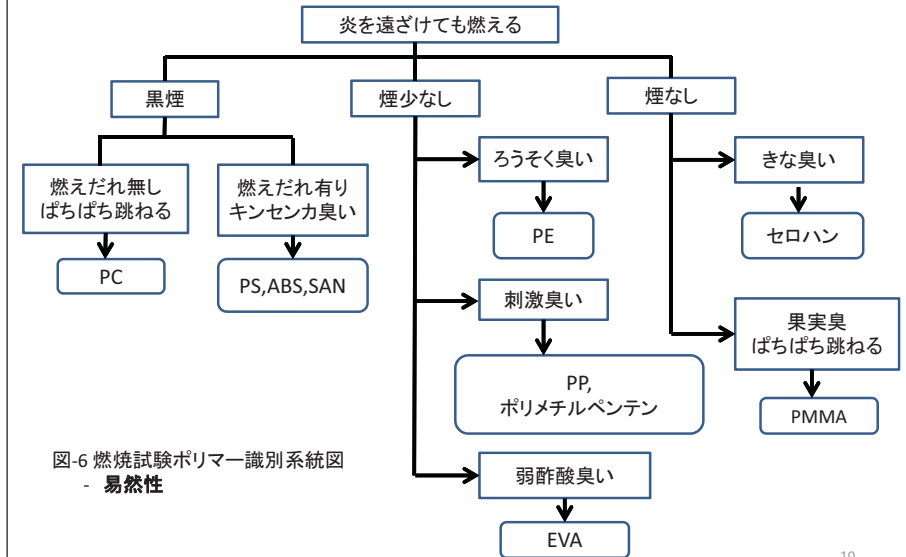


図-6 燃焼試験ポリマー識別系統図
- 易燃性

10

5 乾留ガスの分析 pH測定による分類

試験管内でプラスチックを乾留して熱分解ガスを発生させる。リトマス試験紙によりガスのpHをしらべポリマーを分類する。この方法で発生する気体はポリマーの熱分解生成物であるが、他に溶剤、添加剤、充填材の揮発分も含むので注意が必要

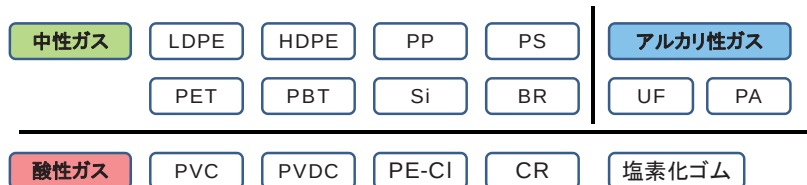


写真-2 プラスチックの分解と万能pH試験紙

11

5.1 乾留ガスの臭気

燃焼試験における臭気は熱分解によって発生する原料モノマー臭がする。

プラスチック名称	臭気
フェノール樹脂:PF	フェノール、ホルムアルデヒド臭
ユリア樹脂:UF	ホルムアルデヒド、臭魚臭(アミン臭)
不飽和ポリエステル樹脂:UP	スチレンモノマー臭
エポキシ樹脂:EP	特有の刺激臭
塩化ビニル樹脂:PVC	塩酸の刺激臭
ポリエチレン:PE	パラフィン臭
ポリスチレン:PS	スチレンモノマー臭
ポリアミド:PA	タンパク質の焦げた臭
メタクリル樹脂:PMMA	メタクリレート of 芳香臭
ポリカーボネート:PC	特有の刺激臭
ポリアセタールPOM	ホルムアルデヒド臭
酢酸繊維素樹脂(セルロイド)	酢酸臭

表-1 乾留ガスの臭気

12

6 プラスチック密度と測定溶液

- ① 60%エタノール水溶液(密度0.89g/cm³)
- ② 55%エタノール水溶液(密度0.90g/cm³)
- ③ 50%エタノール水溶液(密度0.92g/cm³)
- ④ 水(密度1.00g/cm³)
- ⑤ 10%ショ糖溶液(密度1.06g/cm³)
- ⑥ 13.88wt%食塩水(密度1.10g/cm³)
- ⑦ 20.28%食塩水(密度1.15g/cm³)
- ⑧ エチレングリコール液(密度1.26g/cm³)

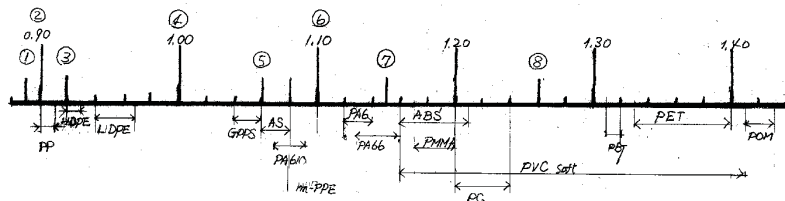


図-7プラスチック密度分布

13

6.1 プラスチックの密度による識別系統図

混合調整溶液を試験管にとりプラスチック細片を入れて比較判別する

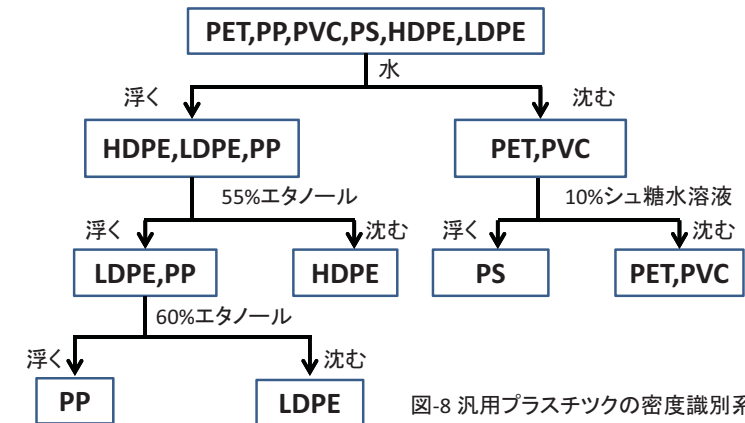


図-8 汎用プラスチックの密度識別系統図

14

6.2 汎用プラスチックの比重と転移温度

プラスチック名称	比重	融点 °C	ガラス転移温度°C
HDPE	0.94～0.96	125～135	-125, <-100
LDPE	0.914～0.928	100～110	-100
LLDPE	0.92～0.94		
PP (Homo-polymer)	0.90～0.91	160～165	-20
GP PS	1.05		90～100
HI PS	1.00～1.05		-85
AS	1.06～1.08		
ABS	1.16～1.21		
ABS High-impact	1.01～1.05		
PVC soft	1.16～1.35		-50～80
PVC rigid	1.38～1.55	212～220	80
PMMA	1.15～1.19		105～120
PET	1.33～1.40	255～260	70～80

表-2 汎用プラスチックの比重と転移温度

15

6.3 エンプラの比重と転移温度

プラスチック名称	比重	融点 °C	ガラス転移温度°C
PA6	1.12～1.15	223	78
PA66	1.13～1.16	255～265	90
PA66 GF33%	1.33～1.34		
PA610	1.07～1.09	210～220	
POM (homo-polymer)	1.41～1.43	165～175	-70
PC	1.20～1.24		145
PC GF30%	1.40～1.43		
PBT	1.31～1.32	220～230	45～60
PBT GF30%	1.48～1.53		
PPE modify	1.08		

表-3 エンジニアリングプラスチックの比重と転移温度

16

6.4 スーパーエンブラの比重と転移温度

プラスチック名称	比重	融点 °C	ガラス転移温度°C
PPS (for non-reinforced)	1.34	285-290	85-95
PSF(amorphous)	1.24		190
PES (amorphous)	1.37		225-230
PSU(amorphous)	1.24-1.25		185-190
PPSF(amorphous)	1.29		220
PAR (amorphous)	1.21		193
LCP type II GF30	1.62		
PEEK	1.32	334-340	143
PI(Thermal)	1.36-1.43		250

表-4 スーパーエンジニアリングプラスチックの比重と転移温度

17

6.5 透明プラスチックの物理的性質

- ① PMMA,PC,PS系に大きく分類する。
- ② 透明度が大きく、且つ粘り強さが有り、熱変形温度も高いPC樹脂は他の透明材と異なる。
- ③ PMMAとPS 系の違いは密度と屈折率。

項目	Unit	PMMA	PC	PS	SAN
光線透過率	%	92-93	87-89	88-90	90
屈折率	-	1.49	1.59	1.59	1.57
熱変形温度	°C	100	138-142	70-100	80-95
密度		1.19	1.20	1.06	1.07
Izod impact strength	Kg/cm/cm	2.2-2.8	80-100	1.4-2.8	2.5-3.0

表-5 光学用プラスチックの特性

井手文雄：ここまできた透明樹脂、(2001)p49, ㈱工業調査会

18

7 化学分析による含有元素分析

化学分析は、薬品を使ってポリマーに含まれる元素を判定する手法であり、それにより正確に材料を同定することができる。チツ素、ハロゲン、硫黄、リンなどの元素は比較的簡単な方法で迅速かつ簡便に定性分析できる。

磁製または白金ルツボでプラスチックを燃焼させた後、電気炉で400から600°Cで灰化して原液を作成するか、または乾留熱分解ガスを使い湿式無機分析をする。

- ① **チツ素**：試験管に試料を少量取り、ソーダー石灰を試料の数十倍加えて加熱分解させる。加熱分解ガスがリトマス試験紙、BTB紙を青くすればアンモニアが有り、窒素が認められる。
- ② **硫黄**：試験管に試料を少量とり水酸化ナトリウムを加え加熱すると硫黄は Na_2S 硫化ナトリウムになる酢酸鉛水溶液を加えると硫化鉛黒色沈殿を得る。
- ③ **ハロゲン**：赤熱した清浄な銅線にプラスチック試験片を接触させてのち、ブンゼンバーナーの無色炎にかざす。緑色の炎色反応が見られればハロゲンの存在が認められる。(ハロゲン化銅が揮発する塩素含有ポリマー)

19

7.1 試料の分析前処理の重要性

- (1) 樹脂ペレットにまぶしてある滑材、ドライカラーなどは有機溶剤で洗浄分離しておく。
- (2) ポリマー成分と配合剤成分との分離方法は、通常、溶剤を用いる。
溶剤に溶けない物質を含試料は、高温熱分解して有機物を燃焼除去して残差として充填材、強化材のみが得られ同定は簡単になる。(乾式灰化法)
- (3) 有機溶剤を使い抽出、溶解、再沈殿、ろ過、遠心分離などの処理により各成分を分取する。この場合、プラスチックの溶剤に対する挙動が要点になる。
 - ① 熱硬化性プラスチックは、通常、溶剤に溶解しないが、抽出により未硬化成分が分取できるのでその分析結果から同定できる。
 - ② 熱可塑性プラスチックは、この抽出操作によって抽出液から可塑剤、その他配合剤が分取でき、それらの同定が出来る。
- (4) 試料が多層フィルムの場合は、溶剤中での加温により剥離、溶解により各構成ポリマーを分離する。

20



写真-3プラスチック消しゴムと卵白から元素分析

フォトサイエンス化学図録(平成11年) p142 数験出版(株)

21

7.3 有機官能基による分類

官能基名称	官能基	化合物群の名称	化合物の性質
ヒドロキシル基	-OH	アルコール フェノール類	水溶液は 中性 、Naと反応する 水溶液は 弱酸性 、Naと反応する
アルデヒド基	$\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{-}$	アルデヒド	還元性をもち酸化されてカルボキシル基
ケトン 基	$\text{-}\overset{\text{O}}{\text{C}}\text{-}$	ケトン	中性
カルボキシル基	$\text{-}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{-H}$	カルボン酸	エステルを作る、酸性を示
ニトロ基	-NO_2	ニトロ化合物	中性
アミノ基	-NH_2	アミン	水溶液は弱アルカリ性、酸の溶液には塩を作り溶解、
スルホ基	$\text{-SO}_3\text{H}$	スルホン酸	水溶液は弱酸性アルカリ塩は中性
エーテル結合	-O-	エーテル	水溶液は中性、Naと反応しない
エステル結合	$\text{-}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{-}$	エステル	水溶液は中性、芳香を持つ

表-6官能基の分類

22

7.4 ポリマーの溶解性

ポリマー	良溶剤	貧溶剤
PE/PP	熱トルエン、ジクロロベンゼン	左記以外の大部分溶剤
PMMA	塩化メチレン、クロロホルム、ジオキサン、MEK、酢酸エチル	ヘキサン、シクロヘキサン、メタノール
PVAL	水、DMF	ヘキサン、クロロホルム、エタノール、THF
PVC	THF,MEK,シクロヘキサン、DMF	ヘキサン、ベンゼン、エタノール、アセトン、
PVDC	熱THF,トリクロロエタンジクロロベンゼン、ジオキサン	ヘキサン、クロロホルム、エタノール
PTFE	ペルフルオロケロセン(350℃)	他の全ての溶剤
PVAc	ベンゼン、トルエン、クロロホルム、MEK,THF,アセトン、メタノール	ヘキサン、四塩化炭素、エーテル、水
PS	シクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、クロロホルム、THF,MEK,酢酸エチル、	ヘキサン、エーテル、アセトン、エタノール、メタノール
PET	フェノール、ニトロベンゼン、ヘキサフルオロイソプロパノール	ヘキサン、クロロホルム、MEK,エーテル、エタノール
PA6	クロロフェノール、ギ酸	同上

表-7 ポリマーの溶解性

23

8 プラスチック同定の機器分析

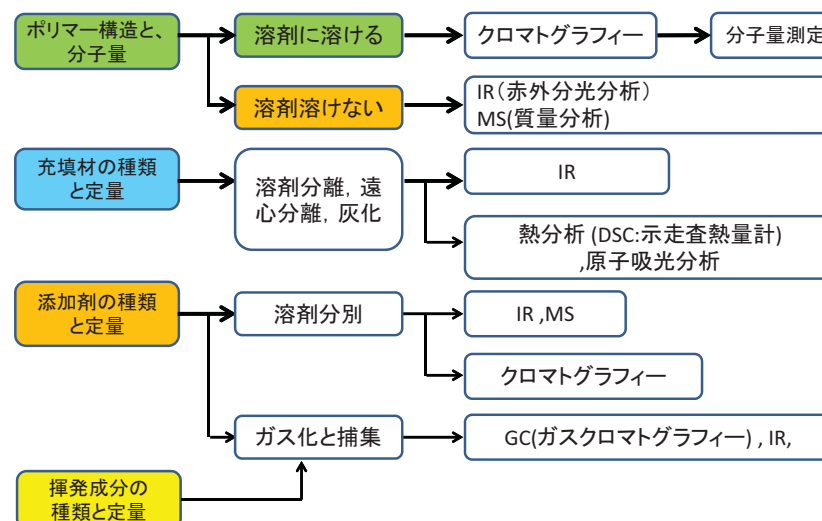


図-9 組成分析の手法

24

8.1 示差走査熱量測定(DSC)

試料を入れたアルミパンと基準パンを同じ炉で温度を一定速度で昇温、降下させた時、試料に生じる熱的变化をその同一炉の中に入れた基準物質との入力エネルギーの差を温度の関数として測定する方法である。

プラスチックは①融解温度、②ガラス転移温度、③熱分解温度、結晶化温度、などの測定により同定が可能である。

また熱硬化性プラスチックでは硬化反応の解明になど状態分析にも用いられる

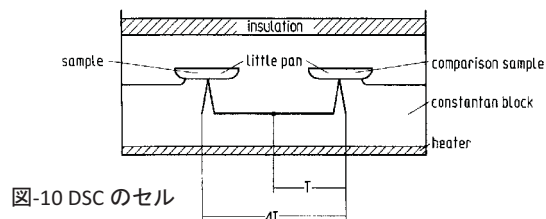


図-10 DSC のセル



写真-4 PerkinElmer 社カタログDSC4000

Gerd Potsch: Injection Molding an introduction,1995,p38,Hanser

25

8.1(1) 示差走査熱量測定 DSC-curve

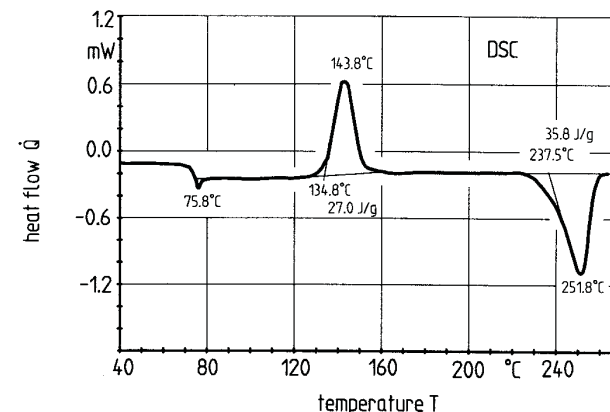


図-11 amorphous PETP chart (sample film)

Gerd Potsch Walter Michaeli :Injection Moldin An Introduction p39(1995) HANSER

26

8.2 赤外分光分析

赤外線には照射されたものを温める働きがある。

有機化合物に赤外線を照射すると化合物を構成する分子と同じ固有振動周波数を持つ赤外線が吸収される。

装置は分子中の結合の伸びあるいは縮みを検出して、分子構造に特有のスペクトルを得る。

得られるスペクトルは指紋と同じで、同じ物質であれば必ず同スペクトルパターンを示す。

測定方法が簡便ですべての形態の試料を対象とし、再現性が良い。FT-IR(フーリエ変換赤外分光分析)が主流である。

図-12 分子振動 モデル

H₂O基準振動

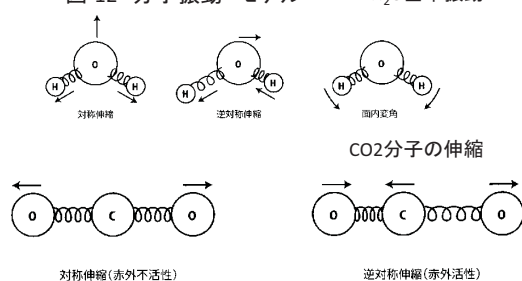


写真-5 赤外分光器(日本分光)

27

8.2(1) 赤外線特性吸収チャート

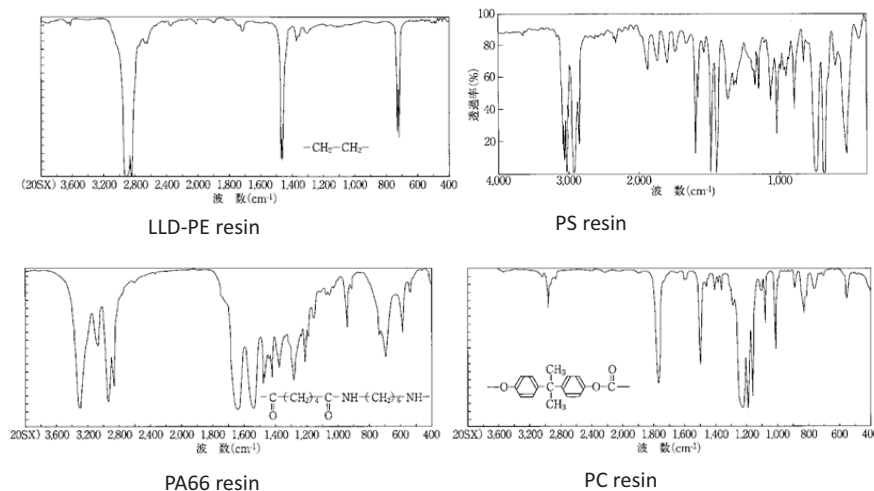


図-13 赤外線特性吸収チャート

28

8.3 ガスクロマトグラフィ(GC)質量分析計(MS)

GCは有機化合物の混合物を対象とした**分離と検出**を同時に行う分析法。
MSは分子をイオン化して真空中を飛ばす検出法としてスペクトル分析を組み合わせる。

分離能力に優れたGCと定性能力に優れたMS、GC-MSは強力な同定法である。

筒の中で物質を移動させ、移動の速さによって分離する方法をクロマトグラフィという。
分析対象物質を相互に分離したり夾雑成分と分離する目的で主に有機化合物の分析に利用。

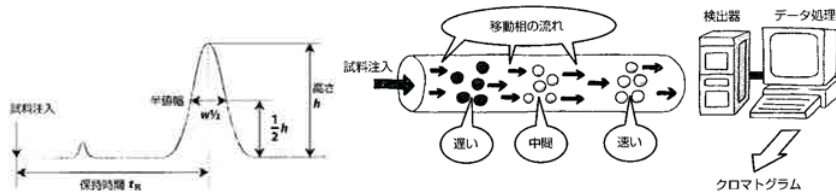


図-14 GCの分離原理と クロマトグラム

29

8.4 熱分解ガスクロマトグラフィ(PyGC)

赤外線分光分析のように試料調整が難しい、熱硬化性プラスチック、各種複合材、ゴムなどの加硫物質に適している。共重合ポリマーにも威力がある。

0.1mg程度の試料を分解炉中で電磁誘導加熱により瞬時に加熱分解し、発生ガスを昇温ガスクロマトグラフィーを用いて分離する。

検出器は質量分析計を使い成分の質量を求め、化学構造を瞬時に決める。

多段階の熱分解装置でプラスチック試料から可塑剤、酸価防止剤、など配合剤の熱抽出が出来、それらの分析が容易になる。



写真-6 PyGCの構成外観

30

8.5 原子吸光分析

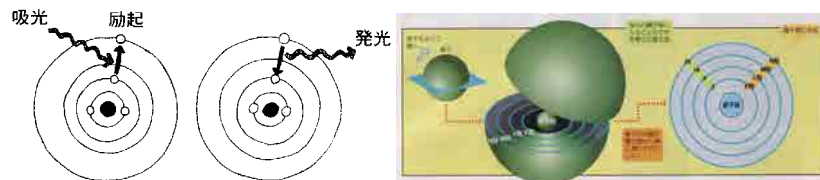
金属分析に利用される。

バラバラの原子状にした元素による光の吸収を測定するのが原子吸光分析(AAS)。
バラバラの原子化方法は

- ① 炎の中に導くフレイム原子吸光分析法、
(フレイム用ガスは空気—アセチレン、亜酸化窒素—アセチレン。などが利用される)
- ② 炎を用いないフレイムレス原子吸光分析法、グラファイトで出来たチューブに試料を入れ電流で熱により原子化する。
金属をはじめ無機元素を検出でき分析対象化合物ごとに異なるランプを光源に使用する。

図-15 原子殻と原子のエネルギー準位とスペクトル

原子が光を吸収・放出する仕組み



31

M2 プラスチック材料

M2-3 分類

2011/2/11,

目次

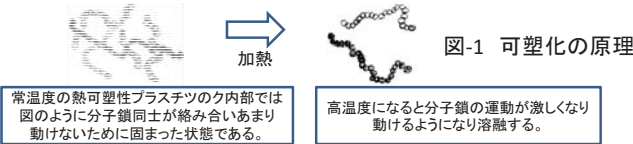
1 プラスチックとは？	5 熱硬化性プラスチック(略記号、ポリマー名称、特徴)
1.1 プラスチックとは？	6 2009年 日本のプラスチック原料生産数量
1.2 高分子とは？	熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックの割合
1.3 合成樹脂と合成繊維、塗料、接着剤	7 2007年日本プラスチック製品出荷数量
1.4 開発の歴史	8 2007年 日本プラスチック製品製造全事業所 数
2 分類方法	
2.1 熱可塑性及び熱硬化性プラスチック	
2.2 結晶性及び非晶性プラスチック	
2.3 長期耐熱温度を縦軸にした分類	
3 分類図	
4 熱可塑性プラスチック(略記号、ポリマー名称、特徴)	
4.1 汎用プラスチック(結晶性)	
4.2 汎用プラスチック(非晶性)	
4.3 エンジニアリングプラスチック(結晶性)	
4.4 エンジニアリングプラスチック(非晶性)	
4.5 スーパー・エンジニアリングプラスチック(結晶性)	
4.6 スーパー・エンジニアリングプラスチック(非晶性)	

1 プラスチックとは？

1.1 プラスチックとは？

特定化合物の化学結合の繰り返しにより分子量が大きくなり10,000以上のような大きい高分子化合物(ポリマー)であり、塑性と弾性を有する物質である。

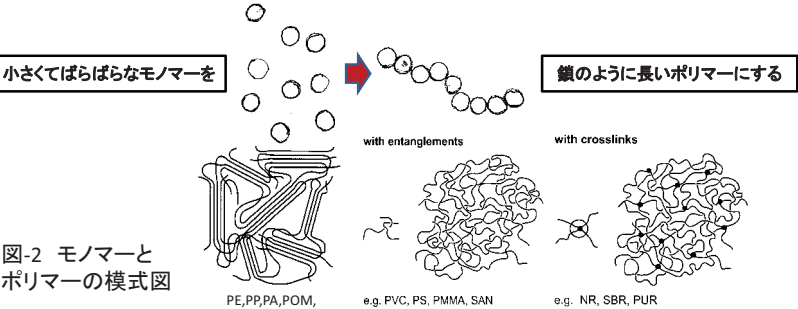
- (1) 高分子物質(ポリマー)は通常分子量が10,000以上のような大きな化合物をいう。
特定化合物の化学結合の繰り返しにより分子量が大きくなって高分子物質になる。
高分子は、天然高分子と合成高分子に分けられる。ゴム、プラスチック、繊維、紙などは高分子物質と言える。



- (2) 塑性と弾性
塑性とは固体が外からの力により永久変形する性質で弾性限界を超えて変形をする時、外力を除去しても変形がそのまま残っている性質をいう、熱を加えると塑性を示すこと熱可塑性という。
弾性とは物体に外から力を加えた時、変形が生じたとき、変形が元に戻ろうとする性質をいい、この物体を弾性体 という。
- (3) 合成樹脂とは天然樹脂にたいして、人為的に合成された樹脂状(やに)のものを合成樹脂と呼んでいた。現在ではプラスチックと同じ意味に使われる。

1 プラスチックとは？

- 1.2 高分子とは？
分子量の小さいモノマーが沢山繰り返し化学結合を行って分子量が 10,000以上になったものをいう。
- (1) 分子量：
炭素原子の質量を12とし、これを基準として定めた分子の質量をいい、物質によってその質量は異なる。高分子物質は互いに分子量の異なった高分子が混在している。
- (2) モノマー：
単量体付加反応(付加重合)によって重合体(ポリマー)を生成する単位物質
- (3) ポリマー：
単純な構造をしたばらばらのモノマーを鎖状に繰り返し結合させた高分子化合物(重合体)のこと



1 プラスチックとは？

1.3 合成樹脂と合成繊維、塗料、接着剤

いずれも高分子化合物からなるが、分子鎖の並び方や繋がり方が多少異なるため違う見かけになる。

- (1) **合成樹脂**は各分子鎖いろいろな方向に向いているそのため、一般的なプラスチックはあらゆる方向に同じような性質を持つ。
- (2) **合成繊維**は細長い分子鎖を同じ方向に沢山束ねた構造に成形したものである(紡糸・延伸)。この構造によって繊維の伸びる方向への引張りに強い性質をもち、この繊維を縦横に織ることですてきな衣服になる。結晶性高分子が使われる。
- (3) **塗料**は①水性塗料、②油性塗料、③ラッカー系塗料に分けられる。塗料は塗膜となって残る物質と蒸発する溶剤から構成されている。塗膜部分は①顔料、②樹脂、③添加剤がある。使用される合成樹脂としては熱硬化性樹脂が主に利用される。アクリル樹脂、アルギド樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂、アルキルフェノール変性樹脂などが使用される。熱可塑性樹脂では酢酸ビニル樹脂、石油樹脂などがある。
- (4) **接着剤**は**化学的接着性の強い熱硬化性樹脂**が利用されている、レゾルシンノール変性フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂など、が使用されている。

(地独)大阪市立工業試験所編:プラスチック読本(2009)p61-204,(株)プラスチック・エージ

4

1 プラスチックとは？

1.4 開発の歴史

- (1) 1870年Isaiah, Jhon Hyattはニトロセルロースが樟脳によって可塑化されることを発見した。“セルロイド”これが初めての熱可塑性プラスチック。兄弟は金属注入法を手本にセルロイドが成形可能な射出成形機を考案した。以後ゴム、セルロイドなど、樹脂加工の混練機、押出機の開発が盛んになる。
- (2) Leo Baekelandによって1907年に開発されたベークライト(Bakelite)は人類最初の合成樹脂である。フェノール系化合物とホルムアルデヒドを混合して加熱して得られた。
- (3) 1924年Herman Staudingerはポリマーとは長く繋がった鎖のような構造を持つ分子であるとした。これが高分子合成の基本思想になった。
- (4) 1927年にアセテート(アセチルセルロース)と塩化ビニルが発明された。
- (5) 1930年代後半には塩化ビニルがラッカー塗装剤やレコード材料に使用された。
Du Pont社のWallace Carothersが世界ではじめてポリエステルとポリアミドの合成方法を発見した。1938年にナイロンの工業生産がはじまる。
ポリウレタン、ポリスチレン、アクリル樹脂、メラミン樹脂などが開発された。
- (6) 1872年射出成形機の特許が米国である。プランジャータイプは1926年に作られた。現在の回転式射出成形機は1956年に作られた。

Osswald,Menges,著、武田邦彦監修:エンジニアのためのプラスチック材料工学、p3-7(1997)シグマ出版
F.Johannaber:Injection Molding Machines A user's Guide,2E(1983)P13 Hnaser

5

2 分類方法

2.1 熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチック

熱可塑性プラスチック (線状高分子構造)		熱硬化性プラスチック 三次元網目状高分子構造
結晶性構造	非結晶性構造	架橋構造
		

結晶性の部分 非結晶性の部分

幾本の分子鎖がランダムに絡み合う

加熱して固まるのは硬化剤が変化して高分子鎖の間をつなぐ架橋反応が起きる。このために加熱しても溶けにくく構造が変化しなくなる

図-3 分子構造の分類と模式図

樹脂を加熱したとき、熱挙動で分ける

- ① 溶融する性質:熱可塑性プラスチック
② 硬化する性質:熱硬化性プラスチック

高分子鎖がランダムな状態になっているものが非結晶性プラスチック(無定形プラスチック)であり、長い鎖の一部に規則正しく配列した結晶組織を持っているものが、結晶性プラスチックである。結晶性樹脂でも100%が結晶構造ではない。結晶化度はPE-HDの70-80%,PAの35-45%,POMの70-80%

6

2 分類方法

2.2 結晶性プラスチックと非晶性プラスチック

熱可塑性プラスチックの分類方法として結晶性プラスチックと非結晶性プラスチックに大別する方法がある。これと工業用部品に主として使用される材料強度と長期耐熱温度で分ける。

表-1 プラスチックの耐熱温度とモルホロジによる分類

区分	結晶性	非晶性
汎用プラスチック 長期耐熱温度100℃以下	PE,PP,PET	PS, PVC, ABS, SAN, PMMA
エンジニアリング・プラスチック 長期耐熱温度100℃以上 引張強度49MPa以上	PA, POM, PBT, UH-PE	PC, m-PPE
スーパーエンジニアリング・プラスチック 長期耐熱温度150℃以上	PPS, PEEK, PTFE, PEN, LCP	PAR, PSF, PEI, PES, PI, PAI

長期耐熱温度はアメリカのUL規格746B で定められた試験方法である。熱可塑性プラスチックでは引張強度、衝撃強度、絶縁破壊強度をパラメータとして評価します。
材料試験片が10万時間高温湿度雰囲気曝露に曝されて各強度が初期値の50%に低下する温度を決める。

* 1:LCP、液晶性(結晶と液体の中間の状態)を持つ。融点より低い温度で流動するが不透明である。
融点以上で透明な液体になる性質

7

2 分類方法

2.3 長期耐熱温度を縦軸にした分類

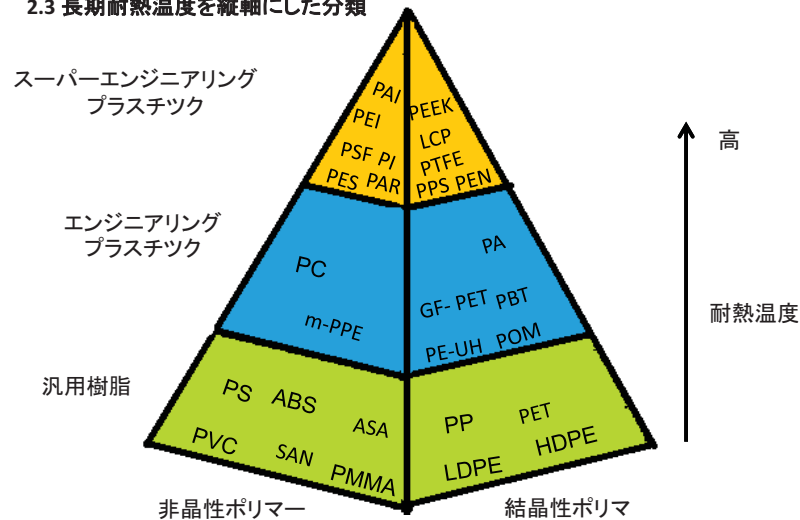


図-4 プラスチックの耐熱ピラミッド

8

3 プラスチック分類図

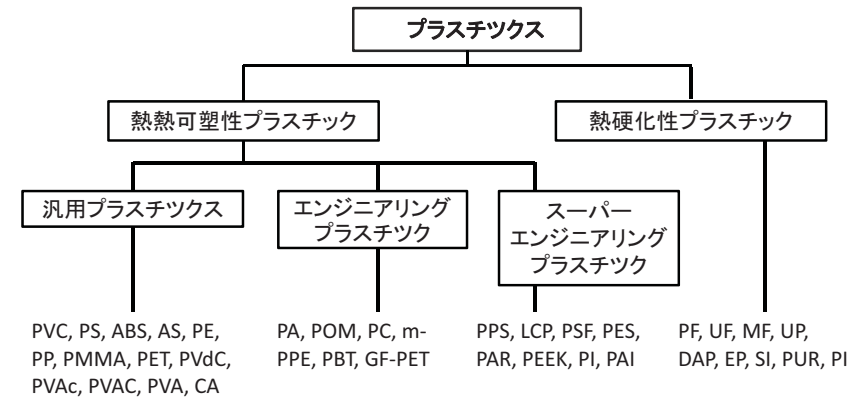


図-5 プラスチックの分類図

井上俊英、共著：エンジニアリングプラスチック，p2(2004)共立出版社

9

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.1 汎用プラスチック・(結晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PE	Polyethylene	軽い。柔軟性がある。電気絶縁性、耐薬品性、耐水性ヒートシール性は良好、印刷、接着性悪い
PP	Polypropylene	PEより透明で軟化点が高い。繰り返し屈曲に耐える(ヒンジ特性)、印刷や接着性は悪い
PET	Polyethyleneterephthalate	耐熱性、電気絶縁性、ガスバヤー性、耐溶剤性は良好、延伸フィルムは強靱

10

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.2 汎用プラスチック(非晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PS	polystyrene	無色透明、電気絶縁性良好、耐溶剤性に劣る、脆い、軟化点が高い
SAN	Acrylonitrile-styrene copolymer	透明、強度大、PSより耐熱、耐候、耐オイル性良好、成形性はPSより劣る
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene-copolymer	強靱、光沢良好、耐薬品性、耐油性良好、メッキ特性が良い
PMMA	polymethylmethacrylate	無色透明、耐候性、光学的性質良好
PVC	Polyvinyl chloride	耐薬品性、電気的絶縁性良好、耐熱性に劣る、燃焼時、塩化水素ガス発生
PV d C	Polyvinylidene chloride	化学薬品に安定性、各種ガスや水蒸気を透過させにくい、難燃性があり、(共重合で使用する)
PVAc	polyvinylacetate	ガラス転移温度(28°C)HDT(38°C)成形材としては適さない接着剤、塗料、チューインガムに利用
PVA	Polyvinyl alcohol	合成繊維ビニロン、帯電しにくい、酸素透過度が低いので食品包装用フィルム、吸水性が大きい

11

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.3 エンジニアリング・プラスチック(結晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PA	polyamide	強靱、耐油性、耐摩耗性、ガスバリアー性良好、吸湿性大
POM	polyoximethylene	PAに似た性質、耐クリープ性、耐溶剤性良好(分解するとホルマリン臭発生)
PBT	Polybutylene -terephthalate	耐熱性、電気絶縁性、ガスバリアー性、耐溶剤性良好、延伸フィルムは強靱
PE-UHMV	Polyethyleneultra-high molecular weight	耐摩耗性、耐衝撃性、自己潤滑性に優れる

12

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.4 エンジニアリング・プラスチック(非晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PC	polycarbonate	強靱、電気的性質、耐熱、性耐寒性に優れ、透明
m-PPE	Poly (phenylene oxide) /polystyrene blend	強靱、耐熱性、耐クリープ性、耐水蒸気性に優れている。

13

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.5 スーパーエンジニアリング・プラスチック(結晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PPS	Poly-(phenylene sulfide)	耐熱性、難燃性、耐薬品性、電気絶縁性、熔融流動性大
LCP	Liquid crystalline polymer	熔融粘度小、耐熱性、高強度(異方性大)、低線膨張率、低吸水性、寸法安定性に優れる
PEEK	Polyetherether keton	連続使用温度240℃、の耐熱性、難燃性、耐疲労性、耐薬品性に良好
PTFE	Fluorocarbon resin	フッ素樹脂、耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐熱水性、耐候性、が極めて優れている、非粘着性、低摩擦摩耗、高周波特性に優れる
PEN	polyethyleneNaphthalate	連続使用温度230℃、耐クリープ性、摺動性も良好、耐熱水性、耐薬品性、難燃性、耐疲労性良好

14

4 熱可塑性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

4.6 スーパーエンジニアリング・プラスチック(非晶性)

略記号	ポリマー名称	特徴
PAR	polyalylate	耐熱性、紫外線バリア性耐衝撃性、表面硬度、耐クリープ性、良好、熱水、水蒸気に弱い
PSF	polysulfone	透明、靱性、耐熱性、耐加水分解性に優れる、有機溶剤に弱い。耐クリープ性に良い
PEI	polyetherimide	透明、耐熱性、機械特性、難燃性、電気特性に優れる、有機溶剤に弱い
PI	polyimide	連続使用温度250℃、の耐熱性、難燃性、耐疲労性、機械的強度、耐摩耗性、耐クリープ性に優れる
PES	polyethersulfone	透明、耐熱性、耐加水分解性、難燃性、耐クリープ性に優れる、耐薬品性良好、
PAI	polyamide-imide	連続使用温度250℃、難燃性、耐疲労性耐摩耗性

15

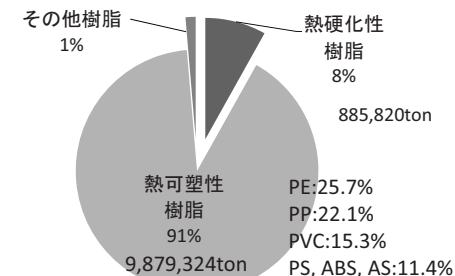
5 熱硬化性プラスチック (略記号、ポリマー名称、特徴)

略記号	ポリマー名称	特徴
PF	Phenolic resin	電気特性、強度、耐熱性良好(暗い色で、アルカリ性に弱い)
UF	Urea-formaldehydepolymer	無色で着色が自由その外はPFに似る。安い耐熱性、耐水性に劣る)
MF	Melamine-formaldehyde	UFに似るが硬度が大で耐熱、耐水性も良い
UP	Unsaturated polyester	低圧成形が可能でGF繊維を補強基材としたものは強靱である。
DAP	Diallyl phthalate resin	低圧成形が可能である。電気絶縁性寸法安定性、耐薬品性は良好。
EP	Epoxy resin	金属や無機物質との接着性は良好。電気絶縁性、耐薬品性は良好。
SI	Silicone	電気絶縁性、耐熱性、撥水性良好。(液状、ゴム状、樹脂状のものある。)
PUR	polyurethane	弾性あり。強靱、耐摩耗性、耐油性良好(酸、アルカリ、熱水に弱い)
PI	polyimide	耐熱性、耐熱酸化性、強靱性、電気絶縁性良好。

16

6 2009年日本プラスチック原料生産数量

フェノール樹脂	PF	227,006
ユリア樹脂	UF	72,974
メラミン樹脂	MF	92513
不飽和ポリエステル	UP	117401
ジアリルフタレート樹脂	PDAP	63458
エポキシ樹脂	EP	149386
ポリウレタン	PU	163082
熱硬化性樹脂 計		885,820
ポリエチレン	PE	2805123
ポリスチレン	PS	799684
AS樹脂	AS	92394
ABS樹脂	ABS	348369
ポリプロピレン	PP	2410807
石油樹脂		112055
メタクリル樹脂	PMMA	165831
ポリビニルアルコール	PVA	192386
塩化ビニル樹脂	PVC	1668119
塩化ビニリデン樹脂	PV d C	67565
ポリアミド	PA	188820
フッ素樹脂		14687
ポリカーボネート	PC	280334
ポリアセタール	POM	82719
ポリエチレンテレフタレート	PET	500469
ポリブチレンテレフタレート	PBT	122221
変性ポリヘンレンエーテル	m-PPE	27741
熱可塑性樹脂 計		9879324
その他樹脂		146650
合計		10,911,794



Total : 10,911,794 ton

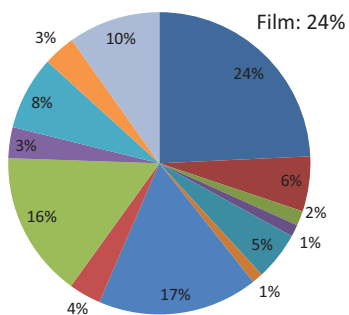
図-6 熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックの割合
プラスチック: vol61, No.6p25, (2010)工業調査会

17

7 2007年日本プラスチック製品出荷数量

対象事業所数、16,616箇所

2007年工業統計表			
産業分類	出荷数量(ton)		
フィルム計	24%	3071582	
シート	6%	744819	
板 (平板、波板) 計	2%	199376	
合成皮革	1%	162651	
パイプ	5%	653394	
継手	1%	149785	
機械器具部品	17%	2171075	
日用雑貨	3%	436716	
容器類 計	16%	1975715	
建材 計	3%	420279	
発泡製品計	8%	997338	
強化製品計	3%	434156	
その他製品 計	10%	1244691	
製品合計	100%	12661577	



日本プラスチック工業連盟:プラスチック vol 61, No.6 p46

18

8 2007年日本プラスチック製品製造全事業所数

プラスチック製品製造業	100%	24,038
板、棒、管、継手、異形押出製品製造業	8%	1,952
フィルム、シート、床材、合成皮革製造業	16%	3,939
工業プラスチック製品製造業	36%	8,731
発泡、強化プラスチック製品製造業	9%	2,144
プラスチック成形材料製造業	5%	1,238
その他プラスチック製品製造業	25%	6,034
total		24,038ヶ所

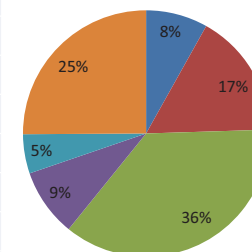


図-8 2007年日本プラスチック製品製造全事業所数

日本プラスチック工業連盟, プラスチック vol 61, No.6p45

19

M2 プラスチック材料

M2-4 成分

2011/9/28,29

1

目次

1. 概要
2. 強化材・充填材
 - 2.(1) ガラス繊維
 - 2.(2) 炭素繊維
 - 2.(3) 充填材
3. 添加剤
 - 3.(1) 可塑剤
 - 3.(2-1) 安定剤
 - 3.(2-2) 酸化防止剤
 - 3.(2-3) 紫外線吸収剤
 - 3.(3) 難燃剤
 - 3.(4) 着色剤
 - 3.(5) 帯電防止剤
 - 3.(6) 滑剤
 - 3.(7) 抗菌・防かび剤
- 3.(8) 核剤
- 3.(9-1) 発泡剤
- 3.(9-2) 発泡スチロール
- 3.(10) 改質剤、ポリマーアロイ
4. 成形材料の成分
 - 4.(1) 汎用プラスチック配合
 - 4.(2) エンニアリングプラスチック配合
 - 4.(3) 熱硬化性プラスチック配合
5. 代表的な製品写真とプラスチックの特徴

2

1.概要

プラスチックの用途は広く、必要な性能も用途ごと、部品ごとに異なっている。

多種類のプラスチックが開発されているが多様な用途に単純に応じられない場合が多い。そこでプラスチックの改質がおこなわれている

基本ポリマーに強化材・充填材、添加剤が配合されて

①熱や光などによる性能劣化の防止をする、②要求性能を向上する、③成形加工性能を改良され成形材料となっている。

成分は材料選定や成形加工方法の最適化を図るうえで重要である。

改質材の種類と適応方法について紹介する。

1. 強化材・充填材

①ガラス繊維、②炭素繊維、③充填材

2. 添加剤

①可塑剤、②-1安定剤、②-2酸化防止剤、②-3紫外線吸収剤、③難燃剤、④着色剤、⑤帯電防止剤、⑥滑剤、⑦抗菌剤・防カビ剤 ⑧改質剤・ポリマーアロイ ⑨核剤、⑩発泡剤

3. 主要プラスチックの成形材料成分

強化材・充填材、添加剤を挙げる

3

2.強化材と充填材

強化プラスチックの機械的特性は繊維状強化材に起因する。強化材は表面処理剤の接着効果によりベースポリマーと結合される。

強化材は①引張強さが大きいこと、②弾性率が大きいこと③ベースポリマーと密着性が高いこと④耐熱性、耐食性、耐摩耗性に優れていることが求められる。主にガラス繊維、炭素繊維などがある



写真-1 ガラス繊維強化PP
(20wt%)の破壊面
Gottfried W.Ehrenstein :
PolymericMaterials ,
p128(2001) HANSER

4

2.(1)ガラス繊維

ガラス繊維は①不燃性である②化学的耐久性が良い、③吸水性が小さい、④優れた表面処理剤があり基材との接着性が良い。

ガラス成分は無アルカリガラスが使用される。

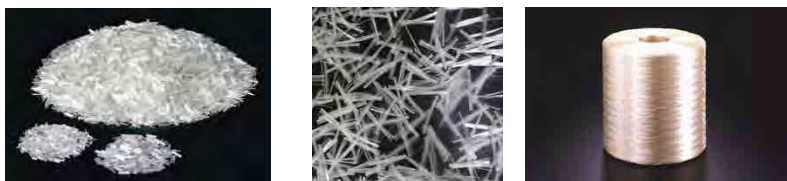


写真-2 チョップドストランド(左)、拡大写真(中) とロービング(右)

5

2.(2) 炭素繊維

炭素繊維は軽く、強度・弾性に優れ、

熱や電気の伝導率が高く、耐摩耗性、X線透過率にも優れている。

炭素繊維は軍用機に使われたのが最初で、現在では、航空機、レーシングカー、ヨットのマスト、スポーツ用途、自動車などに使用されている。

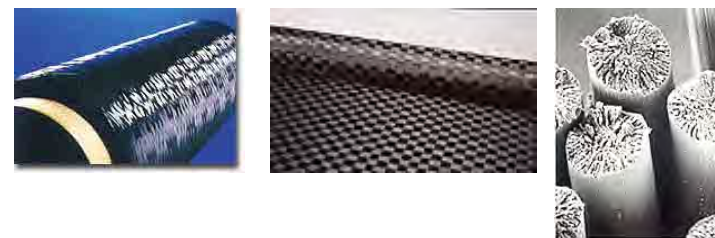


写真3 PAN系CFRP成形用炭素繊維(左)、織物(中)、拡大断面(右)

6

2.(3)充填材

成形品強度や耐久性など各種性能を補強したり、加工性の改善、またコストダウンなどの目的で成形品中のポリマー含有量を減らすために添加する場合がある。

充填材形状は粉状、繊維状、布状がある。繊維状と布状は強化材として分けた。

充填材は大きく分けて有機物系、と無機物系がある。

1. 有機系は主にフェノール樹脂、メラミン樹脂などで①木粉、②パルプ、③積層紙、④織布が古くから使われる。
2. 無機系は殆どが粉状であるが、形状は球形、扁平、多孔質、針状、多角形などがある。粒子径も0.015 μm ～100 μm 程度のものである。粒子系が小さい程、衝撃強度、表面平滑、度光沢などは良いが分散性や流動性が悪くなる
①炭酸カルシウム、②タルク、③クレー ④マイカ、⑤シリカ、⑥ガラスフレーク、ガラスビーズ、⑦金属粉⑧グラファイト⑨二硫化モリブデン⑩硫酸バリウム
エンブラの軽量化などにガラス球エポキシ樹脂球などの微小中空体を使用されている。
3. 期待される効果
①補強効果、②荷重たわみ温度上げる、③光の遮蔽効果、④導電効果、⑤摺動効果⑥耐候性、⑦膨張係数の調整、⑧印刷接着性を改良

7

3. 添加剤

成形材料(ペレット)を構成するプラスチック改質性能と添加剤の種類
(強化材・充填材含む)

改質性能	添加剤の種類(強化材・充填材含む)
性能向上	強化材・充填材、可塑剤 発泡剤、核剤
耐久性改良	酸化防止剤、安定剤、難燃剤、 紫外線吸収剤
表面性能改良	帯電防止剤、抗菌・防かび剤
成形性改良	可塑剤、滑剤、安定剤
着色	染料、顔料(有機・無機)
改質ポリマー	耐衝撃向上材、相溶化剤

表-1 改質性能と添加剤の種類(強化材・充填材含む)

8

3.(1) 可塑剤

主材ポリマーと溶け合いその加工性を容易にし、成形品に柔軟性を与える働きをする。添加量の多少で硬軟を自由に調節できる。

混和性が良く、低揮発性で、光・熱に安定性、低温柔軟性、耐抽出性耐移行性などが求められる。

最も多く使用されるのはポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデンです。加える必要のないのはポリエチレンです。



写真-4 5PVC 農業シート、浮き輪

9

3.(2-1) 安定剤

ポリ塩化ビニルと他のプラスチックとでは劣化の仕方が異なるため、使用される安定剤も異なる。

1. ポリ塩化ビニルは酸素があるもとで加熱されたり、紫外線を受けると塩化水素を脱離して分解反応が起こり着色する。

この塩化水素を補足、中和するために、加工の際には必ず安定剤を添加する。酸化防止剤も併用添加する

2. プラスチック用安定剤

熱による酸化劣化を防止するものを酸化防止剤、光(おもに紫外線)による酸化劣化を防止するものを光安定剤と総称する。ポリプロピレンやABS樹脂など、ポリ塩化ビニル以外のほとんどのプラスチックに使用される。

注記: プラスチック用安定剤とは光安定剤と酸化防止剤の総称である。
光安定剤とは紫外線吸収剤や着色防止・光沢保持用安定剤の総称である。

10

3.(2-2) 酸化防止剤

プラスチックは空気中の酸素やオゾンで酸化され、強度の低下、ひび割れ、着色、電気絶縁性能の低下を引き起こす。

成形加工時の熱、紫外線、水などにより酸化が促進される。

このような劣化変質は酸化防止剤を少量添加して防止される。

酸化防止剤は酸化されて生じるラジカル物質および過酸化物質を捕捉し、それを分解させポリマーの脆弱化を抑制する。光安定剤と併用すれば光劣化防止に顕著な働きを示す。

酸化を受け易い汎用樹脂はポリプロピレンやポリエチレンなどのオレフィン系、ポリスチレン、ABS樹脂、ポリアセタールなどである

11

3.(2-3) 紫外線吸収剤

紫外線は可視光線より大きなエネルギーをもちプラスチックに侵入してポリマーの一結合を直接破壊して劣化させる。紫外線吸収剤は、侵入した紫外線を自身が吸収し、プラスチックの分解や変色、ひび割れなどの材料劣化を防ぐ。

日焼け止めクリームと同じで吸収剤が紫外線エネルギーを吸収して分子の内部変化で“熱”に変換される。

プラスチック自体が紫外線で分解されるのを押さえるためとフィルムで包装された食品が紫外線を吸収して劣化するのを防止するために添加される。

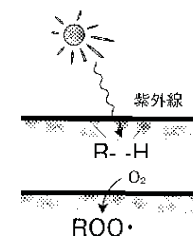


図-2 気候による劣化

12

3.(3)難燃剤

電気絶縁材料・建材・車両などに使われるプラスチックでは難燃性が求められる。
添加型難燃剤にはハロゲン系難燃剤(臭素系、塩素系)、燐系難燃剤がある。
ハロゲン系化合物は空気の供給を妨げ、リン酸エステル系化合物は燃焼系の温度を下げて難燃性を高める。
併用する三酸化アンチモンはガス化して空気を遮断して難燃性を高める。

◆ ハロゲン系難燃剤の問題点

臭素系難燃剤が多く使用されてきたが有害物質の発生と環境や健康への影響が懸念されている。欧州連合(EU)が臭素系難燃剤が低温燃焼時にダイオキシン類の発生源になり得ることから2006年7月から使用を規制している。

◆ ハロゲンフリーの難燃剤

①水酸化マグネシウム②有機リン系難燃剤③シアヌル酸メラミン④窒素含有フェノール樹脂系難燃剤、⑤シリコン樹脂のブレンド
⑥難燃性ポリマーとのポリマーのアロイ化が行われている。



注記:ダイオキシン類とは
人に対する発がん性がある」と評価されている
合成化学物質。

図-1難燃剤の働き

13

3.(4)着色剤

着色剤はプラスチックを着色する以外に光の遮蔽、反射、吸収により製品に耐候性を付与する働きもある。着色剤には無機顔料、有機顔料と染料がある。染料とは水や油に溶ける着色剤をさし、天然染料と合成染料がある。染料は耐熱、耐候性が悪いのでプラスチックにはあまり使われない。

1. 有機顔料は合成顔料で色が鮮やかである。耐熱、耐候性がやや弱い。
2. 無機顔料は精製鉱物で鮮やかさに劣るが耐熱、耐候性に良い。
3. 着色剤の形態
 - ① 粉末状(ユリア、メラミン樹脂で使われる。顔料粉末は扱いにくい。)
 - ② ドライカラー(粉末状のものをワックス、金属セツケンで表面処理して分散性を良くした)
 - ③ ペースト状(顔料と可塑性を練り合わせ、ペースト状にした物、)
 - ④ リキッドカラー(顔料と界面活性剤を混合練り合わせたもの、成形機にポンプで送る)
 - ⑤ マスターバッチ(着色する樹脂と同種材料に予め顔料を高濃度に分散させておく。

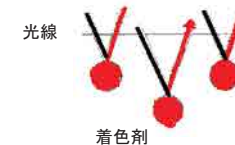


図-3 プラスチックへの着色



写真-5 着色pellet

14

3.(5)帯電防止剤

帯電を防ぐ。多くのプラスチックは静電気を帯びやすい性質(帯電性)を持つ。
帯電防止剤はこの帯電現象を押さえる界面活性剤が使用される。

界面活性剤はプラスチック表面に配列し、連続層を形成して表面の電気伝導度を高め静電気を速やかに放電させて電気の蓄積を防ぐ。帯電現象でプラスチック製品に小さなごみやほこりが吸着したり汚れたりする。

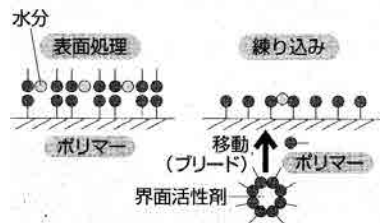


図-4 界面活性剤の作用

15

3.(6)滑剤

滑剤は、粉末、固体、顆粒状の成形材料を加工するとき、以下に示す①と②の摩擦抵抗を小さくして溶融ポリマーの流動性、熱安定性、加工性を向上させる。

- ① 成形材料と成形機シリンダー内面との界面潤滑←外部滑性
 - ② 成形材料の粒子同士の摩擦抵抗を低減←内部滑性
- 更に、以下の効果もある。
- ③ 成形品表面状態の改善やフィルム・シートブロッキング防止性向上
 - ④ 成形後の滑性効果(金型内の冷却過程で表面にブリードして離型性高める)

主成分としては、炭化水素系、脂肪酸系、脂肪族アミド系、金属セツケン系などが併用してつかわれる。食器や食品容器には低毒性が求められる。



注記:
摩擦抵抗とは滑り台で滑るとき、ひっかかつて滑らかに滑れないその引っ掛かりが摩擦抵抗です。

写真-6 滑り台

16

3.(7)抗菌・防かび剤

抗菌とはカビなど雑菌（バクテリア）の繁殖抑える働きのことです。

(1) 添加の目的

- ① 製品外観の悪化防止、悪臭防止。
- ② 院内感染防止、抗菌性。

(2) プラスチック用抗菌・防かび剤は無機系化合物と有機系化合物がある。
銀などの抗菌性金属とゼオライトなどの担体から構成されている：

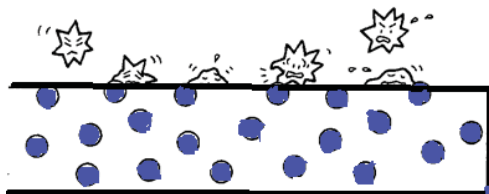


図-5表面にある銀イオンが細菌にとりこまれ働く

17

3.(8)核剤

核剤は結晶の核となって結晶を成長させるのに効果のある物質をいう。結晶性プラスチックの成形加工時に核剤を添加しておく、冷却時に結晶核となり均一で微細な球状結晶が多数生成するので均質な製品が得られ、透明性や耐衝撃性、寸法安定性などが向上する。

そして結晶成長を促進するものである。

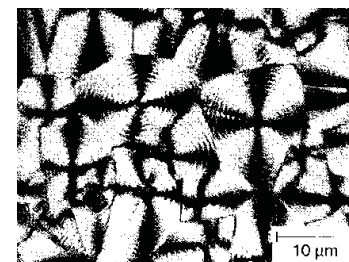


写真-7 PEの結晶写真

18

3.(9-1)発泡剤

成形前のポリマーと混合し、成形時に加熱や加圧により発泡させて、成形品にスポンジ構造、もしくはセル構造を与え、軽くて断熱性の高い樹脂にするために加える。

発生する気泡が連続泡（主目的：衝撃吸収性、遮音性、軽量性）となる無機系と独立泡（主目的：断熱性）となる有機系がある。

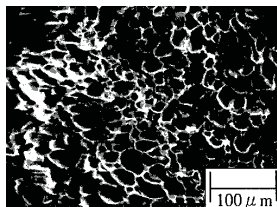


写真-8発泡成形断面観察(左)、断熱コンテナ(右)

19

3.(9-2)発泡スチロール(発泡PS)

発泡工程(一次発泡)

原料ビーズに蒸気をかけるとポリスチレン樹脂が軟化し、原料ビーズの中に入っている発泡剤の働きでビーズは膨張し始める。

原料ビーズには50倍に膨らませるため発泡剤が含まれている。
その発泡剤はブタンやペンタンなどの炭化水素製品である

成型工程

1次発泡させたビーズを金型に充填し、もう一度蒸気をかけます。さらに膨張したビーズは熱で粒どうしがくっついて金型通りの成形品になる。

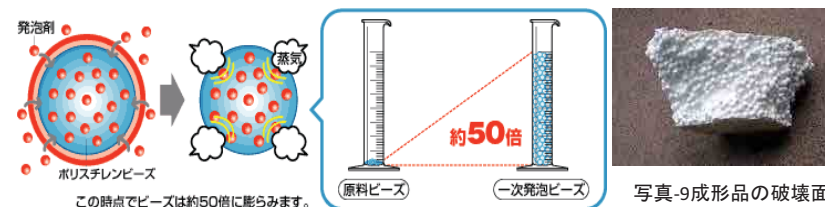


写真-9成形品の破壊面

図-7発泡成形品、断熱、緩衝材



20

3.(10) 改質ポリマー、ポリマーアロイ

プラスチック材料が持つ欠点、耐衝撃性、耐溶剤性、成形性、**耐熱性、摺動性、収縮性、難燃性、ガスバリアー性**などの改善目的のために添加される材料を改質ポリマー（ブレンドポリマー）という。

ポリマーアロイ：異った2つのポリマーを混ぜて作ったもの。2種類のポリマーの性質を考えて混合方法を選択する。ポリマー同士の親和性が低いと双方に親和性の高い“相溶化剤”（ブロック共重合コポリマー）を仲介に使う

21

表-2 ポリマーアロイの狙いと用途

ベースポリマー	改良剤	目的	用途
PPE	PS	成形性	電気製品シャーシ
PPE	PA	成形性 耐溶剤性	自動車部品
PA	EPDM	耐衝撃性、寸法安定性	自動車外装
PA	ABS	寸法安定性	自動車外装
ABS	PC	耐熱性	電気製品外装
PC	PBT	耐溶剤性	自動車部品
PC	ABS	メツキ性	自動車部品
ABS	PVC	難燃性付与	電気製品外装
PS	EPDM	耐衝撃性	電気製品外装
PP	EPDM	耐衝撃性	バンパー
POM	PE	潤滑性	摺動部品

22

4. 成形材料の成分

主要プラスチックの成形材料成分と強化材・充填材、添加剤を挙げる。

1. 成形性改良・劣化防止

(1) 熱可塑性プラスチック：加熱による溶融、流動、冷却固化される

① 滑剤、②酸化防止剤・熱安定剤、③離形剤、結晶性プラスチックでは①核剤（造核剤）

(2) 熱硬性プラスチックでは ① 硬化剤、②滑剤

熱硬化性プラスチックの改質は熱可塑性プラスチックの共重合化、ポリマーアロイ手法は殆ど無い

2. 成形品用途向けに改質：

- ① 性能向上（機械的強度：繊維強化材）、（強度補強：充填材）、（柔軟性：可塑剤）、（軽量・断熱性能：発泡剤：）、
- ② 耐久性改良（耐候・耐光：紫外線吸収剤）
- ③ 着色剤、
- ④ 耐衝撃性（改質剤エラストマー、ポリマーアロイ）
- ⑤ 表面性能改良（帯電防止剤、抗菌性防カビ）

23

4.(1) 汎用プラスチックの配合

◎：基礎的 ○：改質剤

	PE	PP	PVC	PS	SAN	ABS	PET
酸化防止剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
滑剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
核剤	◎	◎					◎
安定剤			◎	◎			
着色剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
帯電防止剤	○	◎		◎	◎	◎	
可塑剤			◎				
難燃剤		○		◎	○	○	○
紫外線吸収剤	○	○	○	◎	○	○	◎
抗菌剤			○			○	
強化材		○		○	○	○	○
充填材	○	○	○			○	○
ポリマー改質	○	○	○	○	○	○	○
発泡剤				○			

24

4.(2) エンニアリングプラスチックの配合

	PMMA	POM	PA	PBT	PC	m-PPE	PPS
酸化防止剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
滑剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
核剤		◎	◎	◎			◎
安定剤						◎	
着色剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
帯電防止剤			○		◎	○	
難燃剤	○	○	○	◎	○	○	
紫外線吸収剤	○	◎	○	○	◎	◎	
抗菌剤			○	○	○		
強化材		○	○	○	○	○	◎
充填材		○	○	○	○	○	◎
ポリマー改質	○	○	○	○	○	○	○

◎:基礎的 ○:改質剤

25

4.(3)熱硬化性プラスチックの配合

	PF	UF	MF	EP	PDAP	UP	PI	PUR
充填材	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
滑剤	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
着色剤	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎
硬化剤	◎			◎	◎	◎		◎
強化材	○	○	○	○	◎	◎	○	○
紫外線吸収剤								◎
難燃剤			○	○		○		○
発泡剤			○					◎

◎:基礎的 ○:改質剤

PF:Phenolic resin
UF:Urea-formaldehyde resin
MF:Melamine-formaldehyde
EP:Epoxi resin

UP:Unsaturated polyester resin
PDAP:Diallyl phthalate resin
PI:Polyimide
PUR:Polyurethane

26

5.代表的な製品写真とプラスチックの特徴



写真-10 PE製 洗剤容器(左)と農業用タンク

PEの特徴:
電気絶縁性、耐水、耐薬品性に優れ、耐熱、剛性も良い。



写真-11PP製のパレット、自動車バンパー、

PPの特徴:
最も比重(0.9~0.91)が小さい。耐熱性が比較的高い。機械的強度に優れる。



写真-12 SAN樹脂製 ジューサーの受け容器

SANの特徴:
透明性、耐熱性に優れている。アルコールにやや劣る

27



写真-13 PS製 CDケース

PSの特徴:
透明で剛性があるGPグレードと、乳白色で耐衝撃性をもつHIグレードがある。着色が容易。電気絶縁性がよい。ベンジン、シンナーに溶ける。



写真-14 発泡スチロール製 魚箱

発泡スチロールの特徴:
軽くて剛性がある。断熱保温性に優れている。ベンジン、シンナーに溶ける。

28



ABSの特徴：
光沢、外観、耐衝撃性に
優れている。アルコールに弱い

写真-15 ABS樹脂製 アイロンのハウジング(左)オートバイのカウリング(右)



PVCの特徴：
燃えにくい。軟質と硬質がある。
水に沈む(比重1.4)。表面の艶・
光沢が優れ、印刷適性が良い。

写真-16 PVC製のレザーとパイプ



PMMAの特徴：
無色透明で光沢がある。ベンジン、シンナー
に侵される。

写真-17 PMMA製のF15の風防と大型水槽

29



フッ素樹脂の特徴：
乳白色で耐熱性、
耐薬品性が高く非粘着性を有する。

写真-18 フッ素樹脂パイプとテフロン加工のフライパン



POMの特徴：
白色、不透明で、耐衝撃性に優れ
耐摩耗性が良い。酸に侵されるものもある。

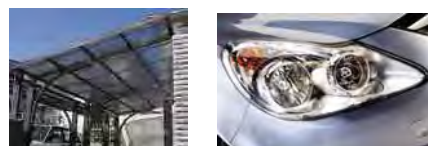
写真-19 POM製 鼓形ウォームホイール(左)と歯面拡大(右)



PAの特徴：
乳白色で、耐摩耗性、耐寒冷性、
耐衝撃性が良い。
酸に多少おかされるものもある。
アルコールには浸透のおそれあり

写真-20 PA製 インテークマニホールドとポリマーアロイ(PA66+PPE+EPDM)製のフェンダー

30



PCの特徴：
無色透明で、酸には強いが、アルカリに
弱い。特に耐衝撃性に優れ、耐熱性も
優れている。アルカリに対して多少
おかされるものもある(洗剤等)

写真-21 PC製 ガレージの波板、ヘッドライトレンズ



PBTの特徴：
白色、不透明で、電気特性
その他物性のバランスがよい

写真-22 PBT製 電子機器用コネクター



PETの特徴：
耐熱ボトルは透明で、強靱で、
ガスバリア性に優れている。

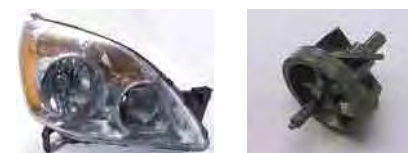
写真-23 PET製 容器(飲料、目薬、卵パック)

31



m-PPEの特徴：
電氣的性質のすぐれたPPEに成形性のすぐれた
スチレン系樹脂をブレンドしたもの
耐熱性、機械的強度、絶縁破壊特性に優れる

写真-24 m-PPE製 複写機のハウジン(左)とイグニッションコイル(右)



PPSの特徴：
優れた耐熱性と難燃性。
融点が約280℃と高く、
また抗張力にも優れている。

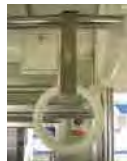
写真-25 PPS製 ヘッドランプリフレクター、流量計のファン

32



PFの特徴：
電気絶縁性、耐酸性、耐熱性、
耐水性が良い。燃えにくい。

写真-26 フェノール樹脂(PF)製の灰皿と鍋の柄、つまみ



UFの特徴：
メラミン樹脂に似ているが、安価で燃えにくい。
酸に対しては不変又はわずかに変化。
アルカリに対してはわずかに変化する

写真-27 ユリア樹脂(UF)製 つり革の輪とテーブルタツプ



MFの特徴：
耐水性が良い。陶器に似ている。
表面は硬い。

写真-28 メラミン樹脂(MF)製 食器

33



PDAPの特徴：
優れた電気特性と寸法安定性です。
高温・高湿下での劣化が少なく電気絶縁性と
寸法安定性に優れている。

写真-29 ジアリルフタレート樹脂(PDAP)製 端子台成形品



EPの特徴：
物理的特性、化学的特性
電気的特性などに優れている。

写真-30 エポキシ樹脂(EP)製 封止成形品



UPの特徴：
電気絶縁性、耐熱性、耐薬品性が良い。
ガラス繊維で補強したものは強い。

写真-31 不飽和ポリエステル樹脂(UP)製 ユニツバス、釣舟

34



PIの特徴：
超耐熱、耐寒性、耐摩耗性、自己潤滑性、
難燃性、機械、電機性質に優れている、

写真-32 熱硬化性ポリイミド(PI)フィルム(左)、
携帯電話に使われているPI製フレキシブル基板(右)



PURの特徴：
柔軟～剛直まで広い物性の樹脂が得られる。
接着性・耐摩耗性に優れ、発泡体としても
多様な物性を示す。
酸、アルカリに対して多少おかされる。

写真-33 ポリウレタン(PUR)フォーム緩衝材

35

M2 プラスチック材料

M2-5 特徴付け

2012/2/13,14,15

目次

1. 概要	2.(9) ポリ塩化ビニール樹脂 (PVC)
1.(1) 熱可塑性プラスチックの分類	2.(10) ポリメチルメタクリレート (PMMA)
1.(2) 耐衝撃性と引張破断伸び	3. エンジニアリングプラスチック
1.(3) 金属とプラスチックの耐摩耗性	3.(1) エンジニアリングプラスチック比較
1.(4) プラスチックの耐久性	3.(2) ガラス繊維の補強効果
1.(5) フィルムの透湿度とガス透過率	3.(3) ポリアミド(PA)
1.(6) ポリエチレンの分子構造	PA6:吸水率の機械特性への影響
1.(7) ポリエチレンが柔らかいのは	3.(4) ポリアセタール(POM)
1.(8) 分子が規則正しく並んで結晶化	3.(5) ポリカーボネート(PC)
1.(9) 結晶化度と結晶部と非結晶部の密度	3.(6) 変性ポリフェニレンエーテル(m-PPE)
1.(10) 電気的性質	3.(7) ポリブチレンテレフタレート(PBT)
2. 汎用プラスチック	3.(8) 強化ポリエチレンテレフタレート(GF-PET)
2.(1) ポリエチレン(PE)	4.(1) 透明性プラスチックの特性
2.(2) ポリプロピレン(PP)	4.(2) プラスチックの耐薬品性
2.(3) ポリエチレンテレフタレート(PET)	4.(3) エンプラの耐薬品性
2.(4) フィルムとボトルの延伸	4.(4) プラスチックの物性
2.(5) ポリスチレン(PS)	
2.(6) ゴムが入ると割れにくくなる理由	
2.(7) AS樹脂(SAN)	
2.(8) ABS樹脂(ABS)	
ABS樹脂ゴム粒径写真とS-S曲線	

1. 概要

[プラスチックの性質を支配する要因]

1. 化学構造式(分子、主鎖、側鎖など)
2. 高分子構造(分子量、枝分かれ、架橋、共重合組成、結晶化など)
3. 添加剤、複合化による改質(各種添加剤、繊維状強化材、ポリマーアロイなど)

[プラスチックの代表的性質]

1. 機械的性質:

- ① 一定速度でゆっくり外力が加えられる。----→引張、曲げ強度、剛性、硬さなどで表す。
- ② 衝撃的に外力が加えられる。-----→衝撃強度など
- ③ 一定外力が長時間加えられる。-----→耐クリープ性(時間経過とともに変形する)
- ④ 外力が周期的に繰り返えし加えられる。-----→耐疲労性(長時間の耐久性)

2. 熱的性質

- ① 化学的耐熱性: 耐燃焼性、熱分解のしにくさなど熱劣化のしにくさなどで表す。
これは分子構造中の化学結合の強さに依存する。
- ② 物理的耐熱性: 短期間の耐熱性は荷重たわみ温度、軟化温度などで表し
長期間の耐熱性は一定温度での力学的特性や電気的特性が維持されることで表す。

3. 実用上問題になる化学的性質

耐薬品性、吸水、吸湿性、ガス透過性、耐候性

1.(1) 熱可塑性プラスチックの分類

分類		汎用プラスチック		エンプラ	スーパーエンプラ	
			準エンプラ		準スーパーエンプラ	
非結晶性	透明	PVC GPPS LDPE	PMMA SAN	PC	PAR PSF	PES PEI
	不透明	HIPS	ABS	m-PPE		
結晶性	A		PET	GF-PET	PPS	
	B	HDPE PP		POM PA PBT		
	C					LCP
耐熱性(短期)		~100℃		~150℃	~200℃	~250℃
化学構造		$\begin{matrix} \text{-(C-C)}_n \\ \\ \text{X} \end{matrix}$		$\text{-(C}_n\text{Y)}_m$ / $\text{-(C}_n\text{)}_m$		

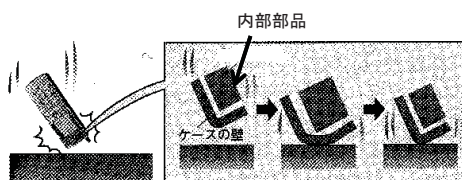
A: 結晶化核剤による結晶化, B: 標準的結晶性プラスチック, C: 液晶性プラスチック

表-1 熱可塑性プラスチックの分類

佐藤 功: 図解・雑学、プラスチック、p89, 2004, ナツメ社

1.(2)耐衝撃性と引張破断伸び

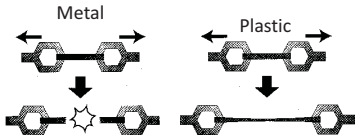
1. 落下衝撃を受けても割れにくい。



ケースが変形して
衝撃力を吸収し、元の形に戻る

Impact strength
ASTM D256 IZOD

2. 引張破断伸びは割れ始める変形の割合を示してる



Tensile strength
Strain at failure
ASTM D638

※ 引張破断伸びの大きなプラスチック
はHIPS,ABS,PC,PC/ABS alloy など

数%の伸びでも切れる 数百%まで切れず伸びるものもある

図-1 落下衝撃と変形と復元

佐藤 功: 図解・雑学、プラスチック、p133,2004,ナツメ社

5

1.(3)金属とプラスチックの耐摩耗性

1. 金属は摩擦により金属原子、分子が剥ぎ取られて摩耗する。
2. プラスチックは分子鎖が長く、分子同士の結合が強いので分子が剥がれにくい。
3. 結晶性プラスチックは分子間力が強いので耐摩耗性が優れている。
4. 摩耗を減らす工夫として異なる種類のプラスチックまたは金属、自己潤滑を持つものを使用する。

