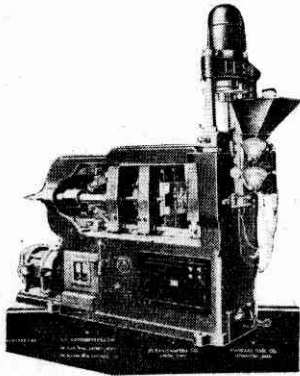


合成樹脂成型法の最近の進歩

谷 山 孝 次
藤化成株式会社



8 オンス直角型全自動式
射出成型機(Lester社製)

は し が き

終戦後アメリカの技術が

紹介され、われわれはいろいろな面に技術の立遅れを感じたが、プラスチックの分野においては特にいちじるしく、わが國では原料としては尿素、鹽化ビニール、醋酸ビニール等の生産がようやく緒につき、成型法はまだ家内工業的であるのに反し、アメリカではプラスチック工業の發達は目覺しく、他の既成大工業と並び新時代の工業と稱されている、成型材料としては熱硬化性のフェノール、尿素、メラミンがあり、熱可塑性としてはビニール系、セルローズ系、アクリル系、ポリスチロール、ナイロン、ポリエチレン等がありその生産額も巨大な數に上つている。

特に最近熱可塑性樹脂の發達が新しい成型方法、成型機械と相關連して目覺しい。これ等の新しい成型方法の基本になる分類を列挙すれば、1) 壓縮成型(Compression molding) 2) トランスファー成型(Transfer molding) 3) 射出成型(Injection molding) 4) 押出(Extrusion molding) 5) 鑄造成型(Cast molding) 6) 低壓成型法(Low pressure molding) 等であり、またこれ等の附帯的方法として Preforming, および Preheating がある。

以下新しい成型方法の概略を御紹介することとする。

1. 豫備成型 (Preforming)

従來の成型方式では成型材料の形としては多く粉末状が用いられたが、これでは型窩に裝入する場合不便であり周圍に散らかしたり、また一回の裝入量を一々秤量せねばならない。また形状が不定形で嵩ばつているから型窩の高さが高くなり、したがつて型が厚くなり加熱の能率が悪い。また粉塵の混入することも多く、吸濕しやすいためきた、成型品の電氣的性質が悪くなる等の缺點がある。このため成型粉末を成型前に豫め豫備成型機(Preforming machine) で 1/2~1/3 位に壓縮してタブレット状として用いることが便利である。このため成型

アメリカのプラスチック工業の發達の原因は原料資源の豊富なこと、化學技術者の努力もさることながら機械技術者の努力による成型機械の發展に負うところがきわめて多いことは見逃すことができない。とくに成型技術の遅れているわが國の現状にかんがみこの方面の新しい進歩を紹介して見よう。

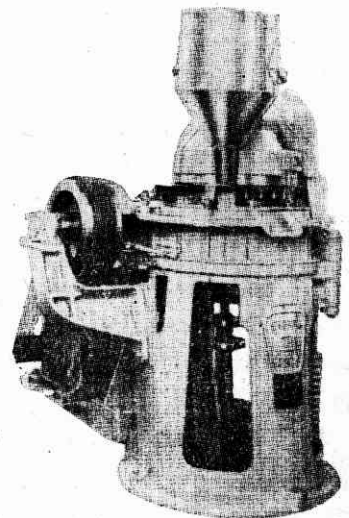
能率は増加し、成型品は品質均一になり機械的強度、電氣的性質のよいものが得

られる。また材料を豫熱する場合にも便利で、この方法は主として熱硬化性材料を壓縮成型、或はトランスファー成型する場合に用いる。タブレットは一回毎秤量する必要はなく、粉末材料より loss が少ない。

タブレットの形状は通常は扁平な圓板状であるが、成型品の形によりときには圓筒形、或は球形等にする場合もある。運搬中破損しない程度に固めるのが便利である。豫備成型機はタブレットの大きさ形状によりいろいろの型式があるが、機構的に分類すれば、1. Rotary mechanical preforming machine と 2. Reciprocating mechanical or hydraulic preforming machine の種類がある。

1. Rotary mechanical preforming machine (迴轉式豫備成型機)

自動的のもので一つの回轉圓板の周圍に多數の型窩がありおのおのプランジャー(杵)が嵌入している圓板の回轉につれ上部のホッパーから自動的に粉が供給され、カムにより各型窩のプランジャーがこれを壓縮し圓板の一回轉で固形化され取出される。第1圖は F. J. Stokes machine Co. 製の DDS-2 Rotary 機で小型タブレットを多數量産する用途に用いられ能力一分間