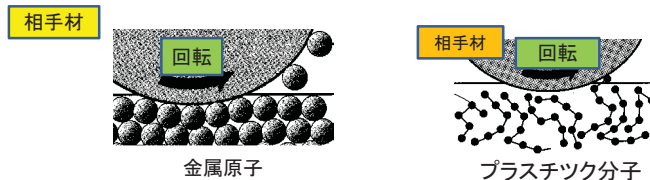


図-2 摩耗の模式図

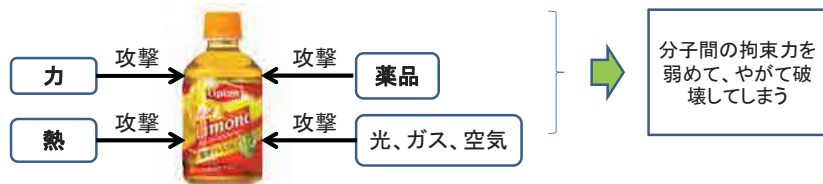
自己潤滑: 摩擦を減らす性質のポリマー、PE,TPFE,シリコンを添加する。

佐藤 功: 図解・雑学、プラスチック、p141,2004,ナツメ社

6

1.(4)プラスチックの耐久性

1. プラスチックが壊れる理由

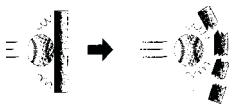


2. 短期性能と長期性能



② 長期間、力が加わると変形したり壊れたりする。
(長い時間をかけて分子が動く): 耐クリープ特性

① 短期間なら変化なし



① 1回では壊れない

② 何回か繰り返すと壊れる。(分子が徐々に離れる) 耐疲労性

図-3 プラスチックの耐久性、耐クリープ性、耐疲労性の模式図

佐藤 功: 図解・雑学、プラスチック、p143,2004,ナツメ社

7

プラスチックの疲労限界と比疲労強度

	疲労限度 [Mpa], 10^7 cycle	比疲労強度	
		疲労強度/ 引張強度	疲労強度/ 曲げ強度
PVC	170	0.29	0.15
PS	100	0.41	0.20
PA	118	0.22	0.24
PE	110	0.50	0.40
PC	98	0.15	0.09
PP	110	0.34	0.23
PMMA	278	0.35	0.22
POM	269	0.37	0.25
ABS	118	0.30	-

表-2 各種プラスチックの疲労限度と比疲労強度

島村: 機械設計、9,[7],18,[1965]

8

1.(5) フィルムの透湿度とガス透過率

バリアー特性 フィルム	ガス透過率 ※1			透湿度 ※2
	CO ₂	O ₂	N ₂	
PE-LD	18,500	4,000	1,400	20
PE-HD	3,000	600	220	10
PP(無延伸)	3,800	860	200	11
PP(二軸延伸)	1,680	550	100	6
PET	400	60	25	27
PA6(二軸延伸)	79	20	6	145
PS	2,400	5,000	800	160
PC	1,225	200	35	80
PVC(硬質)	442	150	56	40
PVD	70	<115	22	1.5
PVA	10	7	-	
EVOH	-	2	-	
PVDCコートOPP	15	5-10	1.5	4~5

※1
(cc/m²/atm,24hr)
at
20°C,65%RH,t=25μm

※2
(g/m²,24hr)
at
40°C,90%RH,t=25μm

表-3 フィルムの透湿度とガス透過率

工業材料、39、「8」、38(1990)

9

1.(6) ポリエチレンの分子構造

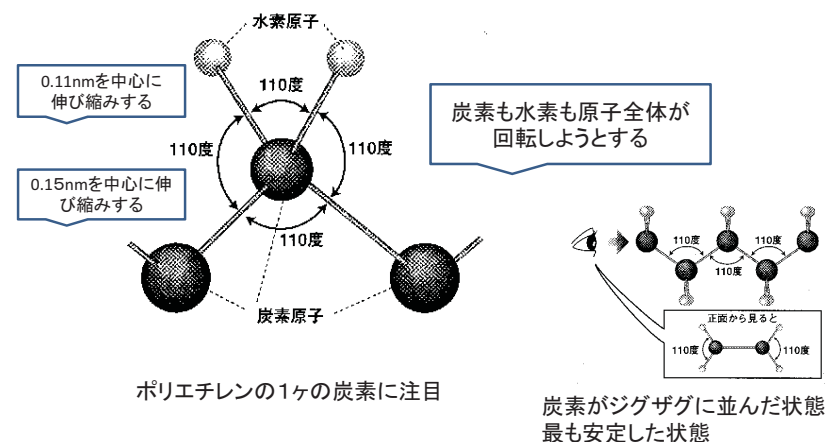


図-4 ポリエチレンの分子構造

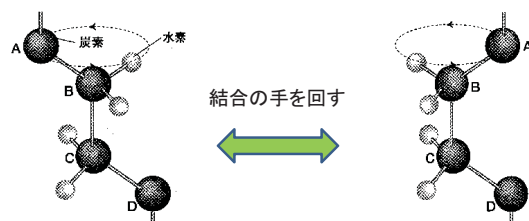
佐藤 功:図解・雑学、プラスチック、p33,2004,ナツメ社

10

1.(7) ポリエチレンが柔らかいのは

炭素原子AとDが反対方向にいたときが最も安定している

AとDが同じ方向にいたときが最も不安定である



分子主鎖が炭素のみのプラスチックの特徴

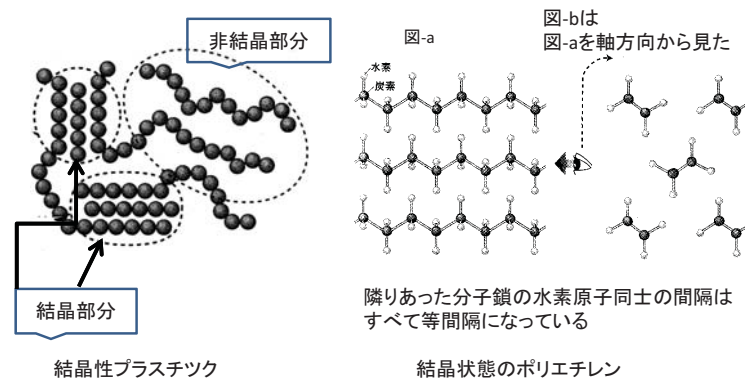
- ①結合の手を回しやすいので、外からの力にたいして柔軟である。
- ②高温になると分子同士の拘束が解けて融けやすい
- ③石油から比較的簡単に作れる

図-5 ポリエチレンの分子運動模式図

佐藤 功:図解・雑学、プラスチック、p37,2004,ナツメ社

11

1.(8) 分子が規則正しく並んで結晶化



1. 結晶性プラスチックでも結晶している部分は多くて~80%程度である。
2. 結晶部と非結晶部との境界で、光が屈折・反射し直進しないために半透明、不透明になる。

図-6 ポリエチレンの分子配列と結晶性

佐藤 功:図解・雑学、プラスチック、p55,2004,ナツメ社

12

1.(9) 結晶化度と結晶部と非結晶部の密度

高分子材料	結晶化度 (%)	密度 (g/cm ³)		
		結晶部	非結晶部	代表的
PA66, PA6	35-45	1.24	1.07	1.14
		1.23	1.08	1.14
POM	70-80	1.54	1.25	1.41
PET	30-40	1.50	1.33	1.38
PBT	40-50	-	-	1.38
PTFE	60-80	2.35	2.00	2.1
PP (Isotactic)	70-80	0.95	0.85	0.905
PP (Atactic)	50-60	0.95	0.85	0.896
PE-HD	70-80	1.0	0.85	0.95
PE-LD	45-55	1.0	0.85	0.92

表-4 結晶性プラスチックの結晶特性

Gottfried W.Ehrenstein: Polymeric Materials, p67, 2001, HANSER

13

1.(10) 電気的性質

- 絶縁抵抗** : 直流電流を流した時の抵抗のこと。**体積抵抗**と**表面抵抗**がある。
- 絶縁破壊強さ** : 試験片が導通して破壊されない最小電圧をその厚みで除した数値。
- 誘電特性** : 電圧をかけた時に、材質の中で電荷が正および負に分極する現象に関する特性。
 - 誘電率** : 単位体積中に蓄えられる静電気エネルギーの大きさの程度を表す。
交流電圧をかけた時に材質内部に高周波電流が流れる。
充電に使われた電流と発熱に消費された損失電流がある。
 - 誘電正接** : 発熱熱量になる損失電流の割合を示す。
誘電正接が大きいほど絶縁性は悪く、誘電体損失による発熱も大きい。
- プラスチック表面で、微小放電の繰り返しにより炭化して導電路が形成され絶縁破壊にいたる現象がある。
 - 耐アーク性** (arc resistance): 表面を清掃状態で測定したもの
 - 耐トラッキング性** (tracking resistance): 表面に汚染物質を介在させて測定したもの

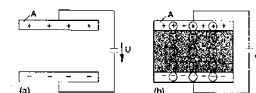


図-7 誘電分極による電荷 (a) は誘電体がない時(b)は誘電体がある時

14

2. 汎用プラスチック

【汎用プラスチックの化学および高分子構造】

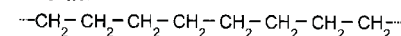
- 汎用プラスチックの分子主鎖は炭素で作られている。炭素でできてる主鎖を変えず、周りについている部分(=側鎖、基)を変えることで様々なプラスチックになる。**
 - PEは側鎖が水素(4ヶ)あり、化学的に安定して、柔軟でかつ耐薬品性、電気絶縁が良好。
 - PPIは水素1ヶをメチル基(-CH₃)に置き換えている。繰り返しの折り曲げに強くなる。
 - PVCは塩素原子をいれて難燃性と絶縁性、耐候性を与える。
 - PSはベンゼンを入れて非晶性で透明な着色性に優れる。
- 側鎖の分子の大きさに比例して硬さ(弾性率)は高くなり、耐熱性も高くなる。**
 - ANIは側鎖にシアノ基を持つモノマーであるがPSに共重合されてSANになる。
SANはPSの強度、衝撃強さ、耐薬品性、耐候性、耐熱性などを改良したもの。
 - ABS樹脂はSANにブタジエンゴムを共重合して衝撃強さを大幅に改良したもの。
 - PETは分子鎖中にベンゼン環と炭素鎖のエチレンをエステル結合してもつと共に、分子が直線状になるため、分子鎖が並びやすく、結晶部分を作りやすい。

佐藤 功: 図解雑学 “プラスチック”、p89, 2001, ナツメ社

15

2.(1) ポリエチレン (PE)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用の熱可塑性プラスチック。半透明な高結晶性ポリマーである。
低密度ポリエチレン(LDPE)、高密度ポリエチレン(HDPE)、超高分子量(U-PE)の3種類がある。

3. 特徴

- ① 密度は0.92-0.97と小さく、**水に浮く**
- ② 機械的性質は強靱性(tenacity)で柔らかい。低温でも脆くならない。
- ③ 薬品に侵されず、有機溶剤に溶けない。沸騰水により熱変形する。
- ④ 塗装、接着、印刷は困難である。
- ⑤ 無味、無臭、無害で環境適性に優れる。
- ⑥ ヒートシール(熱圧着)性は良い
- ⑦ 成形時の流動性、熱安定性が良い。
- ⑧ 電気絶縁性、耐候性などが非常に優れている。
- ⑨ **LDPE**のフィルムは水蒸気を通さない。酸素ガス、有機溶剤などの透過度は大きい。
- ⑩ **HDPE**は剛性、耐衝撃性に優れるが他の熱可塑性プラスチックと比べると柔らかい。
- ⑪ **U-PE**は 耐衝撃はPCを上回り耐摩耗性、自己潤滑性、摺動性はすぐれる

注記

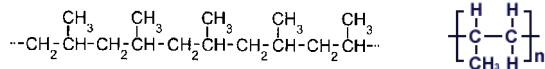
摺動性(tribological properties): 滑りやすさ、回転しやすさのこと

自己潤滑性(self-lubricating+material): 結晶性樹脂の摩擦相手材が金属だと殆ど磨耗しない性質。

16

2.(2)ポリプロピレン(PP)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用の熱可塑性プラスチック。半透明な高結晶性ポリマーである。
ホモポリマー、ランダムコポリマー、ブロックコポリマーの3種類がある。

3. 特徴

- ① 最も軽く密度は0.90～0.91
- ② 剛性が高く強度に優れるが低温衝撃性に劣る。
延伸をかけると強度が高まる。繰り返し折り曲げに強い
- ③ 蒸気消毒や沸騰水中で使用可能である
- ④ 酸やアルカリ及び有機溶剤に侵されない。酸素や水蒸気透過率は小さい。
耐ストレスクラッキング性が良い。
- ⑤ 接着や印刷は困難である。
- ⑥ 成形性もよく、リサイクル可能である。
- ⑦ 食品衛生性に優れる

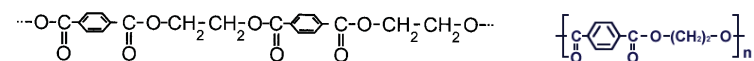
注記

1. 剛性(stiffness)は曲げやねじりの力に対する、変形のしづらさの度合いのこと。
2. ストレスクラッキング性(environmental stress cracking)はひずみが生じてる状態で薬剤などで亀裂、破壊されること。

17

2.(3)ポリエチレンテレフタレート(PET)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用の熱可塑性プラスチック。透明な結晶性ポリマーである。

3. 特徴

- ① 剛性と硬さ、耐衝撃性、耐摩耗性、耐疲労強さ、耐クリープなど良好。寸法安定性、表面平滑性が良い。延伸により強靱になる。二軸延伸フィルムは透明性が高く、たわみ易く、折り曲げ強さに優れ、耐引掻性が良好。
- ② 耐熱性は良い。
- ③ 食品に対する安全性に優れる。
- ④ ガソリン、オイル類、グリセリンは侵されないが、濃硫酸、濃硝酸では分解する。有機酸類には膨潤、溶解する。
- ⑤ 水蒸気、酸素、などのガス透過性は小さい。保香性に優れる。

① A-PET(非結晶化PET) 結晶を微細化し、成形時の外観が透明になる。

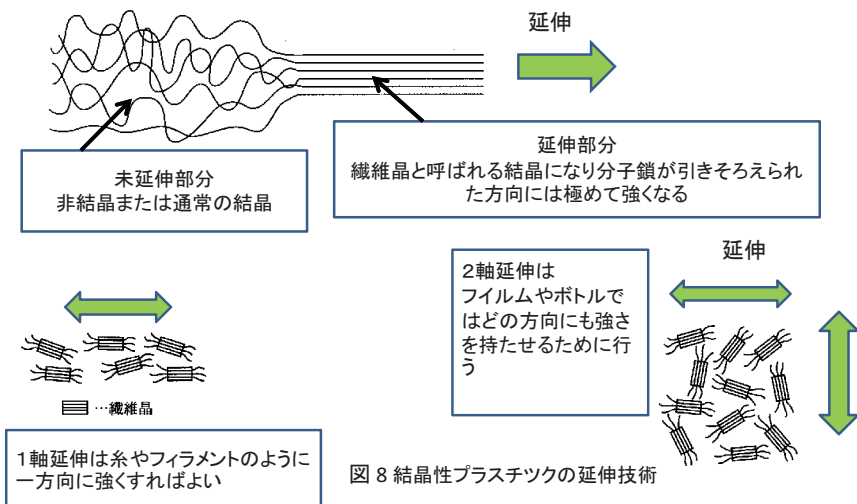
② C-PET(結晶化PET) **耐熱性食器容器** 高強度、耐熱温度向け

注記: 1) 耐引掻性(scratch resistance) プラスチック表面に傷のつきにくさ。

2) 可撓性(flexibility) たわみやすい性質

18

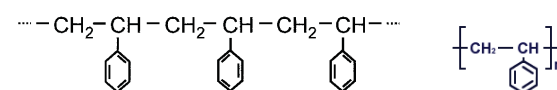
2.(4)フィルムやボトルの延伸法



19

2.(5)ポリスチレン(PS)

1. 化学構造



2. 種類、分類

①汎用ポリスチレン②高衝撃ポリスチレン、③発泡ポリスチレンの3種類がある。
汎用の熱可塑性プラスチック。透明性のよい非結晶性ポリマーである。

3. 特徴

(1)汎用ポリスチレンGPPS (General Purpose Polystyrene)

- ① 密度が1.05g/cm³で表面光沢が良い
- ② 剛性が高く、表面硬度が高い、衝撃強度が低く脆い。
- ③ 酸やアルカリなどには侵されない良が、有機溶剤や油類には弱い。
- ④ 軟化温度が低い95℃
- ⑤ 成形時の熱安定性が良く、リサイクルも容易である。
- ⑥ 比較的日光に弱く、紫外線を吸収して劣化する。耐候性に劣る。

(2)高衝撃ポリスチレンHIPS(High Impact Polystyrene) :

透明性がなくなる。GPPSに比較して耐衝撃性は5～10倍高い。

(3)発泡ポリスチレンFS (Foamed Styrol):

発泡性能に優れ、高倍率の発泡体が得られる。緩衝特性と断熱性が付与される。

20

2.(6)ゴムが入ると割れにくくなる理由

1. 応力の分散

硬いプラスチック



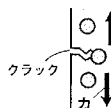
狭い部分に集中して力がかかる

柔らかいプラスチック

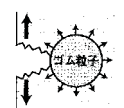


たわみ広い部分で受けるため各部分にかかる力は小さくなる

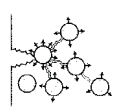
2. 破壊進行の停止



力が加わるとプラスチック部分に割れ目ができる



ゴム粒子が変形して、粒子の周囲全体に力を分散し割れ目が止まる



割れ目が止まらない場合もゴム粒子を通過するたびに力は分散されて弱まりやがて割れ目は止まる

ゴム成分はHI-PS、PP・EPDM、ABS、HI-PS/PPEなどに配合されている

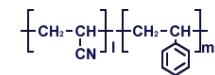
佐藤 功:図解・雑学、プラスチック、p77,2004,ナツメ社

図-9 ゴム成分の機能

21

2.(7) AS樹脂(SAN)

1. 化学構造



2. 種類、分類

アクリロニトリル(AN)とスチレン(ST)を共重合した、汎用の熱可塑性プラスチック。
透明性のよい非結晶性ポリマーである。

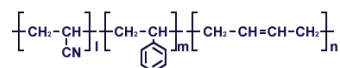
3. 特徴

- ① PSよりも剛性、強度・耐薬品性・耐熱性が良い
- ② 表面も硬く、傷つきにくい。耐衝撃性が優れる
- ③ 耐熱性に優れる。
荷重たわみ(1.86MPa)温度は101～104℃で高い。
- ④ PSにくらべて、耐候性、耐油、耐薬品性などを向上させている。
吸水性を示し、低級アルコールには弱い
- ⑤ エポキシ系、ポリエステル系の接着剤で良く接着する。
- ⑥ ストレスクラッキング性はポリスチレンより優れる
- ⑦ PS樹脂よりも成形流動性が劣り成形性が低下した。
- ⑧ 寸法安定性は良好。

22

2.(8)ABS 樹脂

1. 化学構造



2. 種類、分類

アクリロニトリル(AN)とスチレン(ST)とブタジエンゴムを共重合した、汎用の熱可塑性プラスチック。不透明な非結晶性ポリマーアロイである(特殊な透明グレードもある)。

3. 特徴

- ① 強靱で、クリープ強さ、表面光沢などに優れる。
- ② 耐熱性は、一般用途向けとしては高い。耐寒性にもすぐれる。
- ③ 耐候性は弱く、変色と光沢の劣化が起る。
- ④ 成形加工性に優れる
- ⑤ 成形収縮率が小さい。寸法安定性が良い。
- ⑥ 着色性、めっき性に優れる。

注記

- 1) UL温度インデックスとは長期間使用中にその材料の機械的強度、電気的強度など特性を維持できる最高使用温度を意味している
- 2) 耐寒性 Low-temperature resistance)低温で硬く、脆く、衝撃強度が低下する。低温に対する耐えること

23

ABS樹脂ゴム粒径とS-S曲線

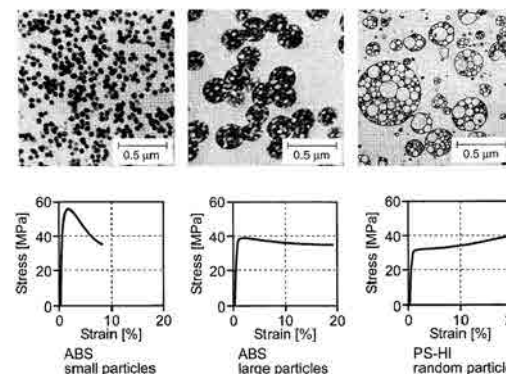


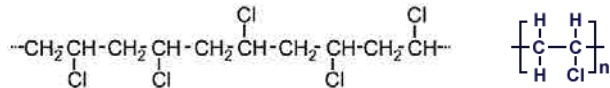
写真-1 ABSとPS-HIのゴム粒子径観察と応力-ひずみ曲線

Gottfried W.Ehrenstein: Polymeric Materials,p110,2001,HANSER

24

2.(9)ポリ塩化ビニル(PVC)

1. 化学構造



2. 種類、分類

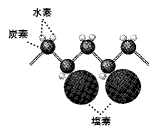
汎用の熱可塑性プラスチックであり、透明な非結晶性ポリマーである。硬質と軟質がある。

3. 特徴

- ① 剛性、強度、耐クリープ性、耐衝撃性バランスがよい。
- ② 電気絶縁性が高い。
- ③ 耐水性、耐候性は優れている。
- ④ 着色性と接着性が良好で印刷し易い。
- ⑤ 酸素などガス透過率は小さい。
- ⑥ 硬質タイプは寸法安定性も高く、耐久性がある。
- ⑦ 軟質タイプは可塑剤の種類と添加量によって柔らかさを自由に変えられる。

注記

耐水性: (moisture(water)resistance) 水中浸漬や湿度の高い雰囲気中に晒したとき吸水率の低いこと。



大きな側鎖

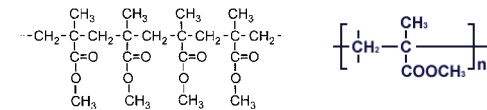
- ① 重い、硬い
- ② 非結晶性→透明

非石油系の成分

- ① 耐薬品性、耐候に優れ
- ② 難燃性に優れる

2.(10)ポリメタクリル樹脂(PMMA)

1. 化学構造

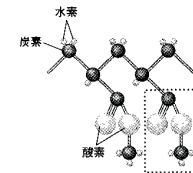


2. 種類、分類

汎用の熱可塑性プラスチック。透明な非結晶性ポリマーである。

3. 特徴

- ① **抜群の透明性。**一般ガラスよりも透過率が良く、屈折率も1.49と高い
 - ② **表面硬度、耐刮掻性に優れている**
 - ③ **機械的性質は剛性強度が大きいが衝撃強度は小さく、脆性破壊する**
 - ④ **耐候性は良好。**
 - ⑤ **耐水性にも優れた。ストレスクラックに感応しやすい。**
 - ⑥ **燃えやすく、燃焼時にモノマーガスを生じる。**
- 水素



大きな側鎖(メチルエステル)

- ①重い、硬い
に非結晶性→透明
(プラスチック随一の透明性
と光の屈折率の大きさ)

3. エンジニアリングプラスチック

【エンジニアリングプラスチックの化学および高分子構造】

- ・ エンジニアリングプラスチックは分子鎖(炭素鎖)の何個かに1個割合で炭素以外の酸素や窒素原子が入っている。
- ・ 主鎖中で隣同士の原子を結んでいる結合の回転が制約され鎖全体の分子運動が不活発になる。温度を上げて、分子鎖が動きにくい耐熱性が向上する。
- ・ 外力にも分子鎖は簡単に曲がらない、あるいは溶剤に接しても分子鎖が溶剤分子の中に拡散しない。
- ・ ベンゼン環の6つの炭素鎖はさらに硬くなるので炭素鎖を太くしたのと同じ効果が生まれ、これを分子主鎖に入れると耐熱性が大幅に向上する。

3.(1)エンジニアリングプラスチック比較

	POM	PA	PBT	PC	m-PPE	備考
結晶性	結晶性			非晶性	非晶性	
強さ	○	○	○	△	△	長期に使用できる力の大きさを比較
耐熱性	△	◎	◎	○	○	長期に使用できる温度の高さを比較
無機薬品	△	△	△	△	○	酸、アルカリ、温水など
有機薬品	○	○	○	×	×	
吸水性	無	有	無	無	無	実質的に問題なしを示す
流動性	○	○	○	×	×	射出成形の適性を比較。 流動性と固化速度は生産性を収縮率は製品寸法精度
固化速度	◎	○	△	×	×	
収縮率	大	大	大	小	小	

◎：優れている

○: 良好

△: やや使用に注意、×: よくない別途用対策

表-5 エンジニアリングプラスチックの性能比較

3.(2)ガラス繊維の補強効果

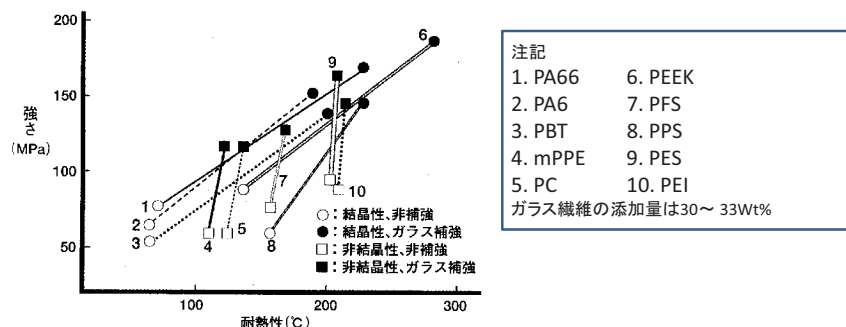


図-10 引張強度と荷重たわみ温度(1.81MPa)の関係、非強化、とガラス繊維強化の比較

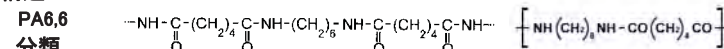
非結晶性プラスチックは分子間力が弱く、高温になるとすぐ分子が動き出す。ガラス繊維を加えても耐熱性向上の効果が薄い。

佐藤 功: 図解・雑学、プラスチック、p69,2004,ナツメ社

29

3.(3)ポリアミド(PA)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用のエンジニアリングプラスチックであり、薄いと半透明な結晶性ポリマーである。

3. 特徴

- ① 吸水性を有する。吸水により強靱性、耐衝撃性、柔軟性が向上する反面、機械的強度、電気絶縁性が低下し、寸法変化を生じる。
- ② ガソリン・オイル、有機溶剤に対して優れる。酸、フェノール、塩化カルシウムには侵される。窒素、ガソリンなどのガス透過性が小さく、ガスバリアー性等に優れる。
- ③ 強度、剛性も高く耐疲労性も良好である。表面も硬く、耐摩耗性に優れ、自己潤滑性がある。
- ④ 自己消火性がある。

ポリアミドはモノマーの重合様式から3系統にわかれる。

PA6 : Tm=226°C, Tg=48°C, std.hum (2.7%), saturated (9.5%)

PA12 : Tm=170-180°C, std.hum (0.7%), saturated (1.5%)

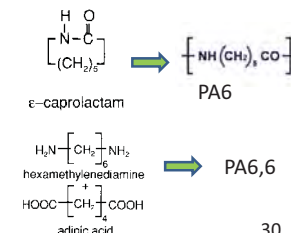
PA11 : Tm=185°C, std.hum (1.1%), saturated (1.8%)

PA6,6 : Tm=265°C, std.hum (2.5%) saturated (8.5%)

PA6,10 : Tm=210-220°C, std.hum (1.5%) saturated (3.2%)

このように融点、吸水率(密度、結晶化)に大きな違いがある。

PA12は低密度、低融点低吸水でありチューブ類などに加工される

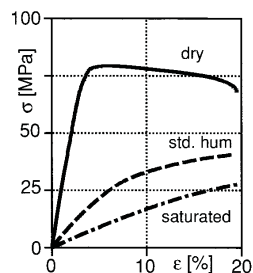


30

PA6 : 吸水率の機械特性への影響

応力とひずみ曲線図

Stress-Strain Diagram:



弾性率 f の温度依存性

Elastic Modulus f (Temp):

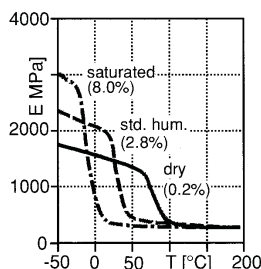


図-11 PA6の吸水の機械特性への影響

Saturated : 飽和吸水時(8.0%)
Std.hum : 23°C、50%RH平衡吸水時(2.8%)
Dry : 乾燥時 (0.2%)

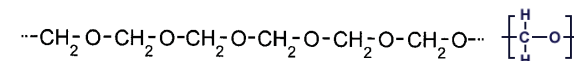
機械特性試験方法: 引張試験ISO 527

Gottfried W.Ehrenstein: Polymeric Materials,p244,2001,HANSER

31

3.(4)ポリアセタール(POM)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用のエンジニアリングプラスチックであり、不透明な高結晶性ポリマーである。ホモポリマーとコポリマーがある。

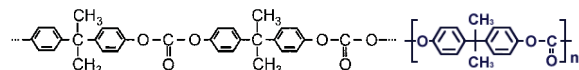
3. 特徴

- ① 結晶化度が高く(80%前後)、耐疲労性に優れた樹脂
- ② 機械的性質のバランスが良い。
耐摩耗性と摺動性がよく、自己潤滑がある。高い寸法安定性を持つ。
- ③ 耐ガソリン性などが優れるが無機酸や有機酸に弱い。
耐ストレスクラッキング性が良好である。
- ④ 接着や表面加飾が難しい。
- ⑤ 耐候性が弱い。紫外線に対して敏感である。
- ⑥ Homo polymerは短期的な強さ、弾性率、剛性が高い
- ⑦ Copolymerは引張破断伸びが大きい。
クリープ破壊、熱劣化特性など長期的性質が良好で耐熱水性、耐アルカリ性も良い。
成形時の熱安定性がよく成形温度幅が広い。

32

3.(5)ポリカーボネート樹脂(PC)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用のエンジニアリングプラスチックであり、透明な非晶性ポリマーである。

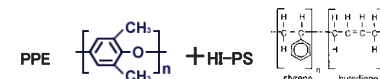
3. 特徴

- ① 強度、剛性を持ち、耐衝撃性に優れる。耐クリープ性が良い。
衝撃強さはガラスの200倍、アクリルの30倍である。
- ② 耐疲労性は弱く、脆弱破壊が起こる。
- ③ 吸水率も小さい寸法安定性が良好であるので精密成形品に適する。
- ④ 高い熱安定性。広い温度範囲(-100～125℃)で使用できる。
- ⑤ 寸法安定性が良い
- ⑥ 耐ストレスクラック性が弱い。
- ⑦ 水、弱酸に強いが有機溶剤で膨潤、溶解する。
- ⑧ 耐候性が良く、耐熱性と低温特性が良い。
- ⑨ 自己消火性を示す。
- ⑩ 高温高湿度環境下で加水分解する。

33

3.(6) 変性ポリフェニレンエーテル(m-PPE)

1. 化学構造



2. 種類、分類

汎用のエンジニアリングプラスチックであり、不透明な非晶性ポリマーである。
PPEポリマーをHI-PSブレンドにより変性し、成形性を向上させたもの。

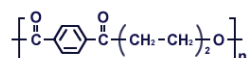
3. 特徴

1. 密度: 1.04-1.06 (エンブラで最も軽い非晶性体)。
2. バランス良い機械的物性、良好な電気的特性
強度、剛性などはPCやPOMと同等レベルである。
衝撃強さはABSと同程度、耐クリープ性はPCと同程度。
硬度、耐引掻き性が良好
3. 良好な寸法安定性:
線膨張係数がエンブラで最小である。低い吸水率。
4. 電気絶縁性に優れる。エンブラの中で最高レベルである。
5. 酸・アルカリに強く、有機溶剤弱い。耐熱水性(耐水蒸気)は良い。
6. 良好な耐ストレスクラック性
7. 医療器材や食品器材としても使用される
8. 難燃性である

34

3.(7)ポリブチレンテレフタレート樹脂(PBT)

1. 化学構造



2. 種類、分類

ポリエステル系のエンジニアリングプラスチックであり、不透明な結晶性ポリマー。

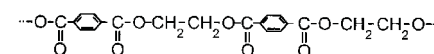
3. 特徴

- ① エンブラの中でも耐熱と耐久性に優れる
- ② 寸法安定性に優れる。
- ③ 摺動性と耐摩耗性に優れ、強靱で柔軟性がある。
- ④ 熱可塑性樹脂の中では良好な電気絶縁性をもつ。
- ⑤ 有機溶剤、油、ガソリンなどには長期耐性がある。強アルカリ、フェノール類に弱い。
- ⑥ 高温高湿度環境下で加水分解する。
- ⑦ 自己消火性である。
- ⑧ 成形しやすい。
- ⑨ ガラス繊維強化PBTは耐摩耗性、自己潤滑性、耐疲労性、耐熱性が良い。
電気的性質も良好である。吸水性も小さく寸法安定性に優れる。

35

3.(8)強化ポリエチレンテレフタレート(GF-PET)

1. 化学構造



2. 種類、分類

PETポリマーをベースにガラス繊維で強化した、ポリエステル系のエンジニアリングプラスチック。

3. 特徴

- ① PETポリマーの耐熱性、耐薬品性、電気特性、耐候性をいかし、ガラス繊維強化した成形材である。
- ② 機械的強度、耐熱性、寸法安定性に優れる。
- ③ 熱硬化性樹脂に匹敵する高い耐熱性と優れた電気特性を持つ
- ④ 荷重たわみ温度は220～242℃で、汎用エンジニアリングプラスチック中で最高の部類に入ります。
- ⑤ 結晶化速度が高まり、成形性と耐加水分解性が大幅に改良された。
- ⑥ 長時間高温下に晒されても機械的特性をはじめ電気特性の保持が抜群です。

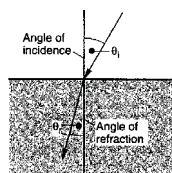
36

4.(1)透明性プラスチックの特性

項目	単位	PS	SAN	PMMA	PC
光線透過率	%	88-90	90	92-93	87-89
屈折率	-	1.59	1.57	1.49	1.59
Tensile strength	MPa	36-52	69-82	48-73	64-66
Tensile elongation at break	%	1.2-2.5	2-3	2-5	110-120
IZOD Impact strength	J/m	14-28	25-30	22-28	800-1000
RockWell hardness		M65-90	M79-90	M80-100	M70
deflection temperature under load	°C	70-100	80-95	100	138-142
線膨張係数	$\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	0.8	0.7	0.7	0.7
Density	g/cm ³	1.06	1.07	1.19	1.20

表-6 透明性プラスチックの特性

図-11光の屈折



井手文雄:ここまできた透明樹脂、p49,,682001,3,1(株)工業調査会
試験方法は ASTM、

37

4.(2)汎用プラスチックの耐薬品性(酸、アルカリ)

Solvent	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
10% hydrochloric acid	◎	○	-	◎	◎	◎
38% hydrochloric acid	◎	△	-	△	◎	◎
10% sulfuric acid	◎	◎	◎	◎	◎	◎
98% sulfuric acid	△	×	×	×	△	△
10% Nitric acid	◎	○	○	○	◎	◎
61% Nitric acid	△	×	×	×	△	△
sodium hydroxide	◎	○	○	◎	◎	◎
potassium hydroxide	◎	○	-	◎	◎	◎

PVC※1硬質塩化ビニル、PVC※2軟質塩化ビニル

◎:ほとんど侵されず。
○:少し作用を受けるが条件により実用に供される。
△:実用には好ましくない。
×:使用に適さない。
大石、プラスチックの耐久性、p107(1975)工業調査会

表-7 汎用プラスチックの耐薬品性(酸、アルカリ) (有機溶剤)

38

4.(2)汎用プラスチックの耐薬品性(有機溶剤)

Solvent	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
Acetone	×	×	×	×	△	△
benzene	×	×	×	△	△	△
tetrachloromethane	×	×	×	×	×	△
Chloroform	×	×	×	×	×	×
cresol	◎	△		×	○	○
diethyl ether	△	×		×	×	△
ethyl alcohol	○	×		△	○	○
tetrahydrofuran	×	×	×	×	×	△
Toluene	×	×		×	△	△
xylene	×	×	×	×	○	△
trichloroethylene	×	×	×	×	△	△
Gasoline	○	×		△	○	○
oil	○	△		◎	△	○

39

4.(3)エンプラの耐薬品性(酸、アルカリ)

Solvent	PA	POM	PMMA	PC	PTFE	
10% hydrochloric acid	○		○	◎	◎	
38% hydrochloric acid	×		○	△	◎	
10% sulfuric acid	◎	◎	◎	◎	◎	
98% sulfuric acid	×	×	×	×	◎	
10% Nitric acid	△	△	△	◎	◎	
61% Nitric acid	×	×	×	×	◎	
sodium hydroxide	◎	◎	○	△	◎	
potassium hydroxide	○	○	△	×	◎	

◎:ほとんど侵されず。
○:少し作用を受けるが条件により実用に供される。
△:実用には好ましくない。
×:使用に適さない。
大石、プラスチックの耐久性、p107(1975)工業調査会

表-8 エンプラの耐薬品性(酸、アルカリ) (有機溶剤)

40

4.(3)エンプラの耐薬品性(有機溶剤)

Solvent	PA	POM	PMMA	PC	PTFE	
Acetone	△	△	×	×	◎	
benzene	○	△	△	×	◎	
tetrachloromethane	×	×	×	△	○	
Chloroform	×	×	×	×	○	
cresol	×		×	×	◎	
diethyl ether	○			△	○	
ethyl alcohol	○		×	○	◎	
tetrahydrofuran	×	×	×	×	◎	
Toluene	○	○	△	×	○	
xylene	○	○	△	×	◎	
trichloroethylene	×	×	×	×	◎	
Gasoline	○	◎	△	○	◎	
oil	○	◎	△	◎	◎	

41

4.(4)汎用プラスチックの物性-(1)

item	unit	PE-LD	PE-HD	PP	PVC	PS
Density	g/cm ³	0.91-0.925	0.941-0.965	<u>0.90-0.91</u>	1.38-1.55	1.06
crystalline/ amorphous		Semi-crystalline	Semi-crystalline	Semi-crystalline	amorphous	amorphous
crystallinity	%	40-55	<u>60-80</u>	60-70		
Glass transition Temp	°C	-100	-125	20	80-110	90-100
Melting point Range	°C	110	135	170	-	-
Vicat Softening Point	°C	-	60-65	90	92	90
HDT(1.81MPa) A	°C	35	50	45	72	84
Tensile modulus						
Elasticity	MPa	200-400	600-1400	1300-1800	2700-3000	3100-3300
Tensile strength	MPa	8-10	18-30	25-40	50-60	30-55
strain	%	20	8-12	8-18	4-6	-
elongation	%	>50	>50	>50	10-50	1.5-3
Thermal Limits Short	°C	80-90	80-110	130	70	90
Longtime	°C	60-70	60-80	90	60	80

表-9 汎用プラスチックの物性-(1),-(2)

Tensile tests ;ISO 527,

Gottfried W.Ehrenstein[Polymeric Materials],2001,HANSER

N.Rao/K.O7Brien [Design Data for Plastics Engineers],p34,1998, HANSER

42

4.(4)汎用プラスチックの物性-(2)

item	unit	SAN	ABS	PMMA	PET
Density	g/cm ³	1.08	1.03-1.07	1.15-1.19	1.33-1.40
crystalline/ amorphous		amorphous	amorphous	amorphous	Semi-crystalline
crystallinity	%			30-40	
Glass transition Temp	°C	95-105	-85/95-105	80-90	80
Melting point Range	°C	-	-	-	255
Vicat Softening Point	°C		102	85	190
HDT(1.81MPa) A	°C	101-104	100	103	80
Tensile modulus					
Elasticity	MPa	<u>3500-3700</u>	2200-3000	3100-3300	2100-3100
Tensile strength	MPa	<u>65-85</u>	45-65	60-80	55-80
strain	%	-	2.5-3	-	4-7
elongation	%	2.5-5	15-20	2-6	>50
Thermal Limits Short	°C	95	85-95	85-95	<u>170</u>
Longtime	°C	85	75-85	65-80	<u>100</u>

43

4.(5)エンジニアリングプラスチックの物性-(1)

item	unit	PA-6	PA-66	POM	PC	m-PPE
Density	g/cm ³	1.12-1.15	1.13-1.16	1.41-1.43	1.20-1.24	<u>1.04-1.06</u>
crystalline/ amorphous		Semi-crystalline	Semi-crystalline	Semi-crystalline	amorphous	amorphous
crystallinity	%	30-40	35-45	<u>70-80</u>		
Glass transition Temp	°C	78	90	-70	145	140
Melting point Range	°C	225	265	170	-	-
Vicat Softening Point	°C	180	200	165	102	
HDT(1.81MPa) A	°C	77,(63) ※	130,(70) ※	140 ,(110) ※	100 (135)※	(128) ※
Tensile modulus						
Elasticity	MPa	2800/1000/600	3000/1600/800	3000-3200	2200-2400	2300
Tensile strength	MPa	80/45/-	85/60/-	60-75	55-65	50-55
strain	%	4/25/-	5/20/-	8-25	6-7	3-5
elongation	%	30/>50/-	25/>50/-	20- >50	100-130	36-45
Thermal Limits Short	°C	140-160	<u>140-170</u>	110-140	135	120
Longtime	°C	80/100	80-100	90-100	100	100

※ ASTM method 高分子学会編集井上俊英、エンジニアリングプラスチック,p117、2004、共立出版㈱

表-10 エンジニアリングプラスチックの物性-(1),-(2)

Gottfried W.Ehrenstein[Polymeric Materials],2001,HANSER

44

4.(5)エンジニアリングプラスチックの物性-(2)

item	unit	PBT	GF-PET ※2	PA6- GF30※2	PA66- GF33※2	PBT- GF30※2
Density	g/cm ³	1.30-1.32	1.55-1.70	1.35-1.42	1.33-1.34	1.48-1.53
crystalline/ amorphous crystallinity	%	Semi- crystalline 40-50	Semi- crystalline	Semi- crystalline	Semi- crystalline	Semi- crystalline
Glass transition Temp	°C	45-60				
Melting point Range	°C	226	256			
Vicat Softening Point HDT(1.81MPa) A	°C °C	180 (60) ※1	210-227	200-232	230-243	196-225
Tensile modulus						
Elasticity	MPa	2500-2800	9,000-9,900	8,600-10,000	7,800	<u>9,000-10,300</u>
Tensile strength	MPa	50-60	<u>138-166</u>	<u>166</u>	125-140	96-131
strain	%	3.5-7	--			
elongation	%	20->50	2.0-7.0	2.2-3.6	4-7	2.0-4.0
Thermal Limits Short	°C	160				
Longtime	°C	100				

※1 ASTM method 高分子学会編集井上俊英、エンジニアリングプラスチック,p117、2004、共立出版(株)
※2 大阪市立工業試験所、プラスチック技術協会共編：プラスチック読本、2009、(株)プラスチック・エージ社

M2 プラスチック材料

M2-5 特徴付け(II)

2012.6.13/14

1

目次

1. 概要

2. スーパーエンジニアリングプラスチック

- (1) 連続使用温度と耐熱比較
- (2) ポリフェニレンサルファイド(PPS)
- (3) ポリサルフォン(PSF)
- (4) ポリアリレート(PAR)
- (5) 液晶ポリエステル(LCP)
- (6) ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)
- (7) ポリエーテルサルホン(PES)
- (8) ポリアミドイミド(PAI)
- (9) ポリエーテルイミド(PEI)
- (10) ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)

3. 熱硬化性プラスチック

- (1) フェノール樹脂(PF)
- (2) ユリア樹脂(UF)
- (3) メラミン樹脂(MF)
- (4) エポキシ樹脂(EP)
- (5) 不飽和ポリエステル樹脂(UP)
- (6) ジアリルフタレート樹脂(DAP)
- (7) シリコン樹脂(SI)
- (8) ポリウレタン樹脂(PUR)

4. 熱可塑性エラストマー

- (1) ゴム弾性を示す分子構造
- (2) ブロックコポリマー
- (3) 熱可塑性エラストマーの特徴
- (4) 主要エラストマーの分類と性能比較

5. ポリマーアロイ

- (1) ポリマーアロイの分類
- (2) ポリマーブレンド
- (3) ポリマーアロイと相溶化剤
- (4) ポリマーアロイによる改質例

6. バイオマスプラスチックと生分解ポリマー

7. その他

- (1) セルロース系プラスチック
 - (2) EVA樹脂とEVOH樹脂
 - (3) 主要なプラスチック材料の成形収縮率一覧
- 表-1 スーパーエンジニアリングプラスチックの物性
表-2 熱硬化性プラスチックの物性

2

1. 概要

(1) スーパーエンジニアリングプラスチック:

エンブラを上回る**耐熱性**をもつ。分子主鎖の中にベンゼンを含み、分子鎖が太く強くなるため、高い温度になっても分子は運動しにくいので耐熱性に優れるようになる。
スーパーエンブラの耐熱基準として、長期連続使用温度が150℃以上とする。

(2) 熱硬化性プラスチック:

三次元網目構造の高分子で、再度熔融して使用することができないが、高温にしても分子運動しにくい、熔融しないため、その成形品は耐熱性が高く、更に耐薬品性も良い。

(3) 熱可塑性エラストマー:

熱可塑性エラストマー常温でゴム弾性を持ち、高温に加熱すると熔融可塑性され通常のプラスチック成形機で成形できる。

冷却すればゴム状弾性体に戻る性質持つエラストマーである。

(4) ポリマーアロイ:

2つのポリマーを双方に親和性の高いブロック共重合ポリマーを介在させ混ぜて作ったポリマー。代表にはm-PPEがある。成形性改善や高機能化することができる

(5) 生分解プラスチックとバイオマスプラスチック:

生分解プラスチックは土中の微生物より分解され最終的に二酸化炭素と水にまで分解する性質を持つことが特徴であり、**バイオマスプラスチック**は再生が可能な有機資源を原料にして作ることにより地球温暖化防止に貢献できることが特徴

3

2. スーパーエンジニアリングプラスチック

[スーパーエンジニアリングプラスチックの化学および分子構造]

エンジニアリング・プラスチックより耐熱性がさらに高く150℃の高温でも長期間使用できるものをスーパーエンジニアリングプラスチックという。

高機能、高耐熱、高耐久性能で金属の代替素材である

- ① 主鎖の中にベンゼン環を含むことが特徴的な構造である。ベンゼン環の割合が多い程に耐熱性が高くなる。
- ② ベンゼン主鎖に硫黄原子、や 酸素原子、主鎖の中にケントン結合やエーテル結合により耐熱性や成形加工性を与えている。
- ③ フッ素樹脂にはベンゼン環構造は無いが炭素主鎖の側鎖にフッ素原子をいれる。フッ素原子は炭素と共有結合すると非常に安定化する。それにより耐熱性や耐寒性その他の性質にも優れる。

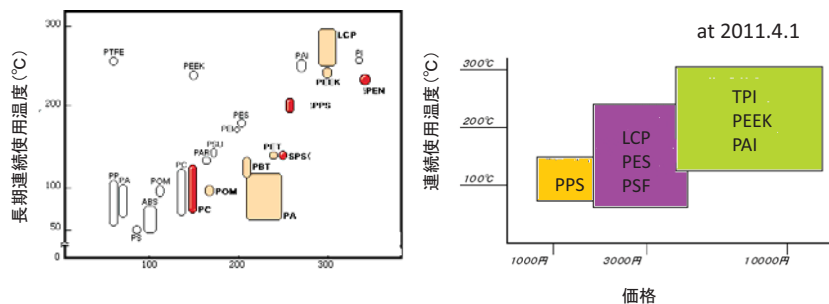
分子主鎖	樹脂	融点
炭素のみ	ポリエチレン	120℃
炭素+窒素	ポリアミド6	224℃
炭素+窒素+ベンゼン	アラミド樹脂	450℃

4

2.(1)連続使用温度と耐熱性

連続使用温度は物質の長期的物性評価(耐熱性)の規格。

40,000時間一定の温度の大気中に放置した場合、その物性値が初期値の50%劣化した温度を「連続使用温度」という。UL規格のUL746Bに規定される。



荷重たわみ温度(°C) at 1.82MPa

図-1 各樹脂の耐熱性の比較

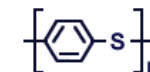
図-2 連続使用温度と価格の関係

5

2.(2) ポリフェニレンサルファイド PPS

1. 化学構造

ベンゼンに硫黄原子が結合してつながったポリマー。



2. 種類、分類

結晶性で融点が281°C

3. 特徴

- ① **耐熱性に優れる。**(荷重たわみ温度260°C、連続使用温度は200°C~240°C)
- ② **広い温度範囲で高強度、剛性を維持する。**(高温クリープ特性が良好、疲れ特性など広い温度範囲で良好である)
- ③ **耐薬品性に優れる。**(高温で強酸、強酸化性薬品に侵されるが酸、アルカリ、有機溶媒に侵されない)
- ④ **寸法安定性が良好。**(吸水率も低く線膨張率も小さい)
- ⑤ 難燃性である。
- ⑥ 電気特性に優れる。特に耐アーク、耐トラッキング性が良い
- ⑦ **ガスが発生しやすい。**硫黄を含むため金型の腐食が大きくバリが出やすい。

4. 主な用途

耐熱性コネクタ、機械部品、高温環境下のモーター部品に使われる。

モーターブラシホルダー



ヘッドライトリフレクター

6

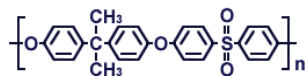
2.(3)ポリサルホン PSF

1. 化学構造

主鎖中スルホン基(-SO₂-)とエーテル結合でベンゼン環が直鎖状に結合されている

2. 種類、分類

非晶性で琥珀色の透明である、良光沢。



3. 特徴

比重は1.24

- ① 耐熱性に優れる。荷重たわみ温度は175°C、連続使用温度は160°C、Tg190°C、と高い。
- ③ **耐加水分解性に優れる。耐スチーム性(150°C)が良い**
- ④ **機械的強度、高温での耐クリープ性が良く、硬くて粘り強い。**
- ⑤ **耐薬品性は非晶性ポリマーの中では比較的良好である。**
強酸に侵される。有機溶媒にも弱い。塩酸酢酸、アルカリには高温でも侵されず。
- ⑥ 難燃性である。

4. 主な用途

食品に対する安全性が高く熱水に強いので食品工業、医療品部品用途がある

シャワー蛇口部品



7

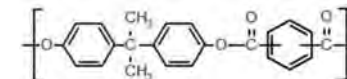
2.(4) ポリアリレート PAR

1. 化学構造

主鎖に芳香族基を高密度に有している

2. 種類、分類

非晶性の透明ポリマー。



3. 特徴

- ① 比重は1.21
- ② **透明樹脂の中では最高レベルの耐熱性を持つ**
(連続使用温度は140°C、荷重たわみ温度175°C、Tg195°C)
- ③ **機械的強度に優れる**(降伏伸度が高い、耐クリープ特性、耐衝撃性はPC以上の耐衝撃性、高弾性)PC,PSFに比べ表面硬度も高い。
- ④ 難燃性である
- ⑤ 耐薬品性は良くない。強酸・強アルカリに侵食される。芳香族有機溶剤やエステル系有機溶剤に侵される。
- ⑥ 耐候性と紫外線遮蔽性に優れる。

4. 主な用途

耐熱性を生かして電子・電気部品、寸法安定せいかからカメラ部品など



カメラ鏡筒

8

2.(5) 液晶ポリマー LCP

1. 化学構造

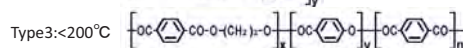
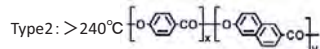
パラヒドロキシ安息香酸を基本とした構造。



2. 種類、分類

結晶性。3つのタイプがありそれぞれ

荷重たわみ温度が異なる



3. 特徴

① **高強度と高弾性率を持つ。**(エンブラのフィラー強化レベルを上回る。但し異方性あり。) 高結晶化のため耐摩耗性が良い。ガラス繊維などの補強効果が大きい。

② **耐熱性に優れる。**

③ **流動性がよい。**(粘性が低く、微細な成形にも良い。)

④ **寸法安定性に優れる。**(低線膨張率、低成形収縮率) 低バリ性。(成形品にほとんどバリが発生しない)

⑤ 難燃性

4. 主な用途

低圧成形から多ピン小型コネクタと高弾性率から機構部品に使われる

(注) 液晶とは熔融状態で分子間力によって結晶を保ち、分子が規則的に並んだ液晶状態を示す。



SDメモリーカード用コネクタ
インシュレータ液晶ポリマー (UL94V-0) 黒色

9

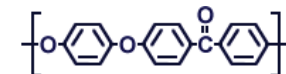
2.(6) ポリエーテルエーテルケトン PEEK

1. 化学構造

ベンゼン環がパラ位置でケトン結合とエーテル結合によってつながるポリマー。

2. 種類、分類

芳香族系の結晶性熱可塑性プラスチック



3. 特徴

① **抜群の耐熱性、高温特性。**(連続使用温度約240℃) 融点は334℃、T_g 143℃
非強化品の荷重たわみ温度は160℃

② **高い機械的強度。**(衝撃、引張、クリープ、疲労、磨耗に強い)

③ **耐薬品性に優れる。**(濃硫酸濃硝酸以外の酸、アルカリ、有機溶媒に侵されず)

④ 難燃性である。燃えにくい。発煙にくい。

⑤ **耐スチーム性**(高温水蒸気下でも加水分解を起こさない)

⑥ **耐放射線性**(放射線による劣化が起こりにくい)

4. 主な用途

フィルム、電線ケーブル絶縁被覆、



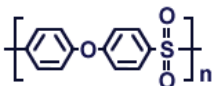
PEEK® ボールベアリング
内輪、外輪にPEEK®を使用。

10

2.(7) ポリエーテルサルホン PES

1. 化学構造

分子主鎖にスルホニル基(-SO₂-)、ベンゼン環を含む。



2. 種類、分類

非晶性で琥珀色の透明プラスチック。ポリサルホン系の樹脂でホモポリマー。

3. 特徴

① **耐熱性に優れる。**(連続耐熱温度180℃) 荷重たわみ温度は210℃、T_g225℃

② **高剛性である。**200℃でも剛性を保つ。耐高温クリープ性に優れる。

③ 耐スチーム性に優れる(耐加水分解性)

④ 寸法安定性に優れる(線膨張係数が小さい)

⑤ 難燃性である(自己消火性で高い難燃性を示す)

⑥ **成形加工性に優れる(流動性も良く、ガス発生や粘度変化が小さい。)**

⑦ 耐薬品性が良い。PSFより良い。

4. 主な用途

電子レンジ容器、医療用部品、航空機などに使われる

OA機器の軸受

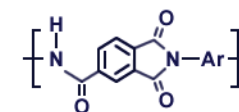


11

2.(8) ポリアミドイミド PAI

1. 化学構造:

耐熱性・機械的強度をもたらすイミド結合と、
加工性・強靱性をもたらすアミド結合を合わせ持つ。



2. 種類、分類: 非晶性

3. 特徴

比重は1.38(非強化品)

① **耐熱性に優れる。**(連続耐熱温度200℃)

② **高温環境での機械的特性に優れる**(低クリープ性で耐疲労性に優れている)。

耐磨耗性、摺動特性(高温環境でも) **優れる。**

③ **寸法安定性に優れる**(線膨張率が小さい)

④ **耐薬品性として殆どの炭化水素系溶剤に侵されないが、濃アルカリには弱い。**

⑤ 電気特性は絶縁破壊強さ、体積固有抵抗に優れている

⑥ 耐紫外線と耐放射線に優れている。

4. 主な用途

自己潤滑性を生かして機械製品の機構部品などに使われる。



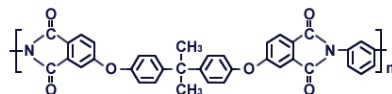
Bushing

12

2.(9) ポリエーテルイミド PEI

1. 化学構造

イミド結合（優れた耐熱性と強度）と
エーテル結合（良好な加工性）の組合せ。



2. 種類、分類

琥珀色で透明な非晶性ポリマー。最高レベルの耐熱性を持つ。

3. 特徴

- ① **耐熱性に優れる。**（連続耐熱温度170℃、荷重たわみ温度は200℃ Tgは217℃）
- ② **耐熱水性が良い。**（高温滅菌を繰り返しても物性劣化がない。）
- ③ 難燃性にすぐれる（自消性）燃焼時の発煙量が少ない。有毒ガスを発しない。）
- ④ 高温下で高強度に優れる。衝撃に弱い。（ノッチ感度が高い。）
- ⑤ 電気絶縁性に優れる
- ⑥ **成形性が良い。**（成形前に十分な乾燥が必要。）
- ⑦ **耐薬品性に優れる。**

4. 主な用途

耐ガソリン性を生かして自動車エンジン部品、
油圧関連機器の部品など幅広く使われる

切削加工用板材



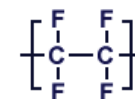
13

2.(10) ポリテトラフルオロエチレン PTFE

1. 化学構造

テトラフルオロエチレン C_2F_4 の重合体。

エチレン C_2H_4 の水素を順次フッ素に置換した誘導体のポリマー。



$(CF_2CF_2)_n$

2. 種類、分類

高結晶性熱可塑性プラスチック、

3. 特徴

比重が大きい、2.13～2.23g/cm³

- ① **高い耐熱性**（連続使用温度約260℃）融点は325～330℃
- ② **最高の耐薬品性**（殆どの薬品に侵されない）。良好な耐ストレスクラック性
- ③ **優れた低摩擦特性**（あらゆる物質の中で最も摩擦が少ない。）
- ④ **電気的特性が良い**（低い誘電率および誘電正接。絶縁材として優れる。）
- ⑤ 吸水率0%
- ⑥ 非粘着性（あらゆるものが粘着しにくい。）
- ⑦ 成形性が悪い（熱流動性がよくない）

4. 主な用途

チューブ、ホースなどに成形され広い産業分野で使われる。

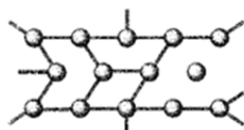


14

3. 熱硬化性プラスチック

〔熱硬化性プラスチックの化学および高分子構造〕

- (1) 熱硬化性プラスチックは高分子同士が**架橋**することによって三次元的な網目構造の分子を作る。
- (2) 架橋反応は**不可逆的**で元に戻すことも、再成形もできない。
- (3) 高温でも分子運動がしにくいので耐熱性が高く、更に硬い、割れにくい、耐薬品性、絶縁破壊強さなどに優れる。
- (4) 高耐熱、高剛性の熱硬化性樹脂は 耐クリープ性では熱可塑性樹脂に勝るが、一定以上の高温になると分解を始める。高温に長時間晒されると脆くなる。
- (5) 低分子量の原料を型に入れ高温で化学反応させながら高分子化および架橋（硬化反応）させる。 成形と化学反応を同時進行させる。

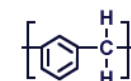


立体的網目構造模式図

長所	短所
高温になっても融けない。 硬い、割れにくい。 （分子運動が小さいため） 溶剤に溶けない	化学反応に時間がかかり、成形が困難である。 （製品コストが高くなる）融かして再利用することが出来ない

15

3.(1)フェノール樹脂 PF



1. 化学構造

2. 種類、分類

成形材としてはノボラック型とレゾール型がある。常温で固化しているノボラック型が多い。 ガラス繊維、有機フィラー、無機フィラー等で強化した成形材料。

3. 特徴

- ① **機械的強度が優れている。**高温での弾性率に優れており、クリープが少ない。表面硬度が高いが耐衝撃性に劣る。
- ② **耐熱・耐寒性に優れている。**連続使用温度は150℃
- ③ **電気絶縁性にすぐれる。**耐アーク性に劣る。（吸水による劣化がある）
- ④ 寸法安定性に優れている。
- ⑤ 耐酸、耐溶剤性、耐油に優れ、耐水性が良いが耐アルカリ性に劣る。
- ⑥ **難燃性、低発煙性、煙の毒性が少ない。**
- ⑦ 着色に限界がある、変色する。

4. 主な用途

優れた耐熱性、良好な接着性を生かし、ブレーキライニング



ゴルフヘッド

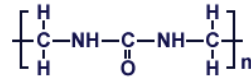
砥石用



16

3.(2) ユリア樹脂 UF

1. 化学構造



2. 種類、分類

アミノ基をもつことでメラミン樹脂とともにアミノ樹脂ともよばれる。

無色透明な固体

3. 特徴:

- ① 自由に着色できる。成形材料として鮮明な色に着色できる。
- ② 電気的特性に優れる。耐アーク性、耐トラッキング性に優れる。
- ③ 難燃性に優れる。自消性である。
- ④ 機械的強度が高いが硬く、脆く衝撃に弱い。表面硬度が高い。
- ⑤ 耐薬品性は耐酸、耐アルカリに劣る。耐油性は良いが耐スチームが弱い。
- ⑥ 遊離ホルムアルデヒドが析出し易い

4. 主な用途

耐アーク性及耐トラッキング性を生かした電気火災安全性の高い配線器具や部品に使われる



テーブルタップ



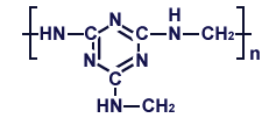
キャップ

17

3.(3) メラミン樹脂 MF

1. 化学構造:

メラミンは3個のアミノ基を持つ、C、N、Hの環状分子構造。



2. 種類、分類:

3. 特徴:

- ① 耐熱性に優れる。連続使用温度は130℃。耐老化性に優れている。
- ② 表面硬度が高い(傷がつきにくい)、良好な表面光沢
- ③ 耐水性、耐薬品性にすぐれる(耐酸性に劣る)、耐油性にすぐれる
- ④ 衛生上完全に無害
- ⑤ 耐衝撃性、耐摩耗性に優れる
- ⑥ 無色で自由に着色できる。成形材料として鮮明な色に着色できる。
- ⑦ 発泡(スポンジ)が作れる

4. 主な用途

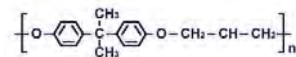
テーブル、化粧板、食器



18

3.(4) エポキシ樹脂 EP

1. 化学構造



エポキシ樹脂とは分子中にエポキシ基を持つプラスチックの総称。

ビスフェノールAとエピクロロヒドリンとの共重合体。

2. 種類、分類

汎用タイプのビスフェノールA型、半導体の封止剤のノボラック型などがある。

3. 特徴:

- ① 電気絶縁性に優れる。
- ② 耐熱性が良い。連続使用温度は130、耐水性もよい。
- ③ 体積収縮が少ない。硬化時に水など揮発物を副生しない。
- ④ 機械特性の良さ寸法安定性がよい。炭素繊維を複合化したコンポジットは機械的強度が非常に強い。
- ⑤ 他の物質への接着性に優れている。
- ⑥ 流動性が良く低圧で成形できる。(複雑な形状、インサート成形が可能)

4. 主な用途

炭素繊維補強品はスポーツ用品から軽量構造体として車両から飛行機に使う。



19

3.(5) 不飽和ポリエステル樹脂 UP

1. 化学構造:

分子の主鎖中に -C=C- 不飽和結合と、-COO- エステル結合を持つポリマー

2. 種類、分類:

不飽和ポリエステルにスチレンなどを共重合させて硬化させる。

含浸性が優れ繊維強化効率が高く、ガラス繊維に不飽和ポリエステルを含浸させ、繊維強化プラスチック FRP として利用。

3. 特徴:

- ① FRPとして用いられるため、機械的強度はかなり強くなる。比強度(比重を強度で除する)は金属より大きい。
- ② 耐熱性はよい。(連続耐熱130℃)、耐寒性は、-60℃以下でも問題ない。
- ③ 耐薬品性: 酸に強く、アルカリに弱い。(酸化性酸を除く) 高温水中で加水分解を起こし劣化する。アルコール類や炭化水素などの溶剤には強い。
- ④ 耐候性: 他の熱硬化性樹脂と同様に優れる。屋根用FRPにはUV吸収剤を配合する。

4. 主な用途:

大型成形はハンドレイアウトでボート小型船をつくる

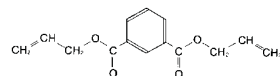


20

3.(6)ジアリルフタレート樹脂 PDAP

1. 化学構造: 主鎖にエステル結合を持たないのでUPと区別される。

2. 種類、分類: DAP無水フタル酸とアリルアルコールとのジアリルエステルをスチレン、酢酸ビニルなどで架橋・硬化させた樹脂



3. 特徴

- ① 揮発性物質の放出がない。
- ② 電気絶縁性に優れる。高温、高湿度の下での絶縁抵抗変化がすくない。(熱硬化性樹脂の中でも最も良好である。)
- ③ 高温、高湿度の下で機械的強度の劣化が非常に少ない
- ④ 耐熱性、耐ハンダ性、耐熱水性、に優れる。イソ系は荷重たわみ温度270℃
- ⑤ 耐薬品性、酸、アルカリに侵されず耐有機溶剤にすぐれる
- ⑥ 粘度が低いので比較的低压での成形が可能。

4. 主な用途

電子電気部品用途が多い

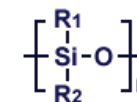


端子台

21

3.(7) シリコン樹脂 SI

1. 化学構造: 無機質の[Si-O-Si-]シロキサン結合と有機のメチル基またはフェニル基などを同じ分子内にもつ。



2. 種類、分類: 鎖状構造のシリコン樹脂は

鎖が短いとオイルに、長いとゴムになる。三次元網目構造のシリコン樹脂はワニス、成形材料がある。

3. 特徴:

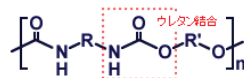
- ① 耐熱性に優れる。(シリカ粉とガラス繊維強化で連続使用温度は150℃)
- ② 表面・界面特性に優れる。
表面張力が低く、撥水性、非粘着性、消泡性に優れる。
- ③ 電気的特性に優れる。周波数による変化も少ない。耐アーク性、耐コロナ性も良く高温状態でも維持する。
- ④ 生理活性が極めて低い: ゴムは医療分野で使用される。
- ⑤ 耐候性に優れる。紫外線、放射線にある程度耐える。耐寒性(-75℃)にも優れている。

4. 主な用途

自動車部品、電子部品用ボビンなど

22

3.(8)ポリウレタン樹脂 PUR



1. 化学構造:

ポリウレタンとはウレタン結合(urethane bond)を持つポリマーの総称。

2. 種類、分類:

軟質と硬質がある。ジイソシアネート類(Diisocyanates)とポリオール(Polyol)(水酸基-OHを2個以上もつ)との反応で生成するが、これら原料の種類によって樹脂の特性が大きく変わる。

3. 特徴:

- ① 伸縮性が高く、かつゴムよりはるかに強度にすぐれる。
弾性、強靱性に優れ、引裂き強さが大きい。高硬度でも弾性を有し、傷から破壊しにくい。耐摩耗性、耐老化性が良い。
- ② 耐油性・耐溶剤性に優れている、が酸、アルカリに弱い。加水分解されやすい。
- ③ 低温特性に優れているが、連続使用温度80~100℃が限界である。
- ④ 熱や光により黄変する。耐候性に弱い
- ⑤ 燃えると有毒ガスを発する。

4. 主な用途。

発砲体は軟質～硬質まで自由に作ることが可能であり、弾性体(エラストマー)がある



ポリウレタンホース

23

4. 熱可塑性エラストマー

エラストマー(Elastomer)とはゴム状の弾力性を持つ工業材料の総称。

熱可塑性エラストマー(Thermoplastic Elastomer)は常温で加硫ゴムと同様なゴム弾性を持ち熱を加えると軟化して流動性を示し冷却すればゴム状弾性体に戻る性質持つエラストマーである。

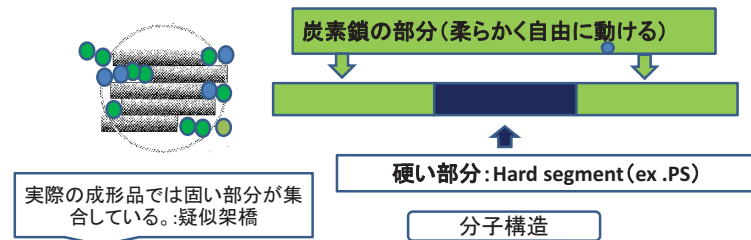
従来のゴムは混練り、成形、加硫(架橋)などの段階を経て製造されるのに対し、熱可塑性エラストマーは高温に加熱すると溶融可塑化され通常のプラスチック成形機で成形加工できる。再生可能な材料である。

		加工方法(性質)	
		熱可塑性 (熱に溶ける)	熱硬化性 (熱で固まる)
硬さ	↑ 軟らかい	熱可塑性 エラストマー	ゴム
	↓ 硬い	プラスチック	熱硬化性樹脂

24

4.(1)ゴム弾性を示す分子構造

図のように炭素分子主鎖の一部にスチレンばかりで出来ているブロックがある。
このポリマーを熔融させた後、これを冷却固化すると分子主鎖の中のスチレンのブロックは、隣の分子主鎖の中のスチレンのブロックと集まって固まろうとする。
また分子鎖中の炭素鎖の部分はやはり他の分子鎖中の炭素鎖部分と集まって固まる。
成形品は炭素鎖のみの部分にスチレンの固まりが浮いているような状態になる。
この成形品を引張ると柔らかい炭素鎖部分が優先的に伸び、一方で硬いスチレンの部分は伸びず他の部分を元に戻そうとする力を蓄える。
引張力を除くと蓄えた力により元に戻ろうとする。このためにゴムと同じ弾性が得られる。



25

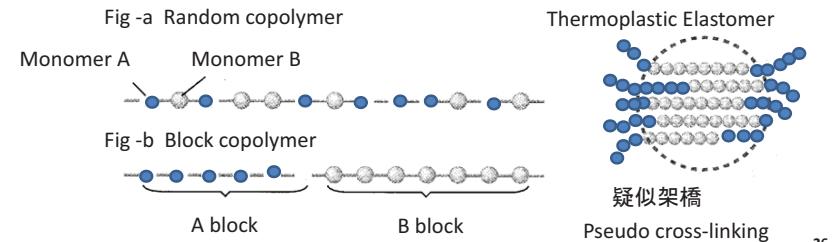
4.(2) ブロックコポリマー

モノマーAとモノマーBとのコポリマーを作る場合は図-aのようにモノマーがランダムに入り混じるようにして性能の優れた材料を作る。スチレン系のSANやABSはこのタイプ。

図-bは例外でこの分子では各モノマーが固まって入っている。分子の一部をブロックと呼ぶためこうした分子を**ブロックコポリマー**という。

熱可塑性エラストマーはブロックコポリマーである。

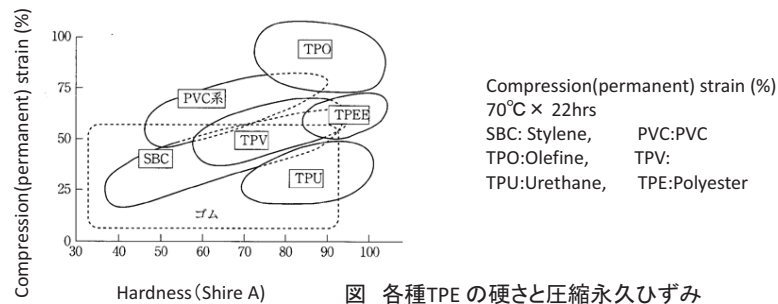
柔軟なブロックと疑似架橋になる硬いブロックが同一の分子鎖の中に入っている。



26

4.(3)熱可塑性エラストマーの特徴

- (1) プラスチックとゴムの中間的な弾性、物性を持つ。
- (2) 成形加工にはプラスチックの成形加工法が適用できる。
- (3) 熱によって変形し易いが劣化しにくい。
- (4) 基本的にポリマー中に2重結合が残存しない。
- (5) リサイクル使用が可能。
- (6) 軽量である(一般的に比重1.0以下)
- (7) 熱溶着が可能。(現場での熱溶着や射出・押出し・ブロー等で多色成形が可能)



27

4.(5)各種熱可塑性エラストマーの性能

性能	TPO	TPS	TPEE	TPAE	TPU	TPVC
柔軟性	○	◎	△	△	△	◎
機械的強度	△	○	◎	◎	◎	○
高温特性	○	△	◎	◎	△	△
低温特性	○	◎	○	○	△	×
耐傷付性	×	△～×	○	△	◎	○
耐候性	○	○～×	○	○	△	△

注) ◎:非常に優れている、○:優れている、△:普通、×:劣っている

TPE: thermoplastic elastomer (熱可塑性エラストマー)

TPO: thermoplastic Olefinic elastomer (オレフィン系エラストマー)

TPS: thermoplastic Styrene elastomer (スチレン系エラストマー)

TPEE: thermoplastic Polyester elastomer (ポリエステル系エラストマー)

TPAE: thermoplastic Polyamide-based elastomer (ポリアミド系エラストマー)

TPU: thermoplastic Urethane elastomer (ウレタン系エラストマー)

TPVC: thermoplastic PVC-based elastomer (塩化ビニル系エラストマー)

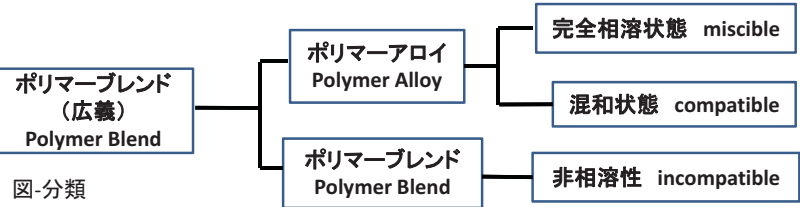
小泉順二: Seikei-kakou vol12, No12, 200

28

5.ポリマーアロイ

ポリマーアロイ(Polymer Alloy)の化学と高分子構造]
ポリマーアロイは2種以上のプラスチックを混合し改質したブレンドポリマーである。
最も普及しているプラスチックは
①m-PPE(変性ポリヘニレンエーテル)と
②ポリプロピレンのポリマーアロイ(自動車バンパー素材)。
その他にも、PCとABS、PCとPS、PBTとABS、PAとABSのアロイなどがある。

汎用エンブラをベースとするポリマーアロイでは、衝撃特性、耐薬品性、流動性、表面光沢性などが改良されている。



(地独)大阪市立工業研究所:プラスチック読本、p364,8 (1954)㈱プラスチック・エージ

5.(1) ポリマーブレンド

種類の異なるプラスチックは混ざり合わないのが普通である。
2種類の分子を混ぜても、ことなつた分子は親和性が低いため、隣り合おうとせず、同じ分子同士が集まりがちで、うまく混合できない。
プラスチックの破壊は分子同士の拘束が外れるために起こる。従って、異なる種類のプラスチックを単純に混ぜたのでは、隣り合う分子は離れやすい。

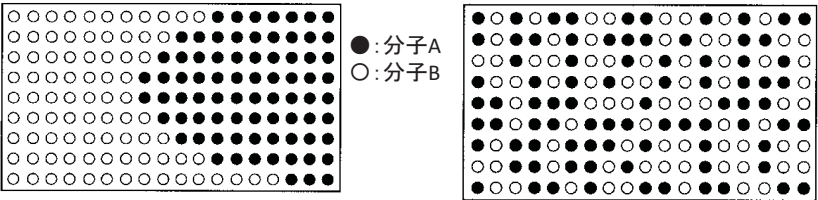


図-a ポリマーブレンド

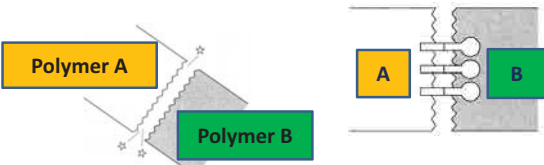
この境界から割れる危険がある

図-b ポリマーアロイ

両方の分子と親和性がある
両方の分子を細かく分散させる

5.(2) ポリマーアロイと相溶化剤

2つのポリマーの親和性が低い場合は相溶化剤を使い混合させることができる。
ポリマーアロイを作るには2種類のポリマーの性質を考えて混合方法を選ばなければならない。



- ① 2種類のポリマー両方に対して親和性の高い**ブロック共重合ポリマー**を仲介役に使い、2種類のポリマーのそれぞれを結び付けようとしている、
ブロック共重合コポリマー
- ② 2種類のポリマーと親和性が高ければポリマーとポリマーの間にコポリマーが入り混ぜ合わせられる。
このように使うブロック共重合コポリマーのことを相溶化剤という

ポリマーAと 親和性の高い部分
ポリマーBと 親和性の高い部分

日本プラスチック工業連盟編集:よくわかるプラスチック、p24-25,(2010)日本実業出版

5.(3)ポリマーアロイによる改質の例

	相手樹脂	特徴
ポリアミド	変性ポリオレフィン系エラスマー 非結晶ポリアミド/ゴム ABS m-PPE PP PA	耐衝撃性 耐衝撃性、耐熱性 耐薬品性、耐熱性、良外観 耐薬品性、耐熱性、耐衝撃性 コストダウン 良外観、耐塩化カルシウム、耐熱性
ポリカーボネート	ABS PBT/PET PMMA LCP	流動性、耐熱性、耐衝撃性、メソキ性 耐薬品性、低ソリ性 パール光沢 高強度、成形性
変性PPE	HIPS/PS PA	成形性、寸法安定性、耐衝撃性コストダウン 耐薬品性、耐衝撃性、耐熱性
PBT	PC PET PS系 エラストマー	低ソリ、耐衝撃性 良外観、低ソリ 低ソリ 耐衝撃性
ポリアセタール	エラストマー	耐衝撃性、柔軟性

高野菊雄:これでわかるプラスチック技術:p40 (20009)㈱工業調査会

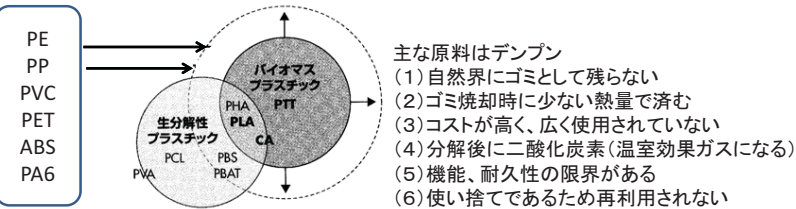
6. バイオマスプラスチックと生分解プラスチック

生分解プラスチックは(ある一定の条件下で)主に土中の微生物の働きにより分解を受け、最終的には二酸化炭素と水にまで分解する性質を持つことが特徴である。

生分解プラスチックと再生が可能な有機資源を原料にして作ることにより地球温暖化防止に貢献することが特徴の**バイオマスプラスチック**。

この2つのコンセプトの環境配慮素材を合わせて「**バイオマスプラスチック**」と総称してゐる。

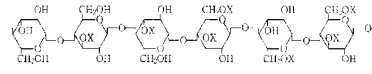
生分解プラスチックとバイオマスプラスチックの位置付けは次の図



日本バイオプラスチック協会編:バイオマスプラスチックの本P11(2009)、日刊工業新聞社

33

7.(1)セルロース系プラスチック



1. 化学構造

2. 種類、分類

植物の主成分である繊維素(セルロース)を混酸溶液で変性して硝酸繊維素(ニトロセルロース)にし、樟腦で可塑化したのが**セルロイド(Celluloid)**である。

無水酢酸、硫酸の混合溶液で変性したのが**セルロースアセテート(Cellulose-Acetate)**である。

3. 特徴

①セルロイド:

無色透明で、着色自在、強靱で低吸水性であるが**燃焼性が高く、耐薬品性に欠ける。**

②セルロースアセテート:

透明性、肌触りが良く、耐衝撃性、耐油性に優れ、電気絶縁性、寸法精度が高く、難燃性で着色自在である。

4. 主な用途

メガネのフレーム、ドライバーや工具の柄に使用される。



透明のCAB
(セルロース・アセト・ブチレート)
樹脂製のハンドルは耐衝撃性に優れ、
オイルやガソリンに対して耐性がある。



34

7.(2) EVA樹脂とEVOH樹脂

1 化学構造

2. 種類、分類

- ① EVA樹脂はエチレンと酢酸ビニルのランダム共重合で非結晶性ポリマーである。
- ② EVOH樹脂(ethylene vinylalcohol copolymer、EVOH)はエチレンとビニルアルコールのランダム共重合である。融点が181~164℃密度が1.19-1.14の結晶性ポリマーである。

3. 特徴

- ① **EVA樹脂**はLDPEと比べ**軟質PVCの様な柔軟性とゴム弾性を有し、強靱性、接着性、成形加工性、耐候性に優れ、ストレスクラッキングにもよく耐え、無毒である。**
- ② **EVOH樹脂**は**ガスバリア性に優れること。**特に酸素バリア性は最高レベルにある。**耐油性、耐有機溶剤性にも優れ、**吸湿性がある。**良好な印刷が可能**である。加工性にも優れる、共押出フィルム、シート、ボトル、チューブ、多層化できる

4. 主な用途:EVA: 人口芝、EVOH:自動車の樹脂製燃料タンク



35

7.(3)主要なプラスチック材料の成形収縮率一覧表

Material	成形収縮率 %	キャビティ表面温度 ℃	射出成形圧力 MPa
ABS	0.4 ~ 0.9	50 ~ 80	53.97 ~ 171.7
PS	0.4 ~ 0.7	20 ~ 60	68.69 ~ 206.1
SAN	0.2 ~ 0.7	50 ~ 80	68.69 ~ 225.7
EVA	0.2 ~ 0.7	50 ~ 80	103 ~ 274.8
PP	1.0 ~ 2.5	20 ~ 90	68.69 ~ 137.8
PP GF40%	0.2 ~ 0.8	20 ~ 90	68.69 ~ 137.8
HDPE	2.0 ~ 6.0	10 ~ 60	68.69 ~ 137.8
PMMA	0.1 ~ 0.4	40 ~ 90	68.69 ~ 137.8
PA6	0.5 ~ 1.5	40 ~ 120	34.34 ~ 137.8
PA66	0.8 ~ 1.5	30 ~ 90	34.34 ~ 137.8
POM	2.0 ~ 2.5	60 ~ 120	68.69 ~ 137.8
PBT GF30%	0.2 ~ 0.8	40 ~ 80	54.95 ~ 176.6
PC	0.5 ~ 0.7	80 ~ 120	68.69 ~ 137.8
PPS GF40%	0.2 ~ 0.4	130 ~ 150	34.34 ~ 137.8
m-PPE	0.1 ~ 0.5	80 ~ 90	
PET	0.2 ~ 0.4	70 ~ 100	

36

表-1 スーパーエンジニアリングプラスチックの物性

item	unit	PPS	PSF	PAR※1	LCP II type GF-30
specific gravity	g/cm ³	1.34	1.24-1.25	1.21	1.62
crystalline/ amorphous crystallinity	%	Semicrystalline	amorphou	Amorphous	Semicrystalline
Glass transition Temp	°C	85-95	185-190	193	280
Melting point Range	°C	285-290	-	-	-
HDT(1.81MPa) A	°C	(110) ※1	(174) ※1	175	240
Tensile modulus	MPa	3700	2500-2700	2100	210
Elasticity	MPa	75-85	70-80	70	-
Tensile strength	%	-	5.5-6	-	-
strain	%	4-5	20->50	60	2.2
elongation	MPa	3,700	-	-	15,000
Bending modulus	°C	260	170	150	-
Elasticity	°C	200	150	150	-
Thermal Limits Short	°C	-	-	-	-
Longtime	°C	-	-	-	-

※1 ASTM method 高分子学会編集井上俊英、エンジニアリングプラスチック,p118、2004,共立出版(株)

※2 (地独)大阪市立工業研究所編:プラスチック読本、(2009)(株)プラスチック・エージ

Tim A.Osswald/Georg Menges.

Materials Science of Polymer for Engineers,p8,2003, HANSER

37

表-1スーパーエンジニアリングプラスチックの物性-(2)

item	unit	PEEK	PES	PAI※1	PEI	PTFE
Density	g/cm ³	1.32	1.37	1.38	1.27	2.14-2.20
crystalline/ amorphous crystallinity	%	Semi-crystalline -30	amorphous	amorphous	amorphous	Semi-crystalline 55-90
Glass transition Temp	°C	145	225-230	280	215-230	125-130
Melting point Range	°C	335	-	-	-	325-330
HDT(1.81MPa) A	°C	(168) ※1	(204) ※1	(204) ※1	(200) ※1	-
Tensile modulus	MPa	3700	2600-2800	5,000	2900-3000	390-550
Elasticity	MPa	100	80-90	150	85	14-30
Tensile strength	%	5	5.5-6.5	8	6-7	-
strain	%	>50	20-80	-	>50	200-400
elongation	°C	300	210	-	190	280
Thermal Limits Short	°C	(240)	180	230	(170)	240
Longtime	°C	-	-	-	-	-

※1 ASTM method 高分子学会編集井上俊英、エンジニアリングプラスチック,p118、2004,共立出版(株)

38

表-2 熱硬化性プラスチックの物性

item	unit	PF	EP※2	PUR※2	UP※3	PDAP
specific gravity	g/cm ³	1.37-1.46	1.11-1.40	1.03-1.50	1.35-2.30	1.70-1.98
HDT(1.81MPa) A	°C	149-188	149-260	-	177-260	177-290
Tensile modulus	MPa	5,500-11,700	2,400	70-690	5,500-113,800	9,700-15,200
Elasticity	MPa	34-62	27-89	1-69	103-207	41-76
Tensile strength	%	0.4-0.8	3.0-6.0	100-10,000	1.0-5.0	3.05.0
strain	MPa	48-96	-	5-62	69-207	62-138
elongation	°C	150	130	-	130	-
Bending strength	°C	-	-	-	-	-
Thermal Limits Short	°C	-	-	-	-	-
Longtime	°C	-	-	-	-	-

※1: 木粉充填

※2: 注型品

※3: チョブドロービング充填

HDT: heat distortion temperature,熱変形温度、(旧表現)

DTUL: deflection temperature under load、荷重たわみ温度

(地独)大阪市立工業試験所編:プラスチック読本(2009)p485 (株)プラスチック・エージ

Gottfried W.Ehrenstein [Polymeric Materials], 2001, HANSER

39

M2 プラスチック材料

M2-6 材料の色とカラーリング

2012.6.20

1

目次

- | | |
|---|---|
| 1.概要
2.色彩と測色
(1) 色と光
(2) 色の三属性
(3) CIE-X.Y.Z表色系の色度図
(4) マンセルの色相環、等色相図、立体図
(5) 測色方法とその特徴
3.着色剤の目的と種類
(1) プラスチックの着色方法
(2) 色材の色
(3) 色材の関係
(4) 染料と顔料
(5) 顔料着色力と粒子モデル
(6) 着色剤の分類
(7) ペーストカラー
(8) リキッドカラーシステム | (9) ドライカラー
(10) マスターバッチ
(11) マスターバッチの生産工程
(12) マスターバッチによる着色成形ライン
4.樹脂の着色
(1) ポリ塩化ビニール
(2) スチレン系
(2) ABS
(3) ポリオレフィン系
(4) ポリアセタール
(5) ポリカーボネート
(6) ポリメタアクリル
(7) フェノール、ユリア、メラミン
(8) 不飽和ポリエステル |
|---|---|

2

1 概要.

着色してカラフルな材料を提供できるのもプラスチックの特徴の一つである。

(1) 着色の目的

- ① 部品の識別と表示
- ② 装飾・商品価値の向上
- ③ 内容物の保護、透過光の遮断、耐候性の改善
- ④ 光学的性質の改善
- ⑤ 熱吸収・熱反射
- ⑥ 色調合わせ(ロット間、異材料間)

(2) カラーリング

染料、無機・有機顔料が使用される。着色剤には次のことが求められる。

- ① 色調鮮明で着色力が大きい
- ② 分散性が良い
- ③ 耐熱性が優れている
- ④ 耐候性に優れる
- ⑥ 耐移行性が大きいこと。

(3) 着色剤形態

着色方法は内部着色であり着色剤形態として①ペーストカラー(リキッドカラー)②ドライカラー、③マスターバッチ、④着色樹脂がある。

3

2.(1)色と光

- (1) 色は光が眼に入り網膜を刺激して、視神経の活動を促し、これが大脳に伝えられて、初めて色として認識される。
- (2) 色を認識するには光がなければならない。“可視光線”(電磁波で波長が380-780nmの放射波)が対象になる。
- (3) 太陽光をプリズムに通すと7色の帯(スペクトル)を見る。光をスペクトル(波長成分)に分けることを「分光」という。これら全部混合すると白色(無色)に見えるように眼を刺激する。
- (4) スペクトルは赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の順に並ぶが、これはそれぞれの波長の長さが違うために生じる現象で、光の中で最も波長の長い部分が赤く見え、短い部分が紫に見える。分けた光の強弱(混ざり具合)によってさまざまな色ができる。

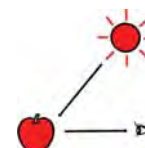


図-1 色の知覚

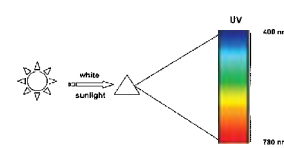


図-2 光の分光



図-3 光の混合

4

2.(2)色の三属性

色を分類する基本となっている色感覚には次の三つの属性がある。

(1) 色相(hue)

色を特性づける属性を**色相**という(赤、黄、緑、青、紫など)

色相をもつ色を**有彩色**といい、色相をもたない色を**無彩色**という。



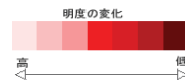
(2) 明度(brightness)

無彩色の中でも最も明るい色は白、最も暗い色は黒、

その中間はいろいろの明るさの灰色がある。この明るさの

度合いを明度という。明るい色は明度が高い、暗い色は明度が低い。

(物体の表面の反射率の多い、少ないを判定する属性を尺度化したものである。)



(3) 彩度(chroma)

色相、明度が一定でも、冴え方が違う場合がある。

すなわち、無彩色からの距離に関する属性を尺度化したものを彩度という。より鮮やかな色を彩度が高い、くすんだ色を彩度が低いという。



5

2.(3) CIE-X.Y.Z表色系の色度図

XYZ表色系は、各表色系の基礎となっている。

光の三原色(R=赤、G=緑、B=青紫)の**加法混色の原理**に基づいて発展したもので、色度図を使って色をx, y, Zの3つの値で表わす。

Yが反射率で明度に対応し、xyが色度になる。図-4はXYZ表色系色度図です。

図からわかるように、横軸方向がx、縦軸方向がyです。また、無彩色は色度図の中心にあり、彩度は周辺になるほど高くなる。

また微妙な色の比較表示として**色差ΔE**が使われる。

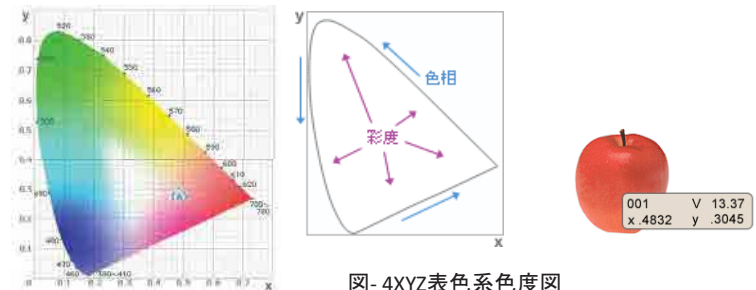


図-4 XYZ表色系色度図

6

2.(4)マンセルの色相環、等色相図、立体図

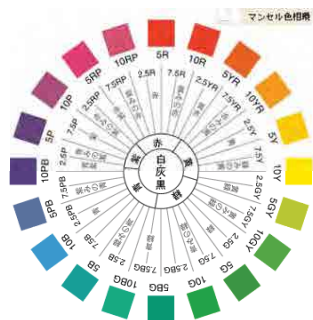
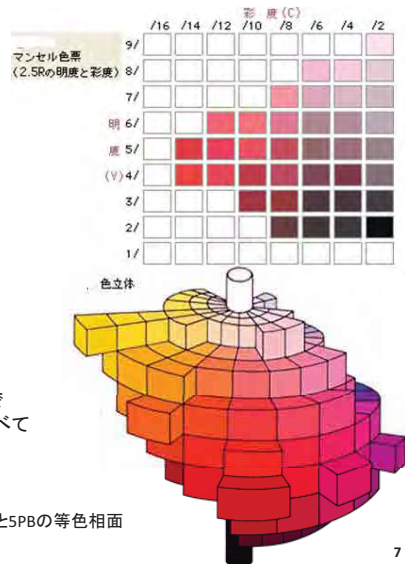


図-5 マンセル色相環、色票、色立体

色相、明度、彩度をもとに、それぞれ番号や記号で分類された色票を使い、物体の色と色票とを見比べて色を表現する。



5Yと5PBの等色相面



7

2.(5)測色方法とその特徴

(1) 直接比較方法:

標準と試料を隣り合わせて、肉眼により判定する。精度が高く確実に簡単に行える。

(2) 刺激値直読方法:

色彩計でスペクトルRGB (Red, Green, Blue)、三刺激値、X.Y.Z及び色度座標x, yを求める。設置費が安く、測定時間が短く工程管理に使用される。

(3) 分光測色方法:

分光光度計により分光反射率を測定して三刺激値、X.Y.Z及び色度座標x, yを求める。個人差、機械誤差が他より少なく信頼度が高い。

(注記) 色の表示方法は大きく分けて①CIE(国際照明委員会)で定めたCIE-XYZによる表色と②マンセル色票の二つがある。

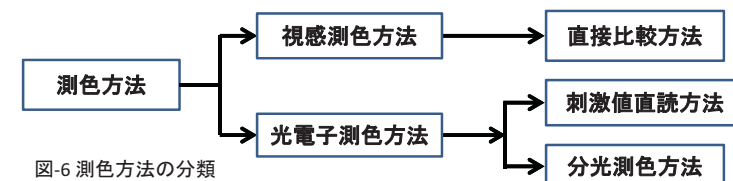


図-6 測色方法の分類

花田豊、矢作 瑛 共著:プラスチック用着色剤、p11(1966)日刊工業新聞社

8

3. 着色剤の目的と種類

(1) 着色剤の目的:

色はプラスチックのイメージを高める上で増々重要度を高めている。

またプラスチックの耐候性を向上させたり、容器の内容物を光による変質から保護するなど、プラスチックに無い機能を与える機能材として用途も拡大している。

(2) 種類:

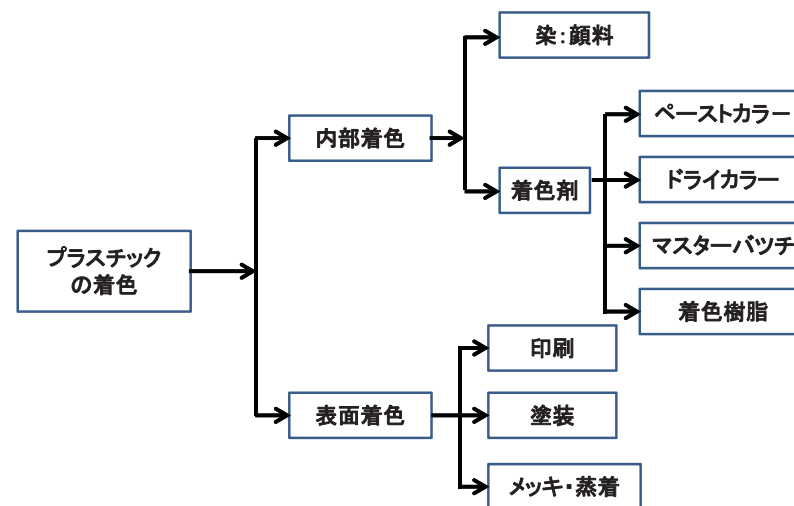
プラスチック内部着色に使用されるものに①色材(染料・顔料)と②着色剤(加工染料・顔料)がある。

着色剤とはプラスチックの着色成形時に良好な染料・顔料の分散性と分配性、取扱性を付与するべく加工された加工。染料・顔料であり通常、必要とされている色に調色されている。

着色剤は形態の違いから①ペーストカラー(リキッドカラー)、②ドライカラー③マスターカラーがある。

9

3.(1)プラスチックの着色方法



10

3.(2)色材の色

太陽光線が色材に当たると、反射、吸収、透過される。透明物体は透過が多く不透明体は反射が多い。

色材に色を感じるの**は色材が太陽光線の一部を選択吸収するからであり**吸収がまったくなければ白色となり、全部吸収されれば黒色になる。

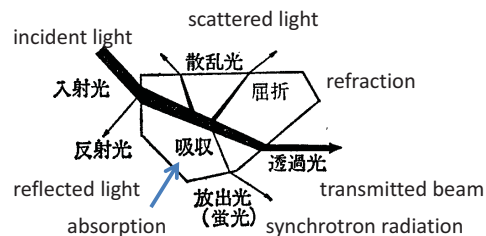
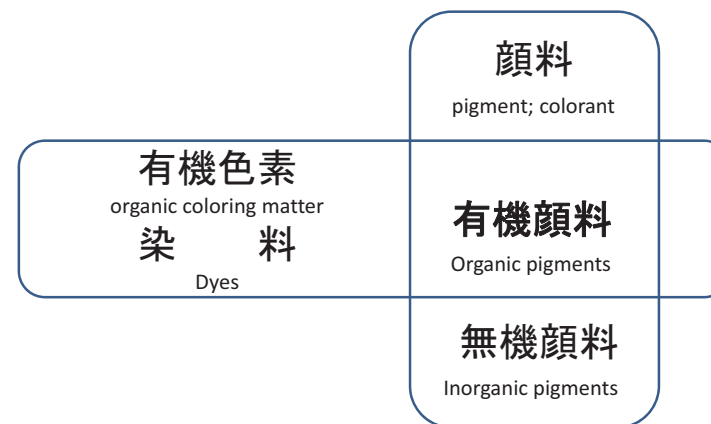


図-7 顔料粒子と光の関係、
太陽光線が赤顔料に当たった場合

花田豊、矢作 瑛 共著:プラスチック用着色剤、p17 (1966)日刊工業新聞社

11

3.(3)色材の関係



12

3.(4)染料と顔料

(1)染料(dye)

昇華性があり耐熱性、耐候性が弱く、移行し易いなどの欠点がある。油溶性染料を中心に使われる。

①アンスラキノン染料(anthraquinone dye)

種類もきわめて多く、色調は鮮明でかつ光堅牢度が高い。最も多く使用される

②アゾ染料(azo dye)

構造中にアゾ基(-N=N-)を有する染料で種類も多い。一般的に耐熱性、耐候に劣る

③油溶性染料(oil soluble dyestuff)ヒドロキシル基、アミノ基などをもちニトロ基、カルボキシル基を持たないアゾ染料デアル

色調も鮮明で着色力も大きいが一般的に耐熱性に劣る。

(2)顔料(pigment)

無機顔料は広範囲のプラスチックに使用されるが

有機顔料はプラスチックの種類や成形温度による制限がある。成形温度が300℃を超えると殆んど無機顔料使用になる。

プラスチック用顔料の3大必要条件は

- ①耐熱性と②耐移行性が最低限の必要条件である。
- ③耐候性は用途によるがほとんどの場合、顧慮される条件である。

13

3.(5)顔料の着色力と粒子モデル

隠ぺい力と同様に粒子径が小さい程着色力は大くなるが最大の着色力を示す粒子径は顔料の屈折率と吸収係数による。

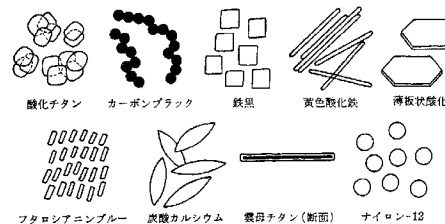


図-8 顔料粒子の形状モデル

色材協会編集：色材工学ハンドブック、p237 (1989)朝倉書店

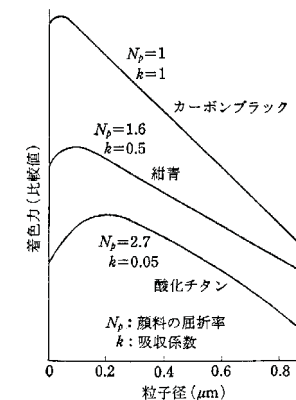


図-9 粒子径と着色力

14

3.(6)着色剤の分類

大分類	分類	形状	主な使用対象樹脂
ペーストカラー	PVC用ペーストカラー 熱硬化性樹脂用ペーストカラー	ペースト ペースト	PVC(軟質) 不飽和ポリエステル、エポキシ、ポリウレタン
	リキッドカラー	ペースト	ポリオレフィン、PVC, PS, ABS, PET, Nylon
ドライカラー	ドライカラー ビーズカラー	パウダー 顆粒	熱可塑性樹脂全般 熱可塑性樹脂全般
マスターバッチ	マスターバッチ	ペレット	熱可塑性樹脂全般(除く、軟質PVC)
	ホワイトマスターバッチ カーボンマスターバッチ 板バッチ	ペレット ペレット 板状	PE フィルム用 ポリオレフィン全般 軟質PVC
着色樹脂	着色樹脂 複合材着色樹脂 PVCコンパウンド	ペレット ペレット パウダー ペレット	熱可塑性樹脂全般 熱可塑性樹脂全般 PVC PVC

カラードペレットは原料樹脂にドライカラーまたはマスターバッチを使用して最終濃度に着色を行ったペレット状のものである。分散性にすぐれ、作業が能率的で広範に利用されている。

15

3.(7)ペーストカラー

(1)PVC用ペーストカラー(paste color)

PVCの可塑剤に顔料を練り込んだもので軟質PVCに用いる。

バンバリーミキサーなどでコンパウンディングする際に他の原料と同時に投入される。

(2)熱硬化性樹脂用ペーストカラー:

不飽和ポリエステル用、エポキシ樹脂用、ポリウレタン用などが代表的である。

それぞれ液状不飽和ポリエステル、液状エポキシ樹脂、ポリオールなどを展色剤としてPVCペーストカラーと同様に製造される

(3)リキッドカラー(liquid color)

リキッドカラーシステムに利用されるカラーである。

液体状カラーを直接成形機に供給する。

ポリオレフィン、PS, ABS, PVC, PETなどに利用される。展色剤は植物油、可塑剤、ノニオン系界面活性剤(Nonionic surfactant)などが利用される。カラーの粘度は供給機の計量精度を維持するので重要条件である。

16

3.(8)リキッドカラーシステム

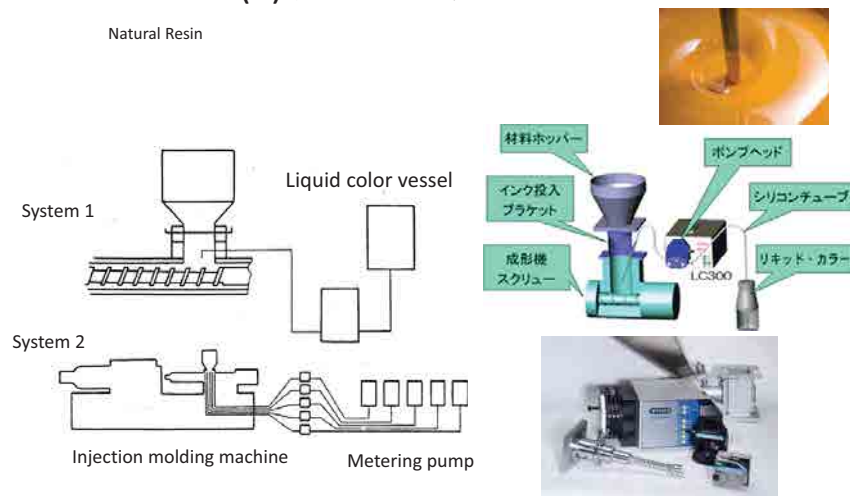


図-10 Liquid color system

(社)色材協会編: 色材工学ハンドブックp434(1989)朝倉書店

17

3.(9)ドライカラー

ドライカラー (dry powder color) は**顔料**と粉体状の**分散剤**を混合したものである。最も安価な着色方法として、殆んどすべての熱可塑性樹脂に用いられ、また着色樹脂用のカラーとしても広範囲に使われている。

分散剤 (dispersing agent) の役割

- (1) 微細な分散剤が顔料粒子間にはいり、ドライカラーが樹脂とブレンドされたり成形機中で溶融前に圧縮を受けた時顔料が凝集するのを防ぐ。
- (2) ドライカラーを樹脂ペレットの表面に均一に付着させる。
- (3) 成形機中で樹脂より先に溶融し、液状となった顔料表面を覆い、凝集を防ぐ。
- (4) 顔料表面を濡らし、樹脂が溶融した時、顔料を取りこまれ易くする。



これは飛散防止と計量性の向上にある。顆粒の大きさは1-2mmで、形状は円柱状または球形である

※展色剤 (vehicle) 染料、顔料以外の液状の成分をいう

18

3.(10)マスターバッチ

マスターバッチ (masterbatch) は樹脂中に5~50wt%に顔料を混入したペレット状、フレーク状、または板状の着色剤である。

使用に当たっては1:4, 1:9, 1:19, 1:29などの比率で着色させるべき成形材料と混合し希釈して着色する。

マスターバッチの**顔料濃度**は**分散性**や**分配性**と密接な関係があり**希釈比**と表裏一体である。表現方法

(1) 着色ペレットを基準にしてそれに対して何倍になっているかで表す。

(例20倍マスターバッチ)

(2) 希釈比または添加量で表す。実用上これが多い。

(例、5/100のマスターバッチ、5部(または5phr)添加のマスターバッチ)



ペレット状マスターバッチ



粉末・顆粒・フレーク状カラー

19

3.(11)マスターバッチの生産工程

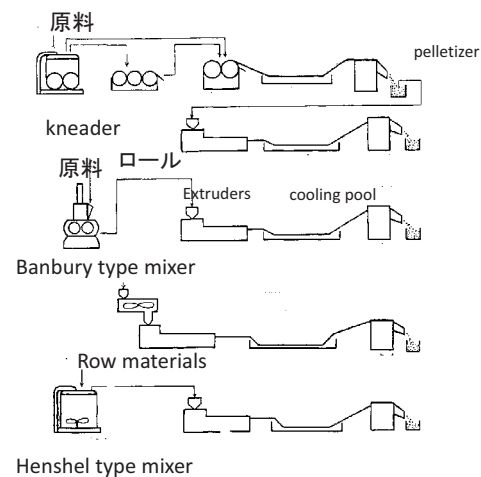


図-11 マスターバッチ生産ライン

(社)色材協会編: 色材工学ハンドブックp440(1989)朝倉書店

20

3.(12)マスターバッチによる着色成形ライン

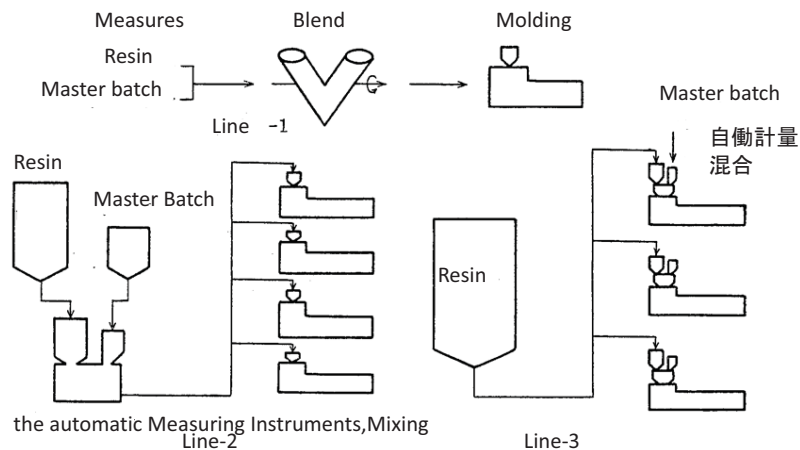


図-12マスターバッチによる着色成形ライン

(社)色材協会編:色材工学ハンドブックp442(1989)朝倉書店

21

4.(1)ポリ塩化ビニール

PVCは熱・光により脱塩酸反応起こし可塑剤添加製品もある
これらが着色剤の熱安定性、光安定性、移行性のどの問題を引き起こす原因になる。

[特徴]

- (1) 熱安定性:群青(ultramarine.)は塩酸ガスで発色機構を破壊させ、褪色して遊離の硫黄を発生する。
- (2) 光安定性:屋外使用品には高度の耐光性を持つ顔料が選ばれる。
- (3) プレートアウト:工程で顔料が分離し加工機表面付着し成長後に剥離して混入する。
- (4) ブルーミング:時間経過とともに表面に色が浮き出す現象である
- (5) マイグレーション:着色製品からこれと接触する他のへ色が移行する現象。
- (6) クロツキングは着色品の表面をこすると色落ちする。(分散不良、顔料浮出し)

[着色剤の形態]

- (a)ペースト状着色剤、(b)マスターバッチ、(c)潤性着色剤、(d)粉末着色剤がある。
分散性はc>b>a>dの順で落ちる。

花田 豊、矢作 瑛 著:プラスチック用着色剤、p36-192(1996)日刊工業新聞社

22

4.(2)スチレン系

GPPS,SANは各種染料・顔料との親和性が良く着色して非常に広い範囲に鮮明な色彩が得られる。

[特徴]

- (1) 紫外線劣化に及ぼす影響:
PSは紫外線照射を受けると表面は次第に黄色(yellowing)を帯びてくる。表面は次第に曇り透明性が低下し脆くなる。屋外向けにはカーボンブラックや酸化チタンなど遮蔽光の大きいものを使う。
- (2) 熱劣化に及ぼす影響:
PSは比較的熱分解温度(380℃)が高く熱劣化に対する着色剤の影響は実用上小さい。
- (3) PEで使えない染料も使用できる。アゾ系は耐熱性が、アンスラキノン系は鮮明さ、着色力に劣るが耐熱性、耐候性に優れている。
- (4) 分散性は着色剤粒度が影響する。鮮明な色彩要求が多いので微細粒子の分散性を高める。

[着色剤の形態]

ドライカラー法とカラードペレット法、
ドライカラーによる、顆粒状着色剤使用で自家着色が主である。

23

4.(3)ABS

ABS樹脂は不透明でナチュラル色(成分ゴムによる)淡黄色から薄い茶褐色を持つ。

[特徴]

- (1) 透明ABS樹脂ではPS、PMMAなど透明樹脂で利用できる染料も結果が良くない。
隠ぺい力の大きな無機顔料を主体にして、高濃度に着色するが、分散性と材料衝撃強度低下に考慮が必要である。
- (2) ABSは熔融ポリマーがアルカリ還元挙動を示すので有機顔料は変褪色し易い。
- (3) 紫外線劣化への影響:ゴム成分分子の二重結合のために紫外線の影響を受けやすい。粒子径の大きい無機顔料に遮蔽効果がある。
- (4) 熱劣化への影響は熱履歴によるポリマーの色相変化が大きいすなわちゴム成分に原因する熱変色のため加工条件により着色製品色違いが生じ易い。

[着色剤の形態]

カラードペレットとマスターバッチ法があるが、一般敵にはドライカラーを使用したカラードペレット法が使われる。

24

4.(4)ポリオレフィン系

樹脂は着色が自由に行えるが熱、紫外線により物性が低下する。

着色剤は分散性に優れ(フィルム、フィラメントは高度の顔料分散を要求される)着色加工時に安定であることが求められる。

【特徴】

(1)熱安定性:

加工温度はLDPEで120℃～220℃、HDPEで180℃～2300℃、PP220℃～300℃であるのでこの温度に耐えること。PPはPEにくらべ顔料の影響を受けやすく加工時の熱履歴により分子量低下が生じる。

(2)耐候性(耐光性):

無機顔料主体になる。紫外線吸収性能に優れた顔料としてはカーボンブラック、酸化鉄、カドミウム顔料、銅フタロシアニン顔料がある

(3)成形収縮率:

有機顔料は核剤として働き成形収縮率が大きくなることで、ねじれ、ひずみの原因にもなる。影響はPEで大きく、PPでは小さい。

【着色剤の形態】

ドライカラー、とマスターバッチの2種類。

ドライカラーは顔料を分散助剤、界面活性剤で処理をした微粉末状でドライカラーリング法、カラードペレットの製造に使う

25

4.(5)ポリアセタール

ポリアセタールは熱に対して極めて敏感な樹脂である。熱分解や紫外線劣化を生じやすいため着色剤の影響が大きい。各顔料につき着色限界濃度以上では熱分解を促進する。

【特徴】

(1)加工温度は200℃から220℃と低い。着色条件によると有機顔料アゾ系が使える。

(2)着色剤による熱分解促進の要因:

① pH(酸性で促進する)

② 構成金属の種類と添加量(使用限度外)。温度依存性、不純物の存在

(3)劣化は分子鎖の末端からのモノマーの離脱と分子主鎖切断による分子量低下である。

(4)紫外線による成形品表面劣化が激しい、表層のひび割れによる白化があるが

一般的には顔料による遮蔽効果があり、実用上問題は小さい。

(5)高結晶性樹脂のため染料はブリードアウト起こす。

【着色剤の形態】

ドライカラーが使用される

26

4.(6)ポリカーボネート

PCは熔融粘度が非常に大きく、分子量が大きくなると熔融粘度が極度に大きくなる。

また水分やアルカリ存在下で熔融すると加水分解して分子量が低下する。

【特徴】

(1)染・顔料の耐熱性は280℃以上が必要。

(2)透明品には染料、不透明には無機顔料と染料を併用する。

耐候性が良く屋外に使用されるので耐候性の良い染・顔料が要求される。

(3)着色剤によるPCの熱分解への影響は加工温度が高いため極めて大きい。

長時間熔融状態でも熔融粘度低下は小さいが320℃以上では分解する。

また炭酸エステル結合構造をもつので水分、アルカリの存在下で加熱熔融すると加水分解がおきて急激な分子量低下を起こす。

(4)PCの熱分解にたいする顔料の影響:

分子量低下が認められる顔料はカドミウムオレンジ、カドミウムレッド、アルカリ性カーボンブラックなど。(同じ系統の顔料でも顔料組成、表面処理剤、処理方法で違いがある。)

【着色剤の形態】

カラーコンパウンドが多いがマスターバッチもある

27

4.(7)ポリメタクリル

ペレット使いの射出成形、押出成形とモノマーにより塊状重合する注型成形がある。

着色剤には染料、顔料が使われる。染料は透明性を生かすため必要で特に耐候性が求められる

屋外使用向けや照明器具のように紫外線の影響を受ける成形品が多い。

(1)ペレットの着色:

【特徴】

① 染料着色が行われる。染料はオイル染料、スピリット染料、アンスラキノン系、

② 耐候性:使用着色剤には3から5年の耐候性が求められる。

③ 耐熱性:車両用ランプカバーは成形温度(200から250℃)20分間以上耐えること。

【着色剤の形態】

一般的には水分対策としてベントタイプ押出機でカラーリングしたカラードペレット方式が行われる。

(2)注型成形:

【特徴】

① モノマー中での分散に優れること。

② 鋳込み板(ガラス)の離形を妨げないこと。

③ 180℃×1時間の加熱で変色しないこと。

【着色剤の形態】

染料、ペーストカラー、マスターバッチが使われる。

28

4.(8)フェノール、ユリア、メラミン

着色剤の色素には染料と顔料が使われる。

透明製品に油溶性染料が使われる。顔料は硬化剤との反応性が低く、被覆力が高い無機顔料が使われる。

硬化したものは色修正や再加工は不可能でありより厳密な色管理が必要である。

【特徴】

- (1) 樹脂と硬化剤との反応性：顔料と硬化剤が反応すると発色基が破壊され変色と同時に樹脂の硬化反応が阻害される。顔料には耐還元性、耐酸性が要求される。ユリア、メラミン樹脂の着色剤は中性が望まれる。
- (2) 分散性：初期重合物が固体の場合には粉末状の顔料を用いて十分に混合する。
- (3) 耐熱・耐候性：加工熱履歴も少なく、また屋内使用が多いので要求レベルも低い

【着色剤の形態】

染料・顔料をそのまま分散剤で処理したドライカラー、ペーストカラー、が初期重合物の状態に応じて選択使用される

着色剤の使い方は塊状樹脂を粉碎し粉末状、粒状、として成形材料として市販されている。

4.(9)不飽和ポリエステル

染料は過酸化触媒により変色するものがある。それも濃色で使うと硬化を阻害するので、顔料使用が多い。

【特徴】

- (1) 耐熱性、耐候性以外に①硬化反応を阻害、促進しないこと。②耐酸性があること。③過酸化触媒に犯されないこと。
- (2) FRP着色は屋外使用で、淡色場合には耐候性の良い顔料を選択する。カドミウム系顔料が使われる。

【着色剤の形態】

ペーストカラー（ポリエステルトナー）が用いられる。樹脂が液状のため混合性が良くまたペーストカラーはスリーローラーミルなどで練り顔料が1ミクロン以下の粒子まで粉碎しているため分散性し易く発色を均一に保てる。

ブレミックスの着色：

ブレミックスとは不飽和ポリエステル樹脂に着色剤、触媒、無機充填材、補強材、滑剤などを配合したパテ状、ストロー状の成形用コンパウンドである。これを圧縮成形により成形する。

M2 プラスチック材料

M2-7 各種プラスチックとその応用

2012/10/15,16

1

目次

1.概要

2.汎用プラスチック

- (1)PVC ポリ塩化ビニル樹脂
- (2) PE (LDPE) ポリエチレン樹脂
- (3) PE (HDPE) ポリエチレン樹脂
- (4) PP ポリプロピレン樹脂
- (5) PS ポリスチレン樹脂
- (6) ABS樹脂
- (7) SAN (AS)樹脂
- (8) PMMA アクリル樹脂
- (9) PET ポリエチレンテレフタレート樹脂

3.エンジニアリングプラスチック

- (1) PA ポリアミド
- (2) POM ポリアセタール樹脂
- (3) PC ポリカーボネート樹脂
- (4) m-PPE 変性ポリフェニレンエーテル樹脂
- (5) PBT ポリブチレンテレフタレート樹脂
- (6) GR-PET強化ポリエチレンテレフタレート樹脂

4.スーパーエンジニアリングプラスチック

- (1) PPS ポリフェニレンサルファイド樹脂
- (2) LCP樹脂 (液晶ポリマー)
- (3) PES ポリエーテルサルホン
- (4) PAR ポリアリレート樹脂
- (5) PSF ポリサルホン樹脂
- (6) PEI ポリエーテルイミド樹脂
- (7) PTFE ポリテトラフルオロエチレン樹脂
- (8) PEEK ポリエーテルエーテルケトン樹脂
- (9) PAI ポリアミドイミド樹脂

5.熱硬化性プラスチック

- (1) PFフェノール樹脂
- (2)MFメラミン樹脂
- (3)UFユリア樹脂
- (4)EPエポキシ樹脂
- (5)UP不飽和ポリエステル樹脂
- (6)SIシリコーン樹脂
- (7)PURポリウレタン樹脂
- (8)PDAPジアリルフタレート樹脂

2

1. 概要

①汎用プラスチック、②エンジニアリングプラスチック、③スーパーエンジニアリングプラスチック、④熱硬化性プラスチックに属するプラスチックについて、代表的な**応用分野、製品(部品)**に利用されている**特性**との関連を示した。

「プラスチックの主要分野における傾向」

- (1) **オプトエレクトロニクス**分野では耐熱、強度、耐衝撃性、寸法安定性に優れる透明エンブラ、スーパーエンブラが使用されてきた。
- (2) **OA,情報機器ハウジング**は電子機器保護のため、耐衝撃性、難燃性、良流動性、意匠性から表面光沢、硬度が強く求められ、ポリマーアロイの使用が進んでいる。
- (3) **自動車**は要求品質を①軽量化②安全性(構造材は鋼鉄、外装材はPC/PBTアロイでシャーシ以外の内外装材はプラスチック材)③生産性の3つに求め、“脱ガソリンエンジン”に向かうが、現下の課題は無機ガラスを表面硬化処理をしたPC製に置き換えること。
- (4) **食品包装、容器**は冷凍冷蔵庫、電子レンジ普及から**耐熱性**、保香性が求められる。主に汎用プラスチックが使用されるが種類も多く特性も範囲が広い。

ナイロンやEVOHなどは多層容器としてガスバリア性、保香性を必要とする用途に使用される。単層フィルムが主体であるが特殊向けに紙やアルミとの多層ラミネートフィルムが使われる。シートによる容器は真空成形などの熱成形で行われる。

3

2.(1)PVC ポリ塩化ビニル樹脂

応用分野と製品	特性									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
硬質PVC パイプ、硬質シート(容器包装)	◎			◎	◎	◎			◎	
軟質PVC 農業用フィルム(ビニルハウス) 容器包装、ラップフィルム シート、レザー 電線被覆、 タイル、床材 長靴、手袋、バツグ、浮き輪	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	 ◎ ◎	 ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎	 	 ◎ ◎

Note (1)強度 (2)電気絶縁性 (3)耐候性 (4)耐水性 (5)耐油、耐薬品性 (6)透明性 (7)柔軟性 (8)ガスバリア性 (9)寸法安定性 (10)着色、印刷性

◎:重要、○関係が深い特性



硬質ポリ塩化ビニル管



浮き輪



PVDCラップフィルム



自動車レザーシート

4

2.(2)PE (LDPE) ポリエチレン樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
フィルム品 包装材(食料品)、気泡緩衝材、シュリンクフィルム ラミネート ミルクカートン、紙コップ	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎
電線被覆品 電力ケーブル	◎	◎	◎	○	◎			○
中空成形品(ブロー、回転成形) 広口容器、マヨネーズ容器	◎	◎		◎	◎	○		○

Note (1)軽い (2)柔軟性 (3)電気絶縁性 (4)耐薬品性 (5)耐水性 (6)ガス透過性
(7)ヒートシール性 (8)延伸性



シュリンク包装



広口容器



包装用多層フィルム



LLDPE肥料袋

5

2.(3)PE (HDPE) ポリエチレン樹脂

応用分野と製品	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
フィルム(食品包装、一般包装)		◎	◎	◎		◎	◎
中空成形品 軽量容器(シャンプー容器、食用油容器) 大型容器(灯油缶、ドラム缶)	◎	◎	◎	◎	◎		
射出成形品、 コンテナ、バケツ、台所、浴室用品	◎	◎	○	◎			

Note (1)剛性 (2)耐低温衝撃 (3)耐薬品性、耐水性 (4)耐候性 (5)電気絶縁性
(6)ガスバリア性、耐水蒸気 (7)ヒートシール性



回転成形法HDPP製タンク



射出延伸ブロー



ドラム缶



パイプ

6

2.(4)PP ポリプロピレン樹脂

応用分野と製品	特性										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
フィルム: タバコ包装、食品包装、ラミネート	◎	◎	◎	○		○	◎	◎		◎	◎
家電製品 洗濯槽、炊飯器ハウジング	◎		◎	◎		◎	◎	◎	◎		
自動車部品 バンパー、内装部材	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	○		
日用品 キャップ、コンテナ、パレット、 医療器具(注射器)	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎			

Note (1)低比重 (2)透明性 (3)剛性 (4)耐衝撃性、耐寒性 (5)ヒンジ特性 (6)耐熱性
(7)耐薬品性 (8)耐水性 (9)電気絶縁性 (10)ヒートシール性 (11)ガスバリア性



バンパー



バケツ



パレット



食品容器

7

2.(5)PS ポリスチレン樹脂(GPPS, HIPS)

応用分野と製品例	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
深絞り容器・包装: 食品用容器、ディスプレイカップ	◎	◎	○	◎	◎	◎
電気機器 CDケース、照明機器、導光板、冷蔵庫内仕切り板 エアコン、液晶テレビ、電話機の外枠	◎	◎	◎	◎	◎	
日用品: レジャー用カズ、スプーン、フォーク	◎	◎			◎	
発泡: 食品包装用トレイ、カップ、魚箱、断熱建材		◎	◎	◎		◎
ボールペンの軸、プラモデル、事務用品	◎	◎	○		◎	

Note (1)透明性 (2)剛性・強度 (3)耐衝撃性 (4)耐薬品性 (5)表面光沢 (6)断熱性



発泡スチレンシート



鉛筆削りGPPS



PS樹脂透明ブリカップ

8

2.(6)ABS樹脂

応用分野と製品例	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
自動車・車両 ラジエターグリル、二輪車カウル、インスト ルメントパネル	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
電気機器 冷蔵庫内箱、 洗濯機・掃除機・扇風機などのハウジング	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
日用品 家庭用ゲーム機、玩具、衛生機器用品	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎

Note (1)強靱 (2)耐衝撃性 (3)耐クリープ性、摺動性 (4)耐熱性 (5)表面光沢
(6)耐薬品性、耐油性 (7)めつき性



アイロンハウジング



インストルメントパネル



二輪車カウル

9

2.(7)SAN(AS)樹脂

応用分野と製品	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
自動車・車両 メーターカバー、ランプレズなど	◎	◎	◎	◎	○	○
電気機器 扇風機の羽、冷蔵庫トレー、透明製品の ハウジング	◎	◎	○	○	○	○
化粧品容器、歯ブラシ、ライター	◎	◎	◎	○	◎	○

Note (1)透明性 (2)強度、剛性 (3)表面硬度 (4)耐熱性 (5)耐油、耐薬品性 (6)耐候性



食器乾燥機 SAN



SAN樹脂製 ジューサーの受け容器

10

2.(8)PMMA アクリル樹脂

応用分野と製品	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
自動車・車両 テールランプレズ、メーターカバー	◎	◎	◎	◎	○	◎
電気機器、OA機器 プリンターカバー、 液晶導光板、ピクアツブレズ、 光ファイバー	◎	◎	◎	○	○	◎
照明カバー、看板、ディスプレイ 大型水槽(注型)	◎	◎	◎	◎	○	○

Note (1)透明性 (2)表面硬度 (3)強度、剛性 (4)耐候性 (5)耐水性 (6)耐熱性



大型水槽



11

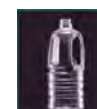
2.(9)PET ポリエチレンテレフタレート樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
飲料用容器 耐熱性食品容器(C-PET)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
フィルム 磁気テープ	○	◎	◎	○	○	◎	○	◎

Note (1)軽量性 (2)透明性 (3)表面光沢性 (4)ガスバリア性、保香性 (5)食品衛生性
(6)延伸による耐衝撃性と剛性 (7)燃焼特性 (8)耐熱性



食品容器A-pet



2軸延伸ブロー成形ボトル
耐熱性食品容器(C-PET)



台所洗剤容器、
キャップはPP

12

3.(1)PAポリアミド

応用分野と製品	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
自動車・車両 インテークマニホールド、シリンダーヘッドカバー、 ラジエータータンク、フューエルストレーナ、(PA66) 結束バンド(PA66)、クーリングファン(PA6)	◎		◎	◎			
電気・電子部品 コネクタ、スイッチ	◎	◎	◎	◎	◎	○	
薬品容器(ブロー成形)PA6 食品用フィルム、パイプ(押出成形)PA6	◎		◎	◎	◎		◎

Note (1)強靱 (2)耐摩擦摩耗 (3)耐熱性 (4)耐薬品性(耐ガソリン、耐オイル性)
(5)電気絶縁性 (6)難燃性 (7)ガスバリアー



シリンダーヘッドカバー
PA6GF30



インテークマニホールド
PA6GF30



ラジエータータンク
PA6,6GF,PA6,10

13

3.(2)POM ポリアセタール樹脂

応用分野と製品	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
自動車 フューエルポンプモジュール ドアロック・サイドカバー	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	○ ○	◎ ◎
OA機器機構部品 レーザープリンタ・駆動部ギヤ DVD-ROMドライブ・メカ部品	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	○ ○	◎ ◎	○ ○

Note (1)強度 (2)耐摩耗性、摺動性 (3)寸法安定性 (4)耐熱性 (5)耐疲労性 (6)耐溶剤性



フューエルポンプモジュール



コンビネーションスイッチ



レーザープリンタ・駆動部ギヤ

14

3.(3)PC ポリカーボネート樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
自動車車両 ウインカー、テールランプ、ヘッドランプレンズ	◎	◎	○	◎	◎	○	◎	◎
電気・電子・光学分野 CD・DVDディスク、光ファイバー、 カメラ部品 電動工具ハウジング、	◎	◎ ◎ ◎	○ ○	◎ ◎ ◎	○	◎ ◎ ◎	◎	○ ○ ◎
生活用品 サングラス、ガロンボトル 保安帽(ヘルメット)	◎	◎		◎ ◎			◎	◎

Note (1)透明性 (2)強度、剛性 (3)耐クリープ性 (4)耐衝撃性 (5)耐熱性 (6)寸法安定性
(7)電気絶縁性 (8)耐候性



ガロンボトル



カメラレンズ



ウインカーレンズ



ヘルメット

15

3.(4)m-PPE 変性ポリフェニレンエーテル樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
自動車 インストルメントパネル、ヘンダー(外板)	◎	◎	◎	○	◎	◎		◎
電気電子機器 コイルボビン、LEDケース、ICTレイ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
事務機器用 複写機のシャーシ、インクカートリッジ	◎	◎	◎	◎	◎		◎	
家電用途 ビデオカメラ、エアコンのハウジング	◎	◎	○	◎	◎	○	◎	○

Note (1)強度、剛性 (2)耐衝撃性 (3)耐熱性 (4)耐疲労性 (5)寸法安定性 (6)電気特性 (7)難燃性
(8)耐候性



複写機のハウジン(左)とイグニッションコイル(右)



16

3.(5)PBT ポリブチレンテレフタレート樹脂

応用分野と製品	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
自動車 イグニッションコイル、 デISTRIBUTERキヤツプ ワイヤーハーネスコネクター	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
電気・電子 コネクタ、 OA機器のクーリングファン	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Note (1)強度・剛性 (2)耐クリープ性 (3)耐熱性 (4)寸法安定性 (5)難燃性
(6)電気特性(耐アーク性、耐トラッキング性、絶縁性) (7)耐薬品性(油、ガソリン)



◎:重要、○関係が深い特性

写真- PBT製 電子機器用コネクター

17

3.(6)GR-PET強化ポリエチレンテレフタレート樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
構造材料 自転車のフレーム	◎	◎	◎	◎			◎	◎
電気・電子 変圧器ボビン 小型モーターハウジング	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Note (1)強度・剛性 (2)耐クリープ性 (3)耐熱性 (4)寸法安定性 (5)難燃性 (6)電気絶縁性
(7)耐薬品性 (8)耐衝撃性

18

4.(1)PPS ポリフェニレンサルファイド樹脂

応用分野と製品	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
自動車 各種センサーケース、 ヘッドランプリフレクター、スロットルボディ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
電気・電子 耐熱コネクター CD,DVDドライブ光ピックアップベース	◎	◎	◎	◎	◎		◎
OA機器ギア、ドライヤーノズル、	◎	◎	◎	◎			

Note (1)耐熱性 (2)強度、剛性 (3)寸法安定性 (4)難燃性 (5)電気絶縁性 (6)耐薬品性、耐加水分解
(7)耐ヒートショック性



ハイブリッド車用モータ



PPS製 ヘッドランプリフレクター



流量計のファン

19

4.(2)LCP樹脂 液晶ポリマー

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
自動車 電装品(コネクタ、コネクタケース) フュエルポンプ、インベラー	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
電気・電子 耐熱性コネクター、カメラ部品 CDピックアップ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Note (1)耐熱性 (2)高強度、高剛性 (3)寸法安定性 (4)低熱膨張性 (5)耐薬品性 (6)高流動性
(7)電気絶縁性 (8)難燃性



カメラ・シャッター地板



SDカードコネクタのインシュレータ

20

4.(3) PES ポリエーテルサルホン

応用分野と製品	特性								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
自動車 ヘッドランプ、テールランプ	◎	◎	◎	◎	◎		◎		
電気・電子、OA機器 リレー、スイッチ、ICソケット、コイルボビン ランプ・リフレクター 複写機などの軸受、ガイド、ギヤなど	◎	◎	◎	◎	○		◎	◎	
医療関係 血液検査装置部品、容器	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎		◎
耐熱食器、食用品バルブ、継手	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎		

Note (1)耐熱性 (2)強度 (3)耐クリープ性 (4)寸法安定性 (5)耐薬品性 (6)耐温水、水蒸気性
(7)透明性 (8)電気特性 (9)食品安全

21

4.(4) PAR ポリアリレート樹脂

応用分野と製品	特性								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
電子・電気 スイッチ、リレー、ビームセンサー	◎	◎	◎	◎		◎			○
自動車 フォグライトレンズ、ディスプレイ反射枠	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	◎
機械系 ギヤ、ベアリングリテーナ		◎	◎	○	◎	○	◎		○
点眼薬容器、検査薬品容器	◎	◎	○				◎	○	◎

Note (1)透明性 (2)耐熱性 (3)強度、剛性 (4)寸法安定性 (5)摺動性 (6)難燃性 (7)耐薬品性
(8)耐候性、紫外線遮蔽性 (9)耐衝撃性



方向指示器レンズ、キャップ



電子ビームセンサ

22

4.(5) PSF ポリサルホン樹脂

応用分野と製品	特性								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
電気・電子 コイルボビン、モーターケース、コネクタ	◎		◎	○	◎		◎		◎
医療関係 人工心臓、滅菌トレー、吸入マスク	◎	◎	◎	○		◎	◎		○
家庭電気機器 コーヒーマーカー、電子レンジ容器	○	◎	◎	○		◎	○	◎	◎
プロセス機器 搾乳器、食品及び乳製品用パイプ類	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	

Note (1)耐熱性 (2)耐加水分解性 (3)強度、耐クリープ性 (4)耐薬品性 (5)電気的特性 (6)透明性
(7)寸法安定性 (8)食品衛生 (9)難燃性

23

4.(6) PEI ポリエーテルイミド樹脂

応用分野	特性								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
家庭電気機器 ヘアードレッサ、電子レンジ容器	○	◎	◎	◎	◎	○		◎	
航空機 トレイ、内装部品、エンジン部品	○	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎
自動車 ヒューズ、コネクタ、 トランスミッションバルブ	○	◎	◎	◎	◎	◎		◎	

Note (1)透明性 (2)耐熱性 (3)耐薬品性・耐熱水性 (4)電気絶縁性 (5)強度、剛性、耐衝撃性
(6)耐クリープ性 (7)寸法安定性 (8)難燃性 (9)耐放射線性

24

4.(7)PEEK ポリエーテルエーテルケトン樹脂

応用分野	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
自動車部品 スロットルボディのギヤ ABS部品スラストワッシャー AT部品のシールリング	◎	◎		◎	◎			
産業機械部品 ケーブル被覆、航空機キャビン内装	◎	○		◎	◎	◎	◎	◎
半導体関連 絶縁フィルム、小型ボタン電池	◎	◎		◎		◎	○	

Note (1)耐熱性 (2)耐薬品性 (3)耐熱水性、耐スチーム性 (4)強度、耐疲労性 (5)摺動性
(6)電気絶縁性 (7)難燃性 (8)耐放射線性

25

4.(8)PAI ポリアミドイミド樹脂

応用分野	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
自動車部品 軸受・ギヤ、エアーポンプ、 パワーウインドウ	◎	◎	◎	◎	◎	○		◎
産業機械、航空機 真空ポンプ、コンプレッサー、	◎	◎	◎	◎		◎	○	◎
電子・電気 コネクタ、ボビン、プリンターガイド、 複写機の剥離爪	◎	◎	◎	◎	◎	○		◎

Note (1)耐熱性 (2)強度、耐衝撃性 (3)摺動性 (4)寸法安定性 (5)電気特性
(6)耐薬品性 (7)耐紫外線、耐放射線 (8)耐久性



26

4.(9)PTFE ポリテトラフルオロエチレン樹脂

応用分野と製品	特性							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
電気、化学工業: チューブ、ホース、パッキン、 摺動部品	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
半導体製造装置 各種薬液の配管、タンク	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎

Note (1)耐熱性、耐寒性 (2)耐薬品性 (3)電気特性 (4)低摩擦性 (5)非粘着性
(6)耐候性 (7)自己潤滑性 (8)不燃性



パイプ



フライパン



ガスケット



耐食ライニングした反応槽

27

5.(1)PFフェノール樹脂

応用分野(成形材料のみ)	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
電気機器 スイッチキャップ、ブラシホルダー	◎	◎	◎	○	○	◎
機械部品 フランジ	◎	◎	◎	○	◎	
自動車部品 プーリー、冷却ポンプ部品、	◎	◎		◎	○	

Note (1)耐熱性 (2)強度、高剛性 (3)耐炎性 (4)耐薬品性、耐湿性 (5)表面硬度
(6)電気絶縁性



モータ用部品



ブラシホルダー



コミンテータ



プーリー、冷却ポンプ部品、

(社)プラスチック成形加工学会編集、成形材料、p223(2011)森北出版

28

5.(2)MFメラミン樹脂

応用分野	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
建材、化粧板	◎	◎	◎	◎	○	◎	○
食器	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
研磨材(フォーム)	◎	◎				◎	◎

Note (1)耐熱性 (2)耐水性 (3)耐油、耐薬品性 (4)耐衝撃性 (5)食品衛生 (6)表面硬度 (7)耐摩耗性



食器



メラミンフォーム



メラミン化粧版

29

5.(3)UFユリア樹脂

応用分野	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
電気機器 配線器具、照明器具	○	○	◎	◎	◎	◎	○
衣服のボタン 化粧品・薬品容器のキャップ	◎	◎			○	○	◎
	◎	◎				○	◎

Note (1)表面硬度 (2)耐薬品性・耐溶剤性 (3)電気絶縁性 (4)耐アーク性 (5)難燃性 (6)強度 (7)耐水性



配線器具



衣類のボタン



つり革の輪

30

5.(4)EPエポキシ樹脂

応用分野	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
電気・電子 注型品、(封止、変圧器) 積層成形(ブツシング、ガイシ) 成形品(コンデンサー、リレー)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	◎	◎	◎	◎	◎	◎
複合材(炭素繊維) ゴルフシャフト、飛行機、ロケット	◎	◎		◎	◎	◎

Note (1)耐熱性 (2)強度・剛性 (3)電気絶縁性 (4)耐薬品性・耐水性 (5)寸法安定性 (6)接着性



注型品、(封止)



碍子



H-II AロケットとCFRP

31

5.(5)UP不飽和ポリエステル樹脂

応用分野	特性				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
住宅設備機器 浴槽、浄化槽、透明平板	◎	◎	◎	◎	
輸送機器 漁船、船舶、自動車用外板	◎	◎	◎	◎	
配電部品 配線遮断器	◎	◎		◎	◎

Note (1)強度、剛性 (2)耐薬品性、耐水性、耐油 (3)耐熱性 (4)耐候性、耐食性 (5)電気絶縁性



浄化槽



釣舟



運転室、パンタグラフの風防 FRTP

32

5.(6)SIシリコーン樹脂

応用分野	特性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
チューブ、パッキン	◎	◎	◎	○	◎	◎
家庭用品 容器用パッキン 幼児哺乳瓶 キャップ	◎	○	◎		◎	○
電子部品 放熱シート	◎		◎	◎		

Note (1)柔軟性 (2)耐候性 (3)耐熱・耐寒性 (4)電気絶縁性 (5)生体適合 (6)界面特性

界面特性には撥水性、剥離性、離型性などを含む。



シリコンチューブ



放熱シート



哺乳瓶

33

5.(7)PURポリウレタン樹脂

応用分野	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
軟質フォーム 吸音材、空調フィルター、自動車座席、寝具のクッション	◎	◎	○	◎			◎
硬質フォーム 断熱材：船舶、建築、冷蔵庫			◎	◎	◎	◎	◎
注型エラストマー ロール類、キャスター、ベルト				◎	◎		◎
RIM インストルメントパネル、バンパー			○	◎	◎	○	◎

Note (1)クッション性 (2)通気性、遮音性 (3)断熱性 (4)高靱性で耐摩耗性 (5)耐熱性 (6)耐炎性 (7)耐油、耐溶剤性



軟質ウレタン
フォーム



硬質ウレタン
フォーム

34

5.(8)PDAPジアリルフタレート樹脂

応用分野、製品	特性						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
電気・電子 コイルボビン、コネクタ、スイッチ 自動車、航空機 コンミテータ、コネクタ	◎	◎	◎	◎	○	○	◎

Note (1)耐熱性 (2)強度 (3)電気絶縁性 (4)寸法安定性 (5)耐湿性 (6)耐摩擦・摩耗 (7)流動性



ジアリルフタレート樹脂 (PDAP) 製 端子台成形品

35

2. プラスチック材料

M2-8 射出成形プラスチックの特性評価

2012/10/17
2013/2/11
2013/6/11

1

目次

1. 概要
2. 物理的・化学的特性
 - (1) 比重
 - (2) 吸水特性
 - (3) 耐薬品性
 - (4) 光学特性
 - (5) ガスバリア特性
3. 流動特性(成形性試験)
 - (1) メルトフローレート試験
 - (2) スパイラルフロー試験
4. 機械的特性
 - (1) 引張特性
 - (2) 曲げ特性
 - (3) 圧縮特性
 - (4) 衝撃特性
 - (5) 摩擦・摩耗特性
 - (6) 疲労特性
 - (7) クリープ特性
 - (8) 硬度特性
5. 熱的特性
 - (1) 熱物性
 - (2) 耐熱特性(短期間耐熱性)
 - (3) 耐熱特性(長期連続使用温度)
 - (4) 燃焼性試験
6. 電気的特性
 - (1) 絶縁抵抗と抵抗率
 - (2) 絶縁耐力
 - (3) 絶縁劣化
 - (4) 誘電特性
 - (5) 各種プラスチックの誘電特性
7. 耐候特性
8. 資料
 - (1) 各種プラスチックの耐薬品性
 - (2) TgとHDT温度の関係
 - (3) 代表的なプラスチックの熱物性
 - (4) 引張特性値と曲げ特性値の比較
 - (5) 工業材料としてのプラスチック
 - (6) ASTM 試験法・計算(引張、曲げ、圧縮、IZOD衝撃)

2

概要

- 1) プラスチックは日用雑貨から工業部品まで広い用途に使用されているが金属材料などと比較すると、以下の欠点がある。
 - ① 絶体的強度が低い
 - ② 荷重変形が大きい
 - ③ 使用条件によって特性が変化しやすい
- 2) プラスチック材料を工業材料として利用するには、その材料が持つ各種の特性を知ることが重要である。
- 3) 特性は大別すると「物理的特性」と「化学的特性」であるが、一般的には次のように分類される。

① 物理・化学的特性	② 機械特性
③ 熱特性	④ 電気的特性
⑤ 耐環境特性	⑥ 成形加工性
- 4) プラスチック特性はJIS, ASTM, ISOなどで試験方法や規格が定められている。

3

2.物理・化学的特性

- 1) 物理的特性とは:
プラスチックは多数の原子・分子の集まり(集団)であるがそれぞれ、固有の物理的性質(物性)を持っている。基本物理特性として機械特性、熱特性、電気特性、と分ける。
 - (1) 種類(分類):

① 比重(密度)	② 吸水特性	③ 光学特性
----------	--------	--------
- 2) 化学的特性とは:
ポリマーの化学構造(分子結合、官能基)と無機や有機薬品などと接触したときの親和性及び化学反応性のことである。
 - (1) 種類(分類)

① 耐薬品性	② 耐ストレスクラッキング	③ 耐候性
④ 気体・水蒸気透過度	⑤ 溶解度パラメータ	

4

2.(1)比重

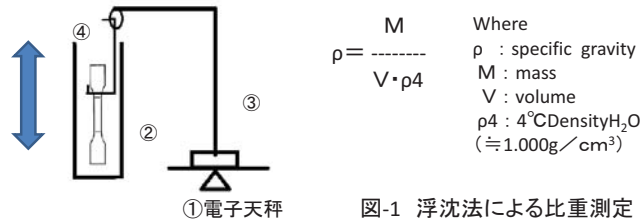
- 1) 比重とは:
試料の質量と、それと同体積の圧力1013.25hPaのもとにおける4°Cの純粋の水の質量との比のこと

- 2) 評価方法
試験方法: ASTM D792

「手順」

電子天秤①に③と④を乗せて重さを計る W1g
試験片を④のステンレスワイヤに吊り下げ重さを計る W2g
メスシリンダーを持ちあげ試験片を水に沈め重さを計るW3g
比重=(W2-W1)÷(w3-w1)

比重と密度との違いは？



5

2.(2)吸水特性

- 1) プラスチックの吸水性は温度により大きく変化する。
吸水の影響で大きな問題は寸法特性である。

- 2) 評価方法:
試験方法: ASTM D570, JIS K7209, ISO 62, A法

材料名	吸水率 (Wt%)
PTFE	0.00
PE	<0.01
PP	<0.01

材料名	吸水率 (Wt%)
PVC (rigid)	0.07-0.4
PVC (soft)	0.5-1.0
ABS	0.2-0.6
PS	0.01-0.03
PMMA	0.1-0.4
PC	0.15
POM (Homo)	0.25-0.40
PA6	1.3-1.9

表1 プラスチックの吸水率

6

2.(3)耐薬品特性

- 1) プラスチックを有機溶剤と酸、アルカリ、油類、グリス、無機薬品などに浸漬すると①重量変化、②外観変化、③機械的性質の変化、④分解などが観察され、結果をそれぞれの基準で評価する。また、薬品による劣化や応力と薬品の共存によるソルベントクラック(ESC)が、耐薬品性としては重要である。

- 2) 評価方法:
試験方法 JIS K7114 (ISO 175翻訳)、JIS K 6911、JIS K7108、(ISO6252)

・ 溶解と膨潤: 溶剤がプラスチック中への浸透、拡散で生じる。

・ ソルベントクラック:

耐薬品環境応力亀裂。曲げ変形を与えた試験片を薬液に浸漬すると表面の引張応側に亀裂が生じ、裏面側の圧縮応力側にはクラックが認められない。クラックは引張応力方向に対して直角に生じる。

7

2(4)光学特性

- 1) 光通信デバイスや光ディスク、レンズやプリズム素材には重要特性である。
- 2) 評価方法:
試験方法 JIS K 7105 (プラスチック光学特性試験法)
・ 屈折率・アッベ数測定 JIS K7105・JIS K7142・ISO489
・ 光沢度: 光沢計 JIS K7105
・ ヘーズ(曇り度)・全光線透過率測定 JIS K7105・K7136・K7361-1・ISO14782・13468-1



写真-1 濁度計



アッベ屈折計



光沢計

8

2(5)ガスバリア性

- 1) 酸素や水蒸気の気体は高い濃度側からプラスチックフィルムに溶解(溶解)込んで低濃度側に向かってフィルムのポリマー分子鎖間の隙間移動(拡散)していく。

- 2) 評価方法:

試験方法: 酸素透過試験法 JIS K7125B, ASTM D3985-05

$$GTR = Vc / (R \times T \times P_v \times A) \times (dp/dt) [\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{Pa}]$$

透過湿度試験法 JIS K7129 透過度 (g/m²/24hr)=240 m/(t×S)

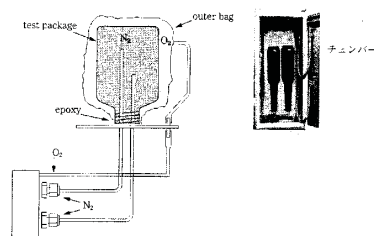


図-2 ボトルのガスバリア性試験方法

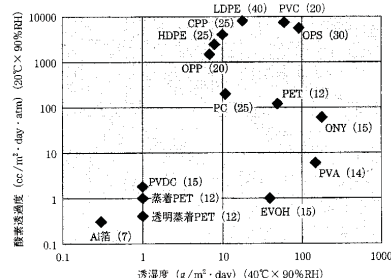


図-3 透湿度と酸素透過度の関係

9

3.流動特性

- 1) 流動特性とは:

広く物質の流動する状態をいうが成形特性とも言われる。ポリマー固体が熱、圧力などで流動化するときの流れの速度、外的条件への依存傾向などの特性である。

- 2) 種類(分類)

① メルトフローレート試験

加工性のインデックスとして最も良く用いられる

② スパイラルフロー試験

射出型内流動長測定による方法で流動長により流動性を判定する。パーフロー型、などがある。

③ キャピラリーレオメータ(細管粘度計)試験

温度・圧力・流れ速度の関係から流動特性を評価する。

射出成形時のせん断速度 $10^3 \sim 10^7 [\text{s}^{-1}]$ で熔融粘度を測定する方法。

10

3.(1)メルトフローレート

- 1) メルトフローレート(M.F.R)試験は品質管理を行うのに有用である。同じ樹脂、同一グレードのロット間、あるいは重合度のみが違うグレード間の流動性比較に役立つ。

- 2) 評価方法

JIS K7210, ISO1133, ASTM D1238

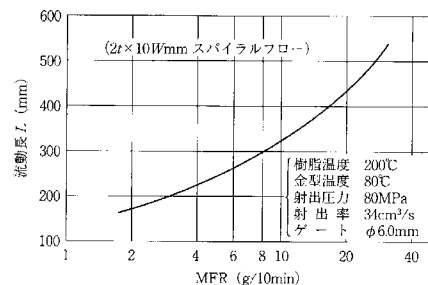


図-4 POMのMFRとパーフロー長の関係

三菱化学(株)ユピタル技術資料、p20

Temperature (°C)	Load (g)	Applied
190	2160	PE,POM,PP
200	5000	ABS,PP
230	2160	PP
275	325	PA6.6
280	2160	PC

表-2 M.F.R 試験の温度と荷重条件

11

3.(2)スパイラル流動性

- 1) 金型中で流動性の難易度を試験するもので射出成形、トランスファー成形における実用的な流動性の判定が出来る利点がある。

- 2) 評価方法

型内流動性評価

成形条件を変えて成形を行い、流動長を測り、流動長に対する成形条件の効果や樹脂間の流動性比較に利用する。

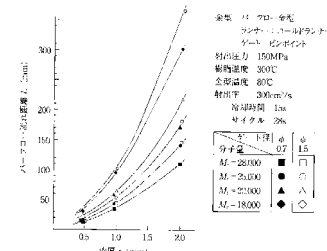


図-5 PCの肉厚とパーフロー流動長の関係

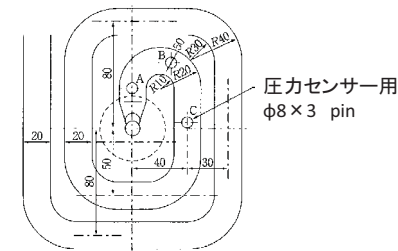


図-6 パーフロー測定用金型例

12

4.機械的特性

1) 機械的特性とは:

プラスチックに荷重を加えた時、荷重の作用の仕方により色々な性質の異なった変形を起しひずみが生じる。そして、その外力に対抗して内部に応力が発生する。このように変形したり、破壊したりする力学的変化に対する性質をいう。

2) 種類(分類)

「短期試験」 ①引張特性 ②曲げ特性 ③圧縮特性 ④表面硬さ

「長期試験」 ①クリープ特性

「破壊と損傷試験」 ①衝撃特性 ②疲労特性 ③摩擦・摩耗特性 ④クリープ特性

3) [注意]長時間使用した時の機械的強度の変化を耐久性というが耐久性評価には

①クリープ特性 ②疲労特性 ③摩擦・摩耗特性 がある

13

4.(1)引張特性

1) 試験片を一定の速度で伸長方向(軸方向)に引張った時の、「応力とひずみ」関係により示される。弾性限度、伸び、弾性係数、比例限度、絞り、引張強度、降伏点、降伏強度など、様々な引張特性がわかる。

2) 評価方法

試験方法 ASTM D638 ,JIS K7113,ISO527,

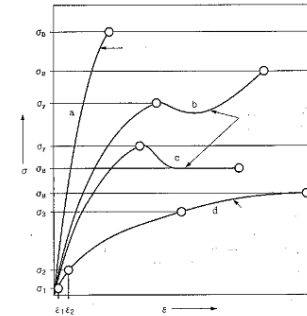


図-7引張試験片と応力-ひずみ曲線

材料の種類	弾性率	強度	伸び
(1) 柔らかくて脆い	小	小	中
(2) 硬くて脆い	大	中	小
(3) 硬くて強い	大	大	中
(4) 柔らかくて粘りがある	小	中	大
(5) 硬くて粘りがある	大	大	大

表-3 Stress-Strain Curve TypeIによる分類

Note

- (1) チーズ状材料 (2) PMMA, GPPS, FP
(3) Rigid PVC, SAN (4) Soft PVC, LDPE, PP
(5) ABS, POM, PC

14

4.(2)曲げ特性

1) 曲げ特性は曲げ荷重に対して生じる曲げ応力とその変形量(たわみ量)との関係によって示される。曲げ特性は大きく分けて曲げ強さと曲げ弾性率がある。

2) 評価方法

試験方法 ASTM D790, JIS K7203, ISO 178

試験片を両側でもって支持し中央に集中荷重をかける3点曲げ試験

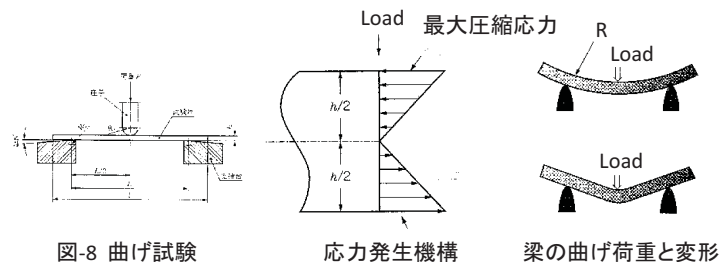


図-8 曲げ試験

応力発生機構

梁の曲げ荷重と変形

15

4.(3)圧縮特性

1) プラスチック材料に一定速度で荷重を加えたとき、三次元変形を起し、ひずみ(Strain)が発生し、応力(Stress)が発生する。

2) 評価方法

・ 圧縮試験方法: JIS K7181、ISO 604、ASTM D695-89

角柱・円柱・円筒形の試験片を、2枚の平行板面にはさみ、荷重を加えて破壊するまでの応力とひずみの関係を求める。

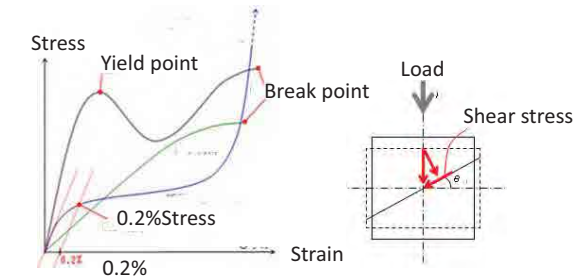


図-9 圧縮応力とひずみ曲線

荷重とせん断応力の関係



写真-2 圧縮試験

16

4.(4)衝撃特性

- 1) 材料の「粘り」あるいは「脆さ」のような性質を判定する。試験片が破壊するまでに吸収したエネルギーの大きさで表される。
- 2) 評価方法
 - ・ 試験方法:
 - ① Izod impact strength test (ASTM D2794, JIS K7110, ISO180)
 - ② Charpy impact strength test (ISO179, JIS K7111).

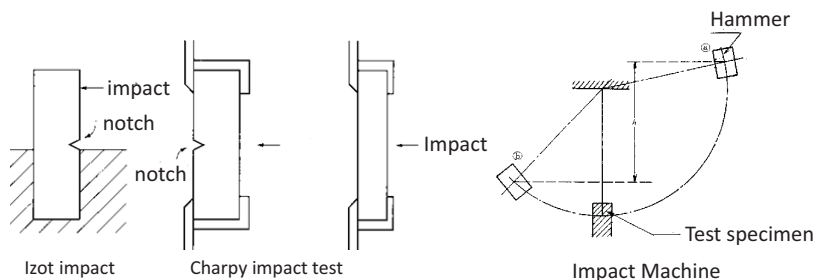


図-9 Izod Charpy impact strength test 試験片支持の違い

17

4.(5)摩擦・摩耗特性

- 1) 一对の試験片を一定の荷重と速度のもとで片方の摺動面を回転させ、このときの摩擦力を計測するとともに、所定距離摺動後の摩擦量、限界PV値を測定する。

- 2) 評価方法
試験方法

すべり摩耗試験 (JIS K7218)

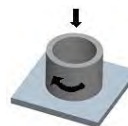


図-10 スラストシリンダー式



写真-3 すべり摩耗試験機

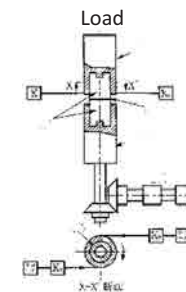


図-11 摩擦摩耗試験機構造

摩擦係数

$$\mu = F/W \quad (F=\text{摩擦力}, W=\text{接触面の圧力})$$

18

4.(6)疲労特性

- 1) 材料に何回も繰り返し負荷をかけるとその材料を1回で破壊するよりずっと小さい荷重でも破壊するようになる。材料が破壊するまでの変形サイクル数を疲労寿命という
- 2) 評価方法:
試験方法 JIS K 7118、ASTM D638- 引張り疲労試験法。

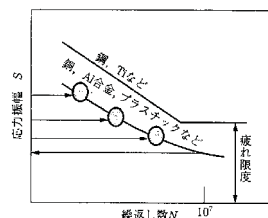


図-12 S-N曲線

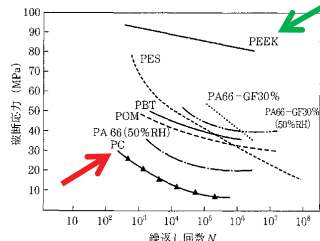


図-13 エンプラのS-N曲線

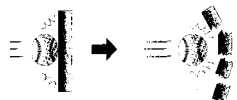


図-14プラスチック製品の疲労破壊の模式図

- ① 1回では壊れない
- ② 何回か繰り返すと壊れる。
(分子が徐々に離れる)耐疲労性

19

4.(7)クリープ特性

- 1) クリープ (Creep) 現象とは一定の荷重 (引張り、曲げ) をかけたまま長時間放置すると分子鎖が徐々に変形しさらに伸びきってしまうとやがて破断する現象いう。
- 2) 評価方法
引張クリープ試験法 JIS K 715, ASTM D2990

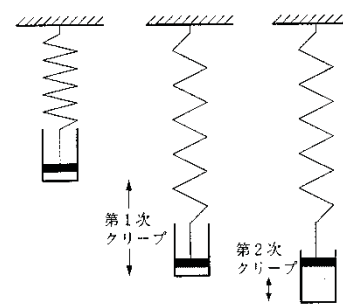


図-15 粘弾性モデル

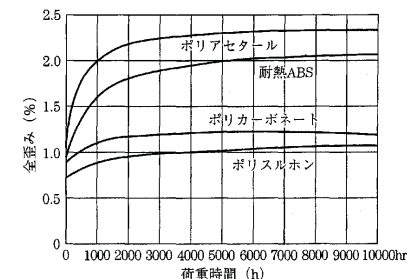


図-16 プラスチックの引張クリープ

20

4.(8)硬度特性

1) 外部から局部的な力を短時間加えた時の変形に対する抵抗の大小を硬さとして表す。

2) 評価方法

試験方法

JIS K7202-2, ISO 2039-2, ASTM D785

ロツクウェル硬さ(Rockwell hardness, 押し込み硬さ), ショア硬度(反発硬さ)

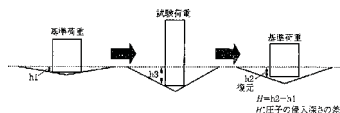


図-17 ロツクウェル硬さ試験法



写真-4 ロツクウェル硬さ試験機

表-4 ロツクウェル硬さのスケール

スケール	Load (N)	Diameter of the steel ball (mm)	Resin
R	588.4	12.7	PE, PA,
L	588.4	6.35	PA
M	980.7	6.35	Thermosetting resin
E	980.7	3.175	PS, PMMA

21

5. 熱的特性

1) 熱特性とは

熱の移動や熱膨張、耐熱性や燃焼性などの熱的变化に対する物性

2) 種類(分類)

「熱挙動」: ①ガラス転移温度、②融点

「熱物性」: ①比熱、②熱伝導率、③線膨張率

「耐熱性」:

熱安定に関する特性

①荷重たわみ温度、②ビカツト軟化点法、③連続使用温度

④熱分解温度

M2-1プラスチック材料の特性、特徴sheet#20-27

22

5.(1)熱物性

1) 熱の移動や熱の熱膨張など熱に関する物理的な特性

2) 評価方法

試験方法

比熱試験 JIS K7123 示差走査熱量計(DSC)を用いる。

熱伝導率(λ)試験方法 ASTM D177

• The disk heat flux meter method

熱拡散率(α)試験方法 $\alpha = \lambda / C \times d$ (密度)

熱膨張率(体積膨張率(α))、線膨張率(β) A 試験方法STM D792

• TMA (Thermo mechanical Analysis)を用いる。

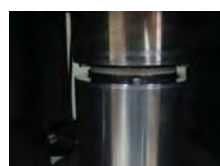
(線膨張係数、膨張率測定、・ガラス転移温度測定、・軟化温度測定)



写真-5 熱伝導率



熱伝導率測定機



23

5.(2)耐熱特性(短期間耐熱性)

1) 評価方法

試験方法

• 荷重たわみ温度 (DTUL Deflection Temperature Under Load)

JIS K 7191, ISO 75, ASTM D 648

• ビカツト軟化温度。(Vicat softening temperature) K7206 ISO 306

• ボールプレツシャ温度 (Ball pressure temperature)

電気用品調査委員会B法 (油中)

• 脆化温度 (brittle temperature) JIS K7216

プラスチックの低温度での衝撃破壊試験を行い試験本数の50%が破壊する温度を脆化温度とする。



写真-6 荷重たわみ温度



ビカツト軟化温度



ボールプレツシャ温度試験装置

24

5.(3)耐熱性特性(長期連続使用温度)

- 1) プラスチックの使用上限温度を判断するために長期間熱劣試験と、物性評価試験を行なう。

- 2) 評価方法

試験方法: UL746 B16

異なる温度のもとに所定の期間保って熱劣化させ引張強度、引張衝撃強度、絶縁破壊強度の3種類の特性について、それぞれの特性値が初期値の50%になる時間を求める。

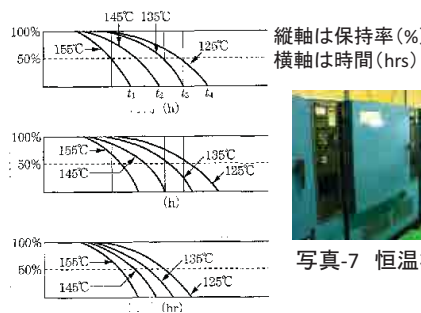


図-18 各種温度における物性保持率と時間曲線



写真-7 恒温槽

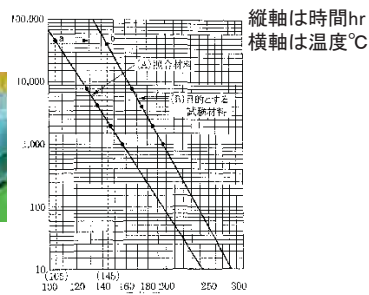


図-19 劣化温度と時間曲線

25

5.(4)燃焼性

- 1) 燃焼性試験は所定の条件下で試験片の燃焼性を比較しその程度をクラス分けする方法がとられている。

- 2) 評価方法

試験方法

・ **UL規格 (Underwriters Laboratories);** UL96、試験片 (5 × 1/2 × 1/8inch)

① 水平燃焼性試験 ② 垂直燃焼性試験

・ **酸素指数法** IIS 7201, ISO 4589-1

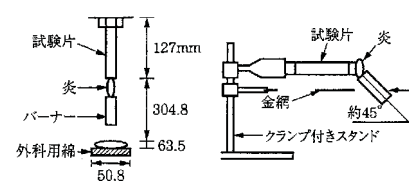


図-20 UL94垂直燃焼、水平燃焼試験

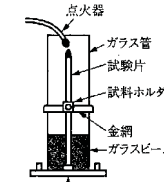


図-21 燃焼指数測定装置



写真-8 燃焼チャンバー

26

6.電気特性

- 1) 電気特性とは

プラスチックは絶縁体*1であり誘電体*2でもある。電気特性は、プラスチックの電気に関連した(絶縁性や誘電性、帯電性)特性。これらは交流、直流の別、交流の周波数、電圧などにも依存する。

- 2) 種類(分類)

- | | | |
|---------------|-----------|------------|
| (1) 絶縁抵抗値 | ① 体積固有抵抗率 | ② 表面抵抗率 |
| (2) 絶縁耐力 | ① 耐電圧 | ② 絶縁破壊強さ |
| (3) 絶縁劣化(長時間) | ① 耐アーク性 | ② 耐トラッキング性 |
| (4) 誘電性 | ① 誘電率 | ② 誘電正接 |

Note :

*1) 電気を通さない物質

*2) 電極の中に挟まれて電圧がかかると拘束されている物質の電子が誘い出されて電子に偏りが生じる物質 electrical properties

M2-1 プラスチック材料の特性、特徴slide#34

M2-5特徴、slide#14

27

6.(1)絶縁抵抗と抵抗率

- 1) プラスチックに直流電流を流したときの抵抗が絶縁抵抗である。

- 2) 評価方法

試験方法 IEC60093, ASTM D257, JIS K6911, JIS K6271(二重リング電極法)

・ **体積抵抗率試験** (Volume resistivity test)

・ **表面抵抗率試験** (Surface resistivity test)

$$\text{Volume resistivity } (\rho_V) = \pi d^2 / 4t \times RV \quad (\Omega \cdot \text{cm})$$

$$\text{Surface resistivity } (\rho_S) = [\pi (D+d) / (D-d)] R_S \quad (\Omega)$$



写真-9 測定装置

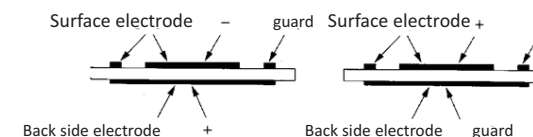


図-22 Connection of the electrode
(Left) Volume resistivity, (Right) Surface resistivity

28

6.(2)絶縁耐力

- 1) 商用周波数の電圧を、試験片を挟んだ電極間に与え、試料の破壊する電圧を求める。

2) 評価方法

試験方法

絶縁耐力 (IEC60243, ASTM D149, JIS C2110)

絶縁破壊強さ (max 70kV) (IEC60243, ASTM D149, JIS C2110)

測定方法 : 短時間法, 段階法, 耐電圧 (1分間、長時間)

測定雰囲気: 油中 (RT~200°C), 空气中



写真-10 絶縁耐力試験装置100kV-10kVA

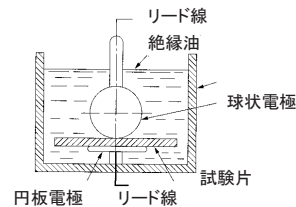


図-23 絶縁破壊電圧測定

29

6.(3)絶縁劣化(長時間)

- 1) 試料に高電圧をかけることで試料変質が加速され絶縁性能低下を引き起こす。

2) 評価方法

試験方法

アーキ性試験 (ASTM D495): 試験片表面上の2本のタングステン電極間にアーキ放電を規定間隔で発生させて、試料が破壊し、アーキ放電が消滅するまでの時間。

耐トラッキング性試験 (IEC60112第4版、JIS C2134): 白金製電極間に電圧を印加し、トラッキング破壊が生じるまで電解液を滴下する。規定の滴下数で破壊しない電圧で評価する。



写真-11 耐アーキ性試験
試験片と電極配置



写真-12 耐トラッキング性試験
電極配置

30

6.(4)誘電特性

- 1) 絶縁体は電極で挟まれて直流電圧を掛けられると絶縁体内部の電子が電極に引き寄せられ、内部で電荷が分離させられる。電荷が分離され誘い出されることを誘電現象という。特性値として

2) 評価方法:

試験方法 IEC60250, ASTM D150)

誘電率(誘電分極の大きさ、蓄積する静電エネルギーの大きさを表す)

誘電正接(高周波交流電圧をかけた場合の損質エネルギーの大きさ/サイクルを表す)。

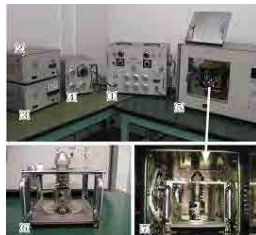


写真-14 誘電体損測定装置

31

6.(5)各種プラスチックの誘電特性

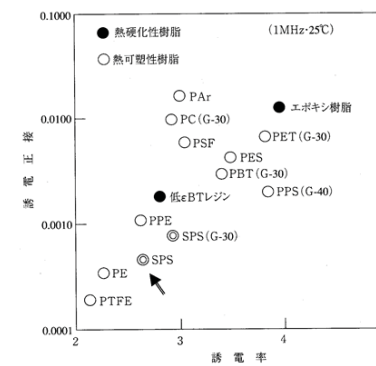


図-24 誘電正接と誘電率の関係

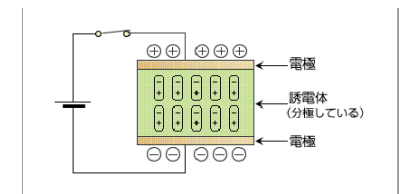


図-25 分極した誘電体を挟むコンデンサー

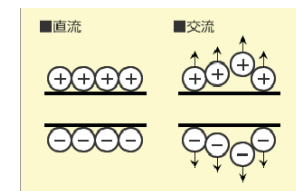


図-26 コンデンサーを交流が流れる

竹村健二: 成形加工。Vol15, No8, p564 (2003)

32

7.耐候特性

- 1) プラスチックを促進暴露試験装置で暴露を行い色相、機械的性質、電気的性質の変化を調べる

2) 評価法

試験方法

- ・ 屋外（自然）暴露試験 JIS K7219, ISO877
- ・ 促進暴露試験 JIS K 7350 (ISO4892)
- ・ 耐光性試験



①

②

③

④

写真-15 試験機①サンシャインウェザーメーター（光源サンシャインカーボンアーク）
②キセノンウェザーメーター③紫外線蛍光灯ウェザーメーター④耐光試験紫外線
フェードメーター（紫外線カーボンアークランプ）

33

8.(1) 各種プラスチックの耐薬品性 汎用プラスチックの耐薬品性（酸、アルカリ）

Solvent	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
10% hydrochloric acid	◎	○	-	◎	◎	◎
38% hydrochloric acid	◎	△	-	△	◎	◎
10% sulfuric acid	◎	◎	◎	◎	◎	◎
98% sulfuric acid	△	×	×	×	△	△
10% Nitric acid	◎	○	○	○	◎	◎
61% Nitric acid	△	×	×	×	△	△
sodium hydroxide	◎	○	○	◎	◎	◎
potassium hydroxide	◎	○	-	◎	◎	◎

PVC※1硬質塩化ビニル、PVC※2軟質塩化ビニル

◎：ほとんど侵されず。

○：少し作用を受けるが条件により実用に供される。

△：実用には好ましくない。

×：使用に適さない。

大石、プラスチックの耐久性、p107(1975)工業調査会

34

汎用プラスチックの耐薬品性（有機溶剤）

Solvent	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
Acetone	×	×	×	×	△	△
benzene	×	×	×	△	△	△
tetrachloromethane	×	×	×	×	×	△
Chloroform	×	×	×	×	×	×
cresol	◎	△		×	○	○
diethyl ether	△	×		×	×	△
ethyl alcohol	○	×		△	○	○
tetrahydrofuran	×	×	×	×	×	△
Toluene	×	×		×	△	△
xylene	×	×	×	×	○	△
trichloroethylene	×	×	×	×	△	△
Gasoline	○	×		△	○	○
oil	○	△		◎	△	○

35

8.(1) 各種プラスチックの耐薬品性 エンプラの耐薬品性（酸、アルカリ）

Solvent	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
10% hydrochloric acid	○		○	◎	◎
38% hydrochloric acid	×		○	△	◎
10% sulfuric acid	◎	◎	◎	◎	◎
98% sulfuric acid	×	×	×	×	◎
10% Nitric acid	△	△	△	◎	◎
61% Nitric acid	×	×	×	×	◎
sodium hydroxide	◎	◎	○	△	◎
potassium hydroxide	○	○	△	×	◎

大石、プラスチックの耐久性、p107(1975)工業調査会

◎：ほとんど侵されず。

○：少し作用を受けるが条件により実用に供される。

△：実用には好ましくない。

×：使用に適さない。

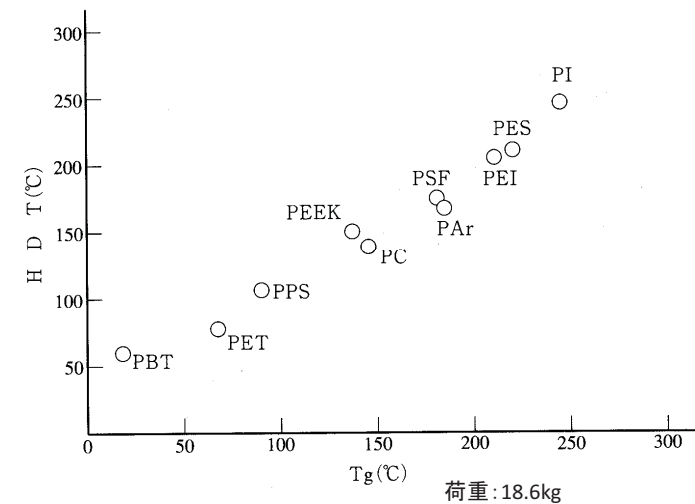
36

エンブラの耐薬品性(有機溶剤)

Solvent	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
Acetone	△	△	×	×	◎
benzene	○	△	△	×	◎
tetrachloromethane	×	×	×	△	○
Chloroform	×	×	×	×	○
cresol	×		×	×	◎
diethyl ether	○			△	○
ethyl alcohol	○		×	○	◎
tetrahydrofuran	×	×	×	×	◎
Toluene	○	○	△	×	○
xylene	○	○	△	×	◎
trichloroethylene	×	×	×	×	◎
Gasoline	○	◎	△	○	◎
oil	○	◎	△	◎	◎

37

8.(2)Tgと荷重たわみ温度HDTの関係



竹村健二: 成形加工。Vol15, No8, p564 (2003)

38

8.(3)代表的プラスチックの熱物性

Resin	specific heat. [J/g] ASTM C351	thermal conductivity ($\times 10^{-1}$ /K) W/m·k ASTMD177	Coefficient of linear thermal expansion ($\times 10^{-5}$)/k ASTMD792
PE (HDPE)	1.9	4.6 ~ 5.3	11 ~ 13
PP	1.6 ~ 1.8	0.9	11
PS	1.2	1.2	6 ~ 8
PA6,6	1.7	2.4	8
m-PPE	-	2.2	6
PC	-	1.9	6 ~ 7.0
POM	1.5	2.3	8.1

大阪市立工業研究所: プラスチック読本、p49 (2009) ㈱プラスチックエージ

39

8.(4)引張特性値と曲げ特性値の比較

・プラスチックの曲げ特性値引張特性値の対比を示した。

Resin	Tesile strength (MPa)	Bending strength (MPa)	Tensile elasticity (MPa)	Bend elastic constant (MPa)
PC	61	93	2400	2300
m-PPE	55	95	2500	2500
PA6 (dry)	80	111	3100	2900
POM	64	90	2900	2800

注記

① 使用樹脂: 非強化の標準グレード

② 試験方法: 引張特性 JIS K7161-1994

曲げ特性 JIS K 7171-1994

本間精一: 設計者のためのプラスチックの強度特性、p57, (2008), 工業調査会

40

8.(5)工業材料としてのプラスチック

Material	density (g/cm ³)	deflection temperature under load (°C)	bend elastic constant (Gpa)	Tensile strength (Mpa)
General-purpose plastic	0.9-1.1	50-150	1-5	25-50
Engineering plastic	1.0-1.5	150-200	4-10	40-160
super engineering plastics	1.2-1.5	200-300	5-15	70-200
high tension steel	7.8	1000	210	1400
aluminum	2.7	500	73	510

Note) エンジニアリングプラスチック、スーパー、エンプラはガラス繊維強化グレードを含む

41

8.(6).1 ASTM D638 Tensile properties of Plastics test

terms	unit	Definition
Tensile stress	MPa	$\sigma = W/A_0$ where A_0 =original cross-sectional area W =Load 試験中、応力をかける前の断面単位面積にかかる引張力。
Tensile strength	MPa	$\sigma_T = W_{max}/A$ where A_0 =original cross-sectional area W =Load 引張試験中に加わった最大引張応力。
Tensile strain	%	$\epsilon = \Delta L/L_0$ where L_0 =Original distance between gage marks ΔL =Increment distance between gage marks =elongation 標線間距離の増加量を、初めの標線間距離で除した値。
Total strain ,at break	%	$\epsilon_b = (L_b - L_0)/L_0$ where L_0 =Original distance between gage marks L_b =Distance between gage marks at moment of rupture つかみ具間距離の増加量を、初めのつかみ具間距離で除した値。 引張呼びひずみ
Modulus of Elasticity	MPa	$E = S1(\text{stress})/e1(\text{strain})$ 引張比例限度内における引張応力とこれに対応するひずみの比。 (tangent modulus of Elasticity)

42

8.(6).2 ASTM D790 Flexure properties of Plastics Test

terms	unit	Definition
Maximum Fiber Stress	MPa	$S = 3PL/2bd^2$ where S =stress in the outer fibers at midspan [Mpa] P =Load at a given point on the load-deflection curve [Mpa] L =support span [m] b =width of beam tested [m],and d =depth of beam tested [m]
Flexural Strength Bending Strength	MPa	
Maximum strain in the outer fibers mm/mm ,	mm/mm	$r = 6Dd/L^2$ where r =Maximum strain in the outer fibers mm/mm , D =Maximum Deflection of center of the beam [mm] L =support span [mm],and d =depth [mm]
Modulus of Elasticity	MPa	$E_b = L_3m/4bd^3$ where E_b =modulus of Elasticity in bending [Mpa] m =slope of the tangent to the initial straight-line portion of the load-deflection curve [Mpa]of deflection L =support span [m] b =width of beam tested [m],and d =depth of beam tested [m]

43

8.(6).3 ASTM D695 Compressive properties of Rigid Plastics test

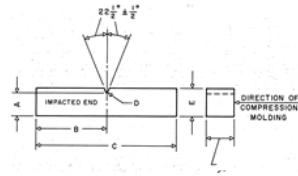
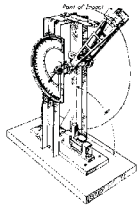
terms	unit	Definition
Compressive Strength	MPa	$\sigma_c = W_{max}/A_0$ where W_{max} =Maximum compressive Load A_0 =original minimum cross-sectional area of the specimen
Compressive Yield Strength	MPa	$\sigma_{cylid} = W_{max}/A_0$ where W = compressive Load carried specimen at the yield point A_0 =original minimum cross-sectional area of the specimen
Modulus of Elasticity	MPa	$E_c = \Delta(\sigma_2 - \sigma_1) / \Delta(\epsilon_2 - \epsilon_1)$ where E_c =modulus of Elasticity in compressing [Mpa] m =slope of the tangent to the initial straight-line portion of the load-deflection curve [Mpa]of deflection $\Delta\epsilon$ = the compressive stress ,measure from the point where the extended tangent line intersect the strain-axis.

44

8.(6).4 ASTM D256

Impact Resistance of plastics test

terms	unit	Definition
Izod impact value IZOD Impact strength	kJ/m^2	$\alpha_{ki} = E/(bh) \times 10^3 [\text{kJ/m}^2]$ where E = Energy required to break the Test specimen.[J] b = Width of the test specimen .[mm] width of specimen shall be in accordance with section. h = The thickness of the notch portion of the test specimen[mm]



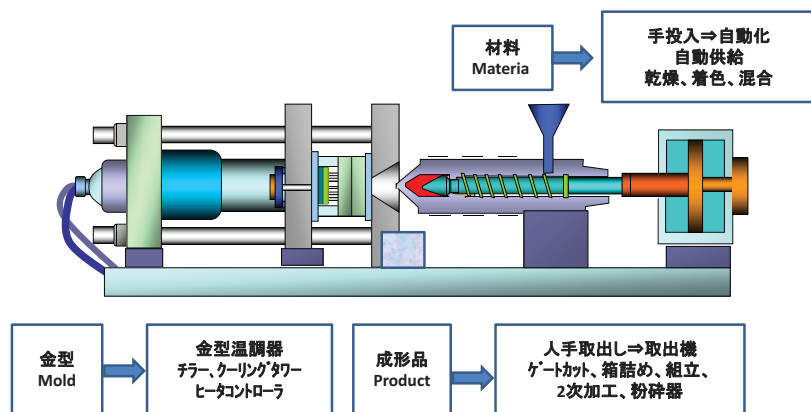
目次

	項目		ページ
1	射出成形設備機器の概要	1～4	P3～6
2	金型交換方式	1～8	P7～14
3	金型取付方式	1～5	P15～19
4	射出成形機の仕様	1～2	P20～21
5	金型	1～2	P22～23
6	材料供給	1～11	P24～34
7	材料乾燥	1～7	P35～41
8	金型温調	1～4	P42～45
9	粉碎機	1	P46
10	取出機	1～2	P47～48

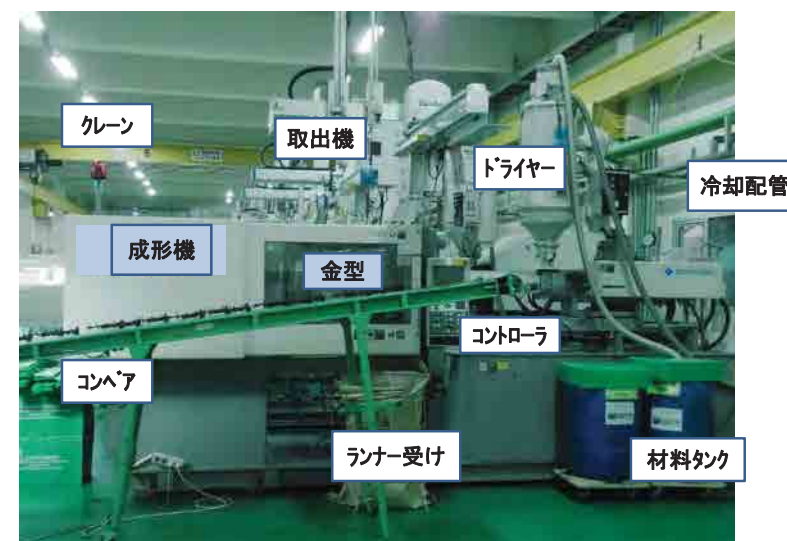
射出成形設備機器の概要-1

成形機は手動成形・半自動成形(人手による製品取り出し)も可能。品質安定には一定サイクルでの成形作業が必要。

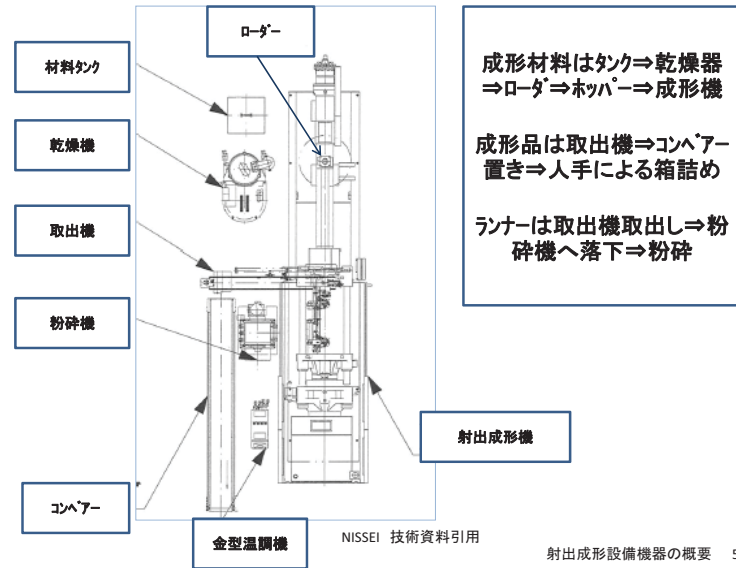
省力化・品質向上・品質安定・生産性向上のため色々な周辺機器が目的に
合わせ使用される。



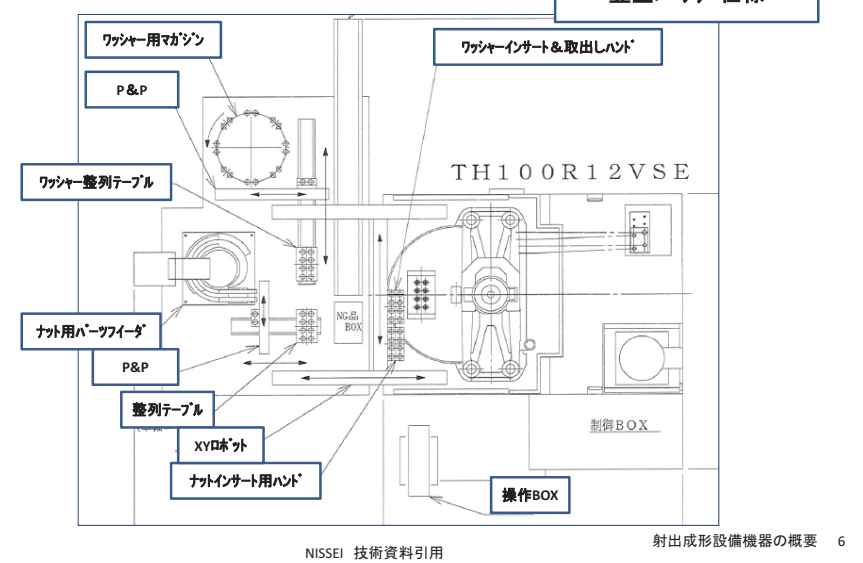
射出成形設備機器の概要-2



射出成形設備機器の概要-3



射出成形設備機器の概要-4

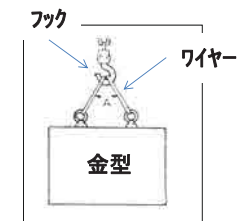
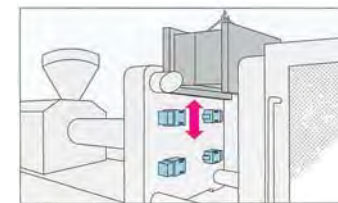


金型交換方式-1 概要

システム	使用ツール	挿入方向	その他
手動	クレーン使用する	天側より挿入	一般的
	クレーン使用しない	人手で交換	小型、特殊型
自動	交換装置使用	交換装置使用 横入れ多い	固定式、可搬式 クレーンで装置にセット
		固定式、可搬式 横入れ	シングル段取り FMS対応

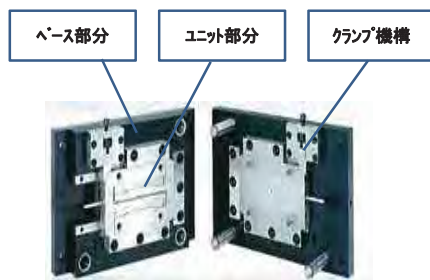
金型交換方式-2 クレーンを使用・人手で交換

- 1)クレーンを使用(自走式、門形)し、人手でクランプ締付
- 2)クレーンを使用(自走式、門形)し、クランプ装置で締付
- 3)複数人での作業となり注意が必要。呼掛け確認。
吊上げ時水平になり難い、移動時揺れが多く不安定で作業性が悪い、タイバーに当たり易い。
- 4)玉掛け作業の習得必要、金型重量確認、ワイヤー確認
- 5)2本のアイボルトで吊る場合、ワイヤー角度Aは60度以下

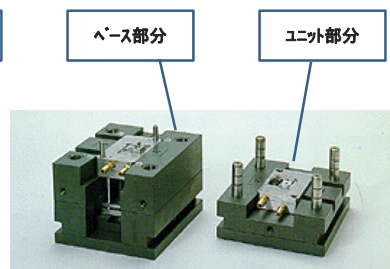


金型交換方式-3 人手で交換

- 1) 金型が小さい(重量が少ない)場合～10kgf
- 2) 特殊型(ユニット型)
ベース型は成形機に組付けてあり、製品部分(ユニット型)を交換。冷却回路ユニット取付け時自動連結。



NISSEI カタログ資料引用

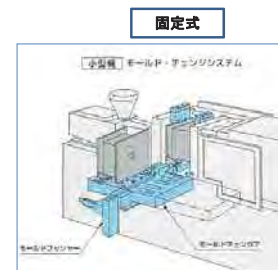


新興セルビック カタログ資料引用

射出成形設備機器の概要 9

金型交換方式-4 金型交換装置を利用し人手で交換

- 1) 小型～中型～大型
段取時間の短縮、安全性の改善、省人化
- 2) 天井を低く・クリーンルーム対応
- 3) 金型の標準化必要 取付板寸法、金型位置決め
金型クランプ装置組込
- 4) 交換装置 固定式・可搬式



ハスカル 技術資料引用



射出成形設備機器の概要 10

金型交換方式-5 金型交換装置(固定、手動式)

交換装置上にクレーンで金型を移動・設置

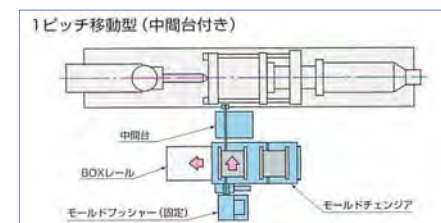
手動作業で金型を成形機に移動



射出成形設備機器の概要 11

金型交換方式-6 金型交換装置(自動)

- 1) 省人化対応、段取り時間短縮、シングル段取りの取組
金型サイズの統一、突出し位置の統一、金型クランプ装置、金型予備加熱システム、温調回路自動接続、
- 2) FMS(Flexible Manufacturing System)化の促進
材料供給・自動金型交換装置・自動樹脂替え・自動搬送など多品種少量生産のため柔軟かつ効率的に行うシステム。
- 3) シングル段取り(Single Minute Exchange of Die)
生産性向上のため段取りに要する時間を出来るだけ短縮する必要がある。
シングル段取りは機械に設置された金型の交換時間を改善によって時間短縮し、10分以内に金型交換を完了することを指す。10分以下だと、分数が単桁、すなわちシングルとなるため、シングル段取り(SMED)とも呼ばれる。

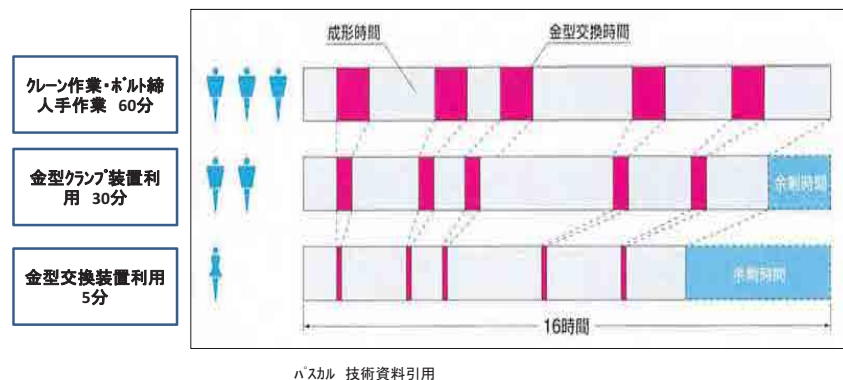


ハスカル 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 12

金型交換方式-8 金型交換作業時間比較

クレーンを使用し取付ボルト締めの場合作業時間は60分、クランプシステム使用の場合には作業時間は30分、自動金型交換装置使用の場合には5分で交換作業。(例 成形機1300ton)



射出成形設備機器の概要 13

金型交換方式-7 交換装置(自走式自動交換)

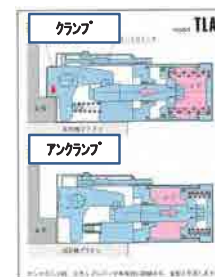
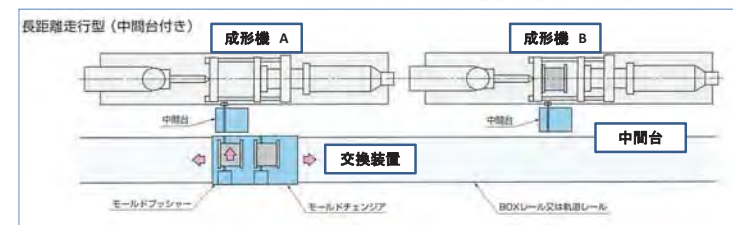


図1 全自動金型交換システム

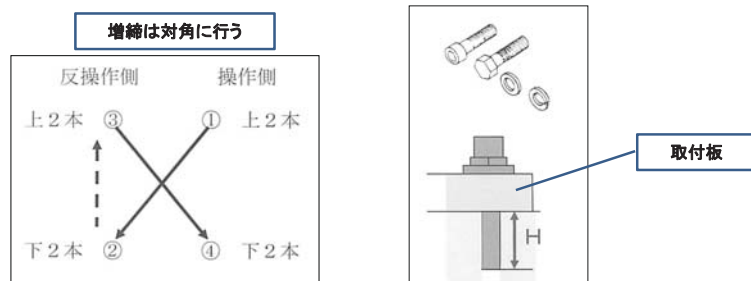


射出成形設備機器の概要 14

金型取付方式-1

1.ボルト使用、直締

- 1)固定盤ボルトピッチに合わせ取付板穴加工
- 2)成形機が異なる場合、ネジ加工位置が異なりボルト取付出来ない場合もある
- 3)ネジ山の痛んだボルトは使用しない
- 4)締込ボルト長さ注意 $H=1.5d \sim 1.8d$ (d ネジ径)
- 5)スプリングワッシャ、平ワッシャー使用



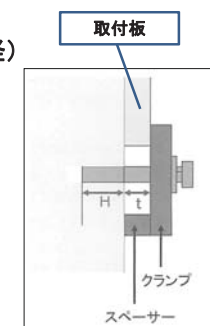
NISSEI カタログ資料引用

射出成形設備機器の概要 15

金型取付方式-2

2.クランプ使用

- 1)取付板サイズがボルト直締仕様より小さく出来る、
- 2)スペーサーは取付板厚さと同じにセットする
- 3)取付け位置により締め難く、緩みやすい。取付け方向は天地方向は避ける。
- 4)ネジ山の痛んだボルトは使用しない。
- 5)締込部ボルト長さ注意 $H=1.5d \sim 1.8d$ (d ネジ径)
- 6)スプリングワッシャ、平ワッシャー使用
- 7)クランプがタイバーなどに接触しないよう注意



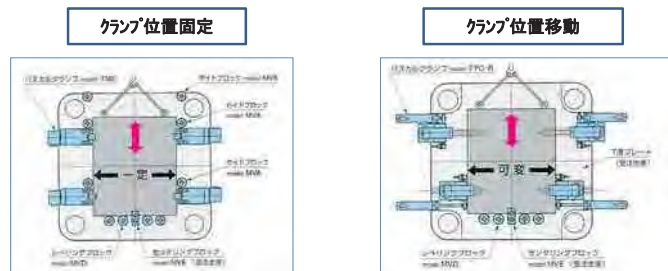
NISSEI カタログ資料引用

射出成形設備機器の概要 16

金型取付方式-3

3, 金型クランプ装置(油圧、空圧)使用

- 1) 金型交換作業は、作業性の優れない限られたスペースでの作業となり危険性を伴い、多くの時間を費やす。
- 2) 自動クランプ方式の導入は金型交換時のアンクランプ・クランプ作業がワンタッチで完了でき、作業時間の大幅短縮ができる。
- 3) クランプ位置固定、クランプ位置移動(T溝仕様)がある。



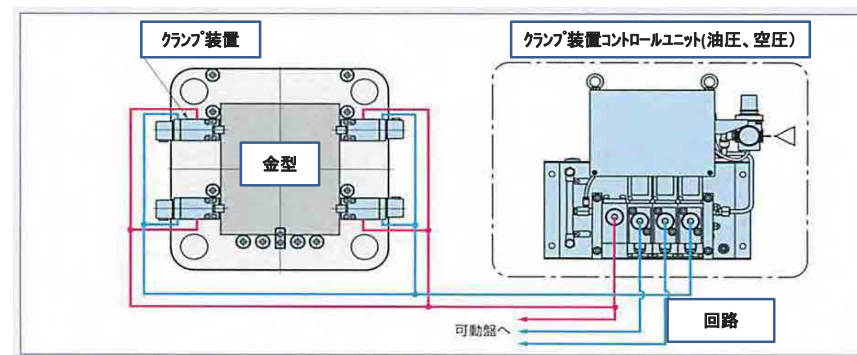
ハスカル 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 17

金型取付方式-4

金型クランプ装置回路図

クランプ駆動源は空圧か油圧が使用される



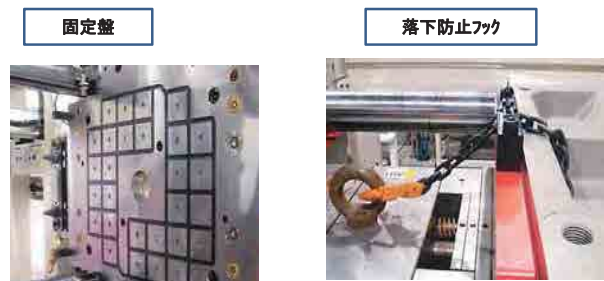
ハスカル 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 18

金型取付方式-5

4, マグネットクランプを使用

- 1) 金型サイズ'の統一は不要
- 2) マグネットクランプで環境に優しく、クリーンルームでの使用に最適
- 3) 磁力でクランプするため取付板は磁性体である事。
- 4) 人為的な誤動作などによる金型落下防止策が必要
- 5) 金型設計時にクランプ位置の考慮が不要で自由度が上がる



ハスカル 技術資料引用

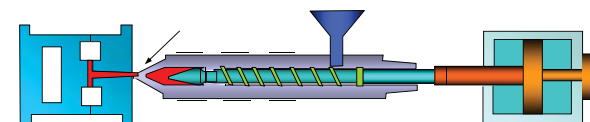
射出成形設備機器の概要 19

成形機の仕様-1

- 1、型を締め付ける力=型締力
- 2、型を取り付けるスペース=最少型厚、最大型厚、型の大きさ
- 3、樹脂量=最大射出容量
- 4、射出圧力=最大射出圧力

* 小さい成形品の場合は小さい成形機、大きい成形品の場合には大きい成形機・・・と製品の大きさ(型の大きさ)にあわせ機種を選定する。

$$\text{型締力} \geq (\text{型内樹脂圧力} \times \text{投影面積})$$



射出成形設備機器の概要 20

成形機の仕様-2

- 型締力 と 射出量 の組合せ (参考例)

* 射出体積は理論値であり使用量は70%以下とする

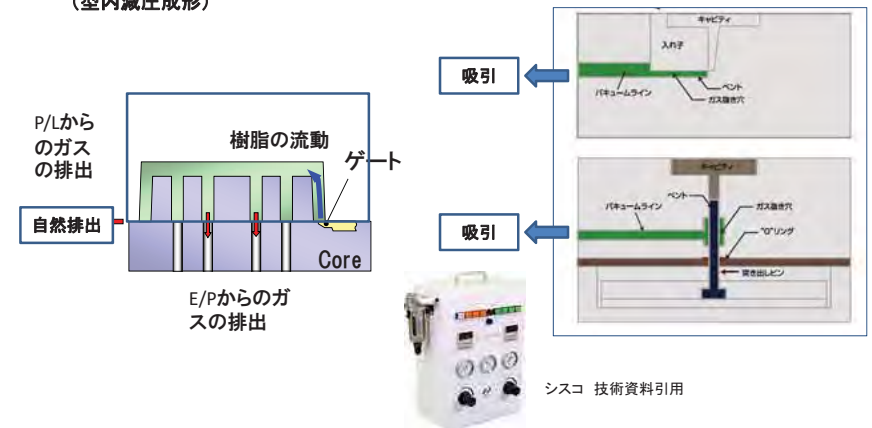
型締力 KN (ton)	射出機構	スクリーン径 Φ mm	射出体積 cm ³
784(78.4)	5E	Φ 26	49
	9E	Φ 28	69
	12E	Φ 32	101
1080(108)	9E	Φ 28	69
	12E	Φ 32	101
	18E	Φ 36	148

NISSEI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 21

金型-1 (ガス抜き装置)

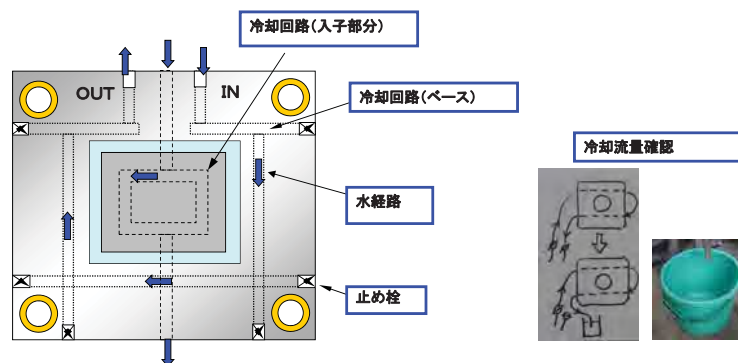
- 樹脂充填前には型内には空気がある。空気と樹脂から発生するガスを排出する構造・機構が必要。
⇒PL部のエアベント(充填末端部深さ～0.02mm)
真空ポンプを利用して金型内の空気・ガスを吸引する装置。
(型内減圧成形)



射出成形設備機器の概要 22

金型-2 (熱交換器・冷却回路)

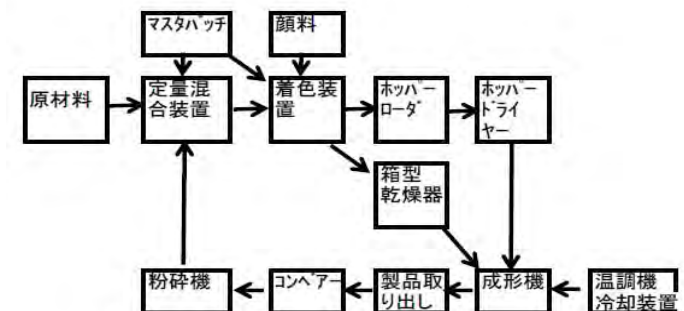
- 金型は熱交換器 ⇒ 金型温度調節機・冷却水を使用。
- 冷却効率は成形サイクルに大きく影響する。冷却回路設計は重要。
- 流路は錆等により狭められてくる。
回路のメンテ必要⇒定期的な冷却水流量の確認必要。



射出成形設備機器の概要 23

材料供給-1

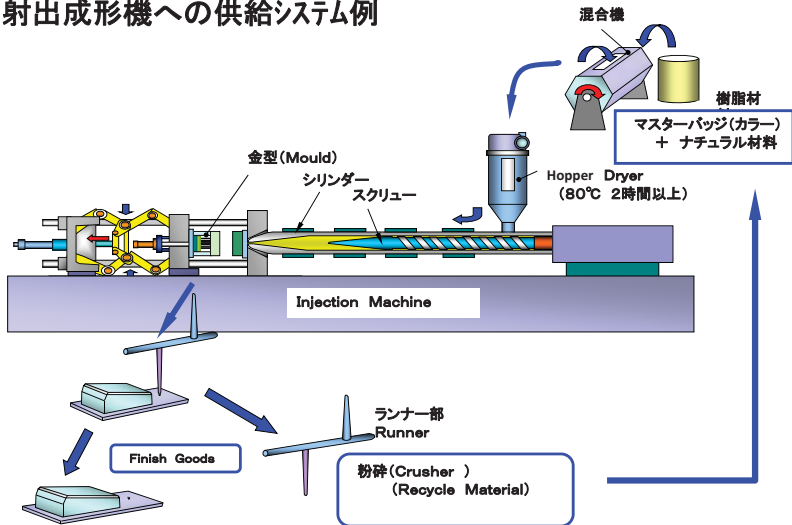
材料の流れ



射出成形設備機器の概要 24

材料供給-2

射出成形機への供給システム例



射出成形設備機器の概要 25

材料供給-3 各種着色方法の比較

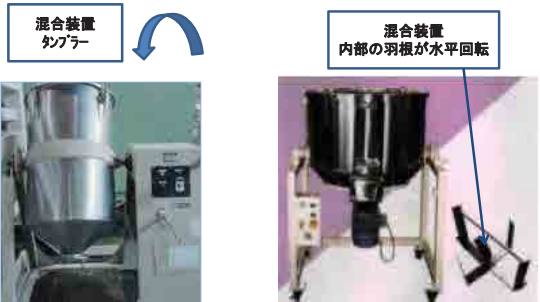
項目	ドライカラー法 混合装置	マスターバッチ法 混合装置 配合装置	コンパウンド法 ペレタイザー装置	リキッドカラー法 液体着色装置
分散性	△	○	◎	◎
飛散・汚染	×	○	◎	◎
貯蔵性	○	○	◎	○
色変え性	△	◎	◎	◎
着色コスト	◎	×～○	○	○
ランニングコスト	○	◎	×	◎

株式会社 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 26

材料供給-4 混合装置(タンブラー)

- 1)成形前工程において、パージン材に粉碎材(再生材)、マスターバッチや顔料など加え、混合・攪拌・混練する比較的簡単な装置。
- 2)混合された材料を成形機に供給し成形を行う
- 3)混合時間が不十分の場合、色ムラ等の不具合発生する場合もある。
- 4)垂直回転、V字回転、水平回転(タンク内の羽根が回転)などがある。

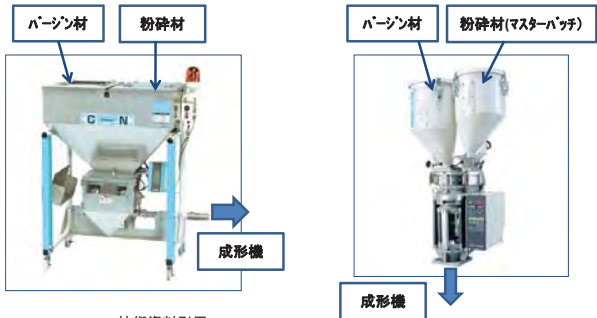


ダイコ-製鋼 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 27

材料供給-5 配合装置(体積式)

- 1)成形機とインライン工程で、パージン材に粉碎材(再生材)、マスターバッチなど加え、混合・混練移送する同期計量・同期混合装置。
- 2)混合された材料は成形機(ホッパー)に自動供給される。
- 3)混合が不十分の場合、色ムラ等の不具合発生する場合もある。



MATUI 技術資料引用

MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 28

材料供給-6 着色(混合装置)

1,マスターバッチ(masterbatch)法

- 1)マスターバッチとは、プラスチック中に所望の色の顔料を高濃度(通常5%~50%)に混入したペレット状の着色剤。
- 2)着色すべきパーजन材とマスターバッチを前工程でタンブラーを使用し混合・混練する。
- 3)着色すべきパーजन材とマスターバッチをインライン工程で配合装置を使用し混合・混合する。
- 4)射出成形機の可塑化工程で熔融され希釈・着色される。
- 5)マスターバッチはコスト的に高めとなる
- 6)マスターバッチは、主材料(樹脂)にマスターバッチで色をつけますので、主材料とマスターバッチのまぜかたが成形条件(回転数、背圧他)がポイントになる。



MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 29

材料供給-7 着色(混合装置)

2,ドライカラリング法

- 1)ナチュラルペレットと着色剤(粉末)を混合しナチュラルペレットの表面に着色剤を付着させる方法で安価な着色法。
- 2)着色すべきパーजन材と着色剤をタンブラー使用し混合・混練する。
- 2)混合装置の清掃に手間がかかる・着色剤の飛散による汚れ・ホッパ清掃に手間がかかる等の問題が多い。
- 3)ホッパーローダを使用した場合、ホース内部の清掃は不可能で色毎にホースを交換する必要がある。

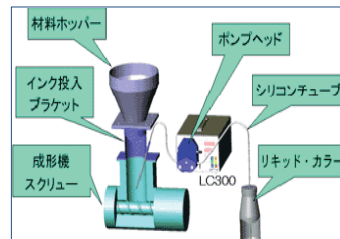
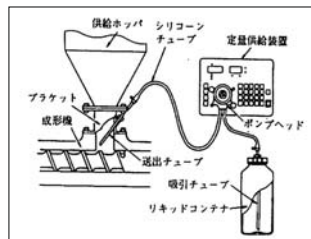


射出成形設備機器の概要 30

材料供給-8 着色(リキッド着色装置)

3,リキッドカラ法

- 1)着色剤を液体に分散させホッパ下のスクリュ部分に定吐出ポンプで直接落下させばパーजन材に着色するリキッドカラ法
- 2)色変え時にはシリコンチューブを交換



株式会社 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 31

材料供給-9 着色(ペレタイザー装置)

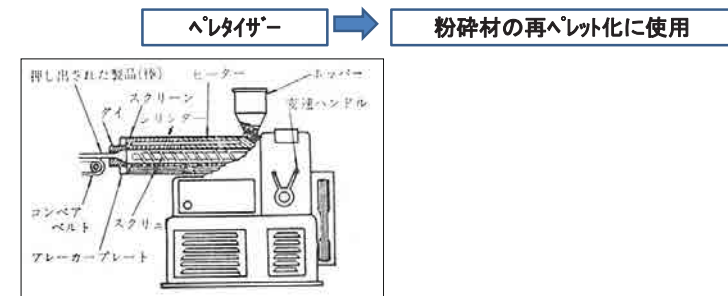
4,ペレット着色法

- 1)ペレットに着色剤を混合し押出機で混練するペレット着色法

材料メカ、着色メカにおいて作業される。

特殊例として

- 1)粉碎材とパーजन材を混合し使用する場合、材料の粒度が異なり可塑化時間のバラツキが発生し成形品品質に影響を与える場合がある。
- 2)粉碎材をペレタイザー使用し再ペレット化を行い可塑化時間を安定させる。

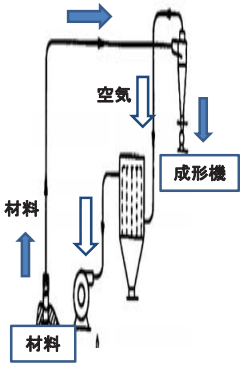


射出成形設備機器の概要 32

材料供給-10 ホッパ・ローダ

1.吸引式ホッパ・ローダ

- 1)床に置かれた材料袋に差し込んだパイプ内を減圧することによって、材料を成形機のホッパに供給するタイプ。
- 2)ホッパ・ローダ内の成形材料が無くなると、バランスウェイトによりダンパーが閉じ、LSが作動しタイマーが始動、ブローが回転し材料の吸い込みが開始される。
- 3)設定時間が経過するとブローは停止し、吸引された材料はその重さによってダンパーを押しあげ落下する。
- 4)ホッパ・ローダ内の材料が前部落下すると再びダンパーが閉じ、LSが作動しブローが回転・材料の吸い込みが再開される。
- 5)ホッパ・ローダを使用すると、成形材料を自動供給するだけでなく、高いところにあるホッパに材料を持ち運ばなくても良いので堅型成形機・大型成形機には重宝。

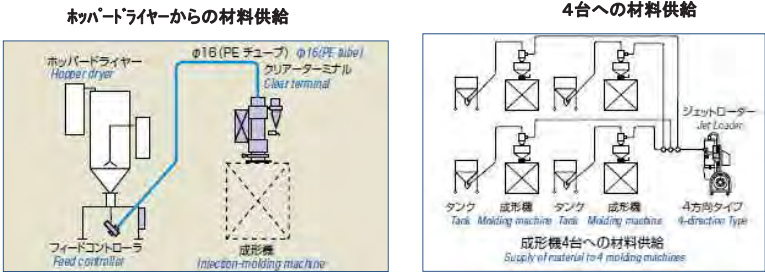


射出成形設備機器の概要 33

材料供給-11 ホッパ・ローダ

2.圧送式ホッパ・ローダ

- 1)空気でペレットを輸送する方式で大容量・長距離の輸送に適している
- 2)輸送時のパイプ内流速が速いので、配管材料の選定を誤るとパイプ内部の摩耗が発生する。



MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 34

材料乾燥-1 材料乾燥の目的

- 1)吸着水分の影響によるトラブル(外観不良・強度不良)対策
- 2)成形材料により吸湿性が異なる。一般的な乾燥条件をもとに材料乾燥を実施する。
- 3)材料が吸湿していると銀条、くもり、透明不良など外観不良が発生。
- 4)揮発分が多くなりウェルドラインが目立ち転写不良も発生。
- 5)材料(PC、PET他)によっては加水分解を起こし分子量低下⇒衝撃強さが低下する。

PC 射出成形時における吸湿量の影響 S-2000(分子量 2.5x10⁴)
落下衝撃破壊試験は2.13kgの重錘(先端10R)を10mより落下させる

吸水率 %	成形品分子量	落下衝撃破壊率 (%)			成形品外観
		延性破壊	ぜい性破壊	全破壊率	
0.014	2.5x10 ⁴	0	0	0	良好
0.047	2.4x10 ⁴	30	0	30	良好
0.061	2.4x10 ⁴	50	0	50	良好
0.067	2.4x10 ⁴	90	0	90	銀条若干発生
0.200	2.2x10 ⁴	20	80	100	銀条・気泡発生

三菱ユービロン 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 35

材料乾燥-2

標準的材料乾燥条件

材料名	乾燥温度 °C	乾燥時間 Hr	許容水分 %
PC	110～120	4以上	0.03以下
PBT	120～130	4	0.02以下
PA-66	80～120	4～5	0.02以下 真空乾燥
ABS	80～90	3～4	0.1以下
PMMA	70～75	4～5	0.1以下
POM	80～90	4	0.09以下
AS	80～90	3	0.1以下
PPS	120	4	0.1以下

NISSEI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 36

材料乾燥-3 ホットドライヤー(熱風式)

1, ホットドライヤーは成形材料に付着している水分を除去し、連続的に成形機に送る装置で吸湿性のある材料には欠かせない装置である。ホットドライヤーには、熱風式、除湿式・真空式がある。

2, 熱風式ホットドライヤー

- 1) 送風機により乾燥機外部より吸入された空気はヒーターにより加熱され、熱風として円筒形乾燥室内に吹き出される。
- 2) 乾燥室内の材料粒子間を熱風が通過し材料が乾燥される。
- 3) 材料粒子間を通過し熱交換され吸湿した熱風は乾燥機外部に排出される。
- 4) 吸気・排気フィルターの清掃が必要。
- 5) 機上式(成形機ホッパー部に組付け)、床置きがある。

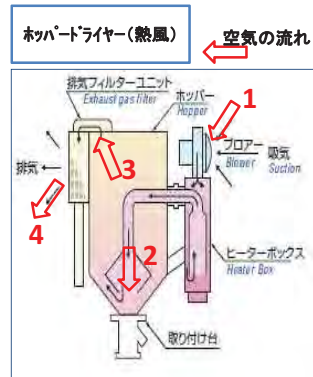
機上式



床置き式



MATUI 技術資料引用



MATUI 技術資料引用

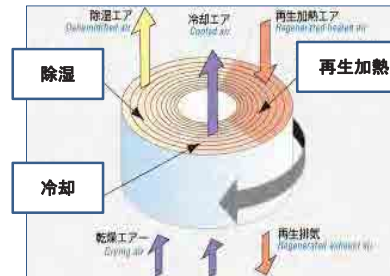
射出成形設備機器の概要 37

材料乾燥-4 ホットドライヤー(除湿式)

1, 除湿式ホットドライヤー

- 1) 空気中の絶対水分量の多い梅雨期や夏期では、許容吸湿量が小さい樹脂の場合、熱風乾燥機では十分な乾燥が出来ないことがある。
- 2) 樹脂を乾燥し吸湿された熱風を装置外に排出せず除湿⇒乾燥⇒加熱し乾燥容器内に送り込み樹脂を乾燥する循環タイプ。
- 3) ハニカムローターは除湿・再生・冷却の3ゾーンから構成されている。
- 4) 除湿ゾーンでは乾燥ホッパーに投入する空気の水分を吸着する。
- 5) 再生加熱ゾーンでは吸湿ゾーンで吸着した水分を加熱蒸発させ、ハニカムローターを再生する。
- 6) 冷却ゾーンでは再生時に温度上昇したハニカムローターを除湿最適温度まで降温する。

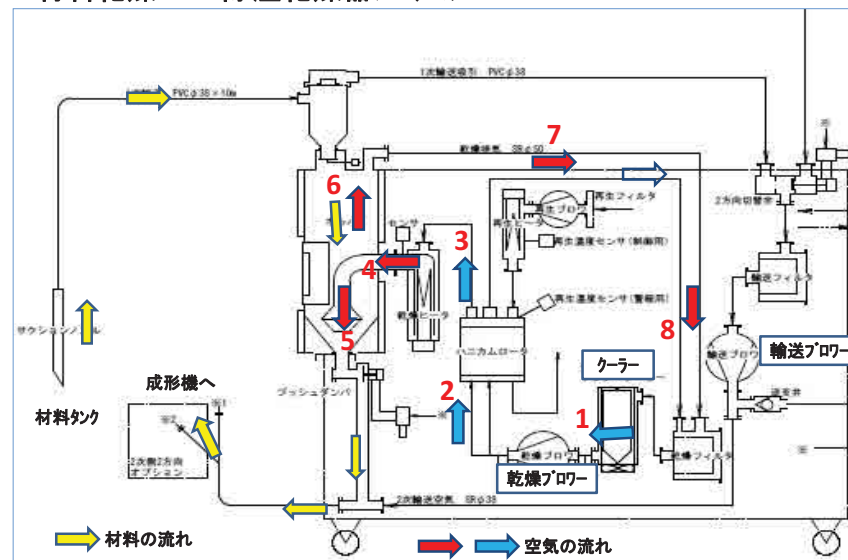
これら3つのゾーンの機能により、ハニカムローターは-40℃の安定した低露点を実現し、吸着剤の交換をしなくても初期性能を維持している。



MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 38

材料乾燥-5 除湿乾燥器システムフロー

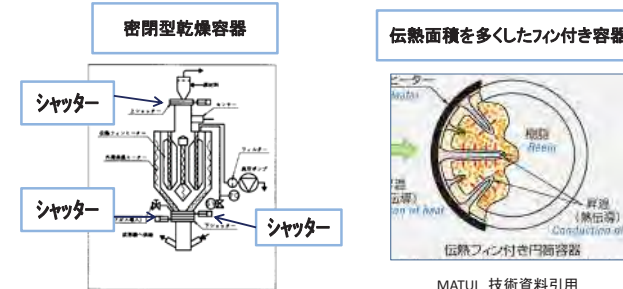


MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 39

材料乾燥-6 ホットドライヤー(真空式)

- 1) 乾燥容器内を密閉し、内部を真空(大気圧より減圧)にし伝熱による乾燥方式。
- 2) 水の沸点が大気圧より下がるため通気式の乾燥機よりも早く水分が蒸発し乾燥時間の短縮が出来る
- 3) 真空中で乾燥させるため、金型汚れの原因となる機発生成分も除去される。その結果金型汚れが減少し、金型メンテナンス頻度が低減する
- 4) 真空乾燥、低温度乾燥は酸素濃度が低い状態での乾燥となり 酸化や黄変させないで乾燥出来る利点がある。又、断熱構造の真空タンク内で加熱しますので必要最低限の熱源で済み、ランニングコストが少ない。



MATUI 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 40

材料乾燥-7 箱形乾燥器(熱風循環式)

- 1)箱容器内部の外周にヒーターを備え、容器内の空気をファンで循環させて、内部の成形材料を乾燥させる装置である。
- 2)乾燥容器内に棚を作り熱風の通過面積を大きくするように作られている。
- 3)熱風循環式は比較的簡易に材料を均一加熱できるのが大きな利点であるが外気湿度に影響されることもあって湿度が高いときには乾燥状況に留意する。
- 4)乾燥皿に入れる材料は厚さ25～30mm以下とする
- 5)成形機への移送は人手となるため大量生産には不向きである。



MATUI 技術資料引用

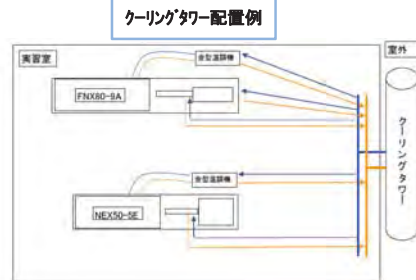
金型温調-1 冷却の概要

- 1)金型は熱交換器 ⇒ 成形サイクルに見合った冷却水(冷水・温水)を金型の送り込む必要がある。
- 2)流量不足、吐出圧力不足の場合には冷却効率が低下し金型冷却不足となって成形サイクルが長くなったり成形品品質不良が発生する。
- 3)工場の冷却水や金型温調機(冷却水、温水、油)、ヒーター(特殊型)を使用する方法がある。

分類	温度 °C	備考
水道水	20～35°C	費用がかさむ、試験機レベルに使用
工場冷却水	20～35°C	気温の影響、クーリングタワー設置環境の影響大きい、水質管理重要
金型温調機	給水+10～90°C	標準的仕様
	給水+10～120°C	高温まで可能、特殊仕様
金型冷却機	5～35°C	冷却(冷水)
金型冷温調機	給水+10～90°C	冷水、温水の2系統あり
金型温調機	60～200°C	油仕様 高温に注意
ヒーター	100～	特殊型、熱硬化性樹脂型、制御装置必要

金型温調-2 工場冷却水使用(クーリングタワー)

- 1)クーリングタワー(冷却塔)とは、水を蒸発させることで気化熱を利用し水温を下げ、再び冷却水として利用する空調設備で外気温度の影響を受けやすい。
- 2)水を循環させる過程において、水分中に含まれるカルシウム等が蒸発せずに残留し、徐々に濃縮され、次第に溶けきれなくなったものがクーリングタワーの設備や金型内部、配管内部に付着し、スケールとして堆積していく。循環→蒸発→補給→カルシウム濃度上昇→スケール析出となる。
- 3)熱交換部にスケールや藻が付着し熱交換効率が低下するため(熱交換部の定期的清掃、点検、水質検査(水質改善、水処理剤の使用))が必要。



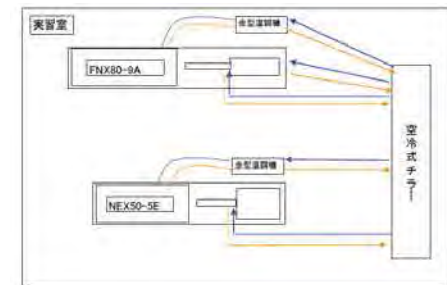
NISSEI 技術資料引用

金型温調-3 冷却機、冷温調機

- 1)ハイサイクル成形などで金型温度を低温度に保ちたい場合には冷凍装置付きの金型温調機を使用し金型に冷却水(約10°C)を循環させる。
- 2)結露しやすいため成形終了後のメンテナンス等錆対策が必要。成形終了前に冷却水をストップし金型温度が室温以上に上がったら終了。あるいは成形終了後金型PLを開いた状態でキャビコア表面温度が室温まで上がってから錆止め処理を行う。

温調機の種類と設定温度

温調機	給水+10～90°C
温調機	給水+10～120°C
金型冷却機	5～35°C
金型冷温調機	周辺温度+10～90
金型温調機	油 60°C～200°C

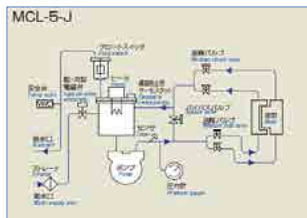


MATUI 技術資料引用

NISSEI 技術資料引用

金型温調-4 金型温調機

- 1)水や油などの熱媒体を加熱し金型内に圧送し金型と熱媒体の間で熱交換し金型温度を一定に保つための装置、
- 2)熱媒体温度を昇温させるヒータ、降温させる冷却水回路、ポンプ、制御回路等より構成されている。
- 3)制御温度範囲により冷却機(冷凍機)、温調機、冷温調機、温調機(高温)熱媒体により水、油に分類される。
- 4)使用する金型、成形機にあわせた吐出量に余裕ある機種を選定が必要。



MATUI 技術資料引用

吐出側



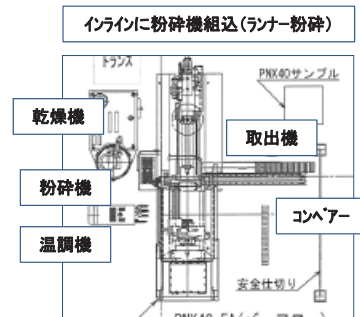
中継ブロックより配管



射出成形設備機器の概要 45

粉碎機-1

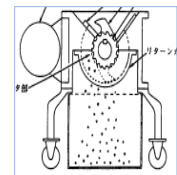
- 1)スプール・ランナや不良品を再利用する場合には、これらを粉碎しなければならない。
- 2)ランナー粉碎は成形直後のインラインで行う場合と、後工程でまとめて粉碎する場合がある。
- 3)粉碎粒が大きい場合には喰い込み不良や可塑性不均一による成形不良に結び付く場合がある。又、粉碎によって発生する粉末も焼け等の成形不良発生原因になり得るので取り除いて使用するのが望ましい。(粉取装置)
- 4)精密成形や小型成形機の場合には計量不安定要因を取り除くためベレタイザーを使用し再ベレット化することが多い。
- 5)粉碎作業終了時に清掃作業を行い粉碎材料が残っていない状態にしておく。清掃不十分な場合には異材混入で色目が変わったり、強度不足等の品質問題が発生する。
- 6)後工程でまとめて粉碎する場合には他のランナーやゴミ等が入らないように管理する。



NISSEI 技術資料引用



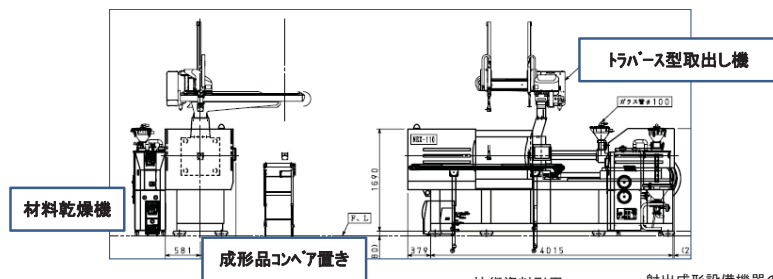
HARMO 技術資料引用



射出成形設備機器の概要 46

取出し機-1

- 1)一般に取出しロボットは首振り型、トラバース型が主流でありハイサイクル化のため動作の高速化が進んでいる。首振り型は主に小型成形機に使用されている。
- 2)ロボットアームは金型が開いた時下降して成形品あるいはランナをチャックして上方に取出すが高速化のため横出しロボットが使用されている。
- 3)成形品を掴んで金型から抜き出し、その場所で落下させる。取出し後コンベア上まで移動し離す。取出し後、ゲートカット動作を行う。製品を箱詰したりストッカーに整列させる等色々の動作選択が出来る。



HARMO 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 47

取出し機-2

- 1)使用する成形機・金型・後工程との連動方法により仕様が決定される。

取出し機の種類(概要)

成形機	取出機	金型	駆動源	動作
横型 縦型 特殊機	スイング トラバース 縦型 床置き	2P 3P	エア エア、サーボ サーボ	ランナーチャック 製品チャック 製品吸着 ゲートカット 不良排出 ストッカ詰め 粉碎機排出

トラバース



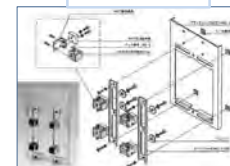
スイング



縦型



簡易チャック



HARMO 技術資料引用

射出成形設備機器の概要 48

M3 射出成形設備機器

M3-2 射出成形機の種類とその構造

28/Feb～1/Mar/2011

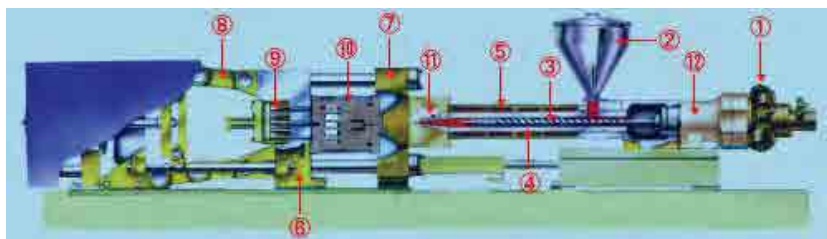
1

目次

1	成形機構成名称	1～2	P3～P4
2	成形機の種類	1	P5
3	駆動方式による分類	油圧 電動 ハイブリッド	1～13 1～4 1～2 P6～P18 P19～P22 P23～P24
4	型締装置による分類	トグル 直圧 他	1～5 1～7 1 P25～P29 P30～P36 P37
5	射出装置による分類	プランジャー プリプラ インラインスクリュー	1～3 1～2 1～4 P38～P40 P41～P42 P43～P46
6	構成による分類	横型 縦型 他	1 1 1 P47 P48 P49

2

成形機構成名称-1



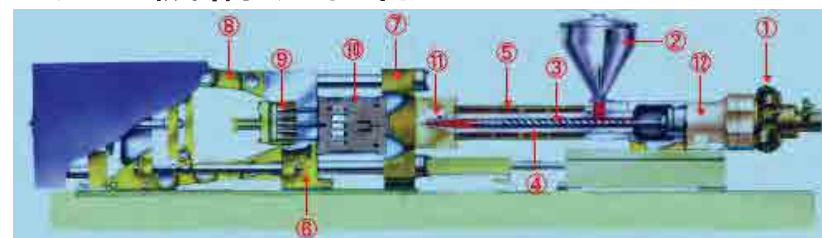
型締装置(トグル式)・射出装置の断面図(油圧式)

- | | | |
|---|---------|--------------------------|
| 1 | 油圧モータ | スクリューを回転させ |
| 2 | ホッパー | 材料を入れる |
| 3 | スクリュー | 樹脂の移送・可塑化 |
| 4 | 加熱シリンダー | スクリューと合わせ可塑化を行う |
| 5 | バンドヒータ | 外部加熱により内部に熱量供給の役目 |
| 6 | 可動盤 | 可動型を取り付ける。毎ショット開閉動作が行われる |

www.geocities.jp/tukuba777/

3

成形機構成名称-2



型締装置(トグル式)・射出装置の断面図(油圧式)

- | | | |
|----|----------|-----------------------|
| 7 | 型置盤 | 金型固定側を取り付ける。固定されている |
| 8 | トグル | トグル式型締装置 |
| 9 | 突出しシリンダー | 可動型より成形品を突出す |
| 10 | 金型 | 製品と相似形した空間を有し分割される |
| 11 | ノズル | 金型にここから射出される |
| 12 | 射出シリンダー | スクリューを移動させ金型内に樹脂を送り込む |

www.geocities.jp/tukuba777/

4

成形機の種類

	分類項目			
1	駆動方式	油圧式	電動式	ハイブリッド式
2	型締装置	トルク式	直圧式	トルク+直圧
3	射出装置	プランジャー	プリプレ	インラインスクリュー
4	構成	横形	縦形	他

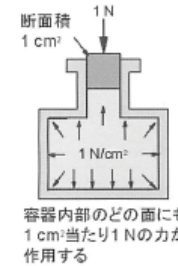
5

駆動方式による分類 油圧-1

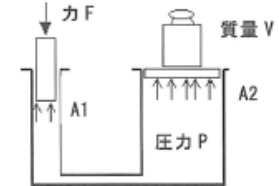
1)油圧の基礎知識 ～ パスカルの原理

密閉容器中の流体は、その容器の形に関係なく、ある一点に受けた単位面積当りの圧力をそのままの強さで、流体の他のすべての部分に伝える。

油圧装置は大きな力を出せる。力 F を10Nとし $A2/A1=10$ 倍とすると $A2$ に発生する力は100Nとなる。実際の油圧装置では力 F を加えた部分はポンプ、大きな $A2$ 部分は型締シリンダ、射出シリンダにあたる。



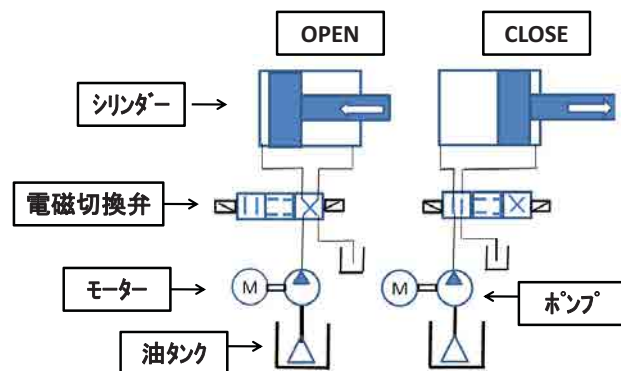
NISSEI Escuela Texto



6

駆動方式による分類 油圧-2

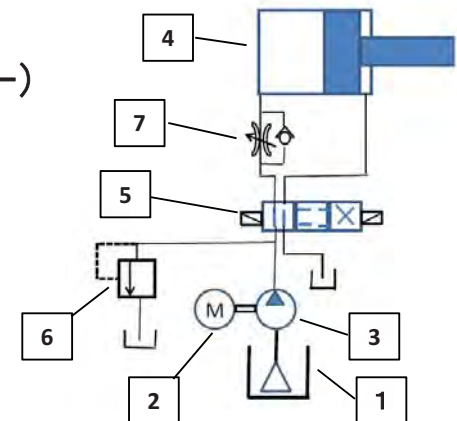
1)電動機(モーター)により油圧ポンプを駆動し、発生する油圧によりシリンダーを動作し機構を駆動する。



7

駆動方式による分類 油圧-3

- 1.油(油タンク)
- 2.モーター(電動モーター)
- 3.ポンプ
- 4.シリンダー
- 5.電磁切換弁
- 6.圧力調整弁
- 7.速度調整弁



8

駆動方式による分類 油圧-4

1.油

1)動粘度 (centistokes) 43～65cst/40℃ (ISO)

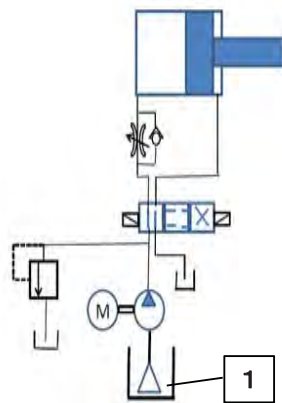
- ・粘度高すぎる 機器の作動不良
- ・粘度低すぎる 油漏れの増大、圧力維持困難

2)粘度指数 VI (Viscosity Index)

温度が上昇すると粘度は低下する
粘度の増減が少ないものが良い
指数が大きいほど使用できる温度範囲が広い VI90以上

3)適合作動油として

適当な粘度 (43～65cst/40℃) をもち粘度変化の少ない (VI90以上) のもの、
例えば MOBIL DTE25 (ISO46)

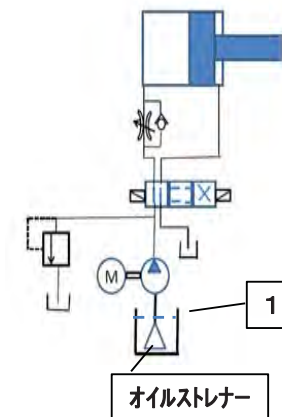


9

駆動方式による分類 油圧-5

1.油取扱いの注意

- 1)オイルレベル(油面高さ)を点検。不足の場合には補給する。
- 2)なぜ不足か？ 油漏れていることが予想される
- 3)作動油温度を適温で管理する 35℃～50℃
- 4)オイルストレーナーを定期的に掃除する。サクション抵抗の増大を防止
- 5)ポンプの異常音や振動に注意し、異常時にはただちに停止し点検する。



10

駆動方式による分類 油圧-6

2.電動機

ポンプを回転し機械エネルギーを圧力と流体エネルギーを与える

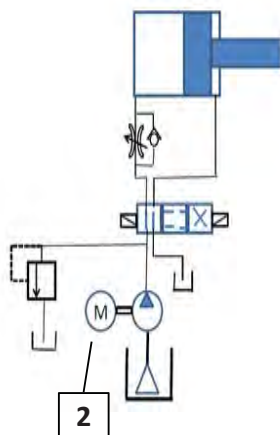
電動機の種類

1) 交流三相電動機 (200V 3相 60Hz)

毎分の回転数 = $2 \times 60 \times \text{周波数} / \text{極数}$

2)サーボモーター

入力された回転速度のもとに必要な分量だけ回転するよう回転数と回転の分力を正確に制御できる装置を備えたモーター



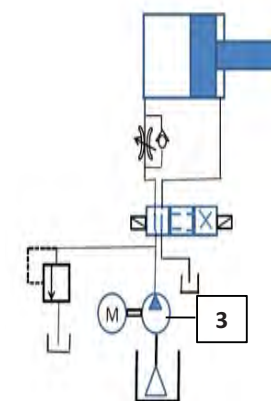
11

駆動方式による分類 油圧-7

3.ポンプ

- 1)電動機より機械エネルギーを受け、油に圧力と流体エネルギーを与える。
- 2)ポンプの種類

ギヤポンプ	吐出圧6.9MPa (70kgf/cm ²) 以下の低圧用
ベーンポンプ	吐出圧6.9～13.7MPa (70～140kgf/cm ²) の中圧用
ピストンポンプ	吐出圧13.7～20.6MPa (140～210kgf/cm ²) あるいはそれ以上の高圧用



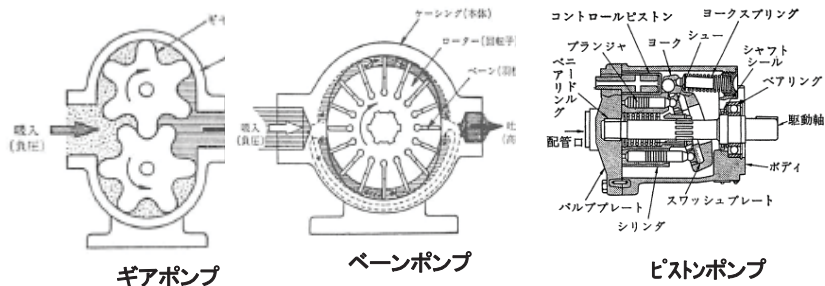
12

駆動方式による分類 油圧-8

3.ポンプ

1)電動機より機械エネルギーを受け、油に圧力と流体エネルギーを与える。

2)ポンプの種類



NISSEI Escuela Texto

13

駆動方式による分類 油圧-9

3.ポンプ

1)電動機より機械エネルギーを受け、油に圧力と流体エネルギーを与える。

2)ポンプの種類

①固定吐出量タイプ

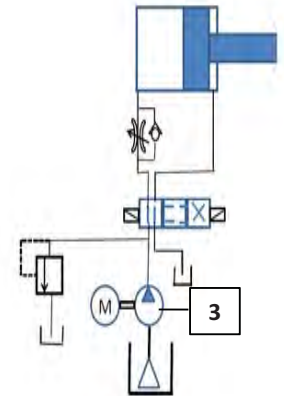
1回転あたりの吐出量が変わらない
変えるためには

- ・回路の流量調整弁で変える
- ・ポンプの回転数を変える

②可変吐出量タイプ

1回転あたりの吐出量が変わる

* 最新 サーボモータを使用し必要な時だけ
ポンプを回転させる



14

駆動方式による分類 油圧-10

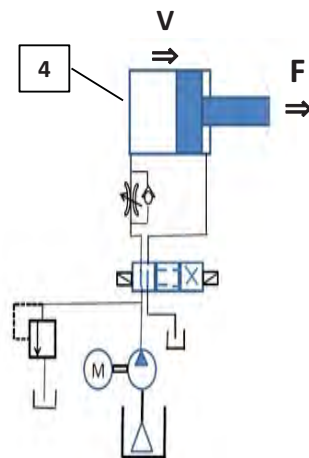
4.シリンダー

1)油圧のもつ流体エネルギーを機械エネルギーに変換するもの

2)油圧力をP[Mpa]としシリンダー有効受圧面積をA[cm²]とするとF=A・P

3)作動速度V[m/min]は油の流量Q[l/min]に比例し、有効受圧面積A[cm²]に反比例します。
 $V=Q/A$

シリンダー面積 (A)	力 (F)	速度 (V)
大きい	大きい	遅い
小さい	小さい	早い



15

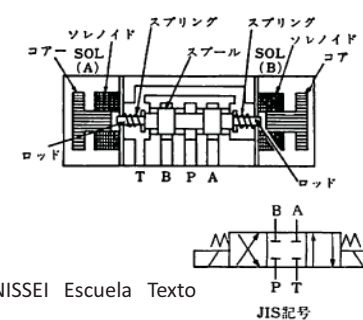
駆動方式による分類 油圧-11

5.電磁切換弁

1)1個のシリンダーでも往復運動をさせるためには切換弁が必要。

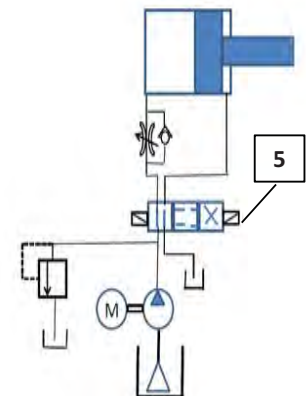
2)切換弁のほとんどが電磁切換弁

3)電磁コイルに通電し磁気作用を利用し内部の流路切換えを行う。



NISSEI Escuela Texto

JIS記号

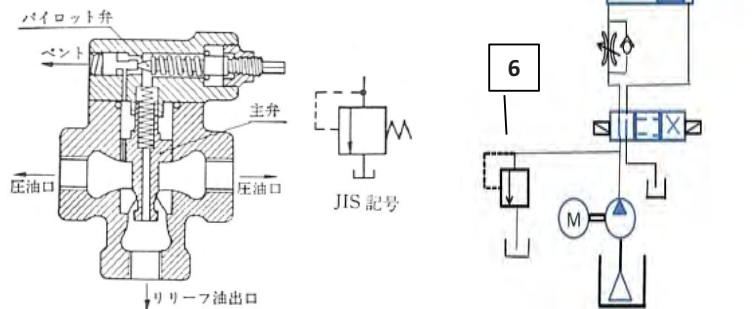


16

駆動方式による分類 油圧-12

6.圧力制御弁

- 1)油圧が設定値に達すると油をタンクに戻しそれ以上圧力が上がらないように制御する
- 2)ポンプと切換弁の間に設置され安全弁の働きをする



NISSEI Escuela Texto

17

駆動方式による分類 油圧-13

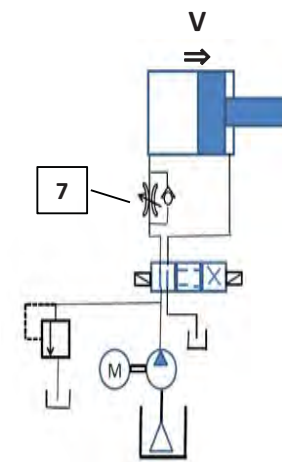
7.流量制御弁(速度制御弁)

- 1)ピストンの移動速度を制御するために使用する流量制御弁
- 2)作動速度 $V[m/min]$ は油の流量 $Q[l/min]$ に比例し、有効受圧面積 $A[cm^2]$ に反比例します。

$$V=Q/A$$

(小径は速く動かす事できる)

* 圧力・流量を調整できる機能を組み込んだ比例弁が主流



18

駆動方式による分類 電動-1

- 1).各部の動作を油圧装置に頼らずにサーボモータにより駆動する方式で基本構造は油圧式成形機とほとんど変わらない。

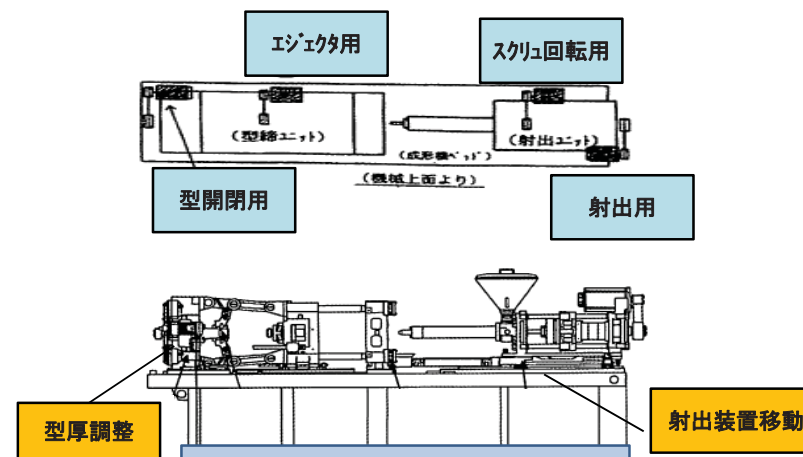
2)特徴として

- ①通常4つ以上の独立したモーターにより、型開閉、射出、突き出し、計量ができるため、成形工程を並列進行させることが可能になり、結果的に成形サイクルを短縮できる。
- ②消費電力エネルギーが油圧式成形機(標準的な油圧式)に比較して大幅に少ない。(一般的な数値として -30%~45%)
- ③ 油を使用しないので成形環境がクリーンとなり、食品容器や医療関係の成形では好都合である
- ④型締装置はトルク式がほとんど

19

駆動方式による分類 電動-2

- 1)サーボモータの使用箇所(トルク型締) サーボモータ 4個 モータ 2個



NISSEI Escuela Texto

20

駆動方式による分類 電動-3

1. 電動式と油圧式のモータ容量比較

80Tonf での比較例

	電動式 KW	油圧式 KW ハイブリッド	油圧式 KW
射出	25		
スクリュウ回転	6.5		
型開閉	5.5		
エジェクタ	2		
型厚調整	0.2		
射出装置移動	0.2		
メインモータ		15	15
消費電力	()	()	1

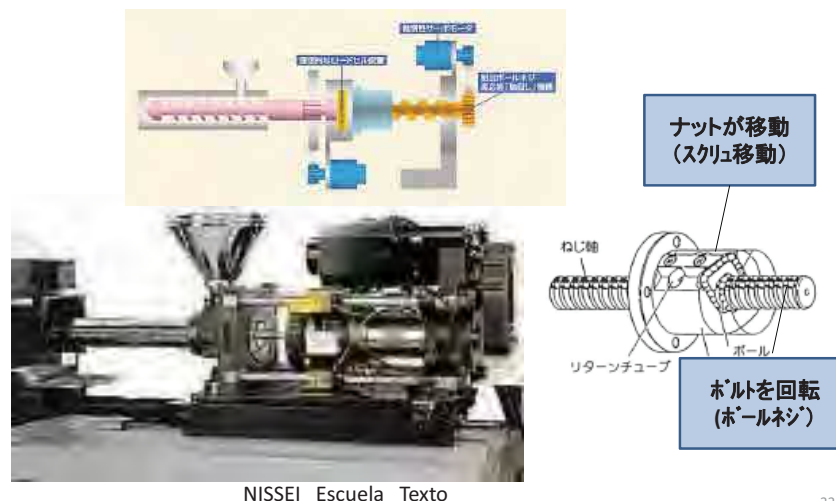
消費エネルギー比較は参考値

NISSEI Escuela Texto

21

駆動方式による分類 電動-4

1) スクリュ駆動はボールネジ回転による



22

駆動方式による分類 ハイブリッド-1

1) 油圧式と電動式の特徴を利用した成形機

油圧式直圧型締め	大きな力出し易い メンテナンス容易、長寿命、
電動式 トルク式が殆ど	高速射出、応答性 高再現性、低稼働音
ハイブリッド式 (成形機メーカーにより 取組内容は大きく 異なる。)	サーボモータによりポンプを稼動 型締め発生工程に油圧利用 射出装置は電動式使用 油圧式型締め装置と電動式射出装置を組み合わせ サーボモータ駆動による型開閉と油圧式高圧型締を 融合 ハイブリッド型締め装置 型開閉に複数のサーボモータ

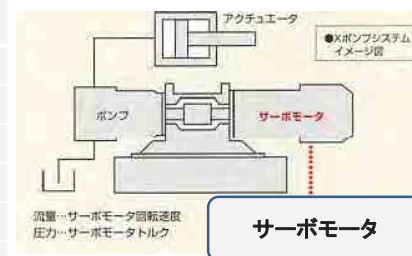
23

駆動方式による分類 ハイブリッド-2

1. 電動式と油圧式のモータ容量比較

80Tonf での比較例

	油圧式 KW ハイブリッド
射出	
スクリュウ回転	
型開閉	
エジェクタ	
型厚調整	
射出装置移動	
メインモータ	15
モータ仕様	サーボモータ

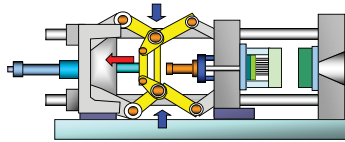


NISSEI Escuela Texto

24

型締装置による分類 トグル-1

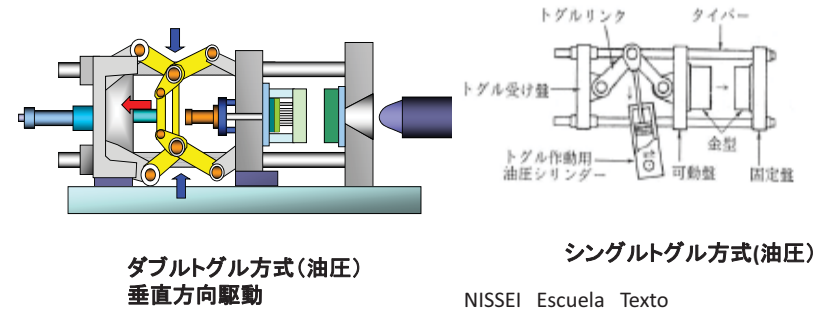
- 1) トグル式は油圧シリンダーや電動機などの動力源により発生された力をトグルリンク機構により拡大(てこの原理)して型締力を得る方式
- 2) シングルトグル方式、ダブルトグル方式がある
- 3) シングルトグルは構造が簡単のため小型機に使用されている。
- 4) ダブルトグルは対称的に作動する一対のリンクで構成される。水平方向に動く方式と垂直方向に動く方式がある



25

型締装置による分類 トグル-2

- 1) シングルトグル方式、ダブルトグル方式
- 4) ダブルトグルは対称的に作動する一対のリンクで構成される。水平方向に動く方式と垂直方向に動く方式がある。垂直駆動式が多い。

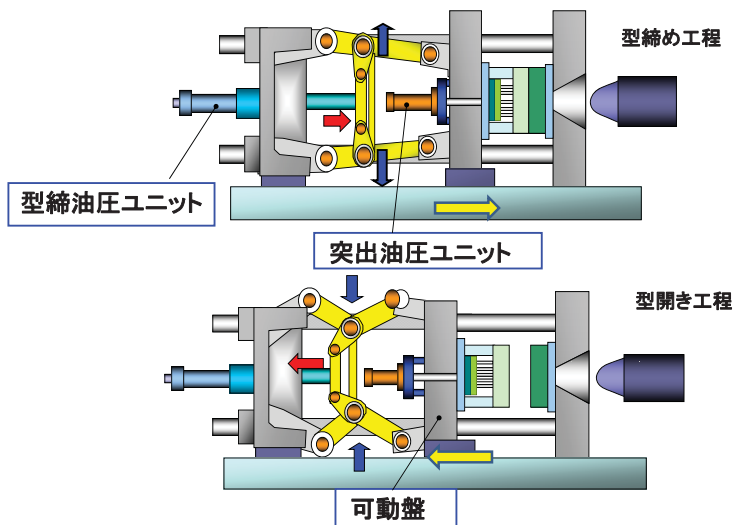


NISSEI Escuela Texto

26

型締装置による分類 トグル-3

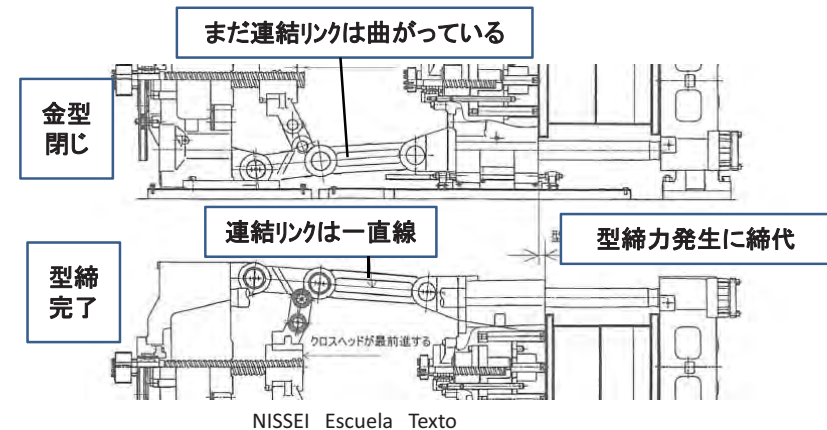
トグル垂直方向に動く方式 突出し調整がし易い利点あり



27

型締装置による分類 トグル-4

- 1) トグルが伸びきる手前で金型を完全に閉じ、伸びきったときにはタイバーも伸びるように設定します
- 2) タイバーの伸びによって発生する弾性力で金型を締め付けます



NISSEI Escuela Texto

28

型締装置による分類 トグル-5

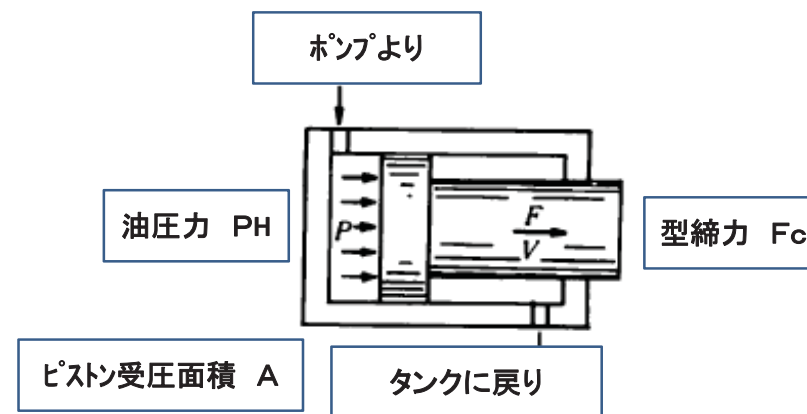
直圧・トグル特徴比較(一般論)

	直圧式	トグル式
開閉の早さ	遅い	速い
金型交換	容易	型厚調整工程あり
型締力	油圧設定通り	型温度上昇時 型締力変化
型開ストローク	型厚大きくなると減少	型厚許容範囲内は一定

29

型締装置による分類 直圧-1

1) 型締力 $F_c = A \times P_H$

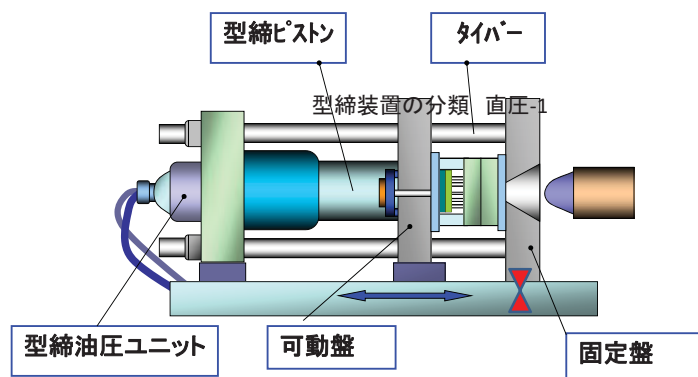


NISSEI Escuela Texto

30

型締装置による分類 直圧-2

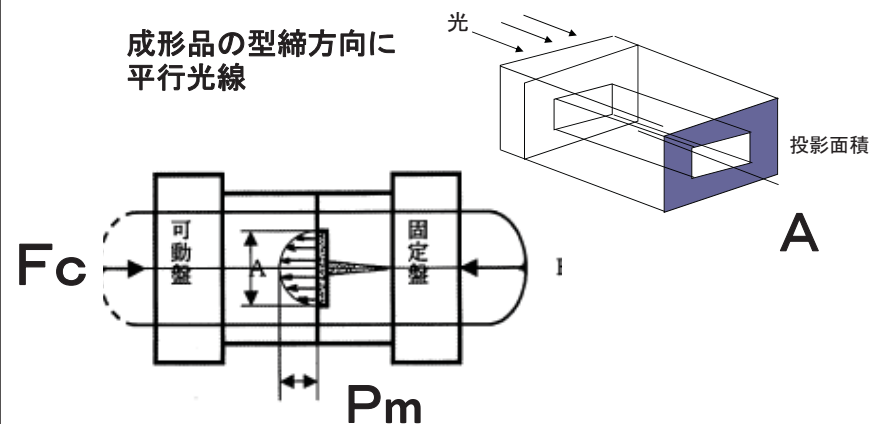
1) 型締油圧ユニットの型締ピストンに可動盤を直結し、型締ピストンに作用する油圧により金型の開閉・締付を行う方式



31

型締装置による分類 直圧-3

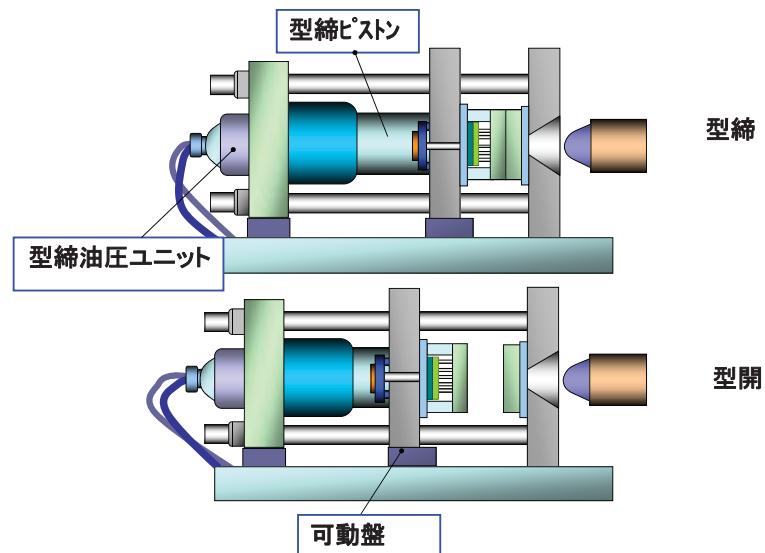
1) 型締力 $F_c \geq P_m \times A \times 1.25$



NISSEI Escuela Texto

32

型締装置による分類 直圧-4

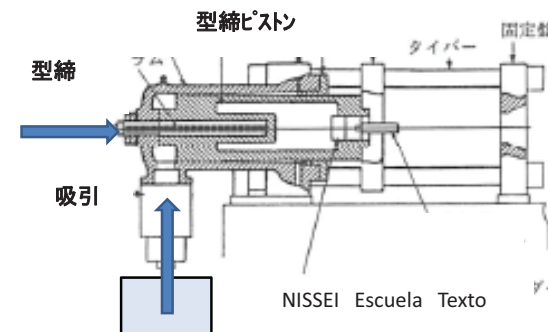


33

型締装置による分類 直圧-5

プースターラム式型締装置

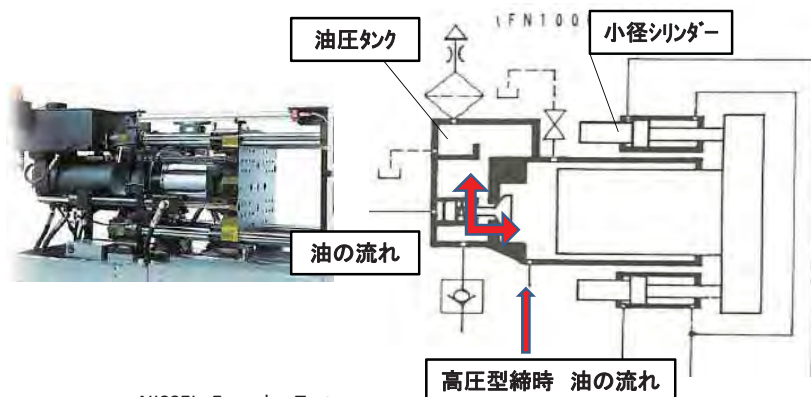
- 1)中心の小容量部に送油し高速型締を行う
- 2)プレフィルバルブが開きシリンダー内に油が吸入される
- 3)金型が閉じる寸前にプレフィルバルブを閉じる送油し高圧 型締を行う
- 4)小容量の高圧ポンプを利用して高速に型締を行うことを目的とした



34

型締装置による分類 直圧-6

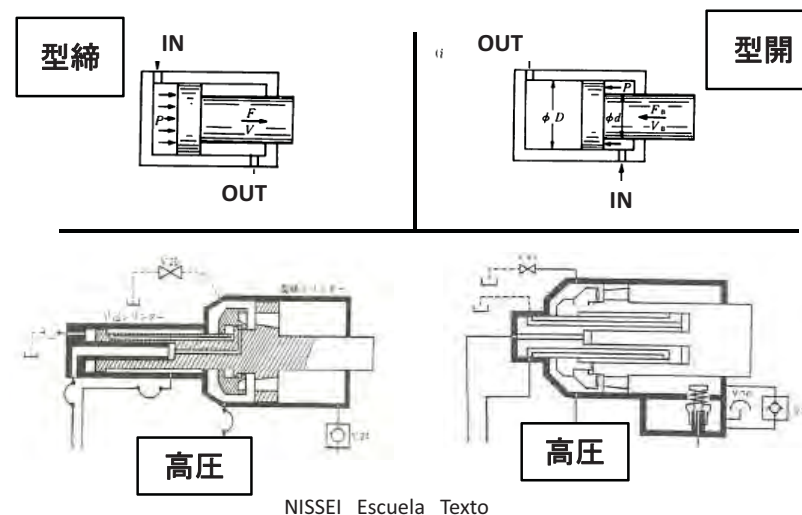
- 1)小径シリンダーで型締め(高速で動く)
- 2)負圧になり油が吸入される
- 3)金型が閉じた後、大径シリンダーに油を送る(大きな力発生)
- 4)油タンクは上側にある



35

型締装置による分類 直圧-7

- 1)速く動かす⇒小径・複合シリンダー



36

型締装置による分類 他-1

直圧・トグル複合式

- 1) トグル機構と直圧式油圧シリンダ装置を組み合わせた構造で、金型の開閉をトグル機構で型締めを油圧シリンダ装置で行います

37

射出装置による分類 プランジヤ-1

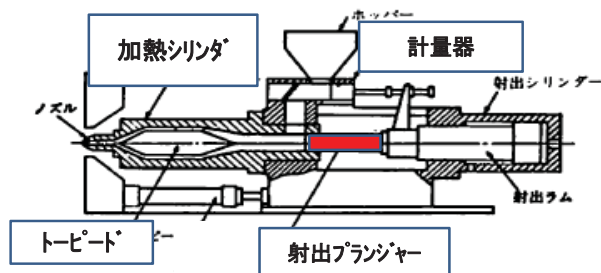
射出装置に要求される機能は

1. プラスチック材料を混練しながら成形温に適する温度に溶融する
⇒ 溶かす機能
2. 溶融したプラスチック材料を金型内に流し込む
⇒ 流す機能
3. 次ショット分を計量する
⇒ 計量機能
が上げられる。装置としては
4. プランジヤタイプ°
5. インラインスクュータイプ°
6. プリプラタイプ°
があるが現在はほとんどインラインスクュータイプ°が使用され一部プリプラタイプ°(スクリュプリプラ)も使用されている

38

射出装置による分類 プランジヤ-2

- 1) ホッパーから落下する成形材料が射出プランジヤの運動に連係した計量装置の作動によって所定量計量される
- 2) 供給された材料は射出プランジヤにより加熱シリンダー内に送られ、加熱シリンダー内面とトービート間との狭い通路の部分で加熱可塑化される
- 3) 成形材料の計量・可塑化・射出の3工程がプランジヤの往復運動によって行われる射出装置である

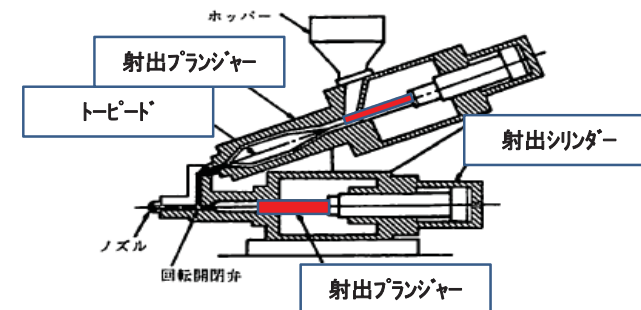


39

射出装置による分類 プランジヤ-3

プランジヤプリプラ仕様

- 1) プランジヤ-1を改良
- 2) 樹脂を溶融する機能と射出する機能を分離
- 3) 射出プランジヤのストロークで計量

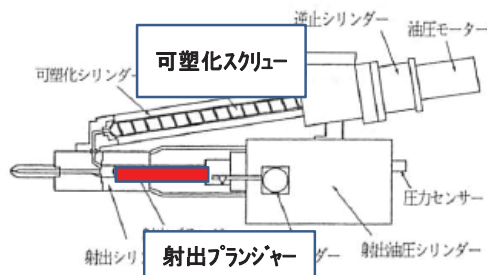


40

射出装置による分類 プリプラー1

スクリュープリプラ仕様

- 1) プランジャープリプラの改良
- 2) 可塑化装置と射出装置を別々に持たせたものです。スクリュシリンダで可塑化した樹脂は射出シリンダ先端部に溜まり、射出プランジャによって射出を行います。（先入れー後出し）



Sodick Plustech

41

射出装置による分類 プリプラー2

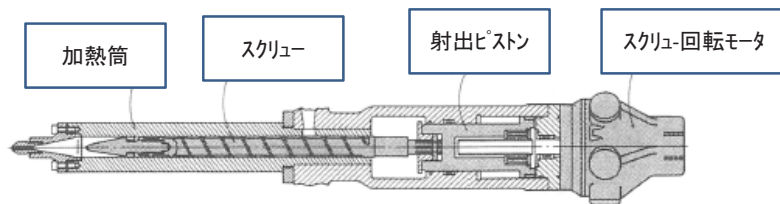
- スクリュプリプラの特徴
- 1) 樹脂の溶融状態の安定
 - スクリュが固定された状態で回転するので、ホッパー口から供給された樹脂は常に一定の熱履歴を受けることになりその溶融状態は非常に安定します。
- 2) 計量された樹脂密度の安定
 - 固定された可塑化スクリュが一定の力で樹脂を押し出し、その樹脂が射出プランジャを押し下げます。機械的な力だけの、樹脂の状態に左右されにくい、安定した密度の計量が行われます。
- 3) 充填工程での実充填量の安定
 - チェック・リングを持たないスクリュプリプラ方式では、射出初期から一定の充填量が確保され、保圧での補充がきかないゲートシールの早い成形でのショートショットの発生を減少させます。

Sodick Plustech

42

射出装置による分類 インラインスクリュ1

- 1) スクリュで成形材料を可塑化させるとともにスクリュを前進させて射出もする方式。現在、成形機の大半はこのインラインスクリュ式の構造。（先入れー先出し）

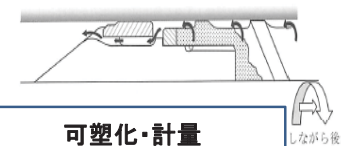
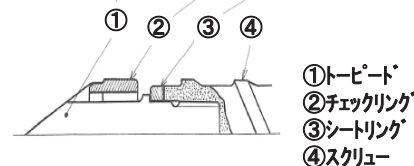
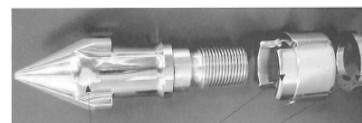


NISSEI Escuela Texto

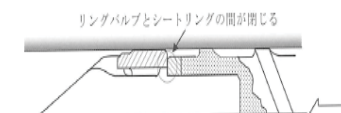
43

射出装置による分類 インラインスクリュ2

1) スクリュ先端部品（逆流防止） 3点セット



可塑化・計量
回転しながら後退



射出(スクリュ前進)
回転していない

NISSEI Escuela Texto

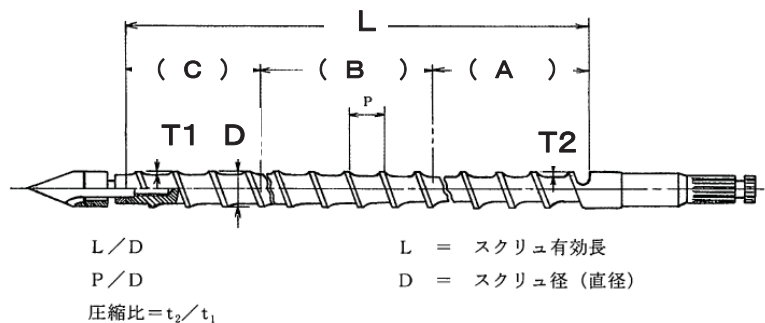
44

射出装置による分類 インラインスクリー3

復習

$L/D \Rightarrow$

$T2/T1 \Rightarrow$

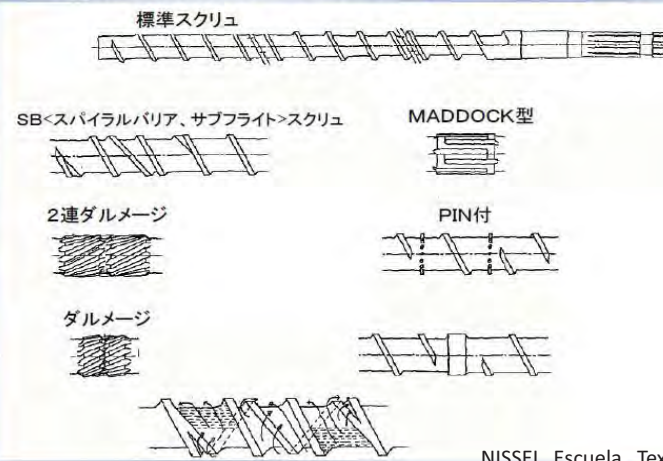


NISSEI Escuela Texto

45

射出装置による分類 インラインスクリー4

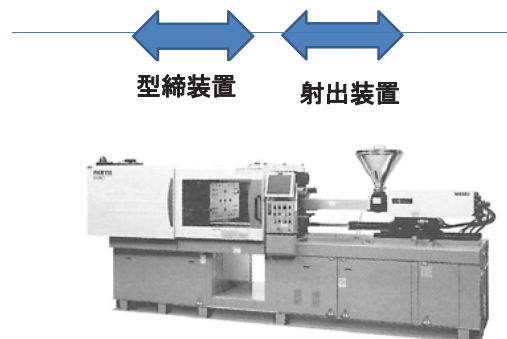
各種スクリーデザインについて



46

構成による分類 横型-1

1. 射出装置と型締装置が横一直線上に配列されている。
2. 成形品の自動落下が可能であり取出機使用による自動化も可能。殆どが横型成形機。

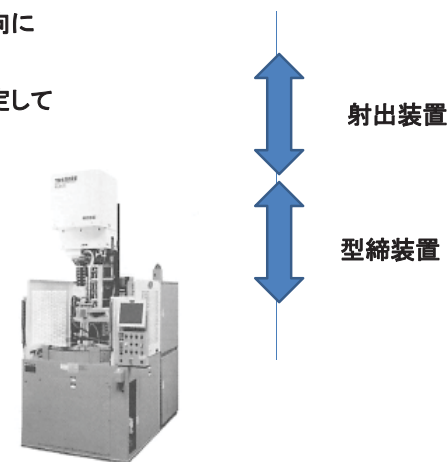


NISSEI Escuela Texto

47

構成による分類 縦型-1

1. 金型の開閉が垂直(天地)方向に動作する成形機
2. 金具等インサート作業がし易く安定している
3. 長尺フープ成形にできている
4. 機械に据付面積が少ない



NISSEI Escuela Texto

48

構成による分類 他-1

- 1) 2色成形機
- 2) 混色成形機

同材質成形
同色／異色



異材質成形
相溶性を利用



NISSEI Escuela Texto

M3 射出成形設備機器

M3-3 射出成形機の構成部分

June/2011

目次

1	成形機の構成名称	1～6	P3～P8
2	成形機の仕様	1～16	P9～P24
3	成形機の駆動方式	1～10	P25～P34
4	型締装置	1～16	P35～P50
5	射出・可塑化装置	1～28	P51～P78
6	射出・可塑化装置移動装置	1～4	P79～P82
7	突出装置	1～10	P83～P92
8			

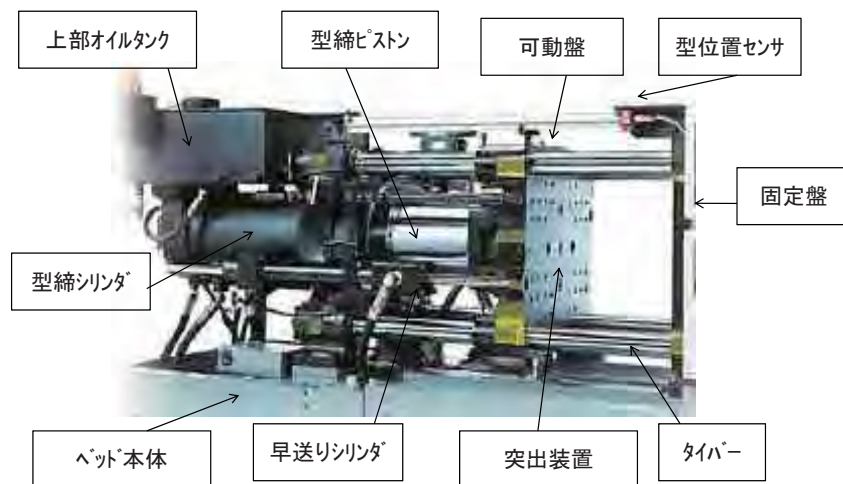
1.成形機の構成名称(FNX80)-1



1.成形機の構成名称(FNX80)-2



1.成形機の構成名称(FNX80)-3

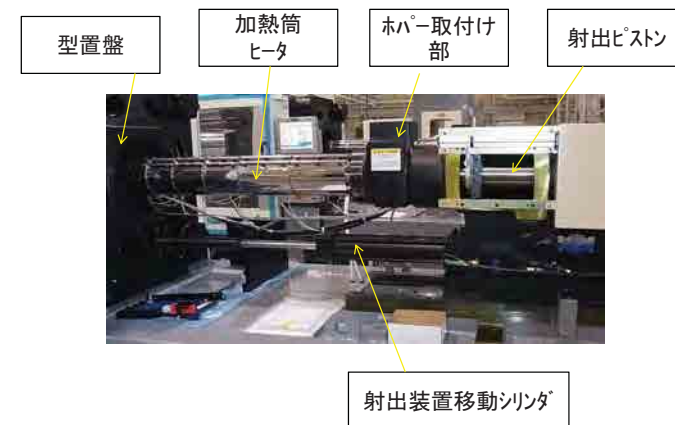


NISSEI Escuela Texto

4

1.成形機の構成名称(FNX80)-4

射出装置 カバー外した状態

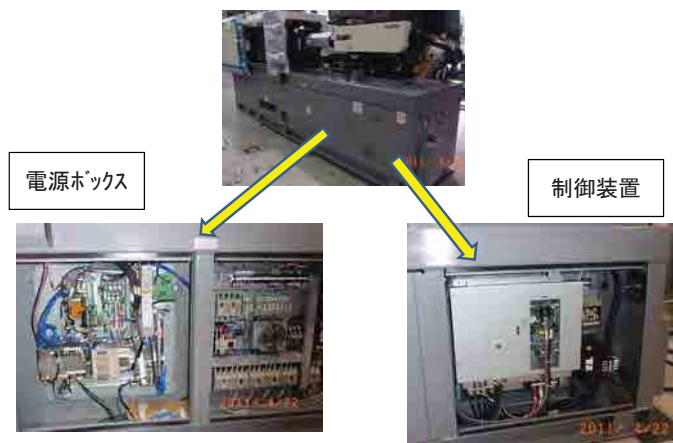


NISSEI Escuela Texto

5

1.成形機の構成名称(FNX80)-5

操作側 ベッド内部 電源ボックス、制御装置

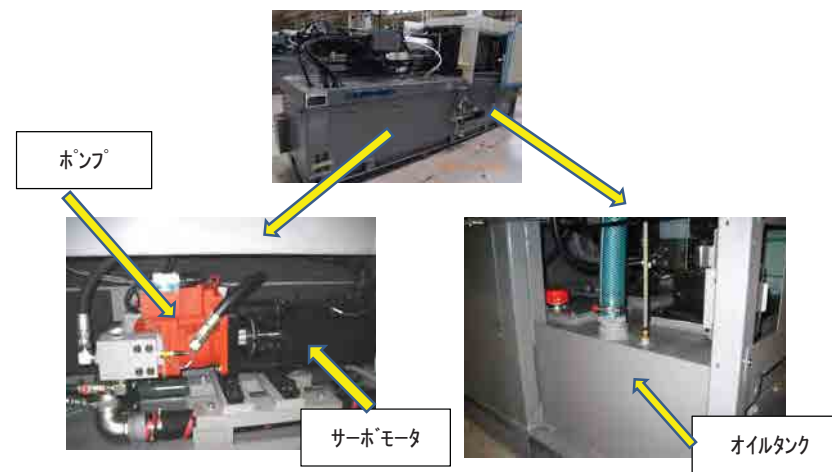


NISSEI Escuela Texto

6

1.成形機の構成名称(FNX80)-6

反操作側 ポンプ、サーボモータ、オイルタンク



NISSEI Escuela Texto

7

2.成形機の仕様-1

① 型締力	KN	792
② 型締ストローク	mm	470
③ 最小使用金型厚	mm	200
④ 最大型開 距離	mm	670
⑤ タイバー間隔 (HxV)	mm	420x420
⑥ タイプレート寸法 (HxV)	mm	580x580
⑦ 最小金型 寸法 (HxV)	mm	270x270
⑧ ロケートリング径	mm	100
⑨ 突出ストローク	mm	75
⑩ ノズル出距離	mm	30
⑪ 機械寸法 (LxWxH)	mm	4.16x1.10x1.73
⑫ 床寸法 (LxWxH)	mm	3.88x0.84

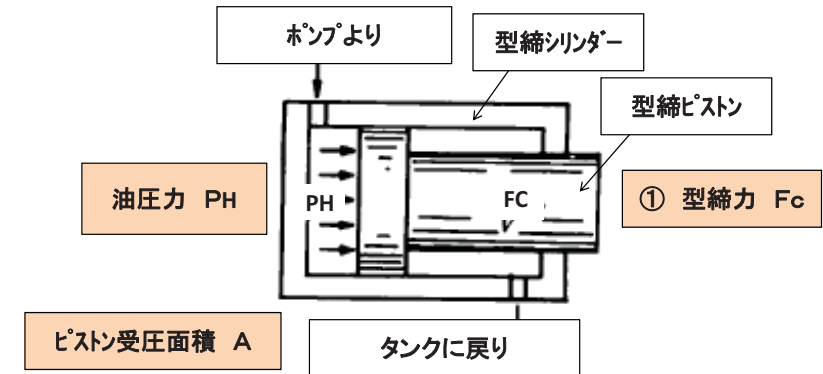
(1MPa=10,2 kg/cm²、1KN=0.102 Tonf)

NISSEI Escuela Texto

8

2.成形機の仕様-2

①型締力 792 KN (* Tonf)
型締力 $F_c = A \times PH$

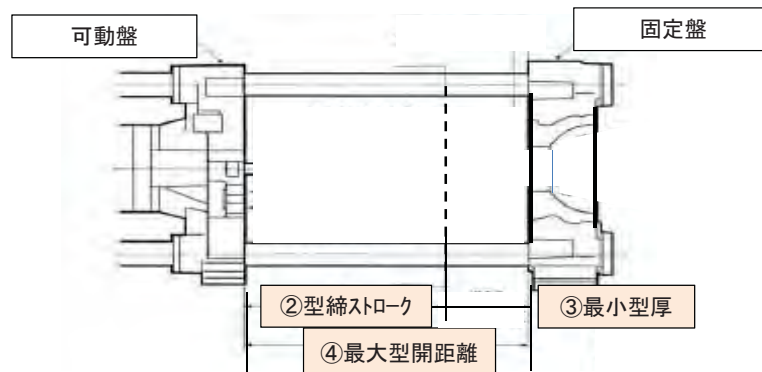


NISSEI Escuela Texto

9

2.成形機の仕様-3

- | | |
|------------------|-------------|
| ②. 型締ストローク 470mm | ピストン最大ストローク |
| ③. 最小型厚 200mm | 使用可能な最小型厚 |
| ④. 最大型開距離 670mm | 最大の開き距離 |

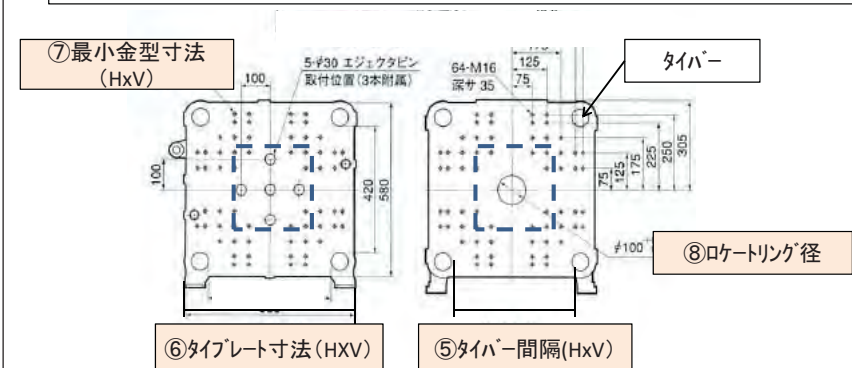


NISSEI Escuela Texto

10

2.成形機の仕様-4

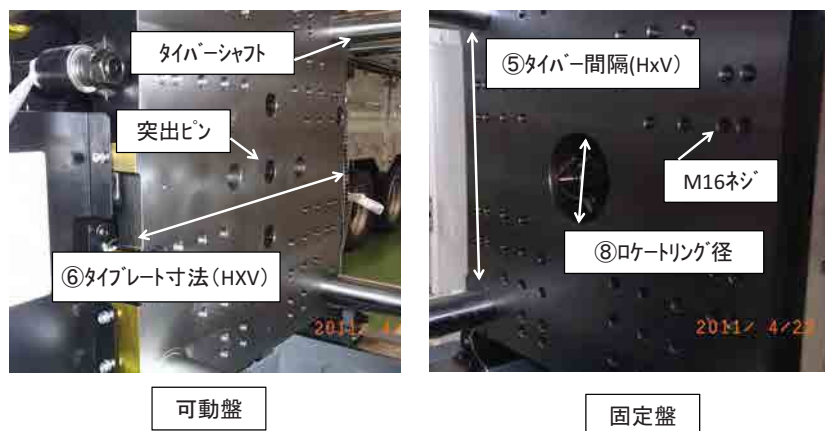
- | | | |
|-----------------|------------|----------------|
| ⑤タイバー間隔 (HxV) | 420x420 mm | タイバー間の内寸法 |
| ⑥タイプレート寸法 (HxV) | 580x580 mm | 盤の最大寸法 |
| ⑦最小金型 寸法 (HxV) | 270x270 mm | 最大型締力での最小の金型寸法 |
| ⑧ロケートリング径 | 100mm | ロケートリング寸法 |



NISSEI Escuela Texto

11

2.成形機の仕様-5

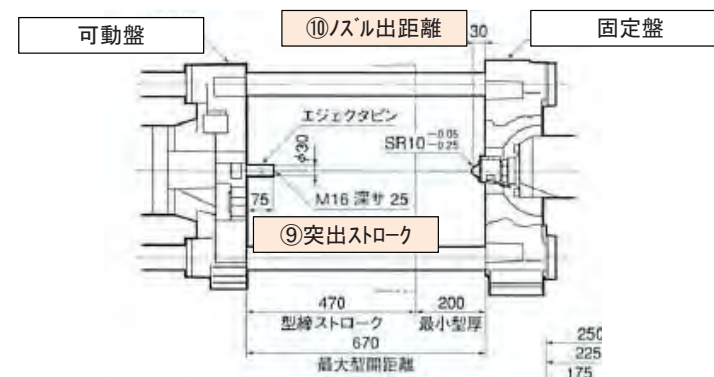


NISSEI Escuela Texto

12

2.成形機の仕様-6

- ⑨突出ストローク 75mm 最大ストローク
⑩ノズル出距離 30mm 最大出距離

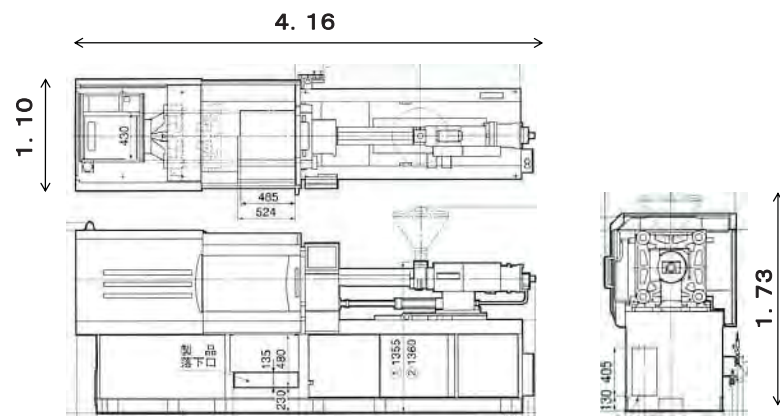


NISSEI Escuela Texto

13

2.成形機の仕様-7

- ⑪機械寸法 (LxWxH) 4.16x1.10x1.73m
⑫床寸法 (LxWxH) 3.88x0.84m

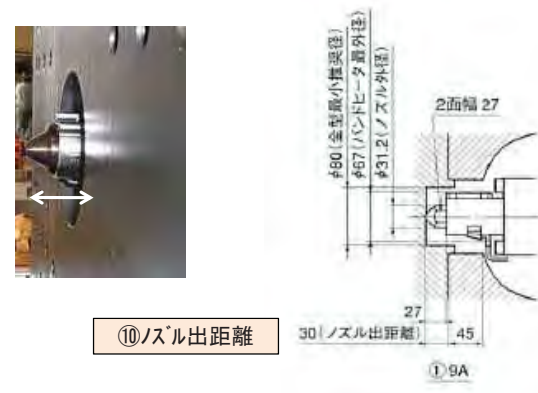


NISSEI Escuela Texto

14

2.成形機の仕様-8

- ⑩ノズル出距離 30mm
ノズル先端・ヒータ寸法 金型設計時に利用



NISSEI Escuela Texto

15

2.成形機の仕様-9

⑬	スクリュー径	mm	32
⑭	射出体積	cm ³	90
⑮	可塑化能力 (PS)	Kg/h	40
⑯	射出圧力	MPa	187
⑰	射出率	cm ³ /sec	241
⑱	射出速度	mm/sec	300
⑲	スクリュー回転数	rpm	0~310
⑳	ホッパ容量 (オプション)	L	25
(21)	油圧ポンプ用電動機出力	KW	15
(22)	加熱筒ヒータ電力	KW	9.26
(23)	作動油量	L	200
(24)	機械質量	Tonf	3.8

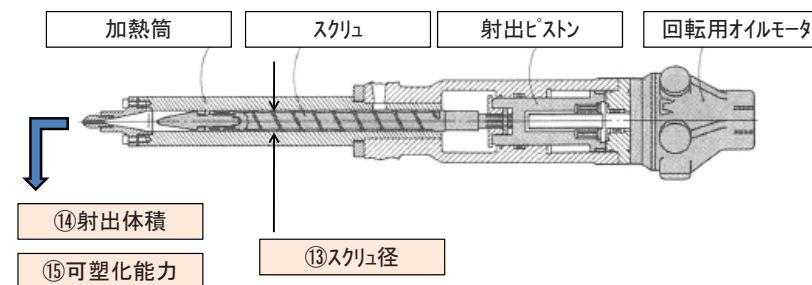
NISSEI Escuela Texto

(1MPa=10,2 kg/cm², 1KN=0.102 Tonf)

16

2.成形機の仕様-10

⑬スクリュー径	32mm
⑭射出体積	90cm ³ /shot 最大射出体積
⑮可塑化能力 (PS)	40Kg/h 時間あたりの能力

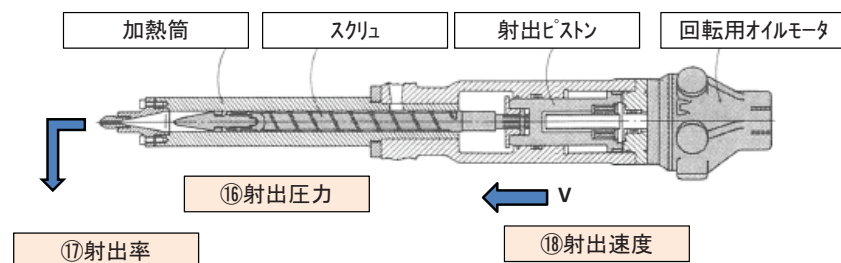


NISSEI Escuela Texto

17

2.成形機の仕様-11

⑯射出圧力	187MPa	最大値
⑰射出率	241cm ³ /sec	最大値
⑱射出速度	300mm/sec	最大値

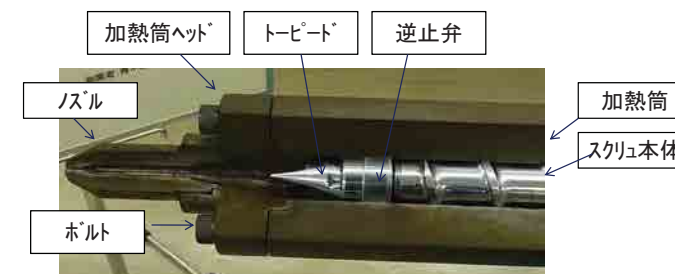


NISSEI Escuela Texto

18

2.成形機の仕様-12

インラインスク方式 断面表示部品



NISSEI Escuela Texto

19

2.成形機の仕様-13

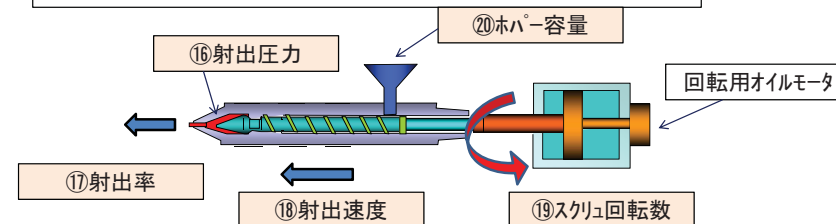


NISSEI Escuela Texto

20

2.成形機の仕様-14

- ①⑥射出圧力 187MPa 最大値
 ①⑦射出率 241cm³/sec 最大値
 ①⑧射出速度 300mm/sec 最大値
 ①⑨スクリュ回転数 0~310rpm
 ②⑩ホッパー容量(オプション) 25L

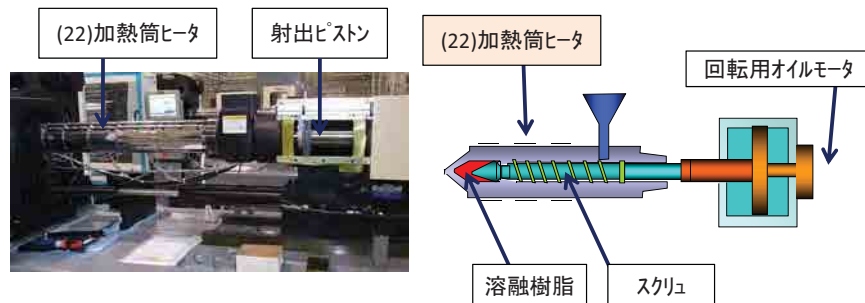


NISSEI Escuela Texto

21

2.成形機の仕様-15

(22)加熱筒ヒータ電力 9.26KW

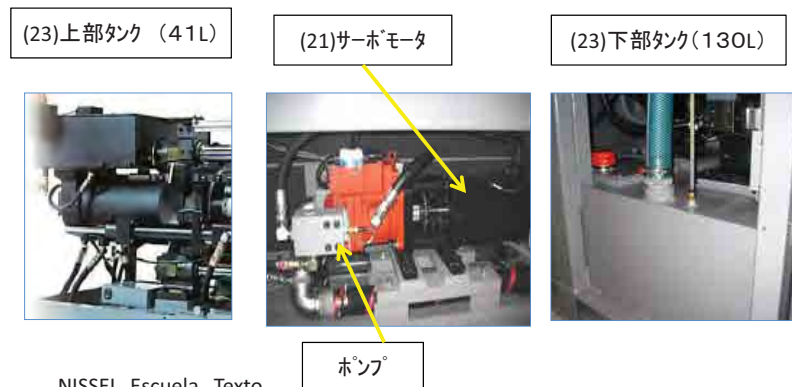


NISSEI Escuela Texto

22

2.成形機の仕様-16

- (21) 油圧ポンプ用電動機出力(サーボモータ) 15kw
 (23) 作動油量 200L (上部タンク、下部タンク、他)



NISSEI Escuela Texto

23

3.成形機の駆動方式-1

	分類項目	モータ	油圧 ポンプ	サーボ モータ	
1	油圧式	○	○		固定吐出 可変吐出
2	電動式			○	
3	ハイブリッド式	○	○		サーボモータ
	ハイブリッド式	○	○	○	油圧・電動の組合せ

24

3.成形機の駆動方式-2

油圧式と電動式のモータ容量比較 792KN成形機での比較例

	油圧式 KW (可変吐出)	電動式 KW	油圧式 KW (ハイブリッド)
射出		25	
スクリュ回転		6.5	
型開閉		6.5	
エジェクタ		2	
型厚調整		0.2	
射出装置移動		0.2	
メインモータ	15		15
消費電力	1	(0.65)	(0.67)

* 消費電力比較は参考値
(成形条件により異なる)

NISSEI Escuela Texto

25

3.成形機の駆動方式-3

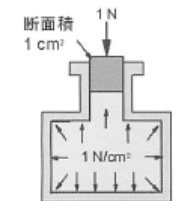
油圧式	大きな力出し易い(直圧式型締) メンテナンス容易、長寿命、 直圧式、トルク式
電動式	高速射出、高応答性、省エネ 高再現性、低稼働音 トルク式が殆ど
ハイブリッド式 (成形機メーカーにより 取組内容は大きく 異なる。)	サーボモータによりポンプを稼働 型締力発生工程に油圧利用 射出装置は電動式使用 油圧式型締装置と電動式射出装置を組み合わせ サーボモータ駆動による型開閉と油圧式高压型締を融合 ハイブリッド型締装置 (型開閉に複数のサーボモータ)

26

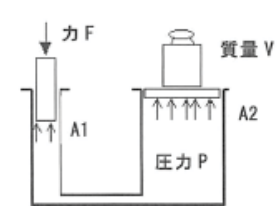
3.成形機の駆動方式-4 油圧

油圧の基礎知識 ～ パスカルの原理

密閉容器中の流体は、その容器の形に関係なく、ある一点に受けた単位面積当りの圧力をそのままの強さで、流体の他のすべての部分に伝える。
油圧装置は大きな力を出せる。力Fを10NとしA2/A1=10倍とするとA2に発生する力は100Nとなる。実際の油圧装置では力Fを加えた部分はポンプ、大きなA2部分は型締シリンダ、射出シリンダにあたる。



容器内部のどの面にも
1 cm²当たり1 Nの力が
作用する



$$\text{力} = \text{面積} \times \text{圧力}$$

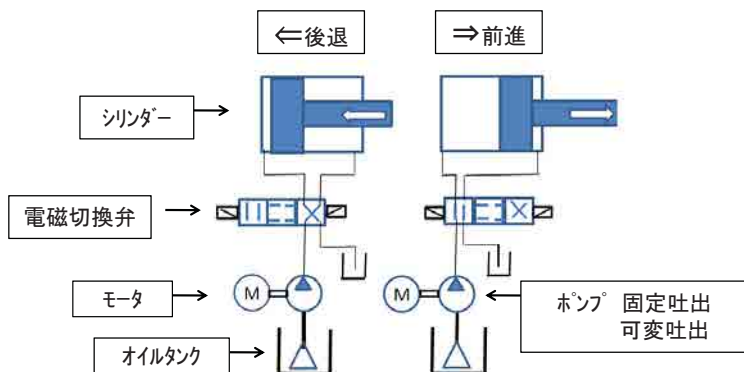
$$F = A1 \times P$$

NISSEI Escuela Texto

27

3.成形機の駆動方式-5 油圧

電動機(モーター)により油圧ポンプを駆動し、発生する油圧によりシリンダーを動作し機構を駆動する。メータイン制御が主。

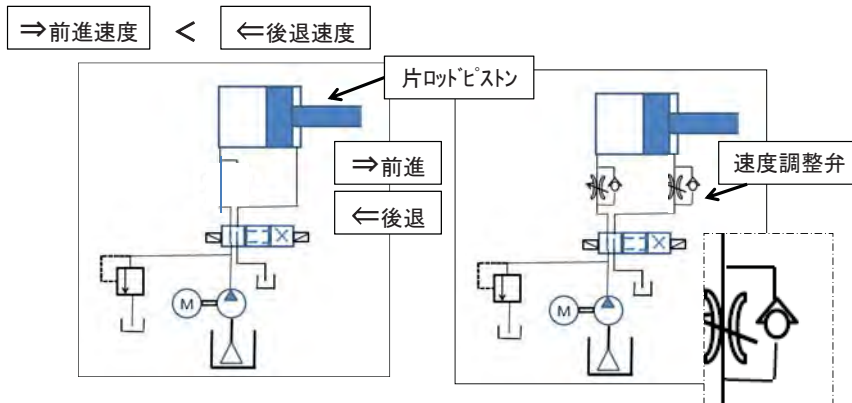


NISSEI Escuela Texto

28

3.成形機の駆動方式-6 油圧

片ロッドピストンの場合、ポンプ吐出量が一定であれば前進速度と後退速度は異なる。通常メータイン制御(IN側の油量を制御)でありそれぞれの回路に速度調整弁を組み込む

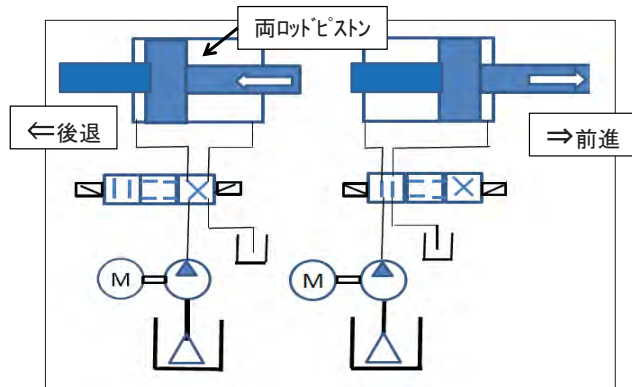


NISSEI Escuela Texto

29

3.成形機の駆動方式-7 油圧

ロッド径が同じ両ロッドピストンの場合には、INの流量とOUTの流量が同じとなり移動速度を同じにすることが可能。停止位置精度の向上(ピストンの慣性エネルギーを吸収)がはかれる。

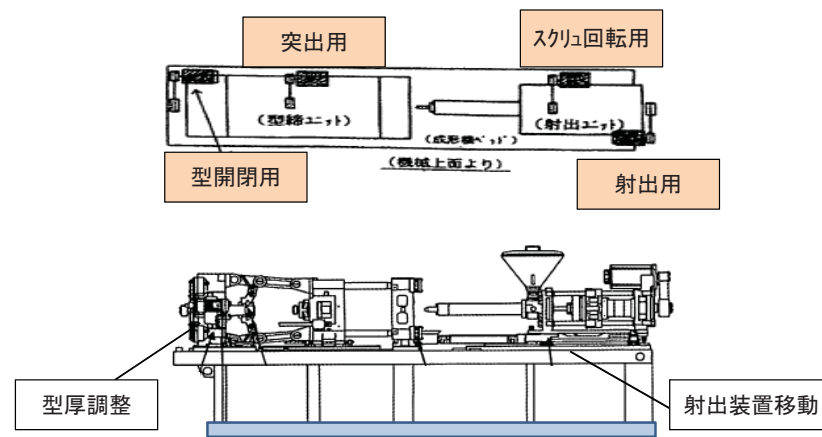


NISSEI Escuela Texto

30

3.成形機の駆動方式-8 電気式

サーボモータの使用箇所(トルク式型締) サーボモータ 4個 モーター 2個

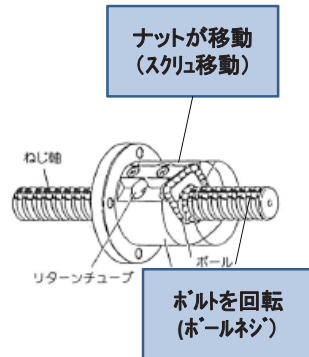
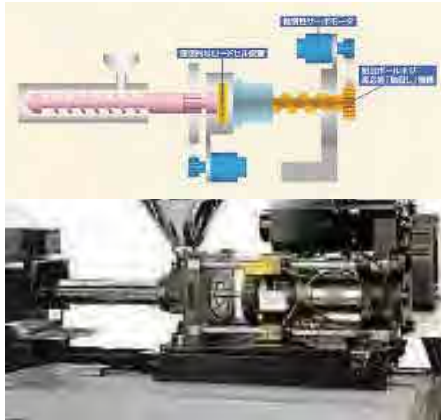


NISSEI Escuela Texto

31

3.成形機の駆動方式-9 電気式

スクリュ駆動はボールネジ回転による



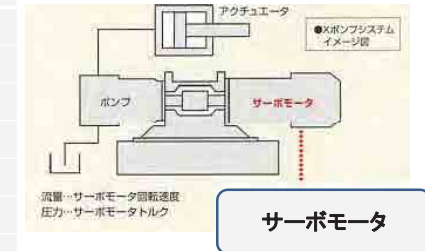
NISSEI Escuela Texto

32

3.成形機の駆動方式-10 油圧サーボ

FNX80(ハイブリッド)はサーボモータにより必要な時に必要なだけサーボモータの回転動作を行う。流量は回転速度制御、圧力はトルク制御。

	油圧式 ハイブリッド
射出	
スクリュ回転	
型開閉	
エジェクタ	
型厚調整	
射出装置移動	
メインモータ	15 KW
モータ仕様	サーボモータ



NISSEI Escuela Texto

33

4.型締装置-1

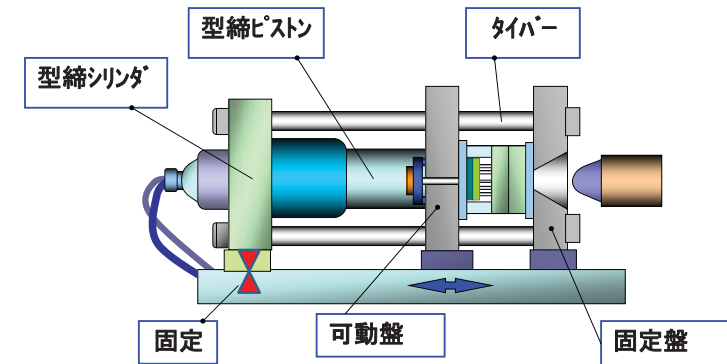
直圧・トルク特徴比較(一般論)

	直圧式	トルク式
開閉の早さ	遅い ブレーキが必要 メータイン、メータアウト制御	速い
金型交換	容易	型厚調整工程あり
型締力	油圧設定通り	型温度上昇時 型締力変化
型開ストローク	型厚大きくなると減少 使用型厚範囲は大きい	型厚許容範囲内は一定 型厚は限定される

34

4.型締装置-2 直圧

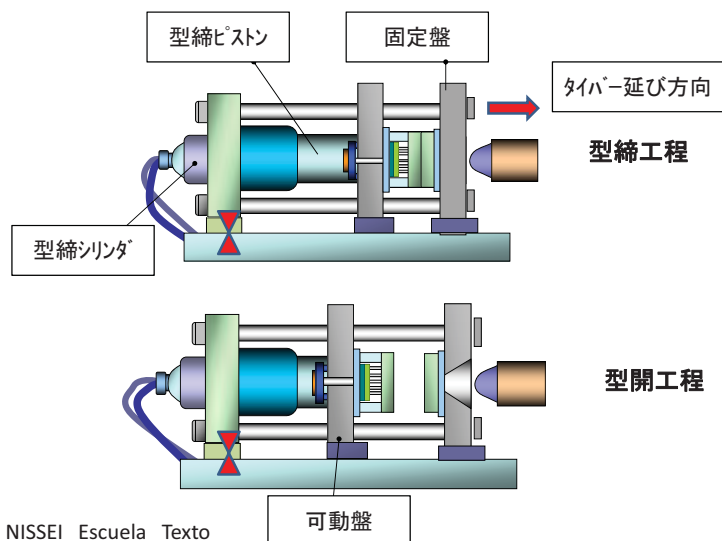
型締ユニットの型締ピストンに可動盤を連結し、型締ピストンに作用する油圧により金型の開閉・締付を行う方式



NISSEI Escuela Texto

35

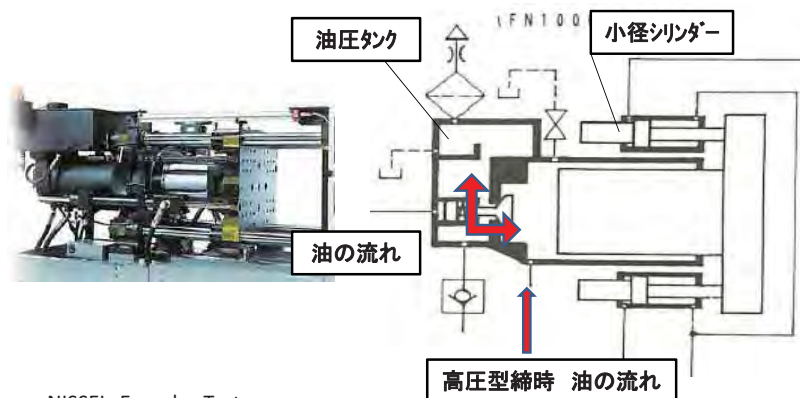
4.型締装置-3 直圧



36

4.型締装置-4 直圧

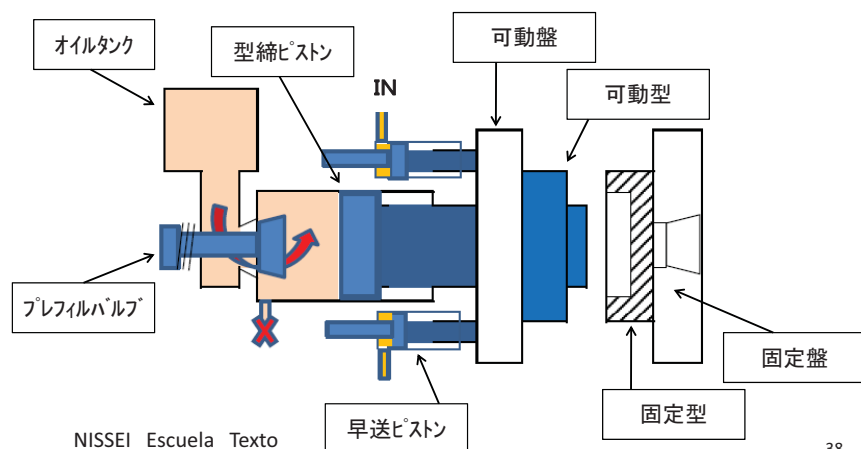
- 1)小径シリンダーで型締め(高速で動く)
- 2)負圧になり油が吸入される
- 3)金型が閉じた後、大径シリンダーに油を送る(大きな力発生)
- 4)油タンクは上側にある



37

4.型締装置-5 直圧・ハイブリッド

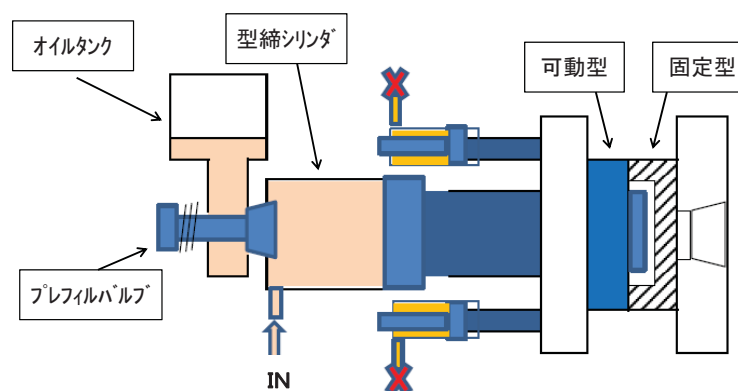
早速ピストン(2本)に圧油が送られる(IN)と可動盤は固定盤側に移動する。その際にプレフィルバルブは開かれオイルタンク内の作動油が型締シリンダ側に移動する。



38

4.型締装置-6 直圧・ハイブリッド

型閉じが完了するとプレフィルバルブが閉じ型締シリンダに圧油が送られ(IN)型締力が発生。型締力 $F_c = A \times PH$



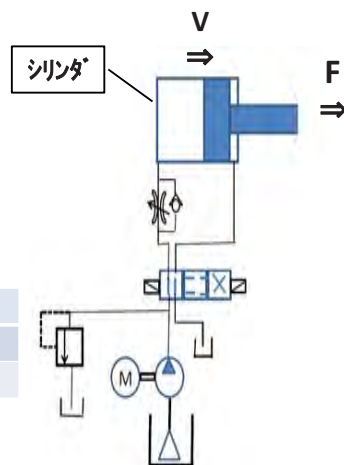
39

4.型締装置-7 油圧

シリンダー

- 1) 油圧のもつ流体エネルギーを機械エネルギーに変換するもの
- 2) 油圧力を P [Mpa]としシリンダー有効受圧面積を A [cm²]とすると $F=A \cdot P$
- 3) 作動速度 V [m/min]は油の流量 Q [l/min]に比例し、有効受圧面積 A [cm²]に反比例します。
 $V=Q/A$

シリンダー面積 (A)	力 (F)	速度 (V)
大きい	大きい	遅い
小さい	小さい	早い



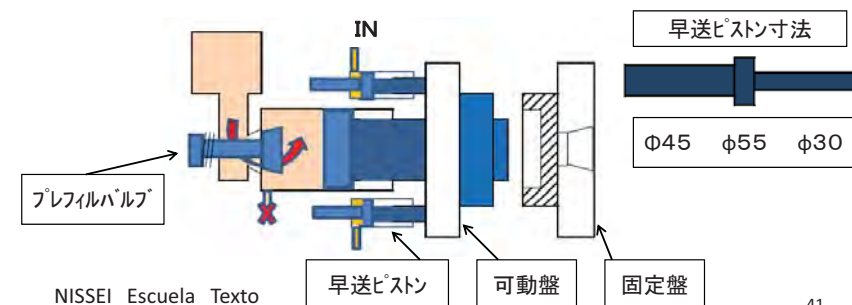
NISSEI Escuela Texto

40

4.型締装置-8 早送り速度・力

早送りピストン(2本)に圧油が送られる(IN)と可動盤は固定盤側に移動する。

- ① 早送り力は何のくらいか？ ⇒
 - ② 早送り速度は何のくらいか？ ⇒
- 最高油圧圧力 17.1 MPa
最大吐出量 80 L/min
(1MPa=10,2 kg/cm²、1KN=0.102 Tonf)



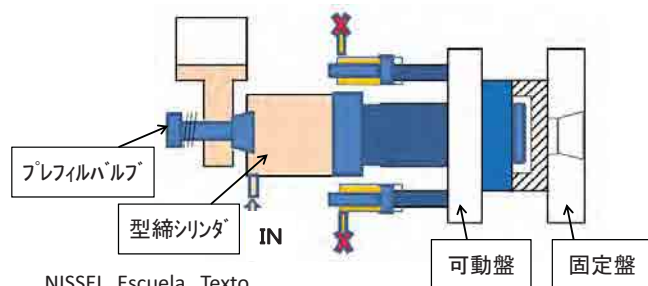
NISSEI Escuela Texto

41

4.型締装置-9 型締ピストン径

型閉じが完了するとプレフィルバルブが閉じ型締シリンダーに圧油が送られ(IN)型締力が発生。

- ① 型締ピストン径は何のくらいか？ ⇒
 - ② 型締速度は何のくらいか？ ⇒
- 最高油圧圧力 17.1 MPa 、型締力 最大 792 KN
最大吐出量 80 L/min
(1MPa=10,2 kg/cm²、1KN=0.102 Tonf)

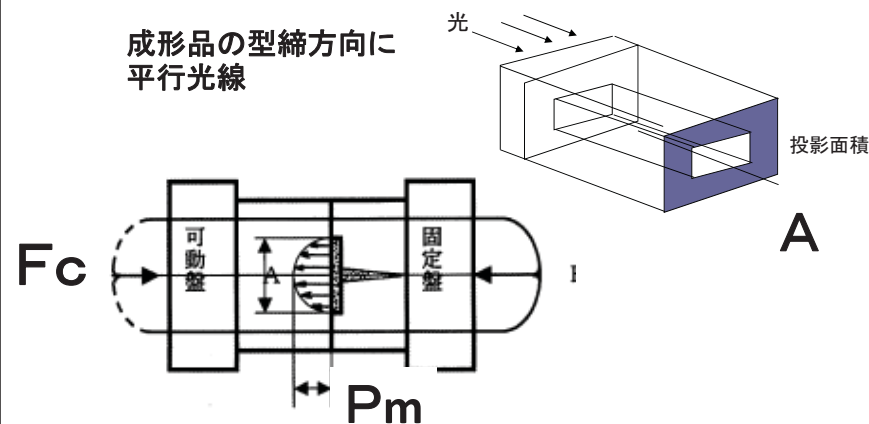


NISSEI Escuela Texto

42

4.型締装置-10 型締力

$$\text{型締力 } F_c \geq P_m \times A \times 1.25$$



NISSEI Escuela Texto

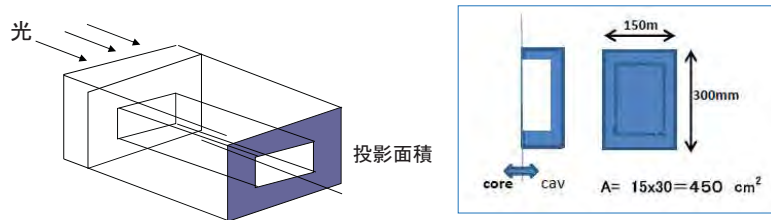
43

4.型締装置-11 型締力

- 1.射出圧力(樹脂圧力)が金型製品部にかかり、金型を押し開こうとする力が発生。
金型(PL面)が開くと樹脂漏れ(バリ)が発生
- 2.製品の投影面積と型内樹脂圧力 との積の力に負けないだけの力で型締しておく必要がある。

◎投影面積

：成形品に型締方向に平行光線を当てた時に生ずる影の面積をいう



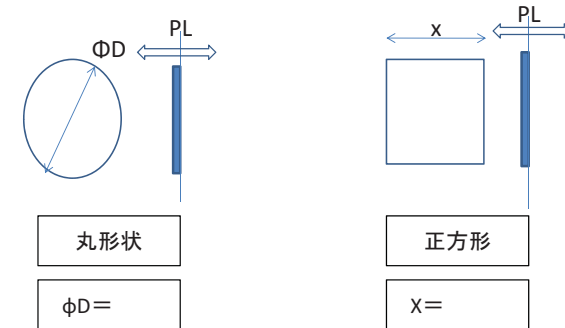
$$\text{型締力}(F_c) \geq \text{型内樹脂圧力}(P_m) \times \text{投影面積}(A) \times 1.25$$

NISSEI Escuela Texto

44

4.型締装置-12 投影面積

型締力(F_c)80トンでの成形可能な投影面積はどのくらいか？
製品形状 丸形状・正方形とし型内樹脂圧力(P_m)は450kg/cm²
 $F_c = ?$



NISSEI Escuela Texto

45

4.型締装置-13 キャビ内圧

キャピティ内圧力は、成形材料の種類、型締め装置の構造・寸法、キャピティの形状、成形条件などで変わるため、計算や測定で求めることは難しいといわれています。
目安として射出圧力は、圧力損失によって、キャピティ内で30～50%に減少すると言われています。

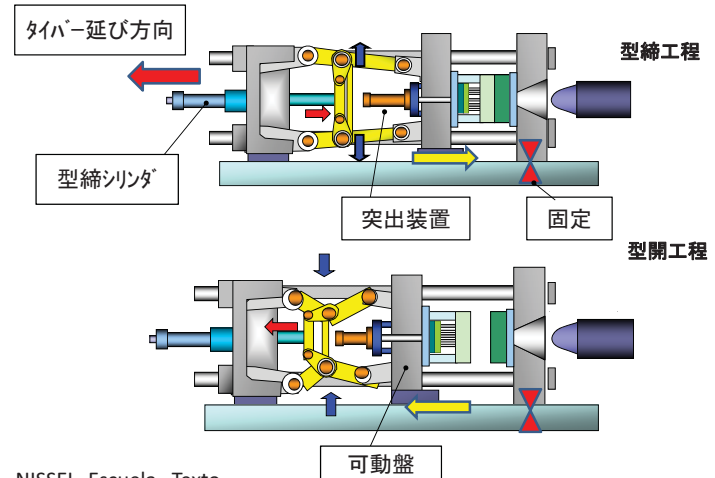
樹脂名	樹脂温度 °C	射出圧力 kg/cm ²	キャビ内圧 kg/cm ²
PE	180～300	600～1400	230～320
PP	200～300	600～1400	220～320
PS	180～315	700～1700	260～320
PC	280～320	800～1500	270～300
ABS	200～280	700～1500	330～440
PA	230～300	800～1500	240～450

NISSEI Escuela Texto

46

4.型締装置-14 トグル機構(ダブルトグル)

トグル式は油圧シリンダーや電動機などの動力源により発生された力をトグルリンク機構により拡大(てこの原理)して型締力を得る方式

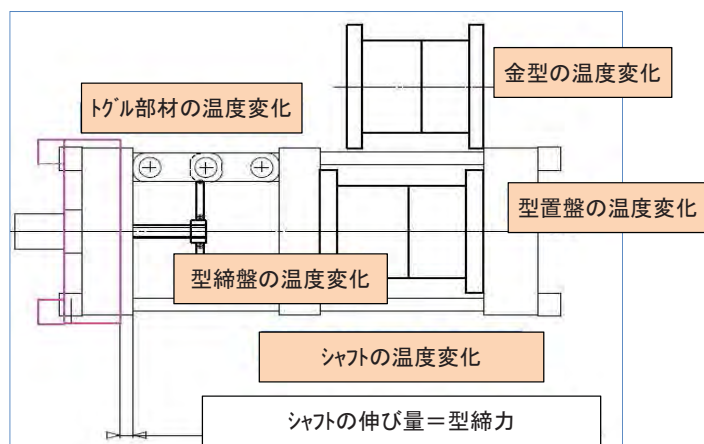


NISSEI Escuela Texto

47

4.型締装置-15 トグル型締力変化

シャフト伸び量＝型締力であり、各部材の温度変化により型締力に差が生じる

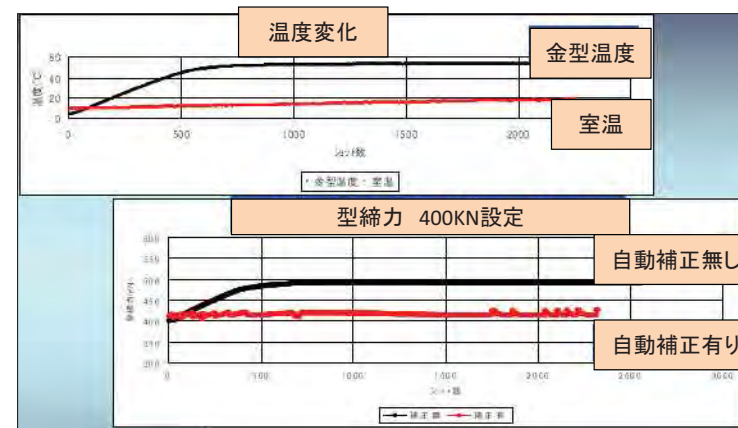


NISSEI Escuela Texto

48

4.型締装置-16 トグル型締力変化

金型温度変化と型締力変化、型締力自動補正



NISSEI Escuela Texto

49

5.射出・可塑化装置-1

射出装置に要求される機能は

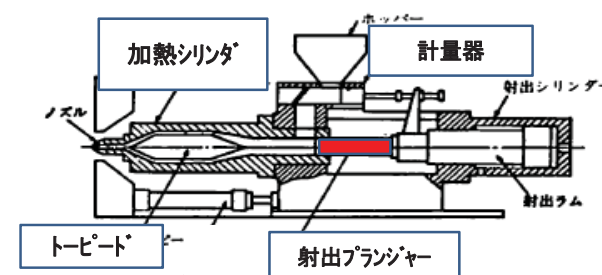
1. プラスチック材料を混練しながら成形温に適する温度に溶融する
⇒溶かす機能
2. 溶融したプラスチック材料を金型内に流し込む
⇒流す機能
3. 次ショット分を計量する
⇒計量機能
4. プランジヤタイプ
5. インラインスクュータイプ
6. プリプラタイプ

があるが現在はほとんどインラインスクュータイプが使用され一部プリプラタイプ(スクリュプリプラ)も使用されている

50

5.射出・可塑化装置-2 プランジヤ

- 1) ホッパーから落下する成形材料が射出プランジヤの運動に連係した計量装置の作動によって所定量計量される
- 2) 供給された材料は射出プランジヤにより加熱シリンダー内に送られ、加熱シリンダー内面とトーピート間との狭い通路の部分で加熱可塑化される
- 3) 成形材料の計量・可塑化・射出の3工程がプランジヤの往復運動によって行われる射出装置である



NISSEI Escuela Texto

51

5.射出・可塑化装置-3

手動式成形機、プランジャ油圧手動式成形機

手動式成形機 1955年



プランジャ式油圧手動式成形機 1957年

NISSEI Escuela Texto

52

5.射出・可塑化装置-4

プランジャ(水平)式成形機
1957年



プランジャ(傾斜)式成形機
1963年



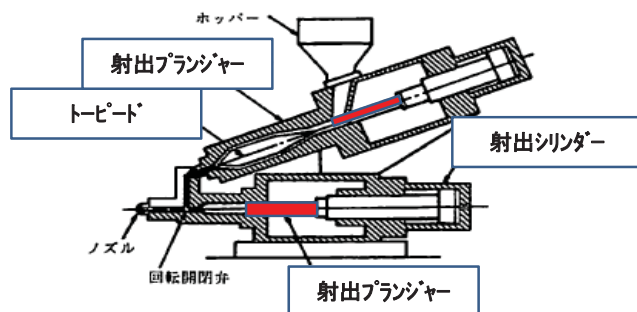
NISSEI Escuela Texto

53

5.射出・可塑化装置-5

プランジャープリプラ仕様

- 1)プランジャー-1を改良
- 2)樹脂を熔融する機能と射出する機能を分離
- 3)射出プランジャーのストロークで計量



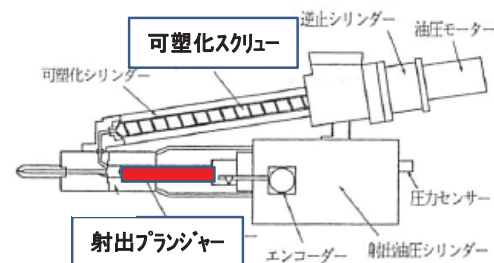
NISSEI Escuela Texto

54

5.射出・可塑化装置-6 プリプラ

スクリープリプラ仕様

- 1)プランジャープリプラの改良
- 2)可塑化装置と射出装置を別々に持たせたものです。スクリュシリンダで可塑化した樹脂は射出シリンダ先端部に溜まり、射出プランジャーによって射出を行います。(先入れー後出し)



Sodick Plustech

55

5.射出・可塑化装置-7 プリプラ

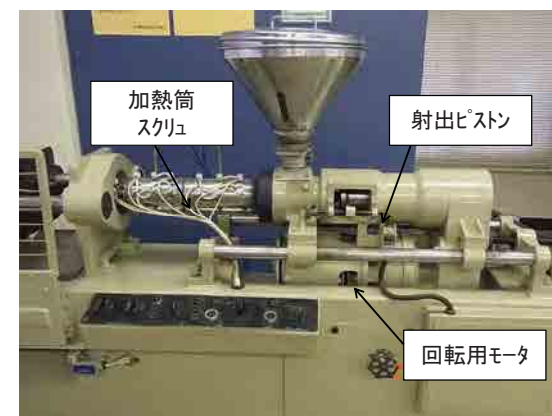
- スクリュプリプラの特徴
- 1) 樹脂の熔融状態の安定
 - スクリュが固定された状態で回転するので、ホッパー口から供給された樹脂は常に一定の熱履歴を受けることになりその熔融状態は非常に安定します。
- 2) 計量された樹脂密度の安定
 - 固定された可塑化スクリュが一定の力で樹脂を押し出し、その樹脂が射出プランジャを押し下げます。機械的な力だけの、樹脂の状態に左右されにくい、安定した密度の計量が行われます。
- 3) 充填工程での実充填量の安定
 - チェック・リングを持たないスクリュプリプラ方式では、射出初期から一定の充填量が確保され、保圧での補充がきかないゲートシールの早い成形でのショートショットの発生を減少させます。

Sodick Plustech

56

5.射出・可塑化装置-8 インラインスクリュ

インラインスクリュ仕様(可塑化・計量・射出) 1963年

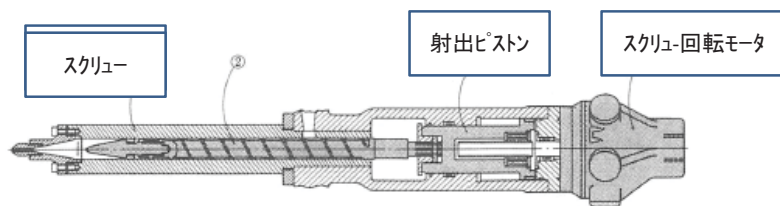


NISSEI Escuela Texto

57

5.射出・可塑化装置-9 インラインスクリュ

- 1) スクリュで成形材料を可塑化させるとともにスクリュを前進させて射出もする方式。現在、成形機の大半はこのインラインスクリュ式の構造。(先入れー先出し)

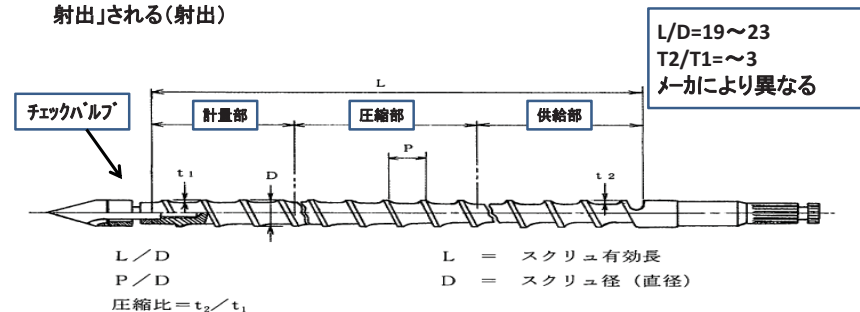


NISSEI Escuela Texto

58

5.射出・可塑化装置-10 スクリュ

1. インラインスクリュ方式は1本のスクリュに可塑化・計量・射出の機能をもたせた機能を集約した方式
2. スクリュはホッパー側より供給部・圧縮部・計量部の3ゾーンから構成され先端部分には逆流防止のチェックバルブが組み込まれている(可塑化)
3. チェックバルブ機能により樹脂の逆流が防止され先端部の溶融樹脂は金型内に「射出」される(射出)

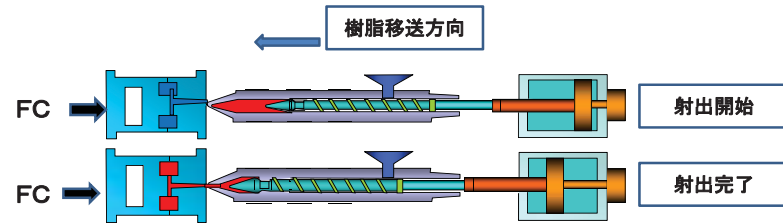


NISSEI Escuela Texto

59

5.射出・可塑化装置-11 射出

1. 型閉じ完了後高圧型締め昇圧確認（プレッシャースイッチ）後、ノズルタッチし射出工程となる。
2. 計量準備された樹脂が型内にスクリュによって充填・保圧される。
3. スクリュ先端部には逆止弁（チェックバルブ）が組み込まれており樹脂に逆流を防止する。

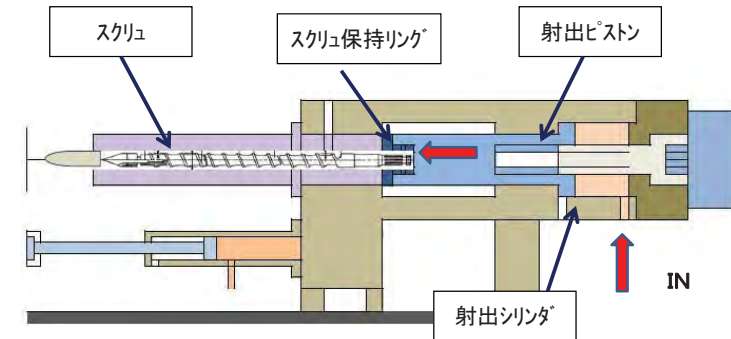


NISSEI Escuela Texto

60

5.射出・可塑化装置-12 射出前進

スクリュ保持リングにより射出ピストンとスクリュが連結される。圧油（IN）により射出ピストンが前進するとスクリュも前進し樹脂を射出する

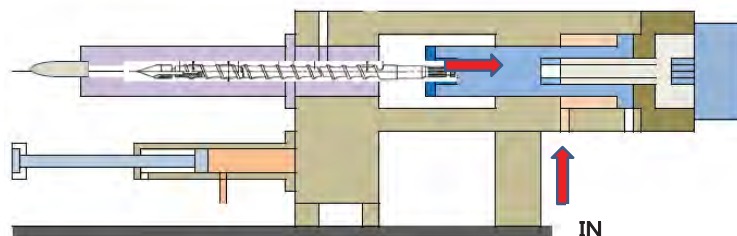


NISSEI Escuela Texto

61

5.射出・可塑化装置-13 射出後退

圧油（IN）により射出ピストンが後退するとスクリュも後退する。
成形中の射出ピストン後退動作はサックバック動作による。
（計量時のピストン後退は計量時の樹脂圧力によりピストンが後退する）



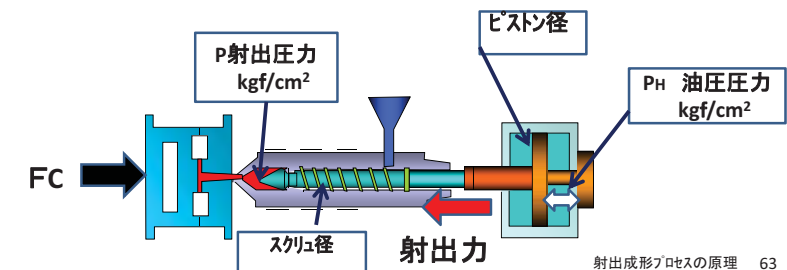
NISSEI Escuela Texto

62

5.射出・可塑化装置-14 射出圧力

射出圧力計算例

1. 射出シリンダ・ピストン径Φ14.5cm、油圧力 $P_H=140\text{kgf/cm}^2$ 、スクリュ径Φ36mmとすると
2. 射出力 $= \pi \times 14.5^2 \times 140 / 4$
3. 射出圧力（P）は射出力をスクリュ断面積で割った値となる。
射出圧力（P） $= (\pi \times 14.5^2 \times 140 / 4) / (\pi \times 3.6^2 / 4) = 14.5^2 \times 140 / 3.6^2$
 $= 2270\text{kgf/cm}^2$ (* MPa)
* 油圧圧力を設定する方式と射出圧力を設定する方式がある。

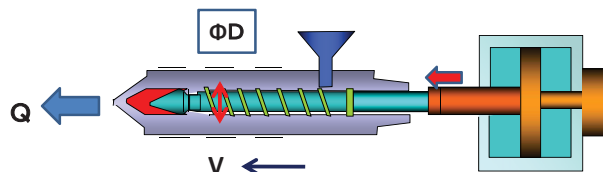


射出成形プロセスの原理 63

5.射出・可塑化装置-15 射出速度

射出速度・射出率計算例

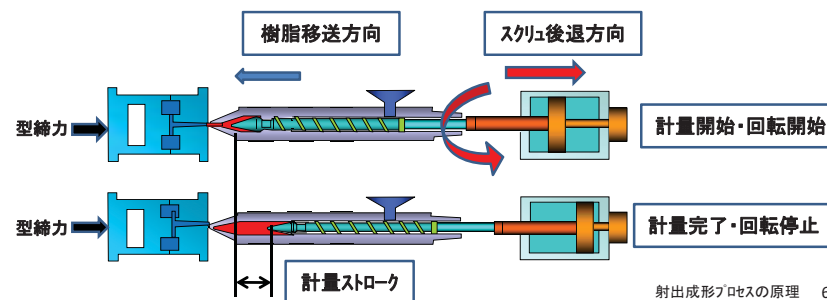
1. 速度 (V) = 距離 (L) / 時間 (t)
2. 成形機の場合 距離 (mm) 速度 (mm/sec)、時間 sec
 30mm ⇒ 8mm間を1.1secで移動した場合
 $V = 22 / 1.1 = 20 \text{ mm/sec}$
 $Q = \text{射出率 } 1\text{sec間に押出す樹脂量 } \text{cm}^3/\text{sec}$
 $Q = \pi \times D^2 \times V / (4 \times 1000)$
 $Q = 241 \text{ cm}^3/\text{sec} \quad \Phi 32 \text{ の場合 } V = Q \times 4000 / \pi \times 32^2$
 $= 300 \text{ mm/sec}$



射出成形プロセスの原理 64

5.射出・可塑化装置-16 計量

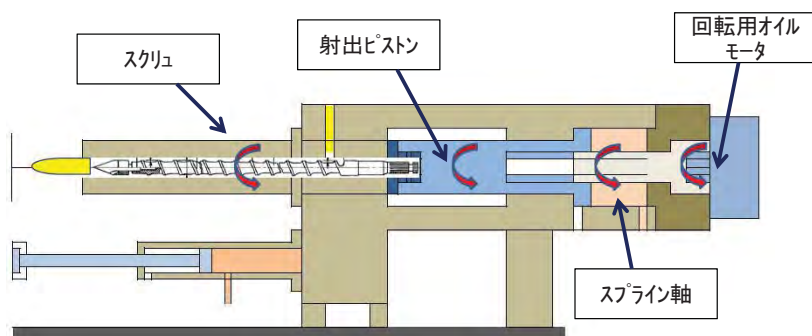
1. スクリュ回転が開始されると樹脂はスクリュにより移送されせん断作用とヒータ加熱により軟化されノズル側に送られる。
2. 体積圧縮を受けるとともにせん断作用とヒータ加熱により熔融混練され均一化した熔融樹脂がスクリュ先端部におくられる。
3. スクリュ先端部に送り込まれた熔融樹脂により圧力が上がりスクリュを後退させる。
4. 計量ストローク分後退すると可塑化・計量は完了しスクリュ回転は停止する。



射出成形プロセスの原理 65

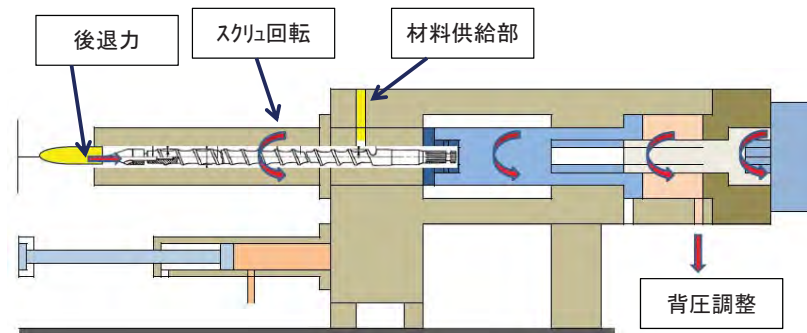
5.射出・可塑化装置-17 計量

回転用オイルモータが回転し、スプライン軸が回転し射出ピストンが回転しスクリュが回転する



5.射出・可塑化装置-18 計量

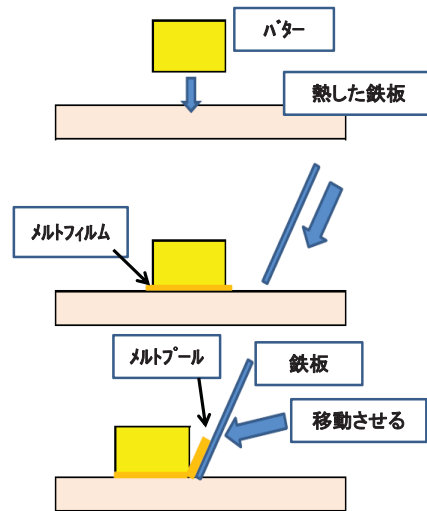
可塑化・計量によってスクリュ先端側に送られた樹脂圧力によりスクリュ後退させる力が発生する。(材料が無くなると先端側に送られなくなり樹脂圧力が上がりず後退力が発生しない。スクリュは後退しない)
 計量時には回転しながらスクリュは後退する。



5.射出・可塑化装置-23 可塑化

熱した鉄板にバターを置いた場合、接した部分より溶け始める(メルトフィルム)

バターを鉄板コテで移動させると溶けた部分が鉄板コテ側に集まって一緒に移動する(メルトプール)



NISSEI Escuela Texto

72

5.射出・可塑化装置-24 可塑化

成形条件と樹脂温度の変化

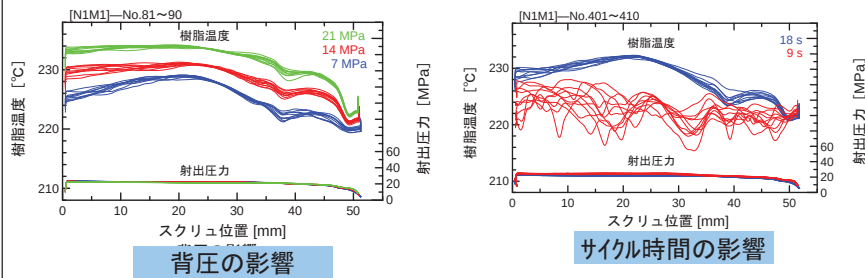
	樹脂温度	樹脂温度 バラつき
スクリュ回転速度 低	↓	↓
スクリュ背圧 高	↑	↓
加熱筒温度 高	↑	↓
成形サイクル 短	↓	↑

NISSEI Escuela Texto

73

5.射出・可塑化装置-25 可塑化

成形条件と樹脂温度バラつき



NISSEI Escuela Texto

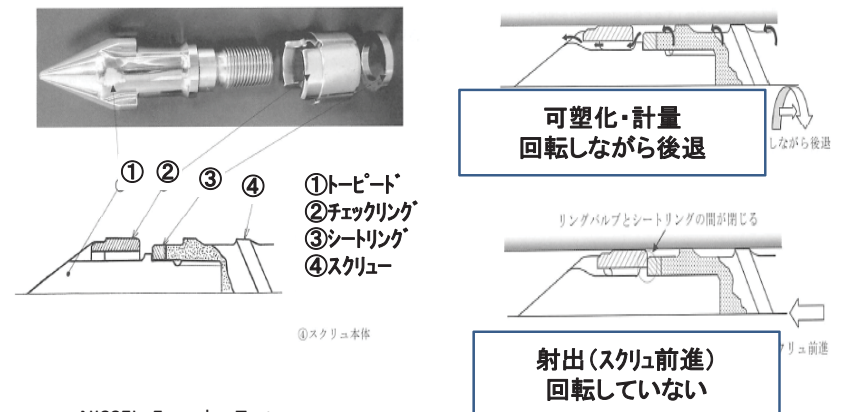
74

5.射出・可塑化装置-26 先端部品

スクリュ先端部品(逆流防止) 3点セット

セックリングは**共回り**、**非共回り**の2タイプあり・

逆止弁を積極的閉じる「スクリュを逆回転させる」ソフトも使用されている。

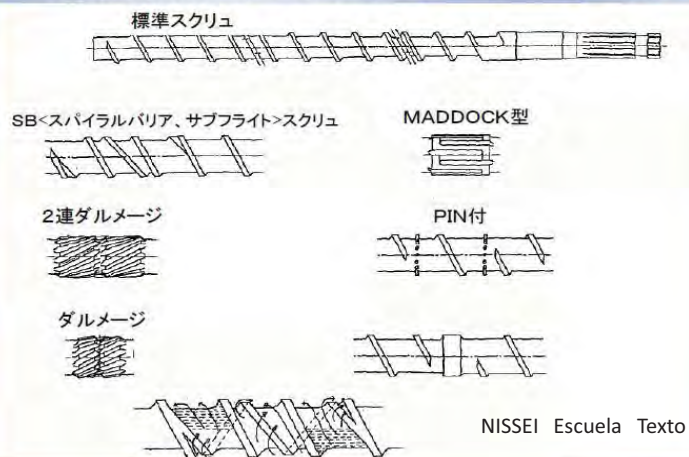


NISSEI Escuela Texto

75

5.射出・可塑化装置-27 スクリューデザイン

可塑化・混練性向上のため各種デザインのスクリーが用意されている



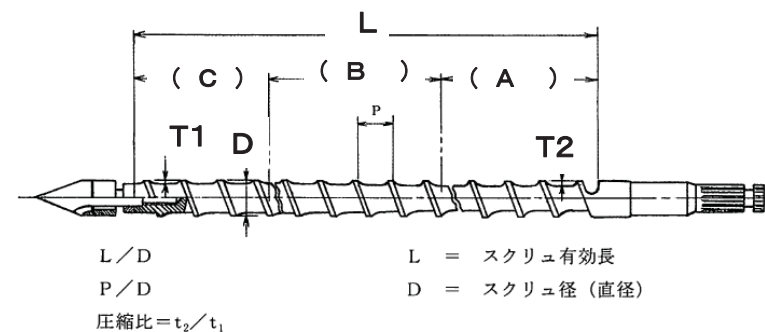
76

5.射出・可塑化装置-28

復習

$L/D \Rightarrow$

$T2/T1 \Rightarrow$



NISSEI Escuela Texto

77

6.射出・可塑化装置移動装置-1

成形中、ノズルタッチしたままの場合と毎ショット前進・後退を繰り返す動作が選択できる。ノズル先端の温度管理とスプール系引き状態より判断し選択する。

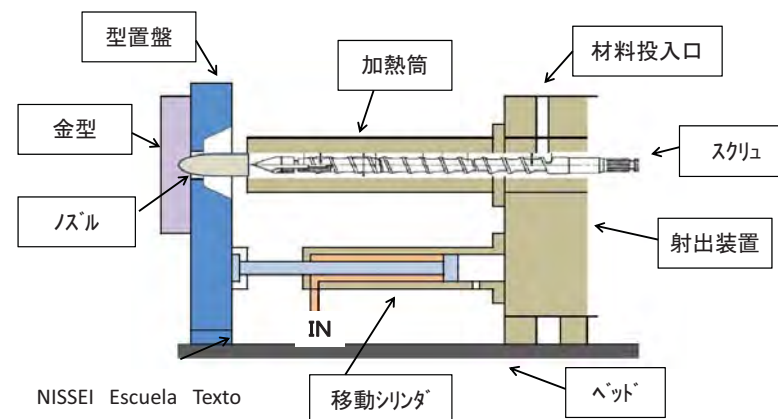


NISSEI Escuela Texto

78

6.射出・可塑化装置移動装置-2

移動シリンダのピストンロッドは型置盤に固定されている。シリンダ側は射出装置側に固定されている。圧油が送られ(IN)ノズル杆の状態を示す。

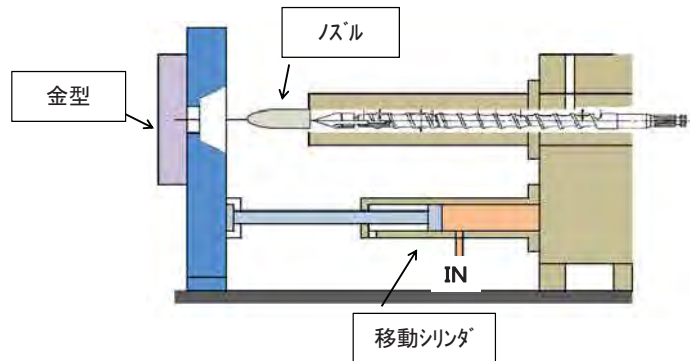


NISSEI Escuela Texto

79

6.射出・可塑化装置移動装置-3

圧油が送られ(IN)ノズルタッチOFFの状態を示す。



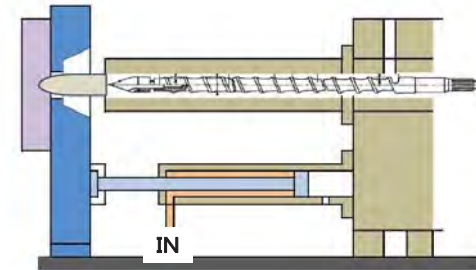
NISSEI Escuela Texto

80

6.射出・可塑化装置移動装置-4

最大のノズルタッチ力は何のくらいか？

ピストン径 ϕ 、ロッド径 ϕ 、
最高油圧回路圧 MPa

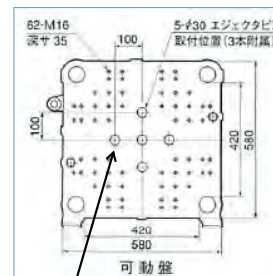
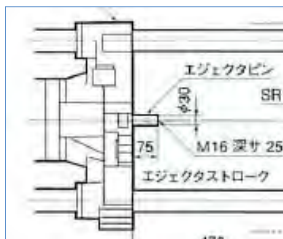


NISSEI Escuela Texto

81

7.突出装置-1

突出しロッド位置(5点)は金型仕様にあわせ選定
使用位置にエジェクタピンをねじ込む



突出しロッド 5か所

NISSEI Escuela Texto

82

7.突出装置-2

①突出し力(F)は何のくらいか？

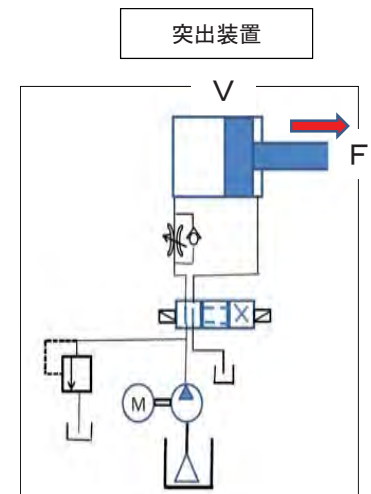
②突出し速度(V)は何のくらいか？

油圧圧力(PH) 13.7MPa

吐出量 60L/min

F =

V =

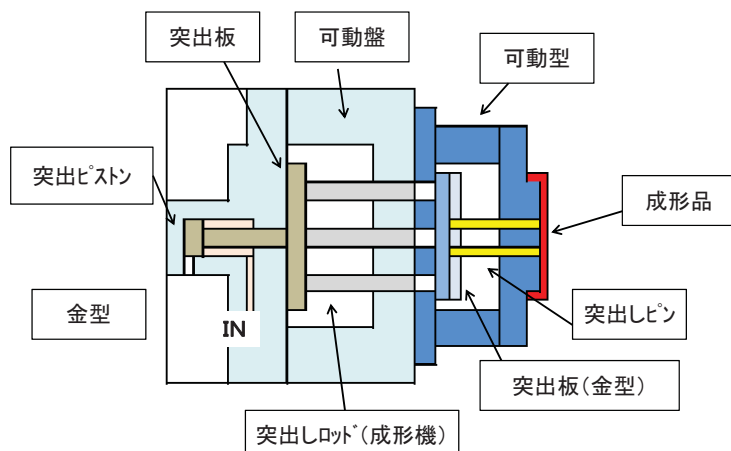


NISSEI Escuela Texto

83

7.突出装置-3

圧油が送られ(IN)突出ピストンが後退している状態(型開き中)

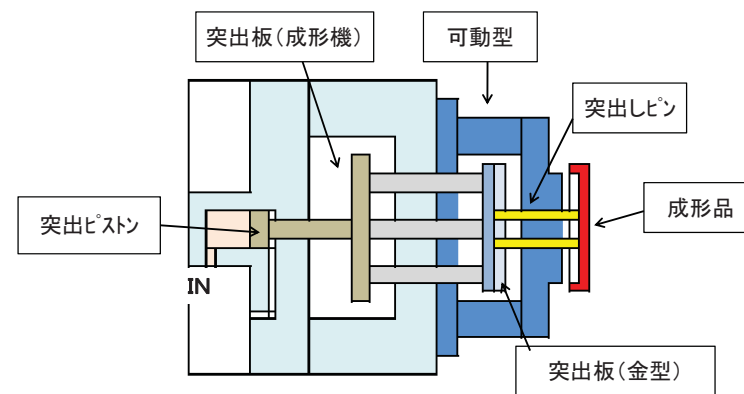


NISSEI Escuela Texto

84

7.突出装置-4

圧油が送られ(IN)突出ピストンが前進している状態。(突出し動作中)

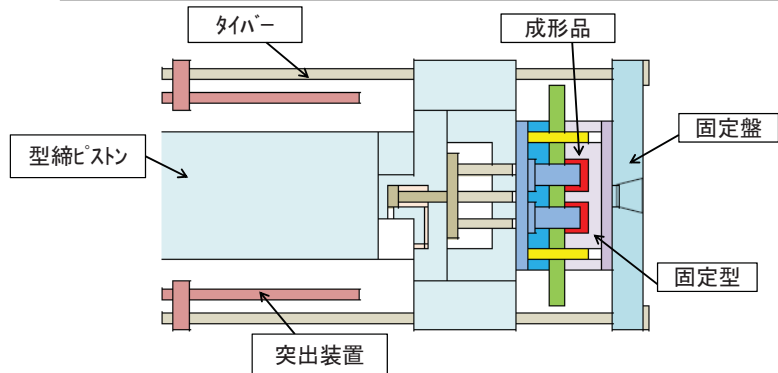


NISSEI Escuela Texto

85

7.突出装置-5 機械式突出装置

突出しロッド位置が中心部に無い金型に使用。成形機の特長仕様。
調整は複雑。型開ストロークに合わせ調整。突出前の状態示す。
複数回の突出動作は困難

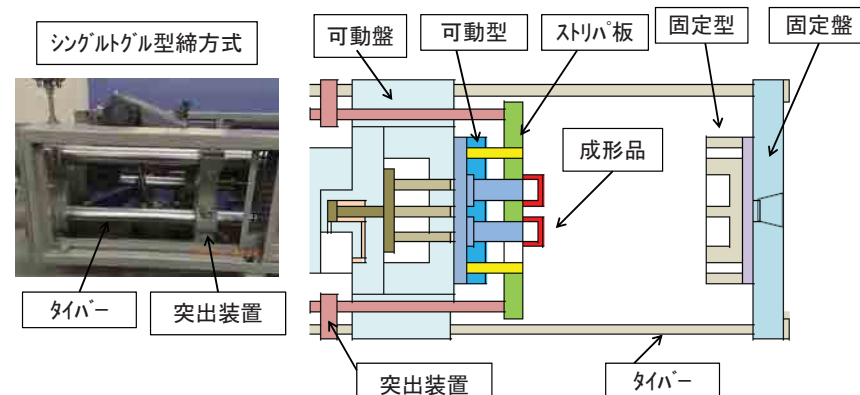


NISSEI Escuela Texto

86

7.突出装置-6 機械式突出装置

突出しロッド位置が中心部に無い金型に使用。成形機の特長仕様
調整は複雑。型開ストロークに合わせ調整。突出時の状態示す

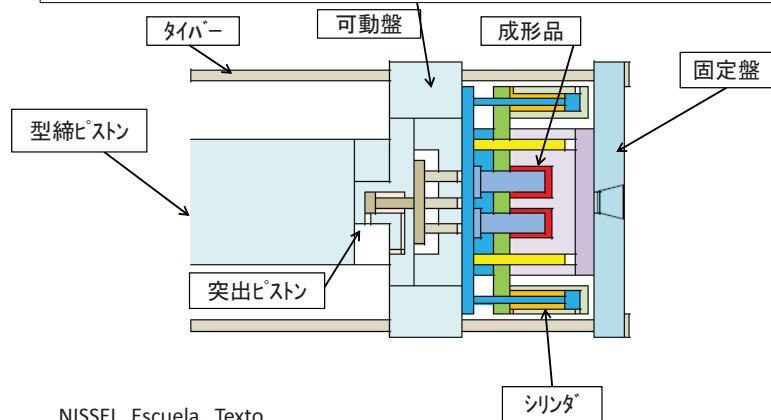


NISSEI Escuela Texto

87

7.突出装置-7 シリンダー利用

成形機突出装置は最大ストロークが仕様で決まっている。そのストローク以上に動かしたい場合にシリンダーを利用する。制御装置も必要、突出し前の状態を示す、油圧利用が主。

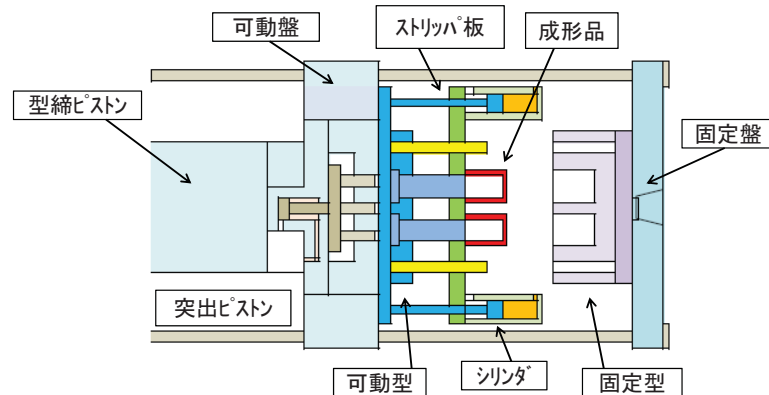


NISSEI Escuela Texto

88

7.突出装置-8 シリンダー利用

成形機突出装置は最大ストロークが仕様で決まっている。そのストローク以上に動かしたい場合にシリンダーを利用する。制御装置も必要、突出時の状態を示す

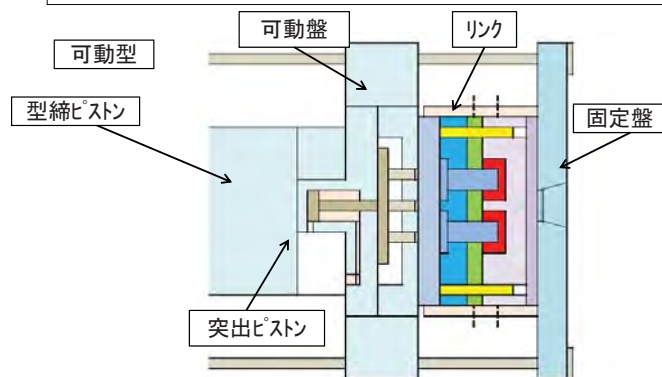


NISSEI Escuela Texto

89

7.突出装置-9 型開動作利用

成形機突出が使用できない場合や固定側突出の場合、型開き動作・リンク使用して突出しを行う。突出し前の状態を示す

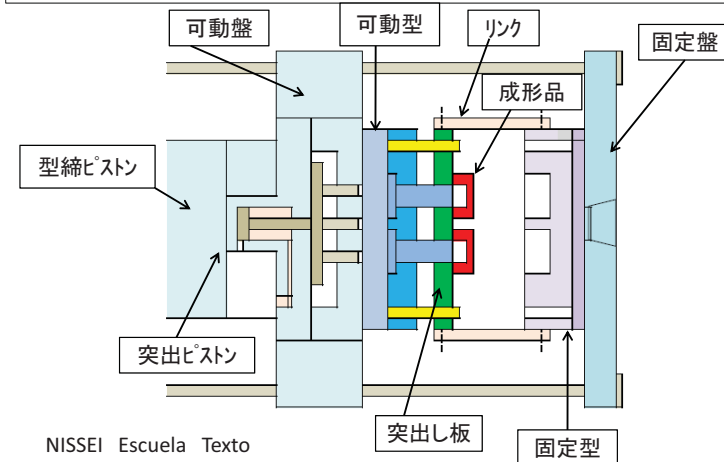


NISSEI Escuela Texto

90

7.突出装置-10 型開動作利用

成形機突出が使用できない場合や固定側突出の場合、型開き動作・リンク使用して突出しを行う。複数回の突出しは困難。突出時の状態を示す



NISSEI Escuela Texto

91



型締ピストン



型締ピストン

型締ピストン

型厚調整(トル)



M3 射出成形設備機器

M3-4 油圧成形システムとその機能

7, 8/Nov/2011

目次

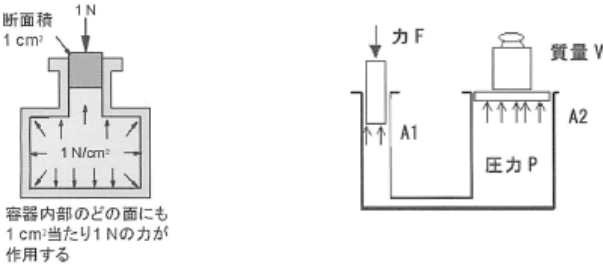
1	油圧の基礎知識	1～4	P3～P6
2	成形機の油圧回路図	1～8	P7～P14
3	各部品の機能と油圧回路図	1～10	P15～P24
4	油圧シリンダの速度と力	1～4	P25～P28

1.油圧の基礎知識-1

油圧の基礎知識 ～ パスカルの原理

密閉容器中の流体は、その容器の形に関係なく、ある一点に受けた単位面積当りの圧力をそのままの強さで、流体の他のすべての部分に伝える。

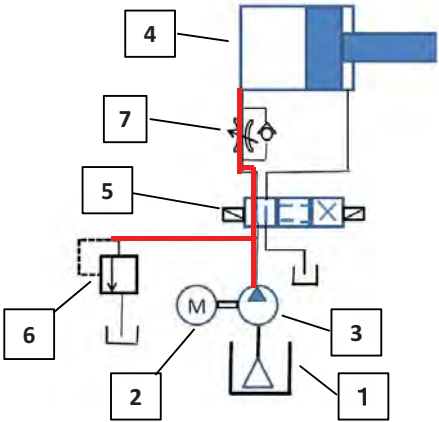
油圧装置は大きな力を出せる。力Fを10NとしA2/A1=10倍とするとA2に発生する力は100Nとなる。実際の油圧装置では力Fを加えた部分はポンプ、大きなA2部分は型締シリンダ、射出シリンダにあたる。



1.油圧の基礎知識-2

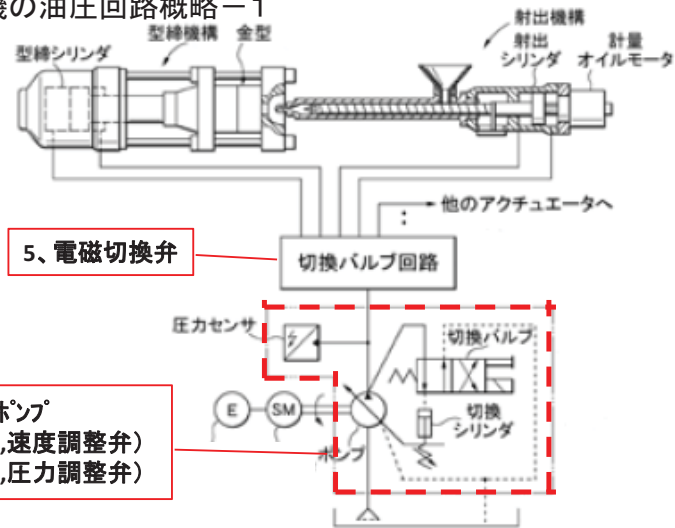
油圧回路の基本

- 1.油（油タンク）
- 2.モーター（電動モーター）
- 3.ポンプ
- 4.シリンダー
- 5.電磁切換弁
- 6.圧力調整弁
- 7.速度調整弁



1.油圧の基礎知識-3

設置機の油圧回路概略-1



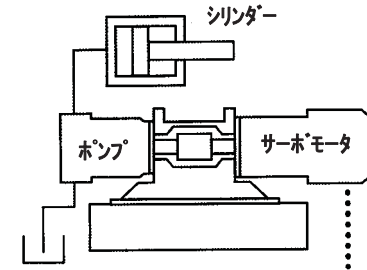
5、電磁切換弁

3、ポンプ
(6、速度調整弁)
(7、圧力調整弁)

1.油圧の基礎知識-4

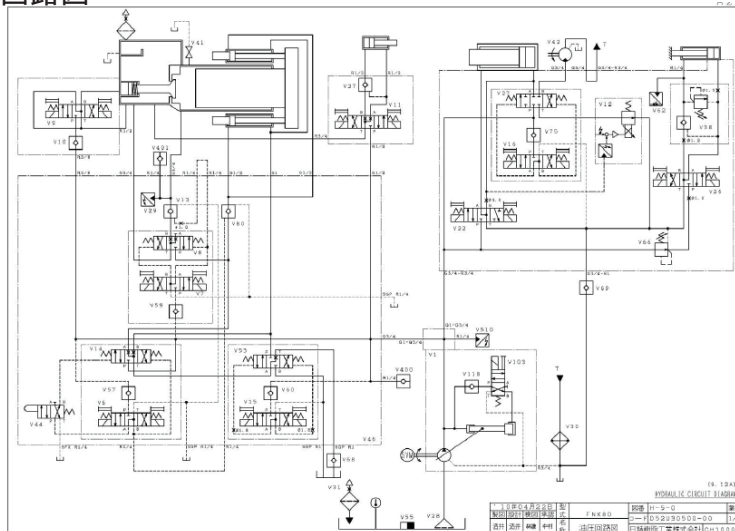
設置機の油圧回路概略-2

サーボモータ
必要な時に必要なだけサーボモータの回転動作を行う
流量
サーボモータ回転数
圧力
サーボモータトルク



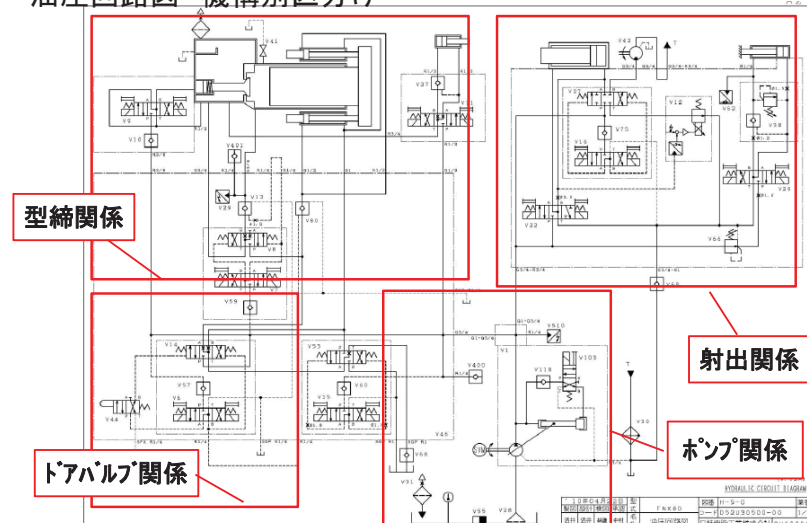
2.成形機の油圧回路図-1

油圧回路図



2.成形機の油圧回路図-2

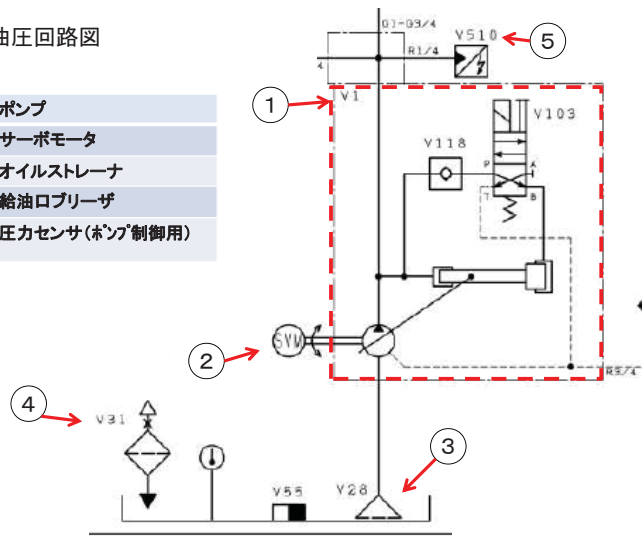
油圧回路図 機構別区分け



2.成形機の油圧回路図-3

ポンプ関係の油圧回路図

1	V1	ポンプ
2	SVV	サーボモータ
3	V28	オイルストレーナ
4	V31	給油ロブリーザ
5	V510	圧力センサ(ポンプ制御用)



NISSEI Escuela Texto

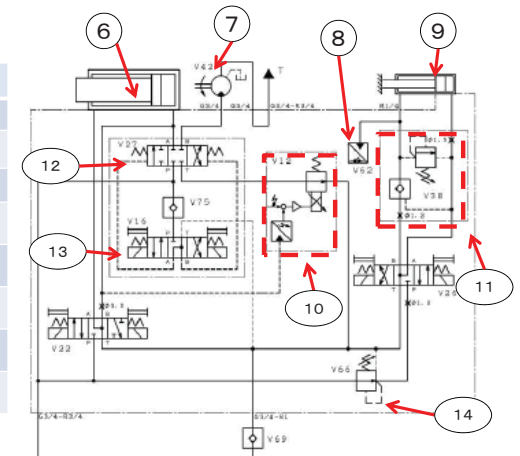
油圧成形システムとその機能

9

2.成形機の油圧回路図-4

射出関係の油圧回路図

6		射出シリンダー
7	V42	オイルモータ
8	V510	圧力スイッチ(P2)
9	V28	射出装置移動シリンダー
10	V12	電磁圧力調整弁. 背圧
11	V38	パイロット型逆止弁
12		四方切換弁
13		電磁切換弁
14	V66	減圧弁



NISSEI Escuela Texto

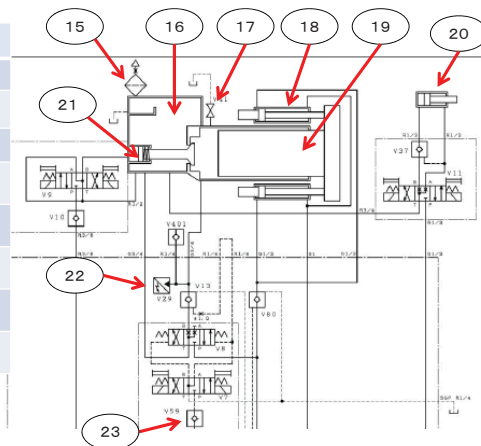
油圧成形システムとその機能

10

2.成形機の油圧回路図-5

型締関係の油圧回路図

15		給油ロブリーザ
16		上部オイルタンク
17	V41	空気抜きコック
18		早送りシリンダー
19		高圧型締ピストン
20		突出シリンダー
21		プレフィルバルブ
22	V29	圧力スイッチ(P1)
23	V59	逆止弁



NISSEI Escuela Texto

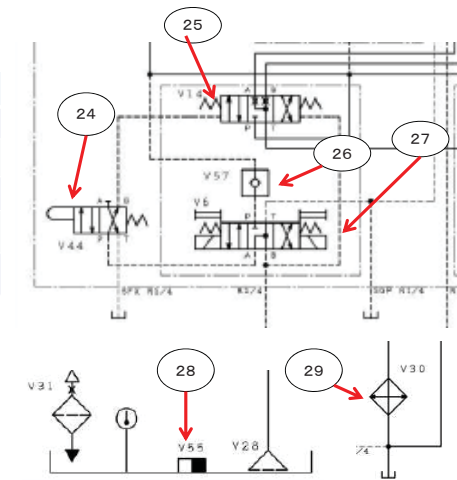
油圧成形システムとその機能

11

2.成形機の油圧回路図-6

ドアバルブ関係他の油圧回路図

24	V44	ドアバルブ
25		四方切替弁(型開閉)
26	V57	逆止弁
27		電磁切換バルブ
28	V55	マイクロセレータ
29	V30	オイルクーラ



NISSEI Escuela Texto

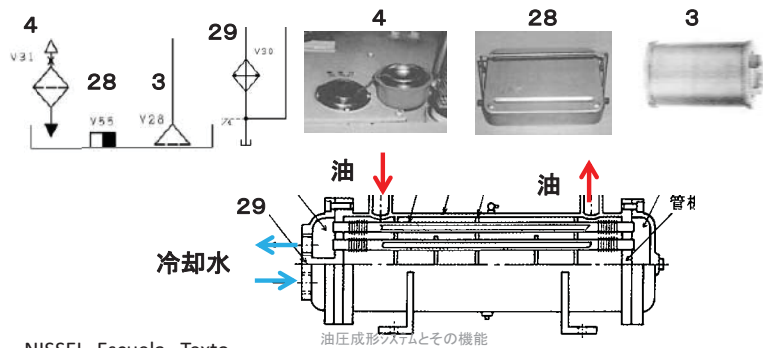
油圧成形システムとその機能

12

2.成形機の油圧回路図-7

各部品の機能

3	オイルストレーナ	油吸入口のフィルター。100μのメッシュ
4	給油ロブリーザ	タンク上部の空気口
28	マイクロセレータ	金属除去用マグネット。油タンク内に設置
29	クーラ	作動油冷却用



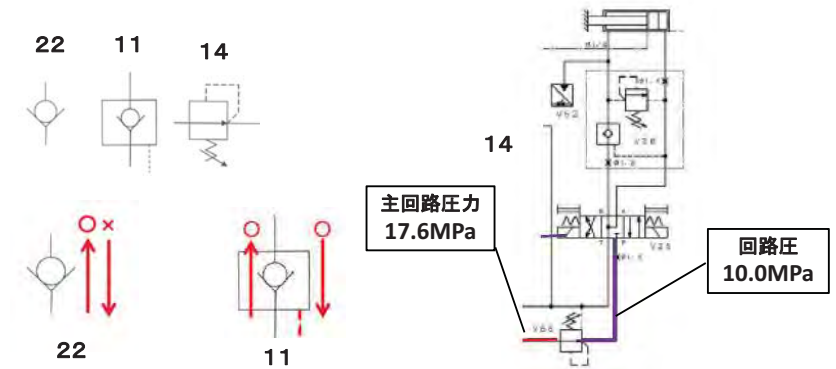
NISSEI Escuela Texto

13

2.成形機の油圧回路図-8

各部品の機能

22	逆止弁	1方向の流動
11	パイロット型逆止弁	パイロット回路使用により逆方向の流動可能
14	減圧弁	主回路の圧力より低い圧力を回路の一部に設定する、射出装置の回路



NISSEI Escuela Texto

14

3.各部品と油圧回路図-1

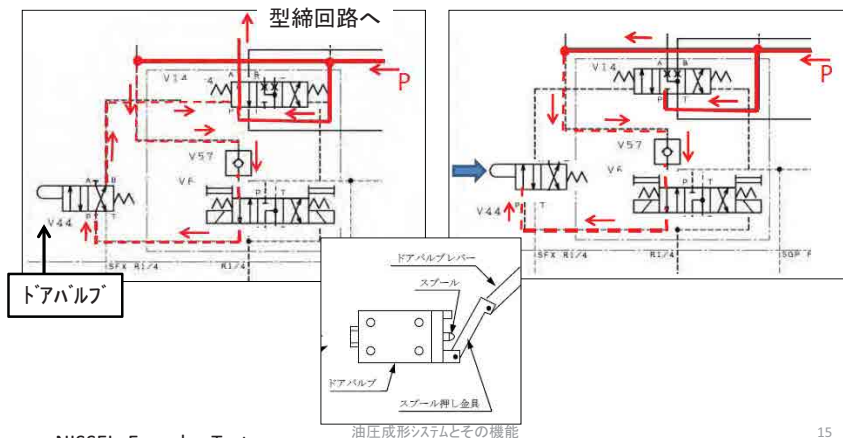
ドアバルブ関係の油圧回路図

型締状態

パイロット回路が導通し四方向切換弁が作動し型締回路に油流動。

型締中に安全ドアを開いた状態

ドアバルブの作動によりパイロット回路が遮断され四方向切換弁が中立の状態



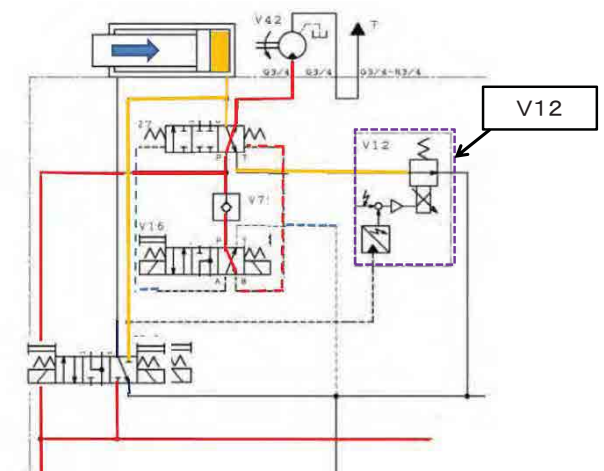
NISSEI Escuela Texto

15

3.各部品と油圧回路図-2

電磁圧力調整弁の油圧回路図 V12背圧調整

計量時、可塑性・溶融された樹脂はスクリュ先端側に送られ、圧力が上昇し射出ピストンを後退させる力が発生する。その力をV12電磁圧力調整弁でおこなう。



油圧成形システムとその機能

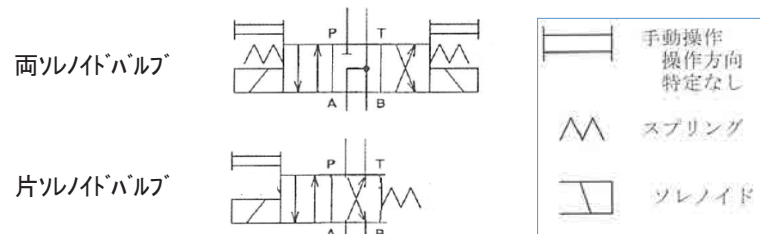
16

3.各部品と油圧回路図-3

ソレノイドバルブの機能-1

ソレノイドバルブ

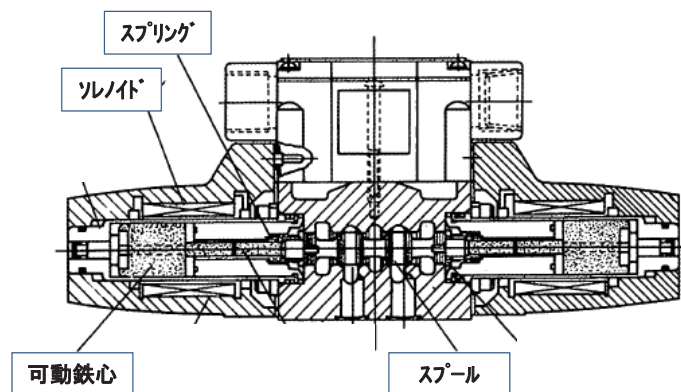
ソレノイドに通電されるとスプールが押され流路が変更される。通電が遮断されるとスプールはスプリングの力で戻される
両ソレノイドバルブ・片ソレノイドバルブの2仕様がある



3.各部品と油圧回路図-4

ソレノイドバルブの機能-2

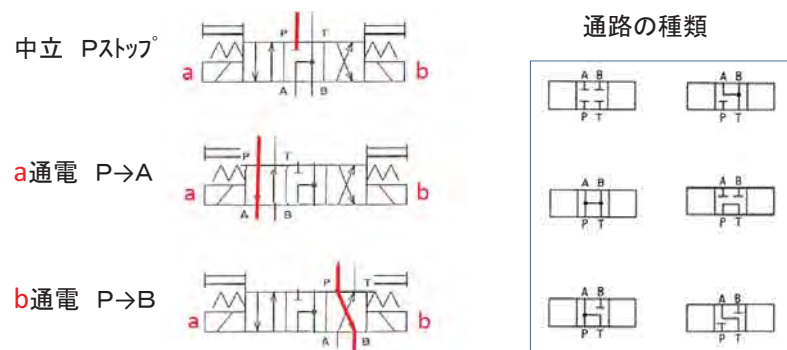
ソレノイドバルブ構造図



3.各部品と油圧回路図-5

ソレノイドバルブの機能-3

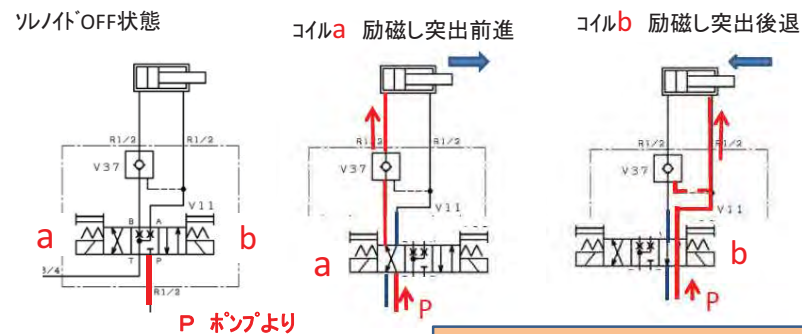
ソレノイドバルブの動作及び通路の種類



3.各部品と油圧回路図-6

ソレノイドバルブの機能-4

ソレノイドバルブの作動 突出シリンダー



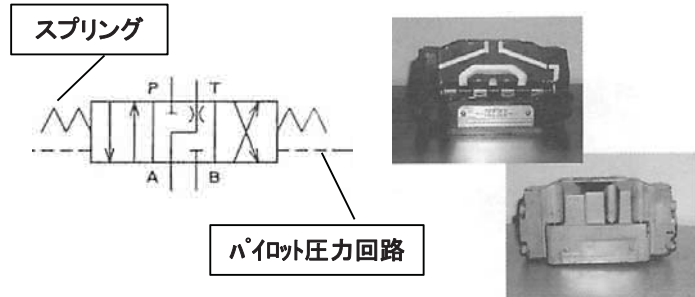
課題1 V37が必要な理由は？

3.各部品と油圧回路図-7

四方向切換弁の機能-1

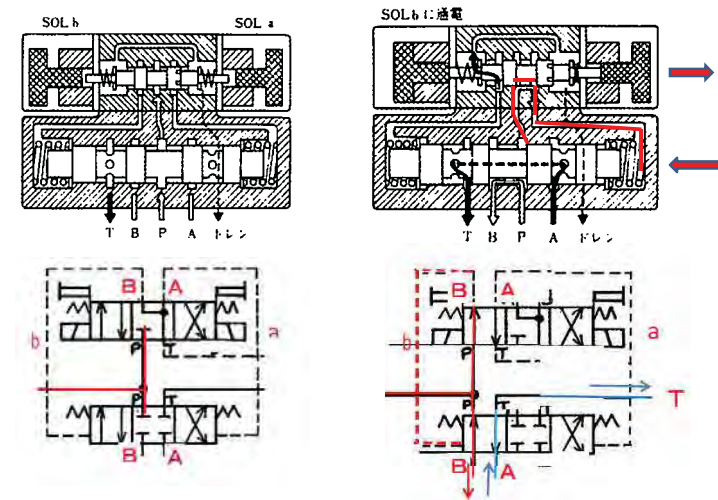
四方向切換弁

スプール両端にスプリングが挿入されており、外部からのパイロット圧力によりスプールが移動し、パイロット圧力が切れるとスプリング力でスプールが戻される。ソレノイドバルブとセットで使用される



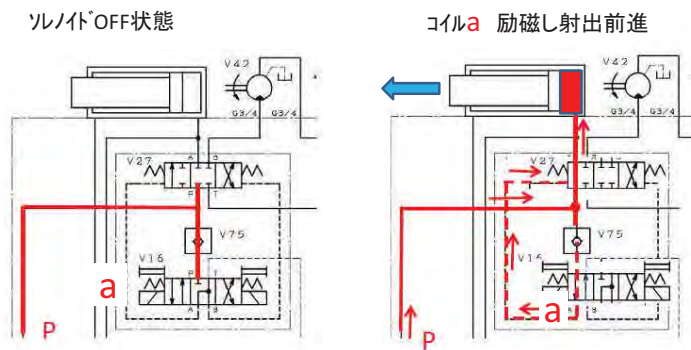
3.各部品と油圧回路図-8

四方向切換弁の機能-2



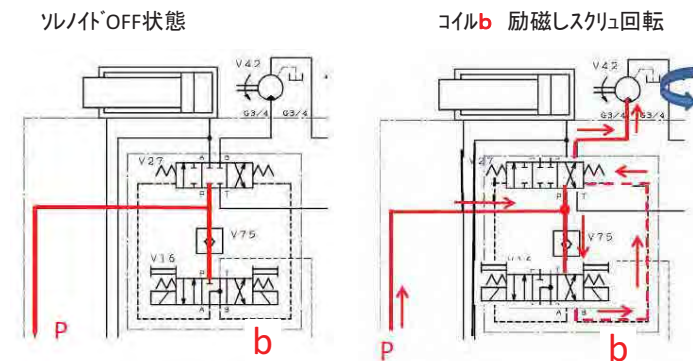
3.各部品と油圧回路図-9

ソレノイドバルブ・四方向切換弁の作動-1 射出前進



3.各部品と油圧回路図-10

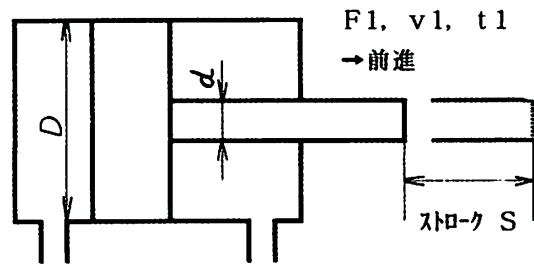
ソレノイドバルブ・四方向切換弁の作動-2 スクリュ回転



4.油圧シリンダの速度と力-1

油圧シリンダの速度と力の関係-1

t 2, v 2, F 2 ←後退



大きな力を出すためには、圧力を高くするか、面積を大きくするかの2つの方法がある。シリンダ面積を大きくすると速度は遅くなり、小さくすると速度は速くなる

4.油圧シリンダの速度と力-2

油圧シリンダの力と速度の関係-2

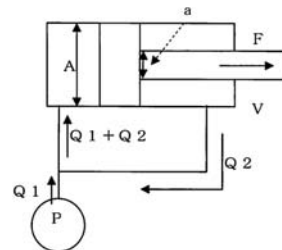
	前進	後退
力 (kgf)	$F_1 = P \times \frac{\pi D^2}{4}$	$F_2 = P \times \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$
速度 (cm/sec)	$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$	$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}}$
時間 (sec)	$t_1 = \frac{S}{V_1}$	$t_2 = \frac{S}{V_2}$
	D : シリンダの内径 (cm) d : ロッドの直径 (cm) * 1kgf=9.8N * 1kgf/cm ² = 0.098Mpa P : 回路油圧 (kgf/cm ²) * 10 = 1000 cm ³ Q : 流量 (cm ³ /sec) S : ストローク (cm)	

4.油圧シリンダの速度と力-3

差動回路-1

シリンダの両側の面積差を利用して、ピストンを急速前進させることができます。その回路が差動回路で、高速型開き回路などに利用されています。図に示されているように、ポンプ吐出量Q1とシリンダのロッド側から排出される油量Q2とが合流し、シリンダのヘッド側に流入して、ピストン速度を速くします。その速度増加分はピストンロッドの断面積をポンプ吐出量Q1で押出す速度に相当します。

発生する推力F(kgf)は、油圧をP(kg/cm²)とすればF=PA-P(A-a)、F=Paとなる。通常の回路より力が減るので、この回路は低負荷の場合にのみ使用される。



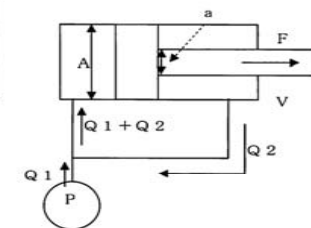
課題2 差動回路を使用している部分はどこか？

4.油圧シリンダの速度と力-4

作動回路-2

(1) 速度 (V)

ピストン前進速度	V	cm/sec
ポンプ吐出量	Q1	cm ³ /sec
ピストンヘッド側の面積	A	cm ²
ピストンロッド側の面積	a	cm ²



$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{A} \quad Q_2 = V(A - a)$$

$$\text{よって } V = \frac{Q_1 + V(A - a)}{A} \quad AV = Q_1 + AV - aV$$

$$\text{よって } V = \frac{Q_1}{a}$$

* ポンプの吐出量Q1をロッドの断面積で割った値となります。

M3 射出成形設備機器

M3-5 電気成形システムとその機能

14,24,25/SEP/2012

目次

1	電気成形システムの基礎知識	1～11	P3～P13
2	成形機の仕様	1～8	P14～P21
3	成形機操作方法	1～11	P22～P32

1. 電気成形システムの基礎知識-1 復習M3-2 P19 一部変更

- 1) 各部の動作を油圧装置に頼らずにサーボモータにより駆動する方式で基本構造は油圧式成形機とほとんど変わらない。
- 2) 特徴として
 - ① 通常4つ以上の独立したモーターにより、型開閉、射出、突き出し、計量ができるため、成形工程を並列進行させることが可能になり、結果的に成形サイクルを短縮できる製品もある。(薄肉製品で冷却時間より計量時間が長くなる場合等)
 - ② 消費電力エネルギーが油圧式成形機(標準的な油圧式)に比較して大幅に少ない。(一般的な数値として-30%～45%)
 - ③ 油を使用しないので成形環境がクリーンとなり、食品容器や医療関係の成形では好都合である
 - ④ 型締装置はトルク式がほとんど

Q-1

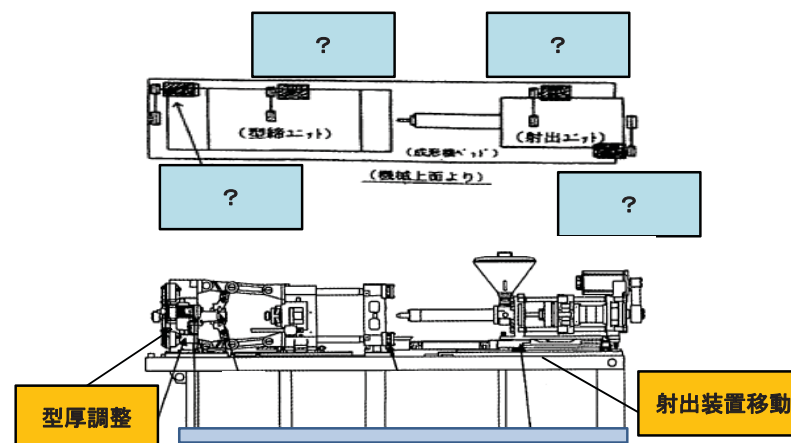
このように優れた電気式成形機がメキシコの成形メーカーに普及せず、油圧式が殆どなのはなぜですか？

Q-2

ハイブリッド式は、色々な組み合わせが考えられますが、どの部分が油圧式、どの部分が電気(サーボモータ)式ですか？

1. 電気成形システムの基礎知識-2 復習M3-2 P20 一部空白

- 1) サーボモータの使用箇所(トルク式型締) サーボモータ 4個 モータ 2個



1.電気成形システムの基礎知識-3

1. 電動式と油圧式のモータ容量比較

80Tonfと50Tonf での比較例

	電動式 KW 80Tonf	油圧式 KW 80Tonf	電動式 KW 50Tonf
射出	25		15
スクロ回転	6.5		3.5
型開閉	5.5		4.5
エジェクタ	2		2
型厚調整	0.2		
射出装置移動	0.2		
メインモータ		15	

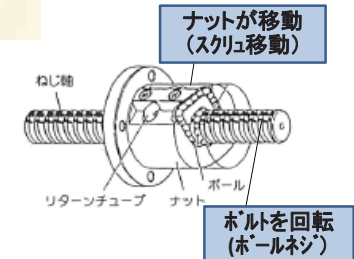
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

5

1.電気成形システムの基礎知識-4 復習M3-2 P22

1) スクリュー駆動はボールネジ回転による



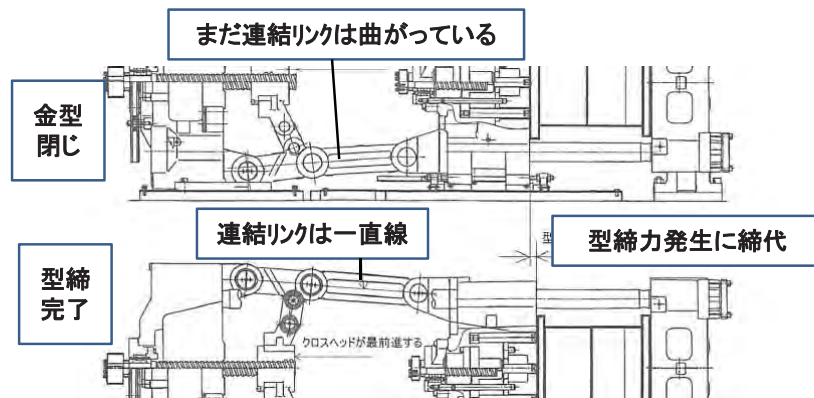
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

6

1.電気成形システムの基礎知識-5 復習M3-2 P28

- 1) トグルが伸びきる手前で金型を完全に閉じ、伸びきったときにはタイバーも伸びるように設定します
- 2) タイバーの伸びによって発生する弾性力で金型を締め付けます



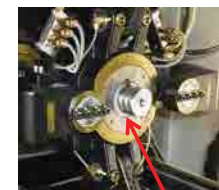
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

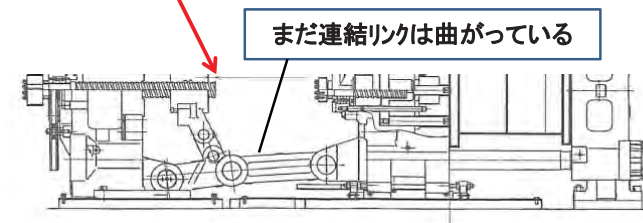
7

1.電気成形システムの基礎知識-6

- 1) トグルが伸びきる手前で金型を完全に閉じ、



金型
閉じ



NISSEI Escuela Texto

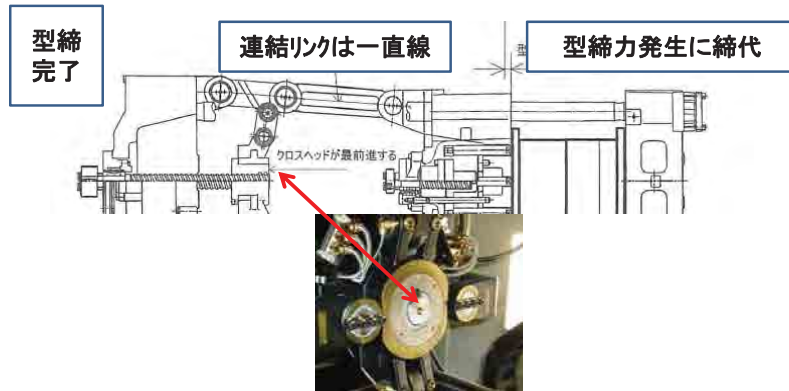
電気成形システムとその機能

8

1.電気成形システムの基礎知識-7

- 1) トグルが伸びきったときにはタイバーも伸びるように設定します
- 2) タイバーの伸びによって発生する弾性力で金型を締め付けます

設定型締力 (* * Ton、KN)



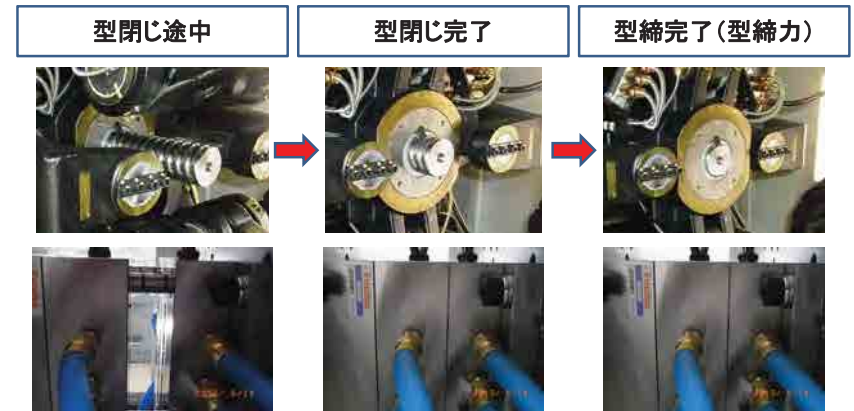
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

9

1.電気成形システムの基礎知識-8

- 1) トグルが伸びきる手前で金型を完全に閉じ、伸びきったときにはタイバーも伸びるように設定します
- 2) タイバーの伸びによって発生する弾性力で金型を締め付けます



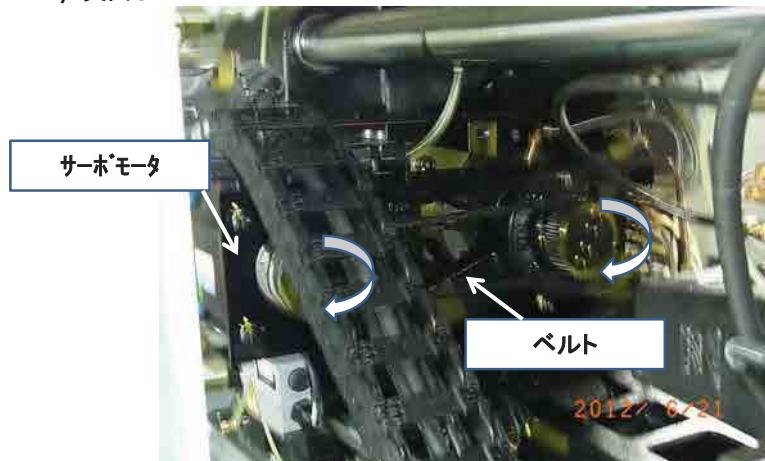
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

10

1.電気成形システムの基礎知識-9

- 1) 突出し



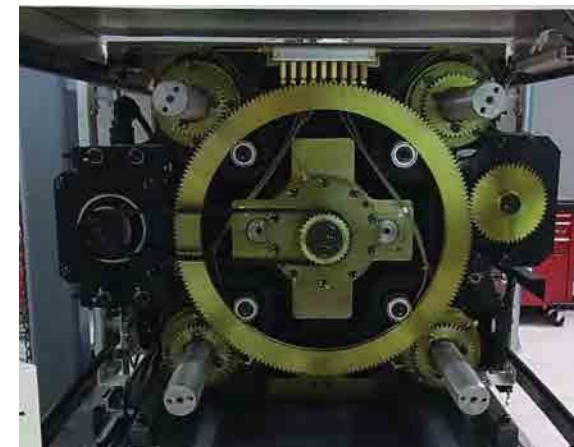
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

11

1.電気成形システムの基礎知識-10

- 1) 型厚調整 調整方法は？



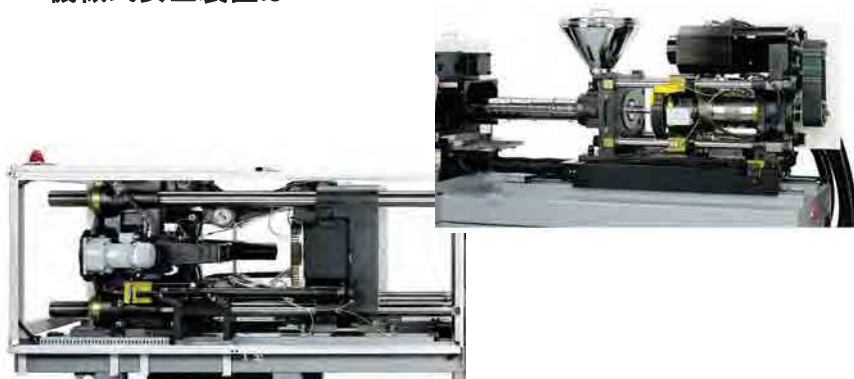
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

12

1.電気成形システムの基礎知識-11

射出サーボモータは？
型開閉用サーボモータは？
機械式安全装置は？



NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

13

2.成形機の仕様-1

①	型締力	KN	490
②	型締ストローク	mm	250
③	使用金型厚	mm	170～360
④	最大型開 距離	mm	610
⑤	タイパ-間隔 (HxV)	mm	360x360
⑥	タイプレート寸法 (HxV)	mm	505x505
⑦	最小金型 寸法 (HxV)	mm	255x255
⑧	ロケートリング径	mm	100
⑨	突出ストローク	mm	70
⑩	ノズル出距離	mm	30
⑪	機械寸法 (LxWxH)	m	3.52x1.05x1.60
⑫	床寸法 (LxWxH)	m	3.09x0.72

(1MPa=10,2 kg/cm²、1KN=0.102 Tonf)

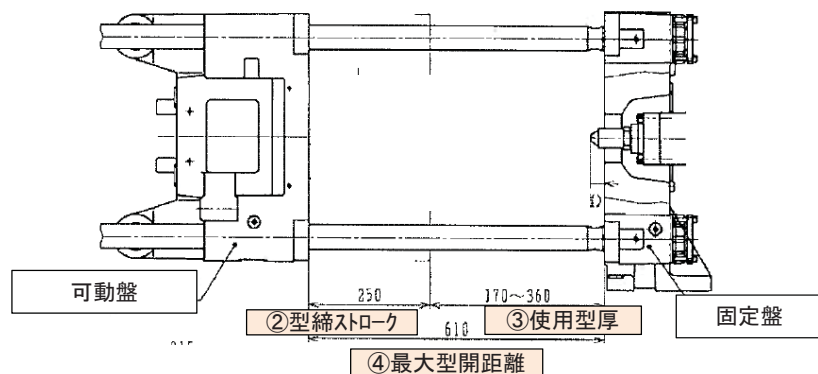
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

14

2.成形機の仕様-2

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ② 型締ストローク | 250mm | リンク最大ストローク |
| ③ 使用型厚 | 170～360mm | 使用可能な型厚 |
| ④ 最大型開距離 | 610mm | 最大の開き距離 |



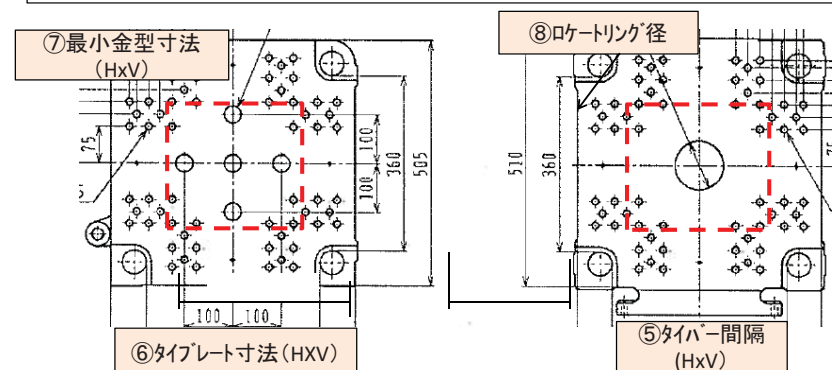
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

15

2.成形機の仕様-3

- | | | |
|------------------|------------|----------------|
| ⑤ タイパ-間隔 (HxV) | 360x360 mm | タイパ-間の内寸法 |
| ⑥ タイプレート寸法 (HxV) | 505x505 mm | 盤の最大寸法 |
| ⑦ 最小金型 寸法 (HxV) | 255x255 mm | 最大型締力での最小の金型寸法 |
| ⑧ ロケートリング径 | 100 mm | ロケートリング寸法 |



NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

16

2.成形機の仕様-8

⑬	スクロ径	mm	26
⑭	射出体積		49
⑮	可塑化能力(PS)	Kg/h	23
⑯	射出圧力	MPa	196
⑰	射出率	cm ³ /sec	265
⑱	射出速度	mm/sec	500
⑲	スクロ回転数	rpm	~350

可塑化能力(時間当たり可塑化できる樹脂の質量)

PSにおける算定基準は、樹脂温度210℃以上、50%ストロークで10回パージし、合計樹脂質量を合計スクロ回転時間で割って求めた値。

(射出時間を含まない計算値であり可塑化能力=射出能力ではない)

射出成形機はスクロ前後進と間欠回転。押出し機はスクロ連続回転 前後進せず L/D(射出成形機 < 押出し機)

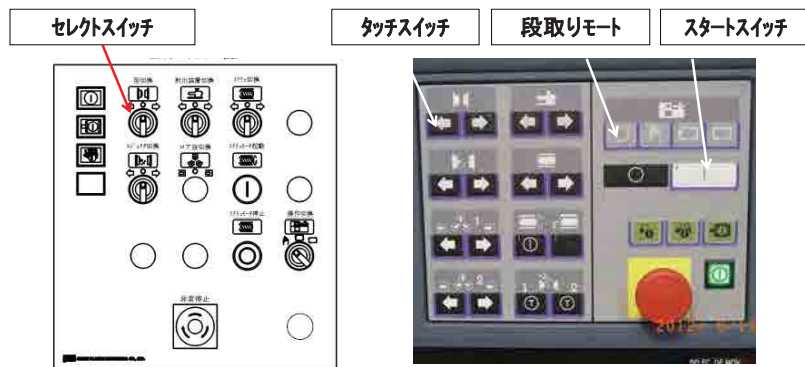
3.成形機操作方法-1

操作パネルの違い



3.成形機操作方法-2

操作パネルのスイッチ類の違い

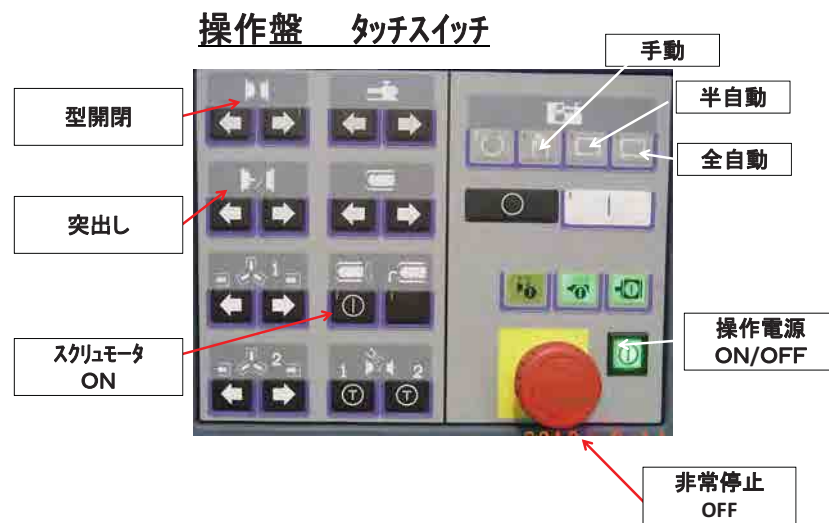


3.成形機操作方法-3

電源スイッチ手順



3.成形機操作方法-4



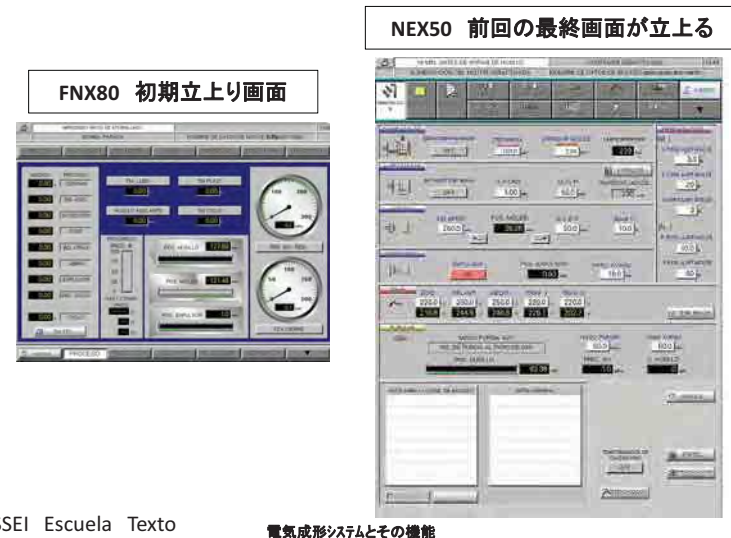
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

25

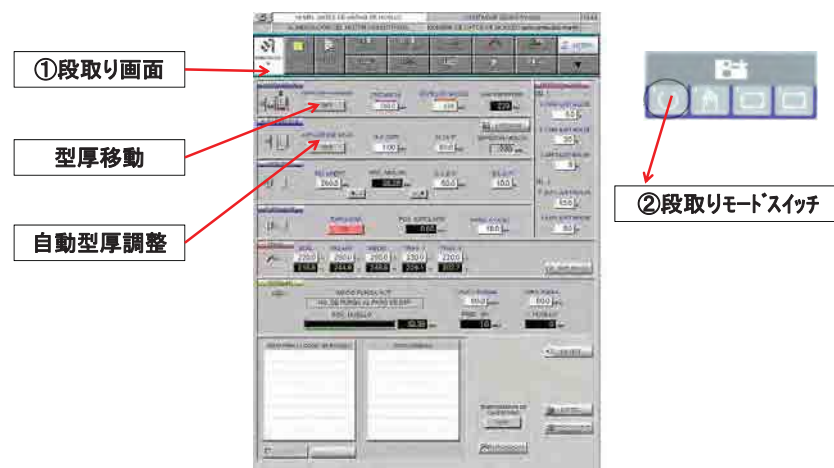
3.成形機操作方法-5 立上り画面比較

電源投入後、約1分で画面が表示される。途中で**電源OFF**しないこと。



3.成形機操作方法-6 段取り画面表示方法

①段取り画面ボタンか②段取りモードスイッチを押す



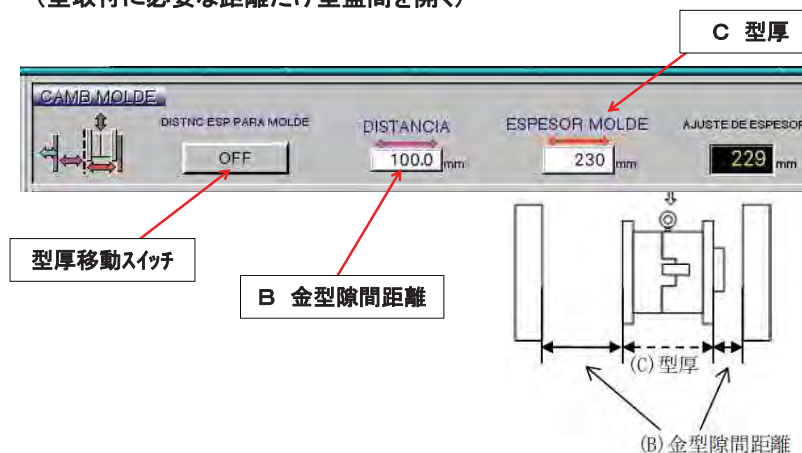
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

27

3.成形機操作方法-7 型取付-1

段取りモードを選択 B・Cを入力し「型移動スイッチ」ON
(型取付に必要な距離だけ型盤間を開く)



NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

28

3.成形機操作方法-8 型取付-2

①高圧切替位置 ②型締力を入力し「自動型厚保調整」スイッチ ON



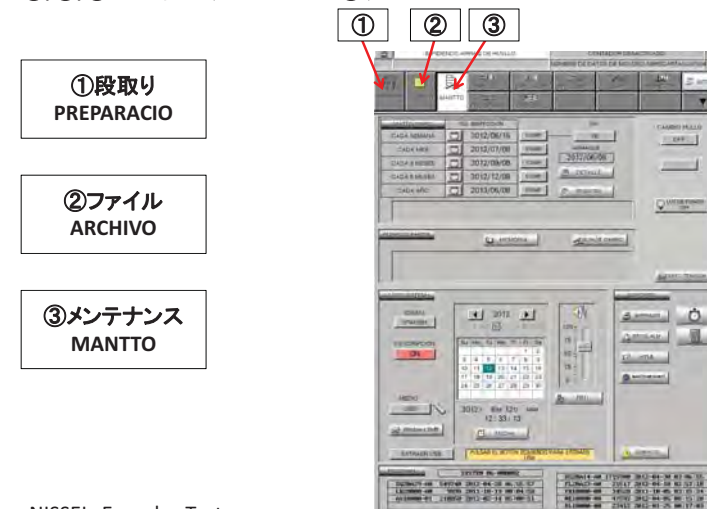
NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

29

3.成形機操作方法-9 画面表示方法

①,②,③は全体に表示される(③表示中)



NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

30

3.成形機操作方法-10 画面表示方法

2画面表示(上側はスイッチ 白く見える)

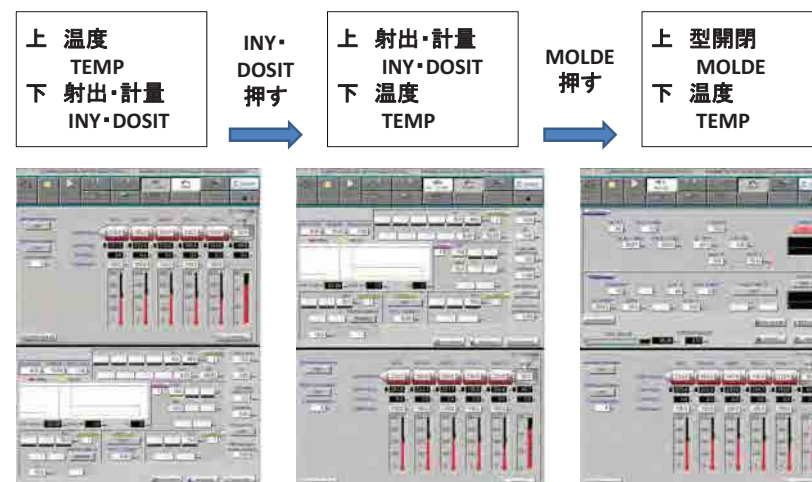


NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

31

3.成形機操作方法-11 切替方法



NISSEI Escuela Texto

電気成形システムとその機能

32

M3 射出成形設備機器

M3-6 制御系とその機能

Feb/2012

制御系とその機能

1

目次

1	成形機の操作	1～2	P3～P4
2	成形機の動力回路図	1～21	P5～P25
3	成形機の制御回路図	1～13	P26～P38
4	成形機制御の基本動作	1～3	P39～P41

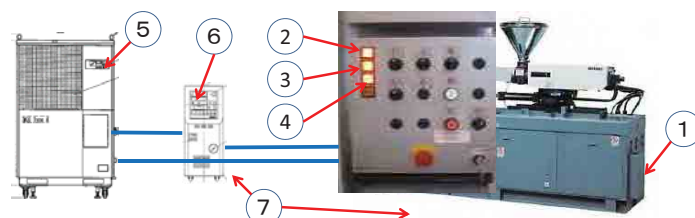
制御系とその機能

2

1、成形機の操作-1

1、成形機の立上げ手順 (復習)

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦



NISSEI Escuela Texto

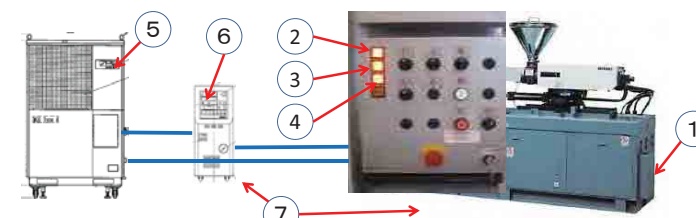
制御系とその機能

3

1、成形機の操作-2

1、成形機の立上げ手順 (復習)

- ①電源ボックス スイッチ ON
- ②コントロールボックス 操作電源 ON(点灯)
- ③コントロールボックス モータ電源 ON(点灯・モータ回転)
- ④コントロールボックス ヒータ電源 ON
- ⑤チラーユニット 操作電源・モータ電源 ON(モータ回転)、通水口開く
- ⑥金型温調機 操作電源・モータ電源 ON(モータ回転)、通水口開く
- ⑦成形機周り・金型周りの油漏れ、水漏れ確認



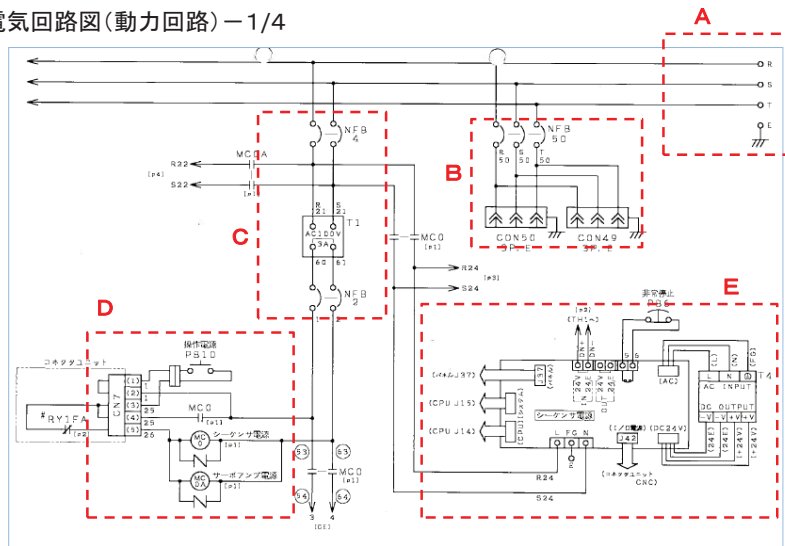
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

4

2, 成形機の動力回路図-1

電気回路図(動力回路) - 1/4



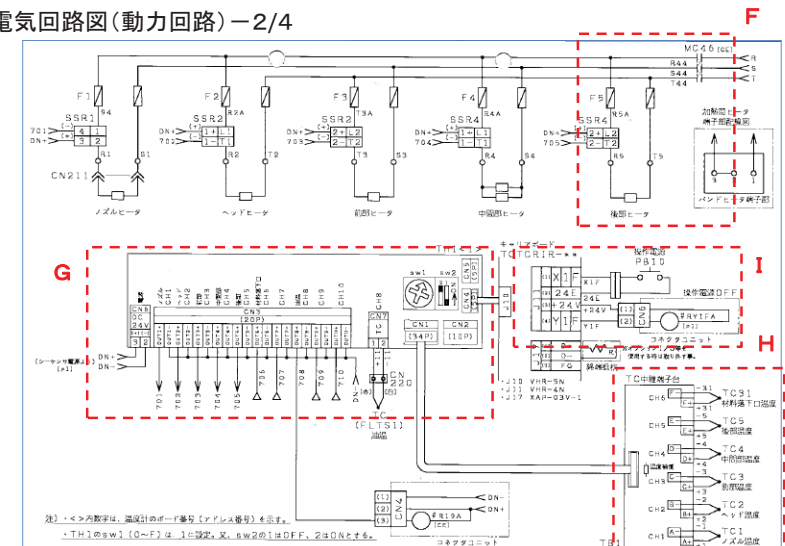
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

5

2, 成形機の動力回路図-2

電気回路図(動力回路) - 2/4



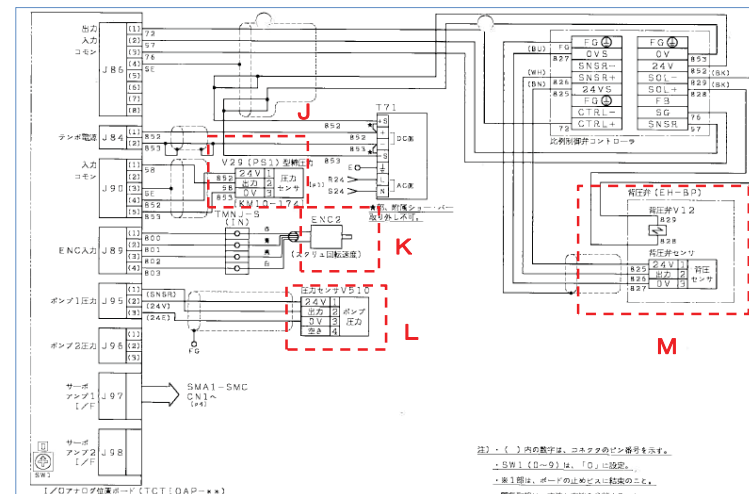
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

6

2, 成形機の動力回路図-3

電気回路図(動力回路) - 3/4



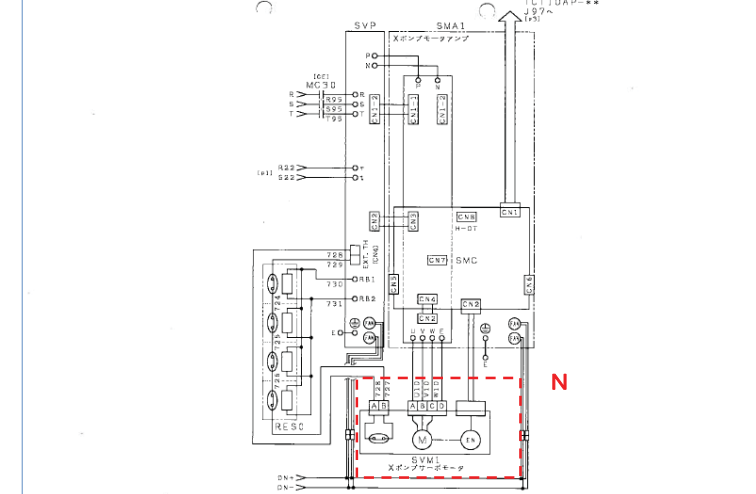
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

7

2, 成形機の動力回路図-4

電気回路図(動力回路) - 4/4



NISSEI Escuela Texto

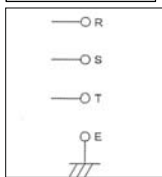
制御系とその機能

8

2, 成形機の動力回路図-5

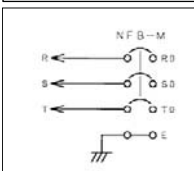
- A** 3相電源 ・
操作電源ボックス内、ブレーカ (No Fuse Breaker) 主電源 220V 60A

3相電源記号



A

ブレーカ 記号



操作電源ボックス



NISSEI Escuela Texto

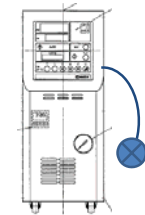
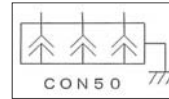
制御系とその機能

9

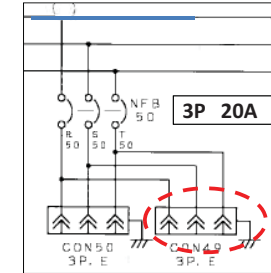
2, 成形機の動力回路図-6

- B** コンセントボックス
周辺機器の電源として使用 電圧・容量・形式等に注意

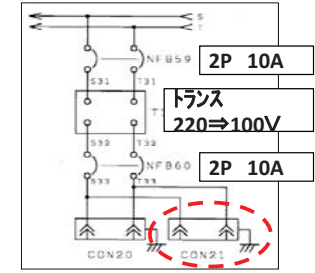
コンセント記号



B



金型温調機に使用
220V 20A



金型内圧・樹脂温度装置
に使用 100V 10A

NISSEI Escuela Texto

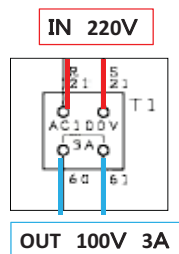
制御系とその機能

10

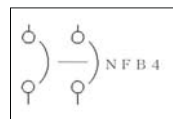
2, 成形機の動力回路図-7

- C** トランス (変圧器) 電圧・容量注意
ブレーカ (遮断器) No Fuse Breaker・容量注意

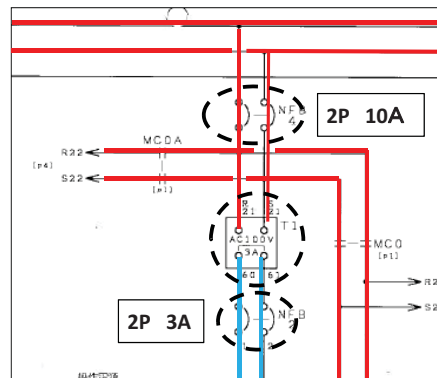
トランス記号



ブレーカ記号



C



NISSEI Escuela Texto

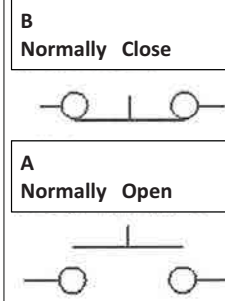
制御系とその機能

11

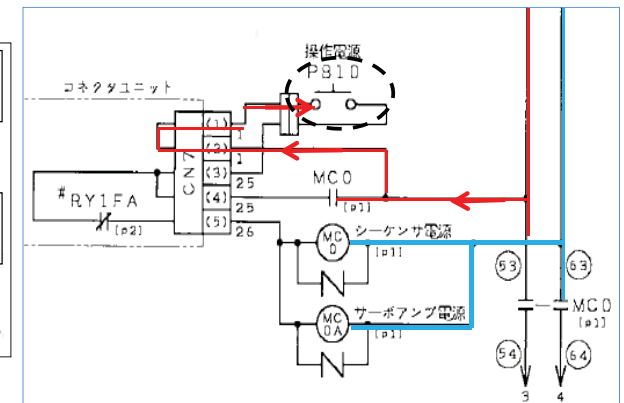
2, 成形機の動力回路図-8

- D-1** コントロールボックス 操作電源 押ボタンスイッチ

押ボタンスイッチ記号



D



NISSEI Escuela Texto

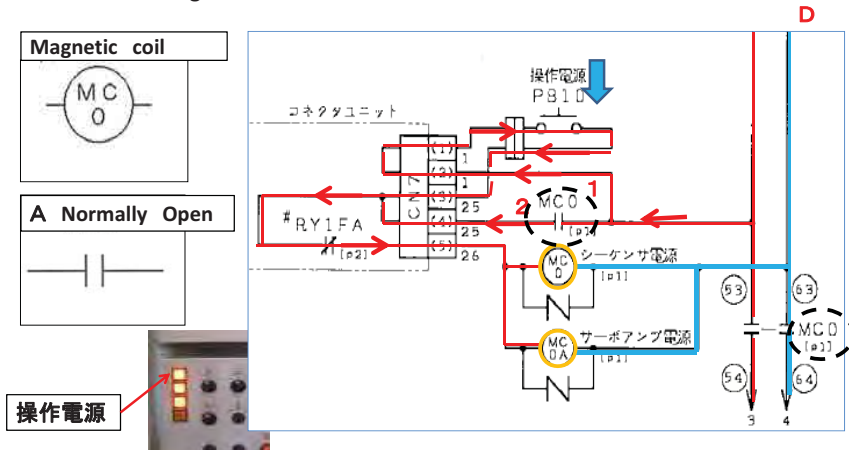
制御系とその機能

12

2, 成形機の動力回路図-9

D-2 コントロールボックス 操作電源 押ボタンスイッチON

電磁接触器(Magnetic Contactor) ON、A接点 ON、ランプ点灯



NISSEI Escuela Texto

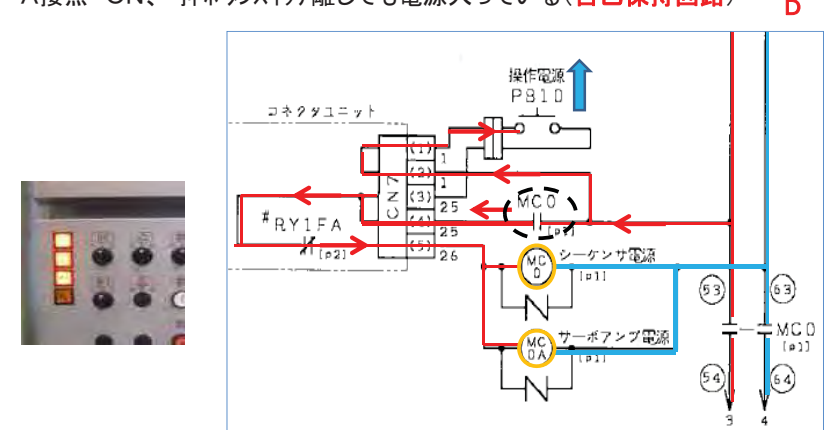
制御系とその機能

13

2, 成形機の動力回路図-10

D-3 コントロールボックス 操作電源 押ボタンスイッチON(点灯)

A接点 ON、押ボタンスイッチ離しても電源入っている(自己保持回路)



NISSEI Escuela Texto

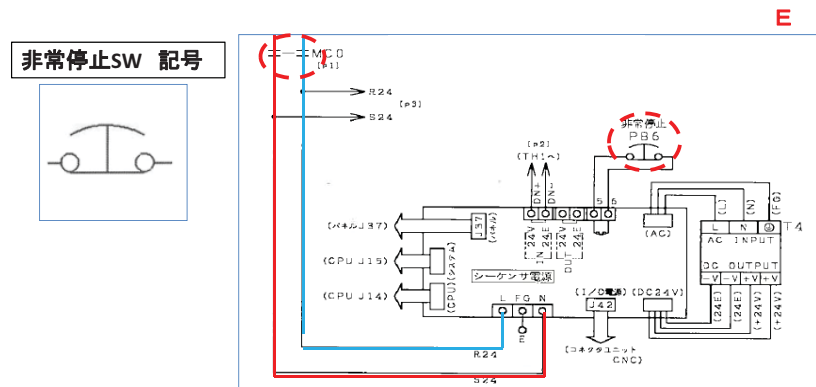
制御系とその機能

14

2, 成形機の動力回路図-11

E シーケンサ電源・非常停止押ボタンスイッチ

MC0コイルが励磁するとA接点が連結しシーケンサ電源ユニットに電源が入力される。非常停止押ボタンスイッチが押されると回路が遮断しモータ・ヒータ電源がOFFとなる



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

15

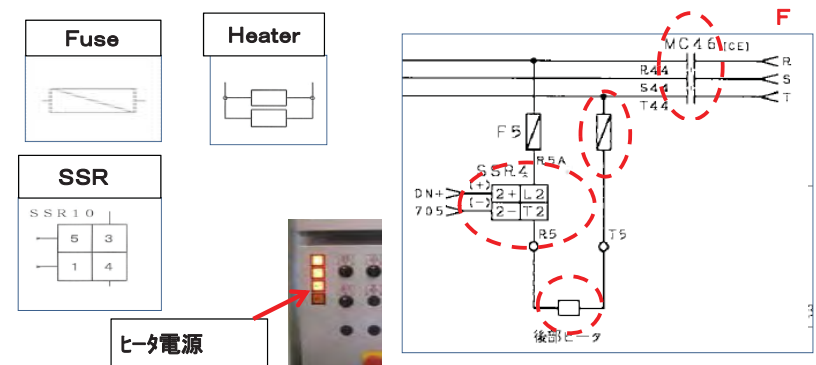
2, 成形機の動力回路図-12

F Heater電源 MC46接点がつながるとヒータ電源がONとなる

ヒューズ ヒータ容量によりヒューズ仕様異なる。安全回路。

ヒータ 使用場所により容量異なる(電圧 220V)

SSR(Solid State Relay)



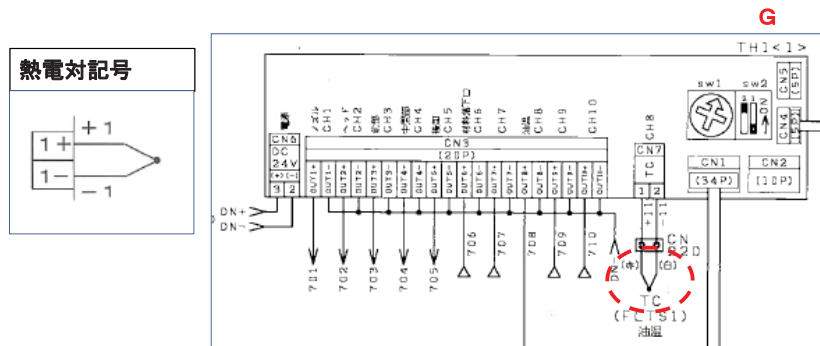
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

16

2, 成形機の動力回路図-13

G 温度基盤 MC46接点がつながるとヒータ電源がONとなる
ヒューズ、ヒータ、SSR(Solid State Relay)



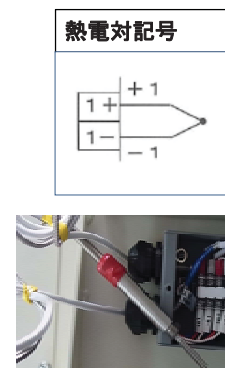
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

17

2, 成形機の動力回路図-14

H 熱電対中継端子台
熱電対 Kタイプ(クロメル-アルメル)被覆色 青 ⇒ 80Tonに使用している
Jタイプ(鉄-コンスタンタン)被覆色 黄色



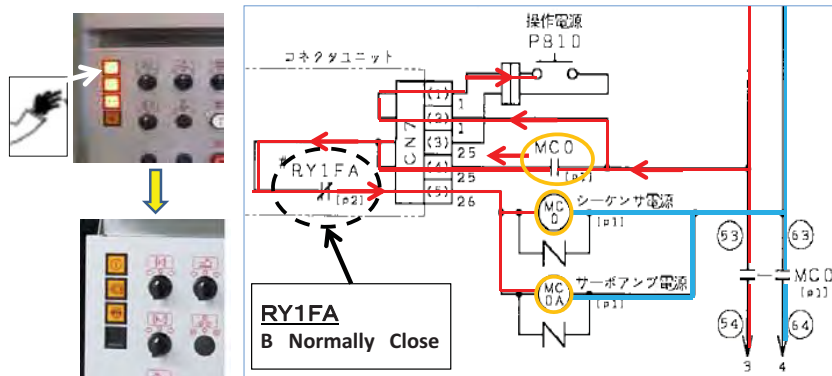
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

18

2, 成形機の動力回路図-15

I-1 操作電源 OFF
操作電源押ボタンスイッチを再度押すと電源はOFFとなる。
(起動回路にB接点を組み込まれているため)



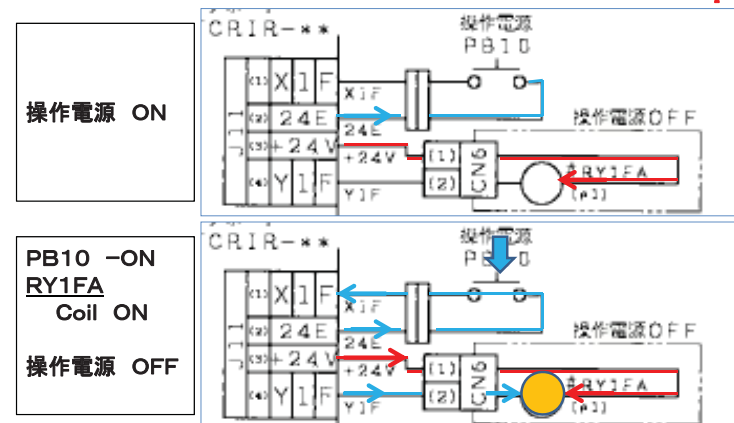
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

19

2, 成形機の動力回路図-16

I-2 操作電源 OFF
操作電源押ボタンスイッチを再度押すと電源はOFFとなる。
RY1FAがON、B接点回路遮断される



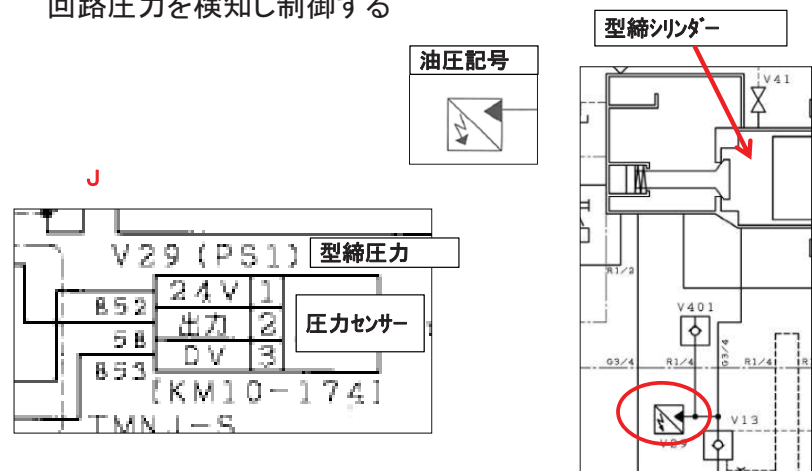
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

20

2, 成形機の動力回路図-17

- J** 圧力センサー(PS-1)
回路圧力を検知し制御する



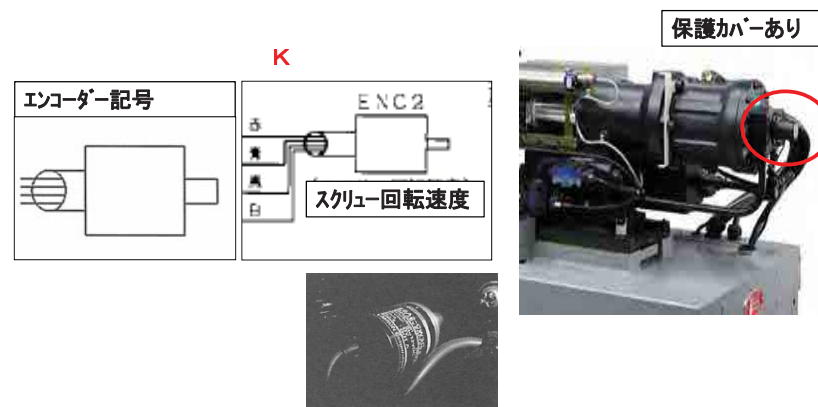
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

21

2, 成形機の動力回路図-18

- K** エンコーダ-(スクリュー回転速度)
回転速度を検知し制御する。電動機(サーボモータ)の場合には位置検出の機能もあり



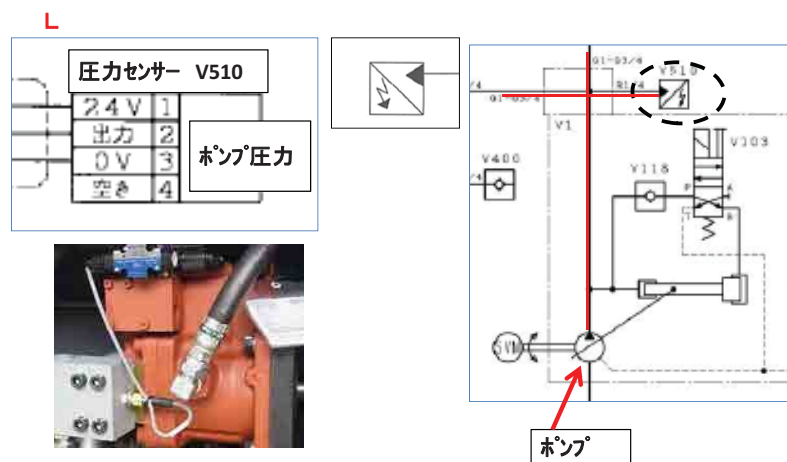
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

22

2, 成形機の動力回路図-19

- L** 圧力センサー(ポンプ圧力)
吐出圧力を検出し制御する



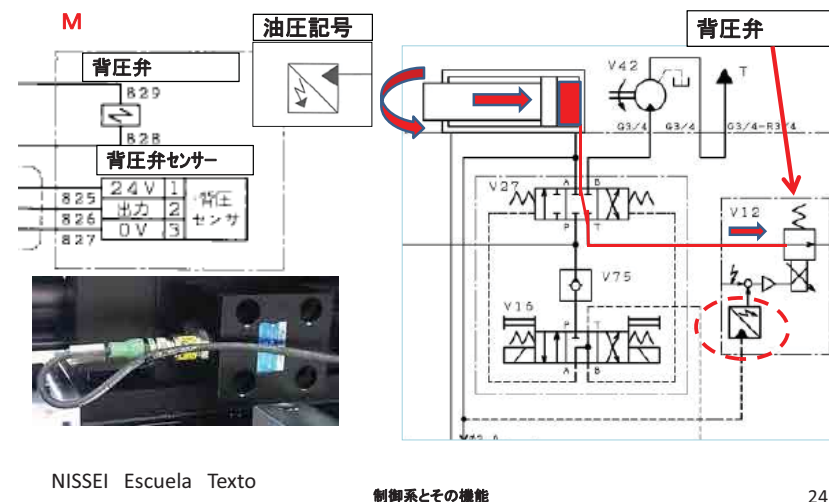
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

23

2, 成形機の動力回路図-20

- M** 背圧センサー(背圧弁に組込まれている)
計量時の背圧調整



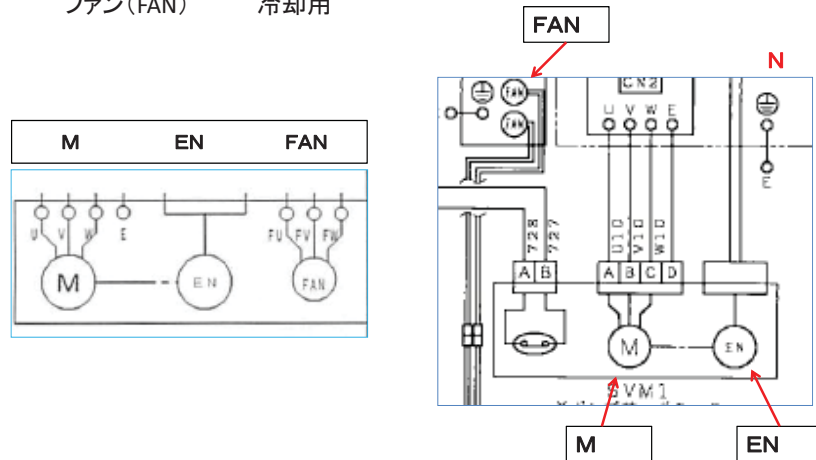
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

24

2, 成形機の動力回路図-21

N サーボモータ(M) 油圧ポンプ用
エンコーダー(EN) 速度及び位置検出
ファン(FAN) 冷却用



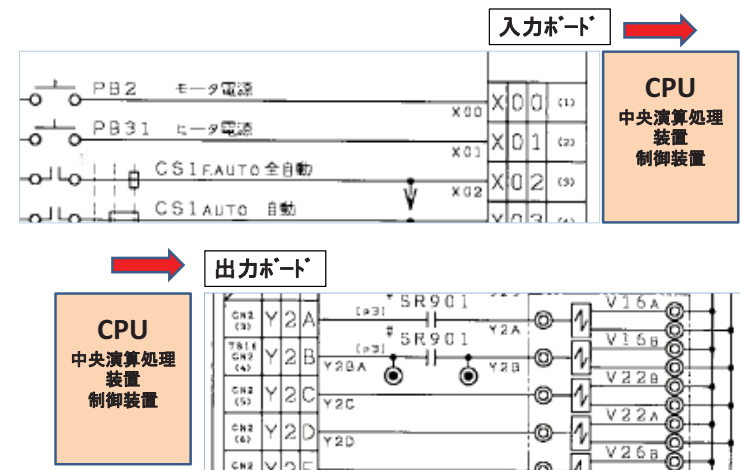
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

25

3, 成形機の制御回路図-1

電気回路図(制御回路)－1/4



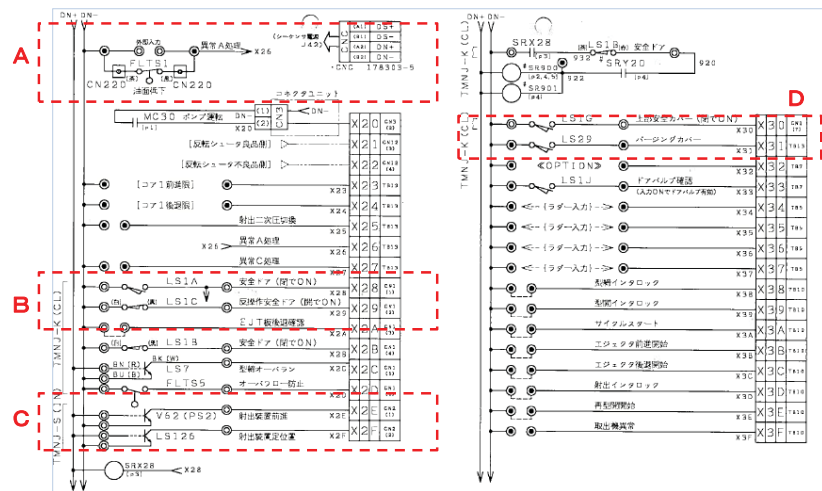
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

26

3, 成形機の制御回路図-2

電気回路図(制御回路)－2/4



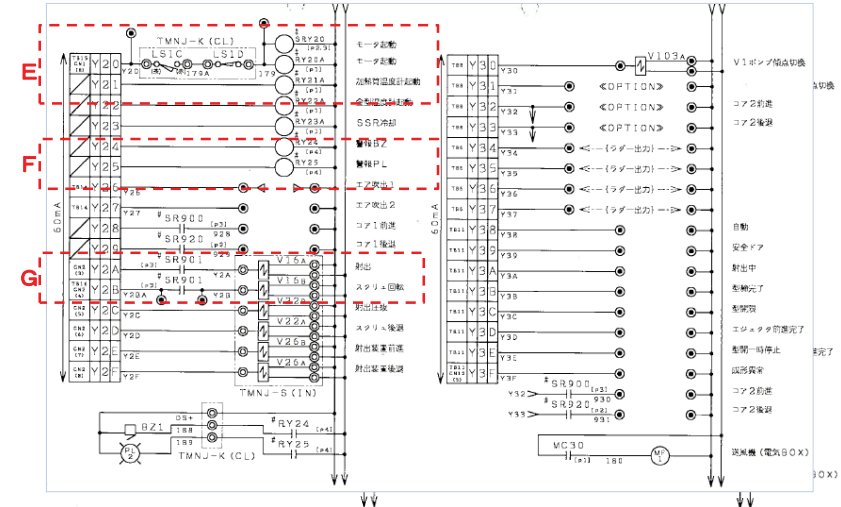
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

27

3, 成形機の制御回路図-3

電気回路図(制御回路)－3/4



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

28

3, 成形機の制御回路図-4

電気回路図(制御回路) - 4/4



NISSEI Escuela Texto

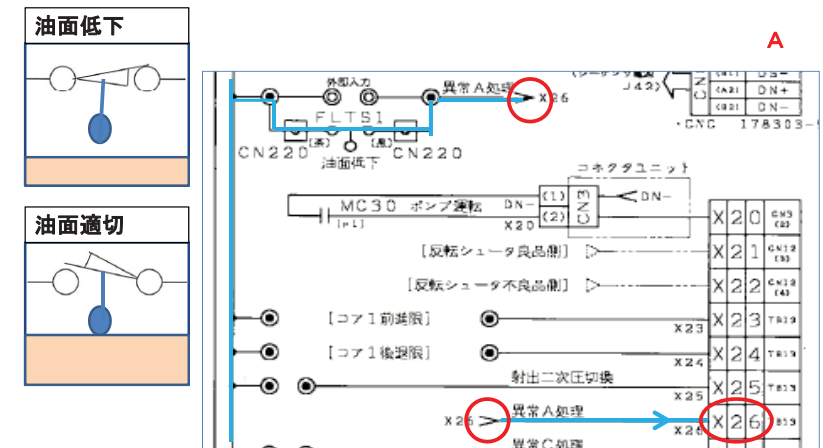
制御系とその機能

29

3, 成形機の制御回路図-5

電気回路図(制御回路) - A

A 入力回路 A フロートスイッチ 油面低下で異常処理 (X26入力)



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

30

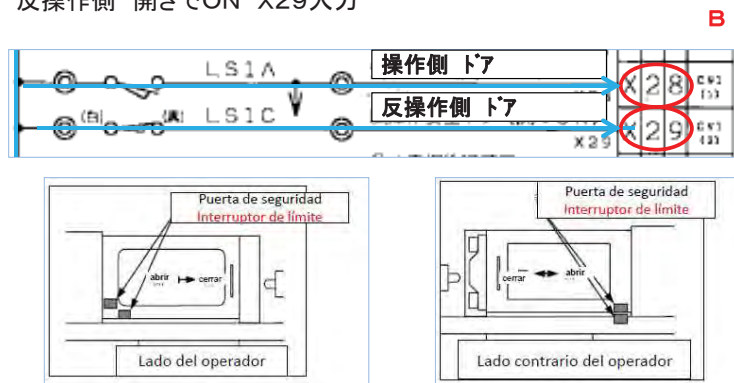
3, 成形機の制御回路図-6

電気回路図(制御回路) - B

B 入力回路 安全ドアLS

操作側 閉じてON X28入力

反操作側 開きでON X29入力



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

31

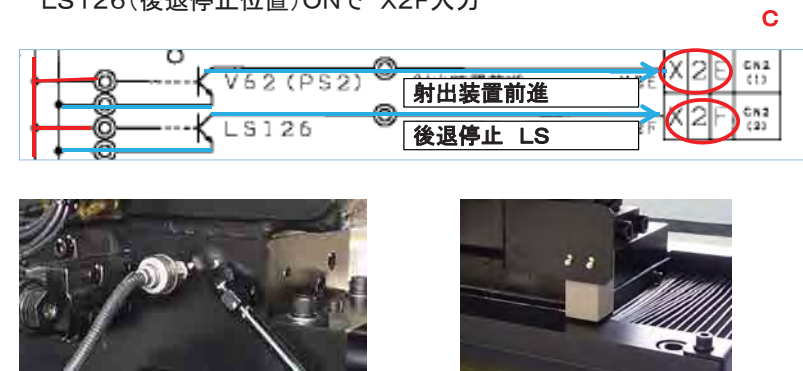
3, 成形機の制御回路図-7

電気回路図(制御回路) - C

C 入力回路 射出装置の動作確認

V62(PS2)ON (ノスルタッチ)で X2E入力

LS126(後退停止位置)ONで X2F入力



NISSEI Escuela Texto

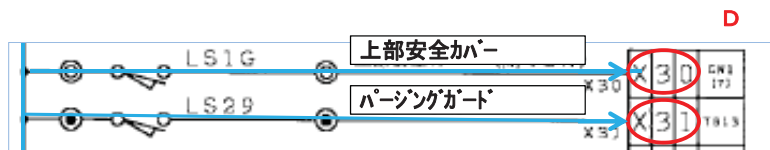
制御系とその機能

32

3, 成形機の制御回路図-8

電気回路図(制御回路)ーD

- D** 入力回路(LS) 安全カバー 閉じて入力(A 接点)
 LS1G ONで X30入力
 LS29 ONで X31入力



NISSEI Escuela Texto

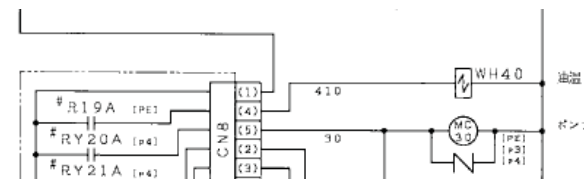
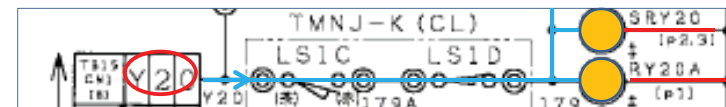
制御系とその機能

33

3, 成形機の制御回路図-9

電気回路図(制御回路)ーE

- E** 出力回路 モータ起動 Y20出力
 反操作側ドア閉じていないと回路遮断
 反操作側ドア閉じて SRY20, RY20A コイルON



NISSEI Escuela Texto

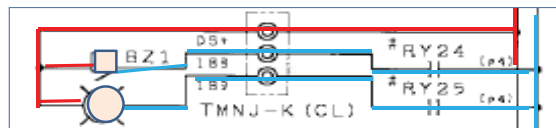
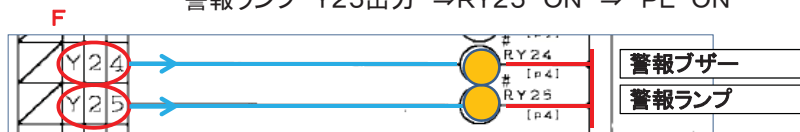
制御系とその機能

34

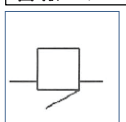
3, 成形機の制御回路図-10

電気回路図(制御回路)ーF

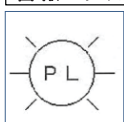
- F** 出力回路 警報ブザー Y24出力 ⇒RY24 ON ⇒ BZ ON
 警報ランプ Y25出力 ⇒RY25 ON ⇒ PL ON



警報ブザー



警報パイロットランプ



NISSEI Escuela Texto

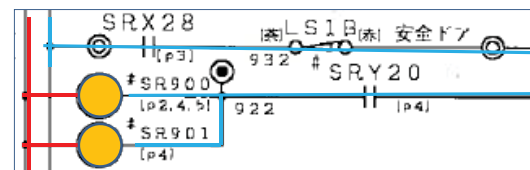
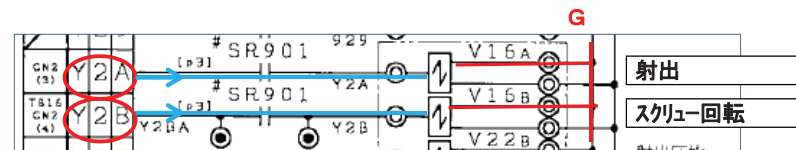
制御系とその機能

35

3, 成形機の制御回路図-11

電気回路図(制御回路)ーG

- G** 出力回路 射出 Y2A 出力
 スクリュー回転 Y2B 出力
 SR901 A接点が接続(コイル ON)していないと動作出来ず
 安全ドア閉じ(SRX28 ON)、ポンプ ON(SRY20 ON) ⇒SR901 ON



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

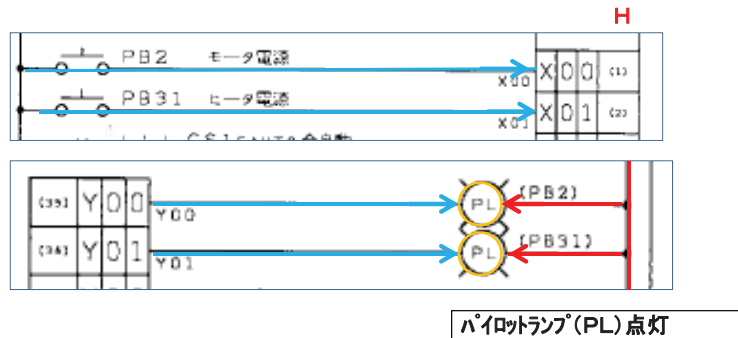
36

3, 成形機の制御回路図-12

電気回路図(制御回路)ーH

H 入力回路 モータ電源 X00 入力
ヒータ電源 X01 入力

押ボタンスイッチ(PB)を押す事により回路が接続され入力される



NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

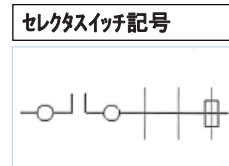
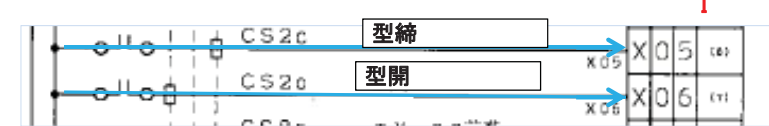
37

3, 成形機の制御回路図-13

電気回路図(制御回路)ーI

I 入力回路 型締 X05 入力
型開 X06 入力

セレクトスイッチ(CS)を切り換えることにより入力される



NISSEI Escuela Texto

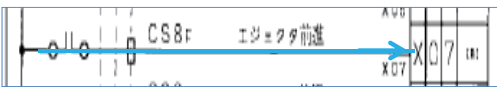
制御系とその機能

38

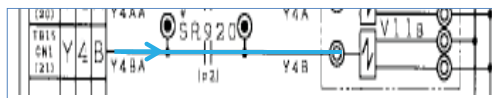
4, 成形機制御の基本動作-1

操作例 突出前進

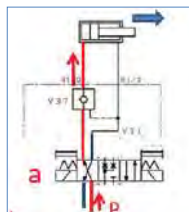
突出前進
X07入力



出力Y48
V110 ON



ピストン前進
突出動作



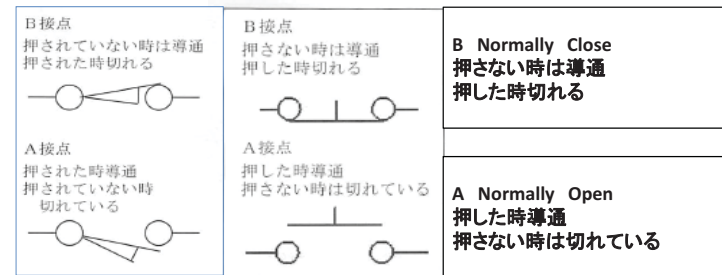
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

39

4, 成形機制御の基本動作-2

押釦スイッチ リミットスイッチの動作
外部からの力により切換



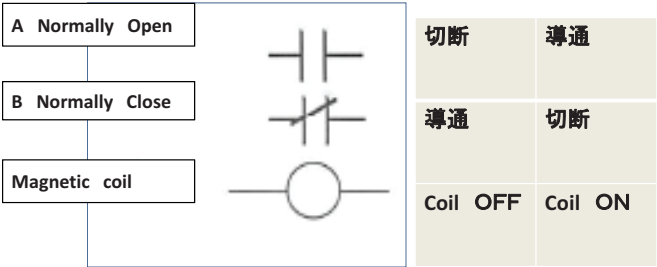
NISSEI Escuela Texto

制御系とその機能

40

4, 成形機制御の基本動作-3

電磁接触器、リレーの動作
Coilの励磁により接点切換



M3 射出成形設備機器

M3-7 測定機器とその機能

4/JUN/2012

測定機器とその機能

1

目次

1	測定機器(寸法測定)	1～10	P3～P12
2	測定機器(JICA機器)	1～8	P13～P20
3	測定事例	1～7	P21～P27

測定機器とその機能

2

1、測定機器(寸法測定)-1

測定器の種類

寸法測定 (成形品) (金型)	①ノギス (Vernier caliper)
	②マイクロメータ (Micrometer)
	③投影機 (Profile Projector)
	④測定顕微鏡 (Tool maker's microscope)
	⑤3次元測定器 (CMM.Coordinate Measuring Machine)
	⑥他

測定機器とその機能

3

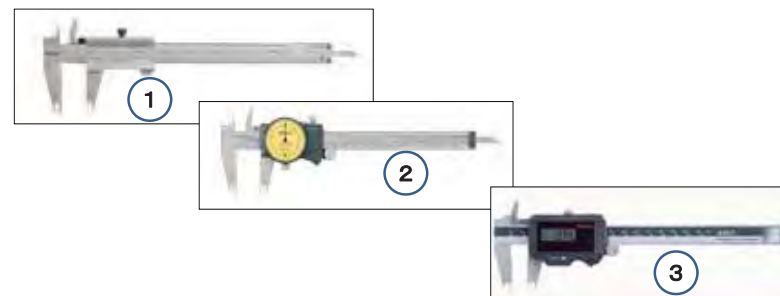
1、測定機器(寸法測定)-2

①ノギス (Vernier caliper)

仕様として3種類ある、デジタル式が主流、

①目盛式	最小読取值	0.05mm
②ダイヤル式	最小目盛	0.01mm 0.02mm
③デジタル式	最小表示	0.01mm

* 測定機器の実習において成形品測定に使用予定



ミツヨ カタログ 抜粋

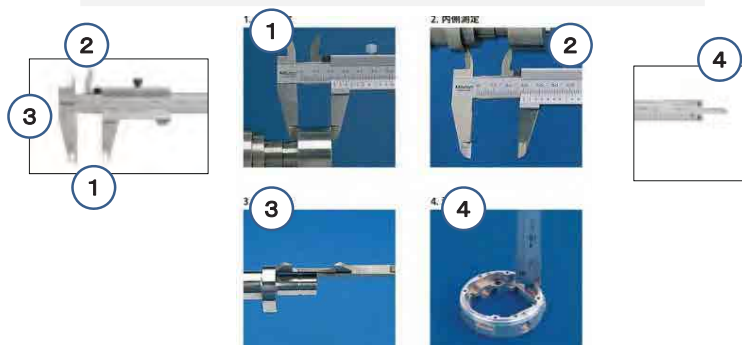
測定機器とその機能

4

1、測定機器(寸法測定)-3

①ノギス (Vernier caliper)

4種類の測定ができる (測定物に直角にあてる)	① 外側測定
	② 内側測定
	③ 段差測定
	④ 深さ測定



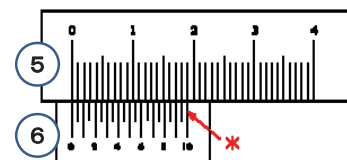
ミツヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

5

1、測定機器(寸法測定)-4

①ノギス (Vernier caliper)



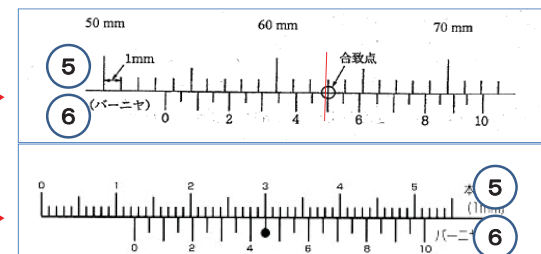
⑤本尺

⑥ 副尺

本尺19mmを20等分

A、寸法は？

B、寸法は？



ミツヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

6

1、測定機器(寸法測定)-5

②マイクロメータ (Micrometer)

目盛式・デジタル式の2種類ある。

①標準外側マイクロメータ	目盛 0.01mm、0.001mm 定圧装置付
②デジタル標準外側マイクロメータ	最小表示量 0.001mm 定圧装置付

* 測定機器の実習において成形品測定に使用予定



ミツヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

7

1、測定機器(寸法測定)-6

②マイクロメータ (Micrometer)

①マイクロメータを**スタント**に固定し測定を行う

②マイクロメータを片手で保持・測定する場合は**綿手袋**を使用

素手の場合にはマイクロメータ・被検物とも**最小の接触面積(時間)**とする



ミツヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

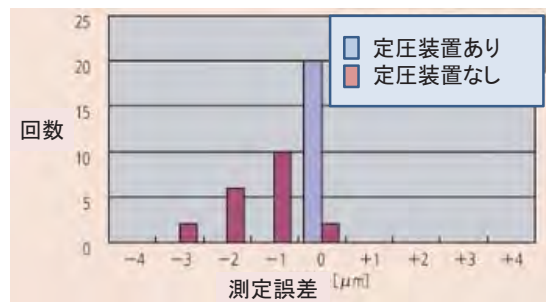
8

1、測定機器(寸法測定)-7

②マイクロメータ (Micrometer)

初心者が定圧装置あり、なしのマイクロメータを片手で操作し、ワークを20回繰返し測定した際の測定誤差。

*** 測定力 を一定にすることが重要、実習作業予定あり**



ミツトヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

9

1、測定機器(寸法測定)-8

③投影機 (Profile Projector)

投影機は輪郭形状を検査する用途から表面観察検査から寸法測定も行える機器として進化している。

倍率 5X、10X(標準)、20X、50X

*** CNAD保有あり**
成形品寸法測定に使用予定する。 そり量や成形品の経時寸法変化等



ミツトヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

10

1、測定機器(寸法測定)-9

④測定顕微鏡 (Measuring Microscope)

接触測定できないようなやわらかい被検物や接触プローブで接触できないほど小さい穴径などの測定に適している。

*** CNAD保有無し**



ミツトヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

11

1、測定機器(寸法測定)-10

⑤3次元測定器 (CMM.Coordinate Measuring Machine)

*** CNAD保有あり**

- ①CNC
- ②マニュアル



ミツトヨ カタログ 抜粋

測定機器とその機能

12

2、測定機器(JICA機材)-1

重量	① デジタル式重量計 Digital balance	OHAUS PA313 Weighing capacity 310g OHAUS APP25/C Weighing capacity 25000g
温度	② 表面温度計 (Handy digital thermometer) ③ 赤外線サーモグラフィ (infrared thermography)	DFT-700-M/PCE-707L Thermo shot F30W (NEC)
湿度	④ 湿度計 Degital hygrometer	7006-00
強度	⑤ 引張試験機 Universal testing machine for plastics	EZ-L-5kN (SHIMADZU)
材料分析	⑥ MFR測定器	Dynisco LMI-D4004

測定機器とその機能

13

2、測定機器(JICA機材)-2

重量	① デジタル式重量計 Digital balance	OHAUS PA313 Weighing capacity 31,310g 最小0.001g OHAUS APP25/C Weighing capacity 25,000g 最小0.1g
----	-------------------------------	--

成形品重量測定 マスターパッチ重量測定に使用
RS232C出力標準装備によりPC取り込み可能

*** 成形実習時、ゲートシール時間の確認等成形品重量測定に使用予定する**



OHAUS カタログ抜粋

測定機器とその機能

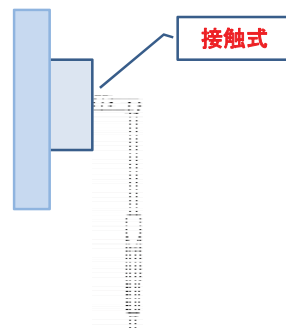
14

2、測定機器(JICA機材)-3

温度	② 表面温度計 (Handy digital thermometer)	DFT-700-M/PCE-707L 神港テクノス
接触式	~400℃ ⇒ 接触式のため金型鏡面部分の測定禁止 製品部分の測定禁止 * 成形実習時、金型温度確認に使用予定する	



SHINKO TECHNOS カタログ抜粋



測定機器とその機能

15

2、測定機器(JICA機材)-4

温度	③ 赤外線サーモグラフィ (infrared thermography)	Thermo shot F30W (NEC)
----	---	------------------------

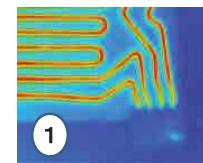
デジタルカメラのイメージで簡単に撮影ができる。(非接触)

1.3m以上はピント合わせが不要。

撮影後のデータ解析が可能

熱画像(①)と可視画像(②)を同時に撮影「ホットカーペット撮影」

*** 成形実習時、金型温度分布や取出後の成形品温度変化確認に使用予定する**



NEC / AVIO カタログ抜粋

測定機器とその機能

16

2、測定機器(JICA機材)-5

湿度	④ 温湿度記録計 Digital hygrometer	SIGMA-MINI α (SATO)
湿度 10～100%、温度 -10～50℃ 週間記録紙 検査室等の温度・湿度管理に使用		



SATO カタログ抜粋

測定機器とその機能

17

2、測定機器(JICA機材)-6

強度 ⑤ 引張試験機 Universal testing machine for plastics

EZ-L-5KN (SHIMADZU)

樹脂成形品の試験(引張・曲げ・圧縮)

サーボモータ駆動により上側ヘッドを移動させる
移動速度を設定する

測定データをPCに取り込みし、波形表示



SHIMADZU EZ-L

測定機器とその機能

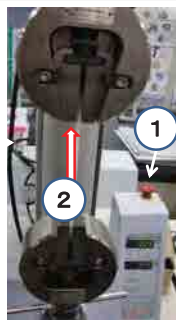
18

2、測定機器(JICA機材)-7

取り扱い不慎れによる**事故例**

* 上側取付治具取り外す際に治具を**足の上に落とす**
(例 成形品 9g、取付治具 **5?** kg)

* 上側ヘッドを下げている時(押ボタンスイッチ作動)、**手を挟む**



SHIMADZU EZ-L

非常停止方法

- ① 非常停止押ボタンスイッチ
- ② タッチロード(手で押し上げる)

測定機器とその機能

19

2、測定機器(JICA機器)-8

材料分析 ⑥ MFR測定器 Dynisco LMI-D4004

ISO1133に準じて製作された熱可塑性樹脂のMFR(メルトフローレート)測定機器

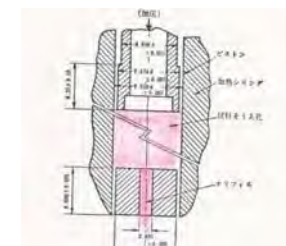
MFR計算式

MFR(g/10min)

MFR = 600 × m/t m 切取試料の平均重量(g)
t 切取時間(sec)

樹脂を溶融⇒**高温、火傷**に注意

終了時に**内部の清掃**を徹底する



測定機器とその機能

20

3、測定事例-1

①引張り前の試験片 (ASTM D638)

②Mexico破断サンプル (CNAD 実習サンプル) PP メーカー不明

③Japan破断サンプル (出荷前立会サンプル) PP プライムホリプロ J850NA

2個取であるが試験サンプルはキャビNo限定せず、試験器 EZ-L-5kN



測定機器とその機能

21

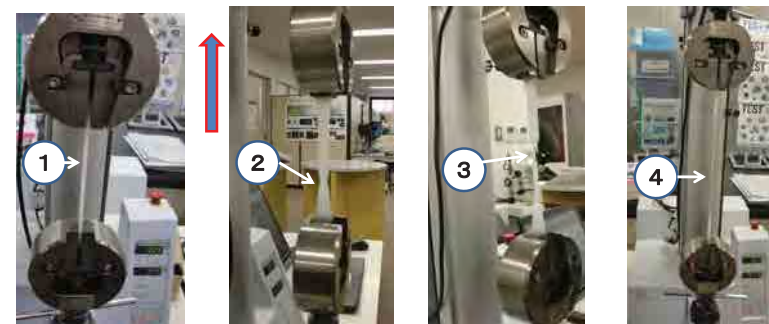
3、測定事例-2

①試験片取付 (つかみ巾、上下均等に)

②引張途中でぐびれ発生 (下、固定。上、移動)

③破断

④破断せず



SHIMADZU EZ-L

測定機器とその機能

22

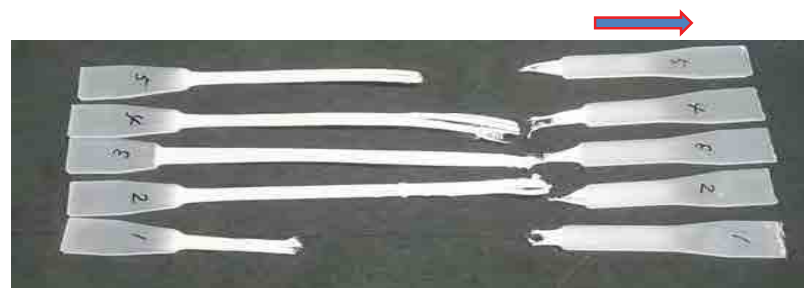
3、測定事例-3

Mexicoサンプル (ストックより抜きとり、同一成形サンプルではなし)

サンプル 1 と サンプル 2～5 条件は同じか？

左側 固定、右側 引張移動

引張試験の条件は？

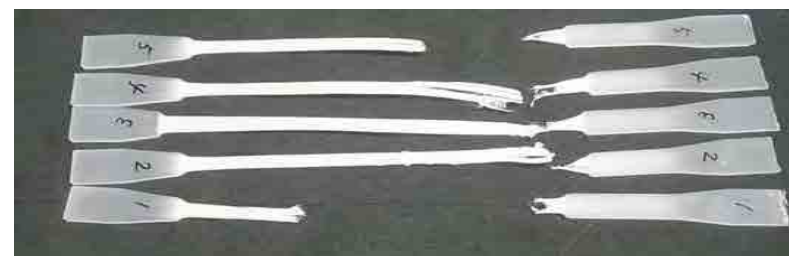


測定機器とその機能

23

3、測定事例-4

	破断点試験力 N	破断点ストローク mm
1	557	74
2	856	184
3	726	192
4	893	182
5	660	132
70MPa	924	122



測定機器とその機能

24

3、測定事例-5

①破断しなかったサンプル(試験機のスローク程度まで)

②試験片

なぜ破断しないのか？



測定機器とその機能

25

3、測定事例-6

②Mexicoサンプルと③Japanサンプルを比較した場合
伸び量を比較すると ②は左側 ③は右側が多いのはなぜか？

成形条件、固定方向、ゲート位置等の関係は？



測定機器とその機能

26

3、測定事例-7

まとめ

樹脂温度、充填時間、充填圧力、保圧力、保圧時間、ゲートシール時間、金型温度、冷却時間等引張強度に影響する因子を推測し成形条件設定し、引張試験サンプルを作成して下さい。

* 成形実習時にテストサンプルの成形を予定します。

測定機器とその機能

27

M3 射出成形設備機器

M3-8 プラスチック成形工場のレイアウト

8/OCT/2012

プラスチック成形工場のレイアウト

1

目次

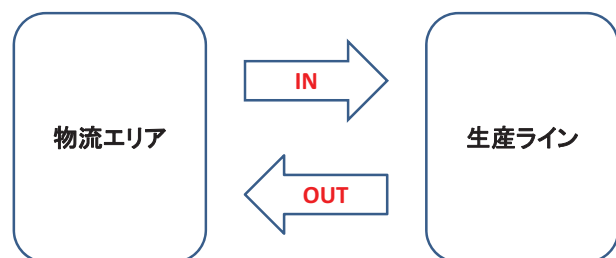
1	プラスチック工場のレイアウト	1～17	P3～19
2	レイアウト例 A	1～4	P20～23
3	レイアウト例 B	1～4	P24～27
4	レイアウト例 C	1～4	P28～31
5	レイアウト例 D	1～5	P32～36

プラスチック成形工場のレイアウト

2

プラスチック成形工場のレイアウト

- ・ 製造会社で付加価値を生み出すのは「生産ライン」
- ・ その生産ラインの効率を最大限に発揮させることが優先課題



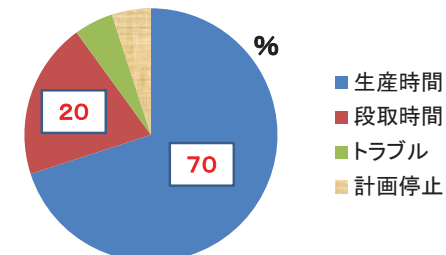
プラスチック成形工場のレイアウト

3

プラスチック成形工場のレイアウト

- ・ 生産ライン(成形工程)は主体作業に特化できているか？
- ・ 主体作業とは「成形品を作り出す」こと。「成形機が稼働している」こと。
⇒・稼働分析をおこなってみる

(右例)
段取時間比率が20%
工場レイアウト・設備等の
要因が大きい事も推測
できる



プラスチック成形工場のレイアウト

4

プラスチック成形工場のレイアウト

1. IN・OUTの物流方向

物流エリア(金型・材料スペース) 滞留時間・量

メイン通路・サブ通路通行

製品一次ストック・アッセンブリスペース

2. ユーティリティー設備(床下・架空)

3. 射出成形機のレイアウト・ピッチ

4. 射出成形機の向き

5. 成形材料の取扱いと設備レイアウト

1by1、集中供給方式

6. 成形品の取扱いと設備レイアウト

7. 金型交換方法とレイアウト検討上の留意点

クレーン設備・交換台車・クリーン度・作業人員数・他

プラスチック成形工場のレイアウト

5

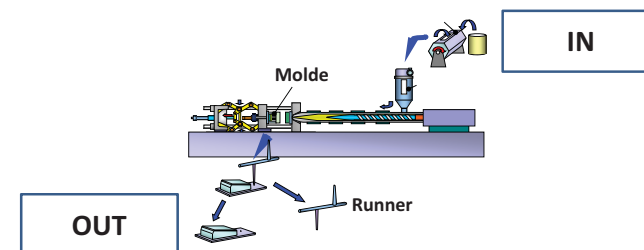
プラスチック成形工場のレイアウト

1.IN-OUTの物流方向

成形工場 成形機を使用し成形品を作る

・成形機への-IN 成形材料

・成形機よりの-OUT 成形品



プラスチック成形工場のレイアウト

6

プラスチック成形工場のレイアウト

1.IN-OUTの物流方向

・生産ラインへの-IN

成形材料(タンク・袋・自動供給方式・・・)

金型・製品用空箱・組付部品・梱包資材・・・

・生産ラインよりの-OUT

成形品(パレット・箱・・・)

金型・ランナー・不良品・材料空箱・・・

* IN(成形材料)に対しOUT(成形品)は量的に嵩ばる。

プラスチック成形工場のレイアウト

7

プラスチック成形工場のレイアウト

成形品の嵩ばり(例)

・BOX製品 10.4Lx8Wx4.5H 60g/pc とする
25kgfでの生産数 $25000/60 \div 400\text{shot}$

・平面に20列x2列並べた体積は?

・材料 25kgfの体積は?

・体積比率は何倍か?

()

プラスチック成形工場のレイアウト

8

プラスチック成形工場のレイアウト

2.ユーティリティ設備

射出成形機のユーティリティとして必要なものを工場外より引き込む(電気・冷却水・圧縮空気)

床下方式
ピット利用
電気配線と冷却配管



架空方式
側壁を利用
電気配線と冷却配管



プラスチック成形工場のレイアウト

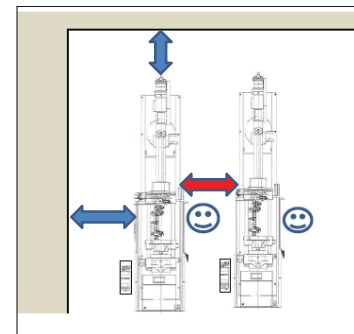
9

プラスチック成形工場のレイアウト

3.射出成形機のレイアウトピッチ

周辺機器が無い場合

←→ 金型交換作業性等を考慮してピッチ決める。成形機間は1.5m～。
←→ 側壁との間はメンテナンス等考慮し1m～は空ける。



プラスチック成形工場のレイアウト

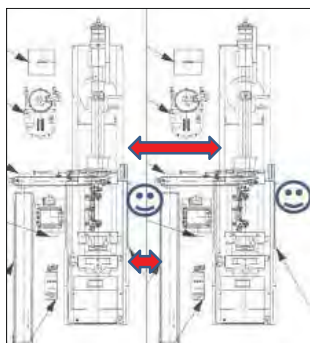
10

プラスチック成形工場のレイアウト

3.射出成形機のレイアウトピッチ

周辺機器が有る場合

周辺機器の調整作業や金型交換作業性等を考慮してピッチ決める。
周辺機器の移動スペースを確保しレイアウト



プラスチック成形工場のレイアウト

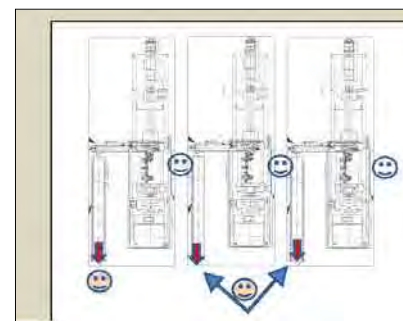
11

プラスチック成形工場のレイアウト

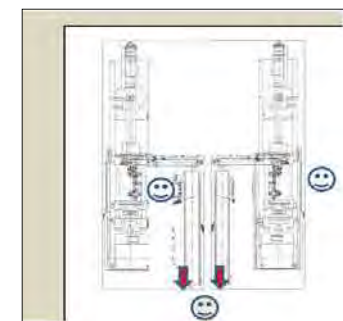
4.射出成形機の向き

同じ方向に配置・取出し機使用

2台担当の場合、移動距離大きくなる



取出し方向変え移動距離を少なく



プラスチック成形工場のレイアウト

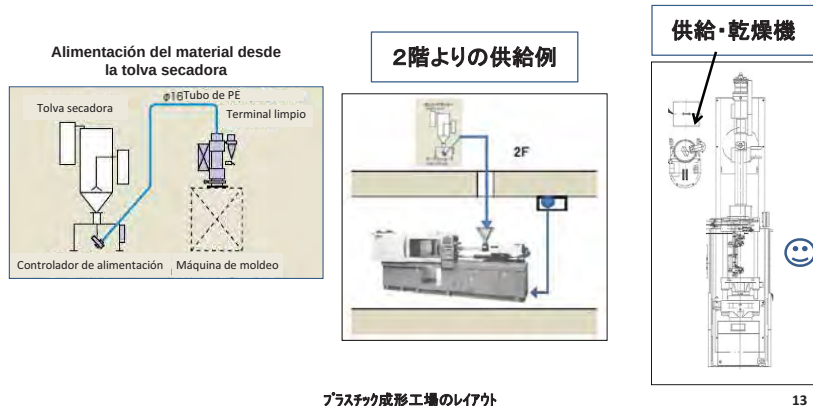
12

プラスチック成形工場のレイアウト

5. 成形材料の取扱いと設備レイアウト

成形材料の供給 (1 by 1)

成形機1台毎に材料供給装置・乾燥機を準備する

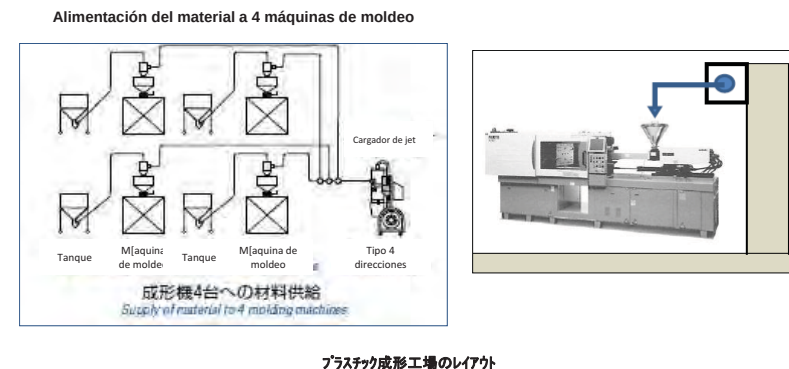


プラスチック成形工場のレイアウト

5. 成形材料の取扱いと設備レイアウト

成形材料の供給 (集中供給方式)

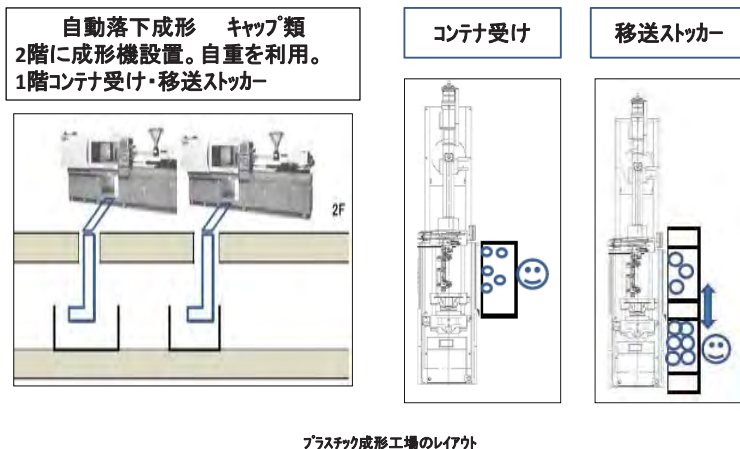
同じ成形材料を使用する大量生産向き (容器・医療関係)



プラスチック成形工場のレイアウト

6. 成形品の取扱いと設備レイアウト

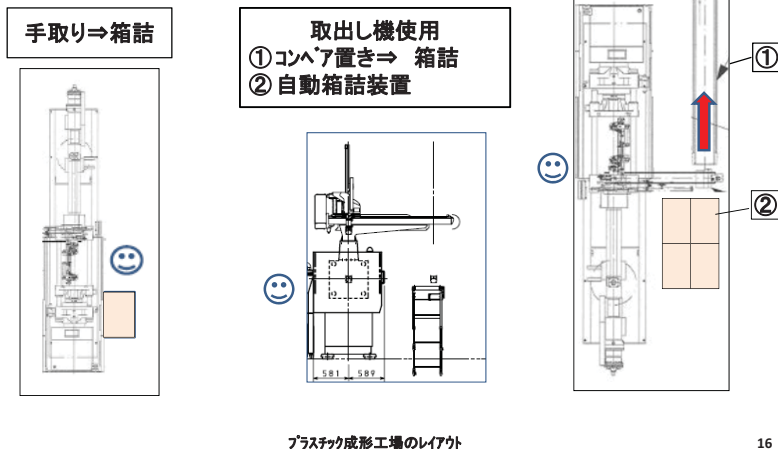
成形品 自動落下の場合



プラスチック成形工場のレイアウト

6. 成形品の取扱いと設備レイアウト

成形品 取出しが必要な場合

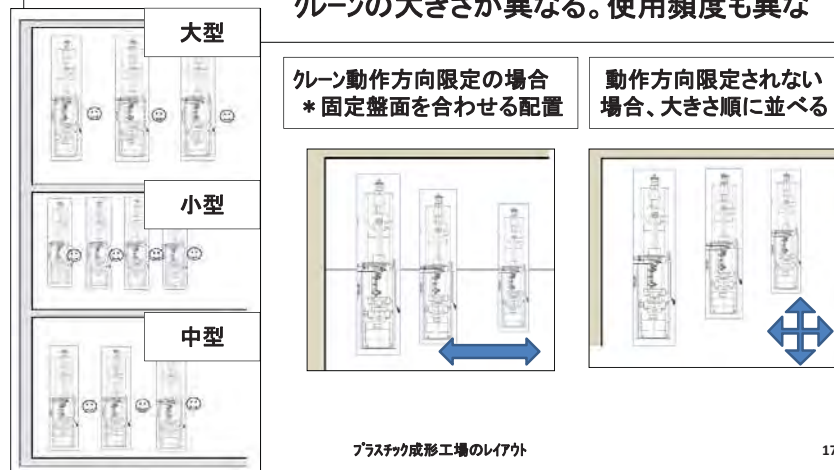


プラスチック成形工場のレイアウト

7.金型交換方法とレイアウト検討上の留意点

クレーン使用し金型交換「大型・中型・小型ラインに分ける」

クレーンの大きさが異なる。使用頻度も異なる



17

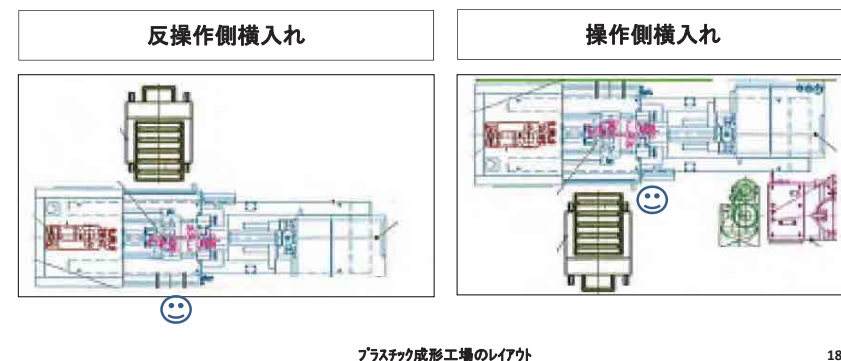
プラスチック成形工場のレイアウト

7.金型交換方法とレイアウト検討上の留意点

交換台車(横入れ方式)使用し金型交換

天井を低くする事ができる。クリーンルームに適する。

成形機間を広く取る必要あり

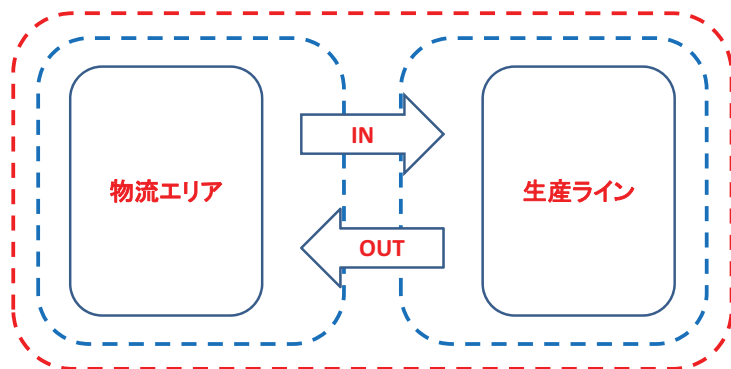


18

プラスチック成形工場のレイアウト

- 赤 同じ場所に配置
- 青 離れた場所(分離させ)に配置

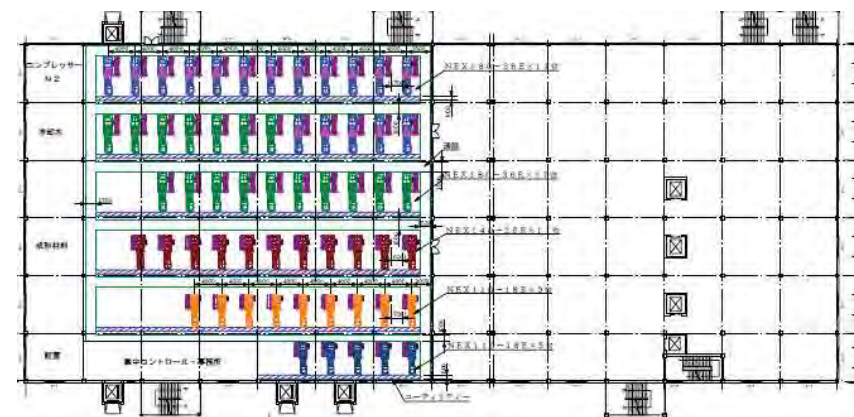
新設か？増設か？業種等によりレイアウトは異なる



19

レイアウト例 A

物流 左⇒右(2階)

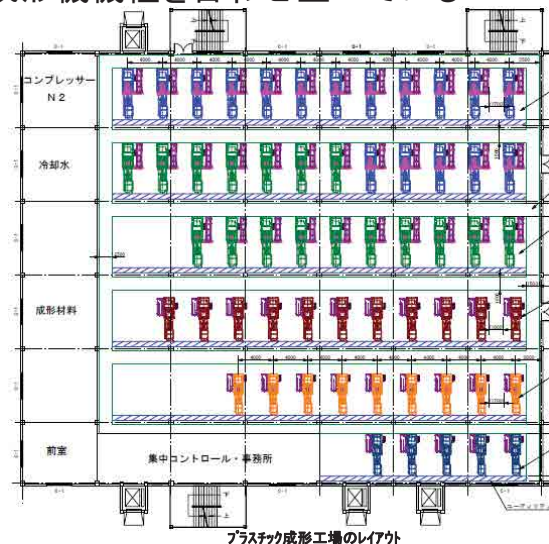


プラスチック成形工場のレイアウト

20

レイアウト例 A

成形機機種を合わせ並べている

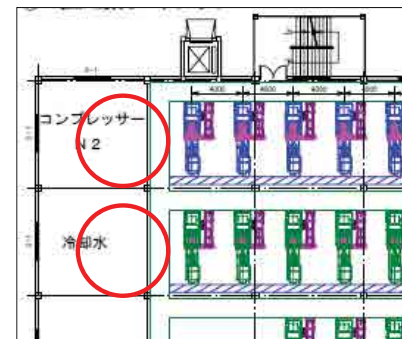


プラスチック成形工場のレイアウト

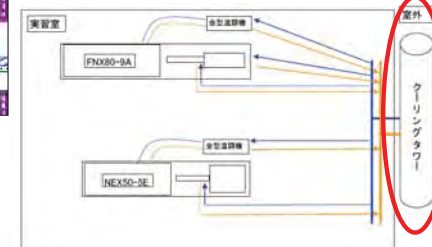
21

レイアウト例 A

クーリングタワー・コンプレッサーは屋外(別棟)



ユーティリティ(床下)

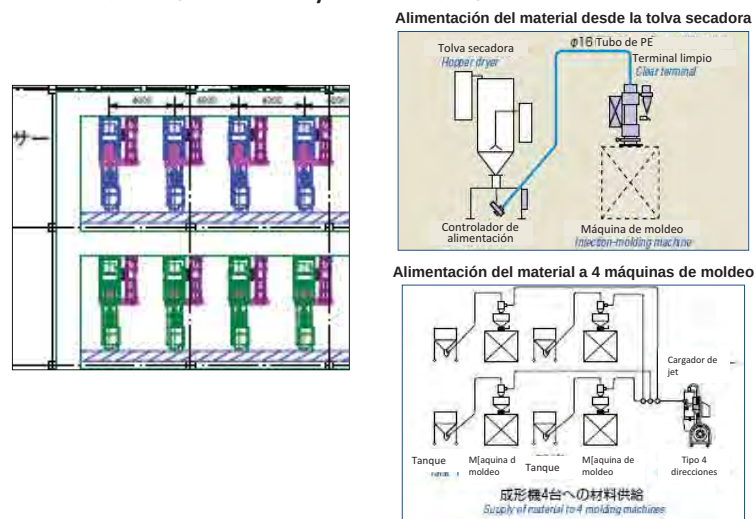


プラスチック成形工場のレイアウト

22

レイアウト例 A

材料供給 1by1・集中供給方式

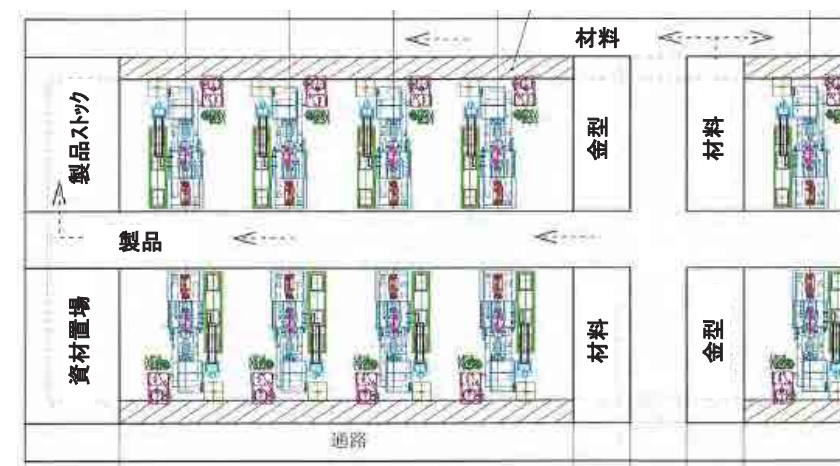


プラスチック成形工場のレイアウト

23

レイアウト例 B

金型・材料スペース併設

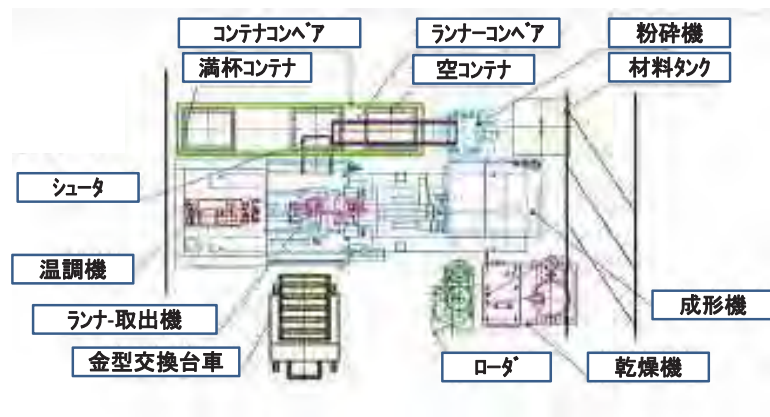


プラスチック成形工場のレイアウト

24

レイアウト例 B

成形機回り 1 by 1

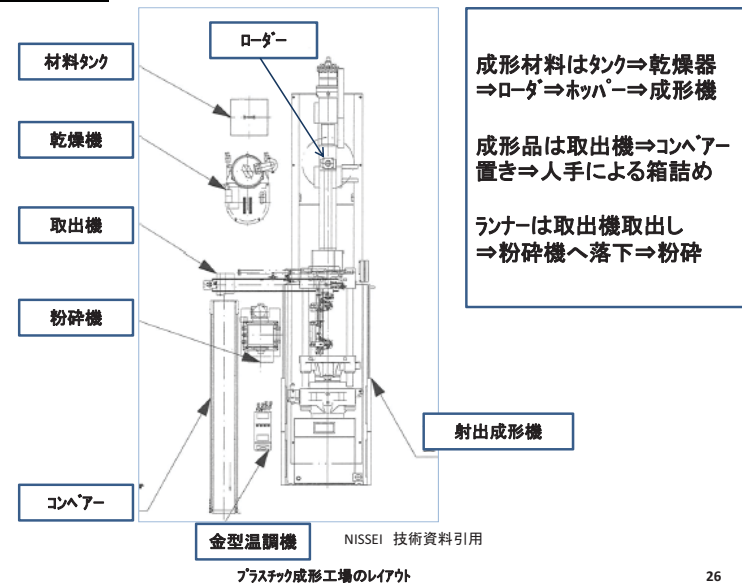


プラスチック成形工場のレイアウト

25

レイアウト例 B

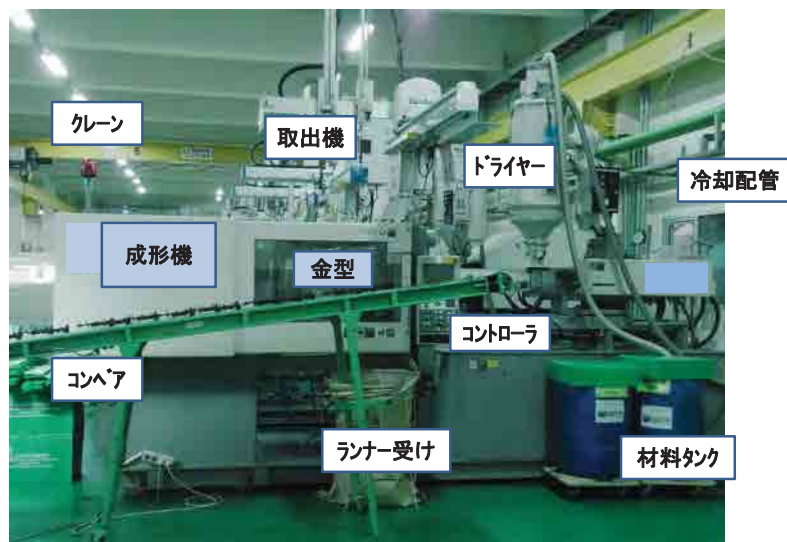
復習 M3-1 P5



26

レイアウト例 B

復習 M3-1 P4

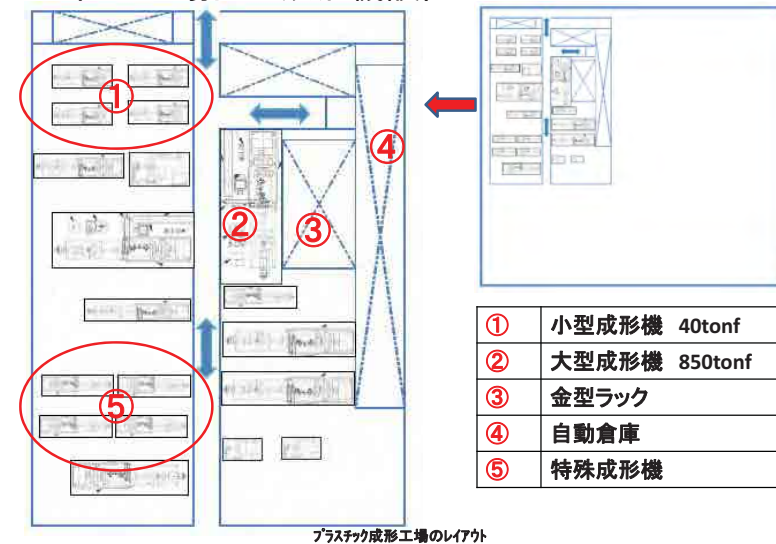


プラスチック成形工場のレイアウト

射出成形設備機器の概要 27

レイアウト例 C

組立工場内に成形機設置

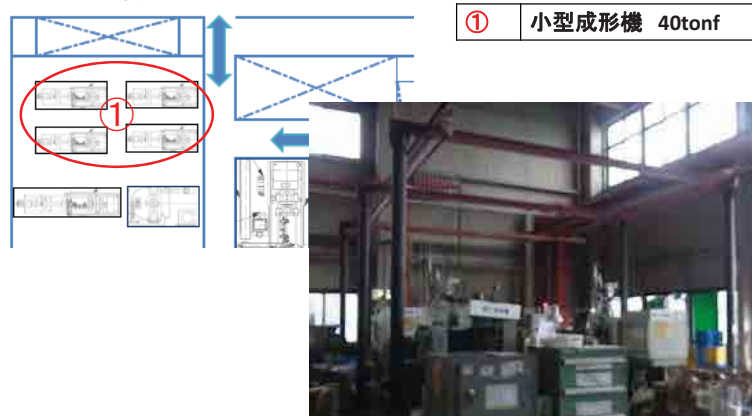


28

レイアウト例 C

小型機回りに簡易クレーン設置

- ・作業性向上
- ・待ち時間の短縮

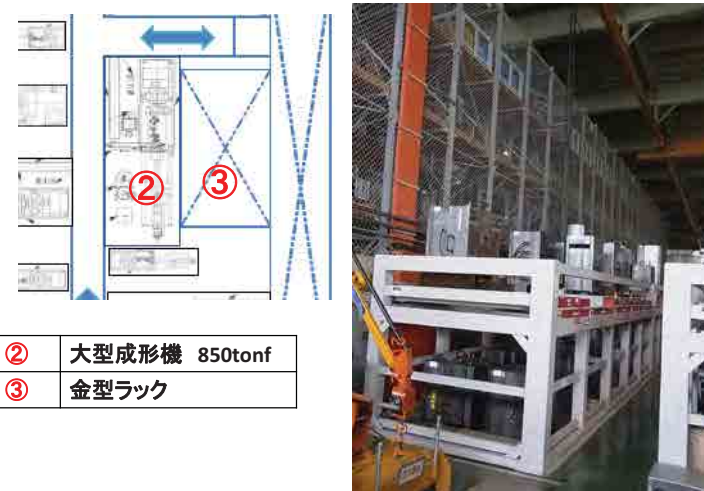


プラスチック成形工場のレイアウト

29

レイアウト例 C

大型金型専用ラック設置



プラスチック成形工場のレイアウト

30

レイアウト例 C

小型金型は自動倉庫に保管

④ 自動倉庫

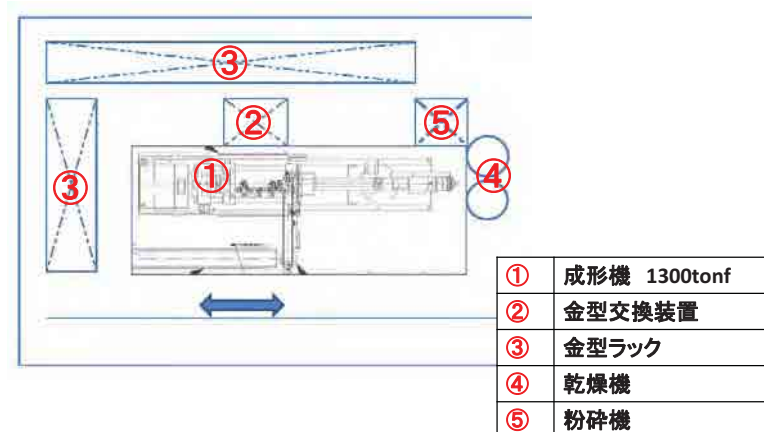


プラスチック成形工場のレイアウト

31

レイアウト例 D

大型成形機回り 1by1



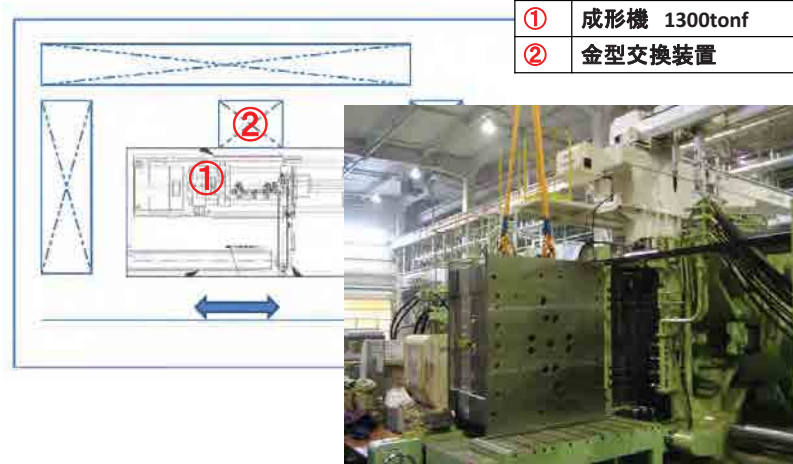
プラスチック成形工場のレイアウト

32

レイアウト例 D

大型成形機回り 1by1

金型横入れ方式

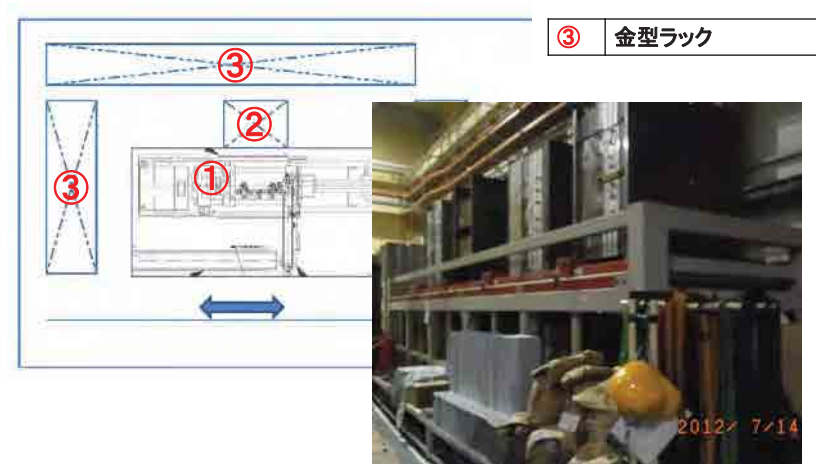


プラスチック成形工場のレイアウト

33

レイアウト例 D

大型成形機回り 1by1 金型重量 8～10tonf



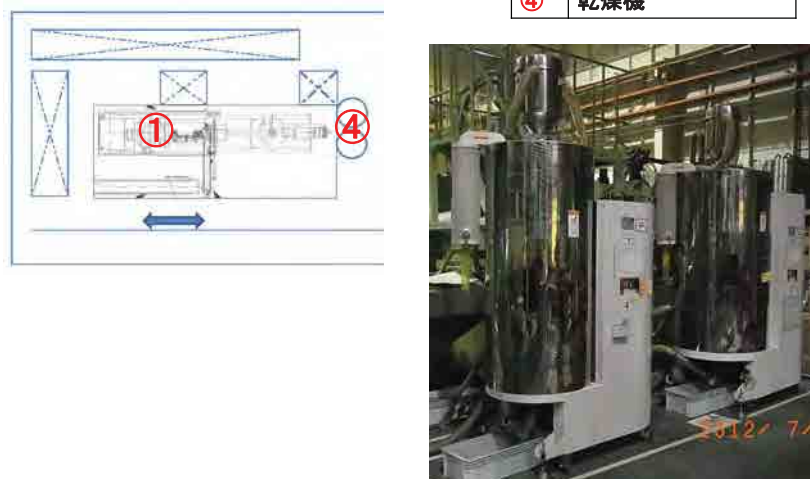
プラスチック成形工場のレイアウト

34

レイアウト例 D

大型成形機回り 1by1

④ 乾燥機



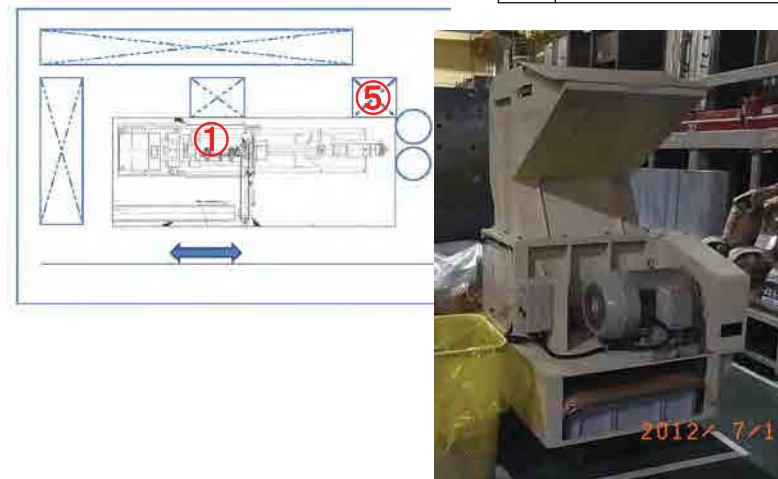
プラスチック成形工場のレイアウト

35

レイアウト例 D

大型成形機回り 1by1

①	成形機 1300tonf
⑤	粉碎機 (大型)



プラスチック成形工場のレイアウト

36

M3 射出成形設備機器
M3-9 付帯機器とその機能

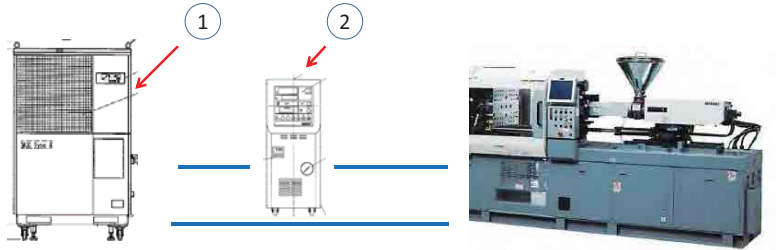
5,6/JUN/2012

目次

1	付帯機器(冷却関連)	1～4	P3～P6
2	付帯機器(材料関連)	1～11	P7～P17
3	付帯機器(金型関連)	4	P18～P21
4	付帯機器のメンテナンス	1	P22
5	メンテナンス記録(例)	1	P23

1、付帯機器(冷却関連)-1

	機器名	機能
1	?	?
2	?	?

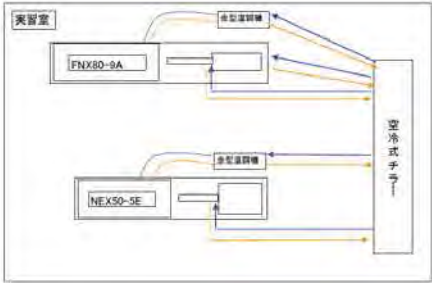


1、付帯機器(冷却関連)-2 ①冷却機

- 1) ハイスイクル成形などで金型温度を低温度に保ちたい場合には冷凍装置付きの金型温調機を使用し金型に冷却水(約10℃)を循環させる。
- 2) 結露しやすいため成形終了後のメンテナンス等錆対策が必要。成形終了前に冷却水をストップし金型温度が室温以上に上がったら終了。あるいは成形終了後金型PLを開いた状態とキャビ・コア表面温度が室温まで上がってから錆止め処理を行う。

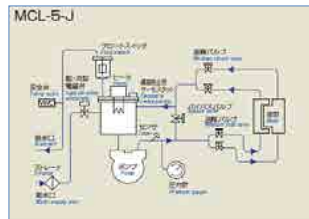
温調機の種類と設定温度

温調機	給水+10～90℃
温調機	給水+10～120℃
金型冷却機	5～35℃
金型冷温調機	周辺温度+10～90
金型温調機	油 60℃～200℃



1、付帯機器(冷却関連)-3 ②金型温度調機

- 1) 水や油などの熱媒体を加熱し金型内に圧送し金型と熱媒体の間で熱交換し金型温度を一定に保つための装置、
- 2) 熱媒体温度を昇温させるヒータ、降温させる冷却水回路、ポンプ、制御回路等より構成されている。
- 3) 制御温度範囲により冷却機(冷凍機)、温調機、冷温調機、温調機(高温)熱媒体により水、油に分類される。
- 4) 使用する金型、成形機にあわせた吐出量に余裕ある機種を選定が必要。



MATUI 技術資料引用

吐出側



中継ブロックより配管

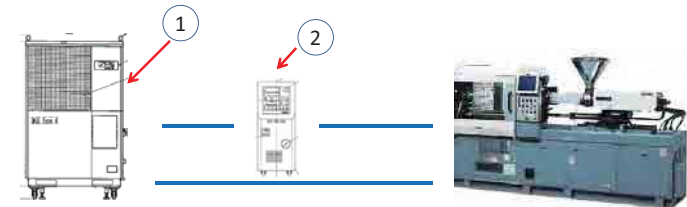


付帯機器とその機能

5

1、付帯機器(冷却関連)-4

	注意点
1	設定温度15～20℃ タンク式 レベル低下の場合、ポンプ動作できない 水質管理が必要(定期的にタンク内の清掃他)
2	設定温度 Max120℃ ホースの締付注意(水漏れ) 高温火傷注意⇒温度を下げてからホースの取り外し等行う レベル低下の場合、ポンプ動作できない(自動給水)



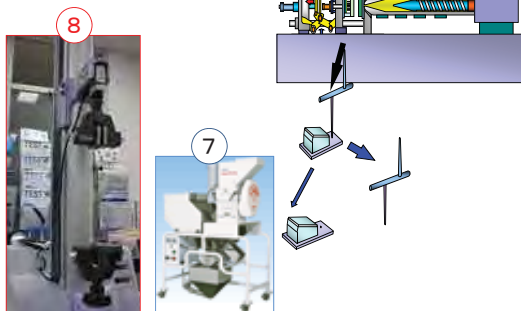
NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

6

2、付帯機器(材料関連)-1

- ③～⑥グループ?
⑦～⑧グループ?
○(赤)は?



NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

7

2、付帯機器(材料関連)-2

3	混合装置(タンブラー)	材料混合、着色混合
4	箱形乾燥機	材料水分除去
5	材料試験機	流動性試験(MFI)
6	除湿乾燥機	材料水分除去
7	粉碎機	成形品、ランナー粉碎
8	試験機	強度試験(引張、曲げ)

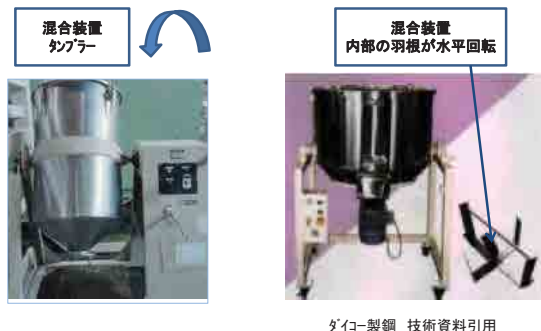
5, 8は「M3-7測定機器とその機能」で説明

付帯機器とその機能

8

2、付帯機器(材料関連)-3 ③混合装置(タンブラー)

- 1) 成形前工程において、バージン材に粉碎材(再生材)、マスターバッチや顔料など加え、混合・攪拌・混練する比較的簡単な装置。
- 2) 混合された材料を成形機に供給し成形を行う
- 3) 混合時間が不十分の場合、色ム等の不具合発生する場合もある。
- 4) 垂直回転、V字回転、水平回転(タンク内の羽根が回転)などがある。



ダイコー製鋼 技術資料引用

NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

9

2、付帯機器(材料関連)-4 ③混合装置(タンブラー)

注意点

タンク内で羽根が**回転**し混合
 蓋をして**水平**状態で作動のこと
 内部清掃時⇒必ず**電源OFF**(コンセント抜く)
 タンク内部にキズをつけない⇒**金属等**の混入注意
 材料投入/排出のときにはタンク傾ける⇒**ロックピン**使用



NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

10

2、付帯機器(材料関連)-5

④ 箱形乾燥器(熱風循環式)

- 1) 箱形容器内部の外周にヒーターを備え、容器内の空気をファンで循環させて、内部の成形材料を乾燥させる装置である。
- 2) 乾燥容器内に棚を作り熱風の通過面積を大きくするように作られている。
- 3) 熱風循環式は比較的簡易に材料を均一加熱できるのが大きな利点であるが外気湿度に影響されることもあって湿度が高いときには乾燥状況に留意する。
- 4) 乾燥皿に入れる材料は厚さ25～30mm以下とする
- 5) 成形機への移送は人手となるため大量生産には不向きである。



MATUI 技術資料引用

付帯機器とその機能

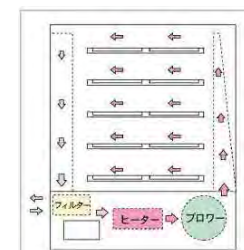
11

2、付帯機器(材料関連)-6

④ 箱形乾燥器(熱風循環式)

注意点

設定温度～**160℃**
 パレット取出し時**火傷**に注意(**保護手袋**使用)
 材料入れたパレットの**重さ**に注意(620x290x60)
 内部は**清掃**し異材混入に注意
 パレットごとに**材料が違う**場合、取出し時の混入に注意



MATUI 技術資料引用

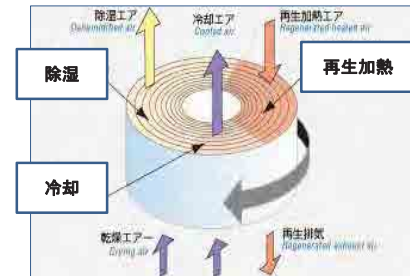
付帯機器とその機能

12

2、付帯機器(材料関連)-7 ⑤ 除湿乾燥機

1.除湿式乾燥機

- 1) 空気中の絶対水分量の多い梅雨期や夏期では、許容吸湿量が小さい樹脂の場合、熱風乾燥機では十分な乾燥が出来ないことがある。
- 2) 樹脂を乾燥し吸湿された熱風を装置外に排出せず除湿⇒乾燥⇒加熱し乾燥容器内に送り込み樹脂を乾燥する循環タイプ。
- 3) ハニカムローターは除湿・再生・冷却の3ゾーンから構成されている。
- 4) 除湿ゾーンでは乾燥ホッパーに投入する空気の水分を吸着する。
- 5) 再生加熱ゾーンでは吸湿ゾーンで吸着した水分を加熱蒸発させ、ハニカムローターを再生する。
- 6) 冷却ゾーンでは再生時に温度上昇したハニカムローターを除湿最適温度まで降温する。



これら3つのゾーンの機能により、ハニカムローターは-40℃の安定した低露点を実現し、吸着剤の交換をしなくても初期性能を維持している。

MATUI 技術資料引用

付帯機器とその機能

13

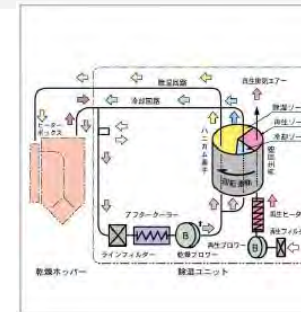
2、付帯機器(材料関連)-8 ⑤ 除湿乾燥機

注意点

設定温度60～160℃

(直接触る事はないが **高温**)

タンク内の **清掃不足⇒異材混入**



MATUI 技術資料引用

NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

14

2、付帯機器(材料関連)-9

標準的材料乾燥条件

材料名	乾燥温度 ℃	乾燥時間 Hr	許容水分 %
PC	110～120	4以上	0.03以下
PBT	120～130	4	0.02以下
PA-66	80～120	4～5	0.02以下 真空乾燥
ABS	80～90	3～4	0.1以下
PMMA	70～75	4～5	0.1以下
POM	80～90	4	0.09以下
AS	80～90	3	0.1以下
PPS	120	4	0.1以下

NISSEI 技術資料引用

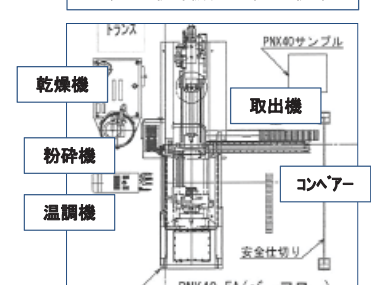
付帯機器とその機能

15

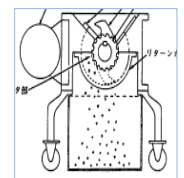
2、付帯機器(材料関連)-10 ⑦ 粉碎機

インラインに粉碎機組込(ランナー粉碎)

- 1) スプール・ランナや不良品を再利用する場合には、これらを粉碎しなければならない。
- 2) ランナー粉碎は成形直後のインラインで行う場合と、後工程でまとめて粉碎する場合がある。
- 3) 粉碎粒が大きい場合には喰い込み不良や可塑性不均一による成形不良に結び付く場合がある。又、粉碎によって発生する粉末も焼け等の成形不良発生原因になり得るので取り除いて使用するのが望ましい。(粉取装置)
- 4) 精密成形や小型成形機の場合には計量不安定要因を取り除くためベレタイザーを使用し再ベレット化することが多い。
- 5) 粉碎作業終了時に清掃作業を行い粉碎材料が残っていない状態にしておく。清掃不十分な場合には異材混入で色目が変わったり、強度不足等の品質問題が発生する。
- 6) 後工程でまとめて粉碎する場合には他のランナーやゴミ等が入らないように管理する。



NISSEI 技術資料引用



HARMO 技術資料引用

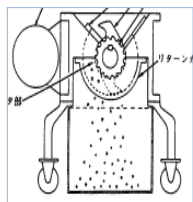
付帯機器とその機能

16

2、付帯機器(材料関連)-11 ⑦ 粉砕機

注意点

カッターが回転する⇒投入口内部に手を入れぬこと
 カバーは必ず使用(リミットスイッチ使用)
 内部掃除⇒必ず電源OFF(コンセント抜く)、
 掃除不足⇒異材混入
 樹脂以外のもの入れないように(とくに金属)
 粉砕材の飛散⇒保護メガネ
 粉砕音が高い⇒防音対策(耳カバー)
 内部掃除時、カッター刃先に注意⇒指の怪我に注意



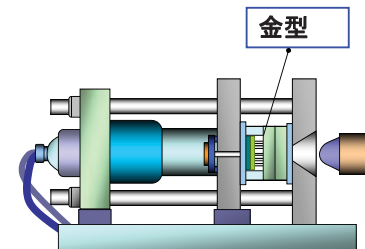
コンセント抜く

NISSEI Escuela Texto

付帯機器とその機能

17

3、付帯機器(金型メンテナンス関連)-1



⑨ 超音波洗浄機	キャビコア等の洗浄(定期メンテナンス)
⑩ 高精度肉盛溶接機	TIG溶接、アルゴンガス使用(修正・修理)
⑪ 超音波研磨装置	金型磨き(新型、修理)

付帯機器とその機能

18

3、付帯機器(金型メンテナンス関連)-2

⑨超音波洗浄機

金型洗浄機 Ultrasonic Power Corporation Model 822
 プラスチック金型の汚れ(ガス焼け、油汚れ、錆)や樹脂皮膜の除去

洗浄液 強アルカリ性(Ph12.5~14)

発振周波数40kHzの高性能振動子

* マンテナンスでの実習予定あり



ソマックス カタログ 抜粋

付帯機器とその機能

19

3、付帯機器(金型メンテナンス関連)-3

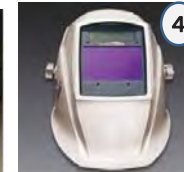
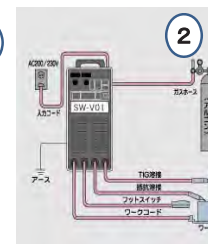
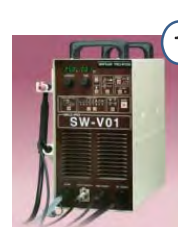
⑩ 高精度肉盛溶接機(TIG溶接)

WELD PRO SW-V01 ①抵抗溶接と精密TIG溶接

TIG (Tungsten Inert Gas) Welding タングステン電極、
 ②不活性ガス(inert gas)「アルゴン(Ar)、ヘリウム(He)」によるガスシールド

素材(硬度)にあった溶接材料を選定

TIG溶接時に発生する③紫外線から顔や目を保護のため④必ず遮光面や保護
 手袋を使用 * マンテナンスでの実習予定あり



三和商工 カタログ 抜粋

付帯機器とその機能

20

3、付帯機器(金型メンテナンス関連)-4

⑪ 超音波研磨装置

LAPTORON 75R ①超音波用ホルダー(最大48W 発振周波数 28kHz)

②ローター用ホルダー(最大15000rpm)

③深く狭いスリット部の磨き

④放電加工後の広い面の磨き

*** 磨き作業は熟練が必要となる(メンテナンスでの実習予定あり)**



三和商工 カタログ 抜粋



付帯機器とその機能



21

4、付帯機器のメンテナンス(金型の維持・修理)

・ 日常メンテナンス

動作状態のチェック

設定どおりに温度上がるか?

作動時異音しないか?

非常停止スイッチは作動したか?

他

・ 定期メンテナンス

保守部品の点検・交換

パッキンの交換

フィルターの掃除

他

付帯機器とその機能

22

5、メンテナンス記録 (例)

金型温調機 MCH-25-J 使用時確認・記入のこと!

使用日時	3月20日	3月21日	
設定温度は?	80℃	100℃	
設定値どおり表示温度上がるか?	レ	レ	
接続部分水漏れないか	レ	レ	
ポンプ異音発生ないか	レ	レ	
その他			
確認者	中澤	中澤	

付帯機器とその機能

23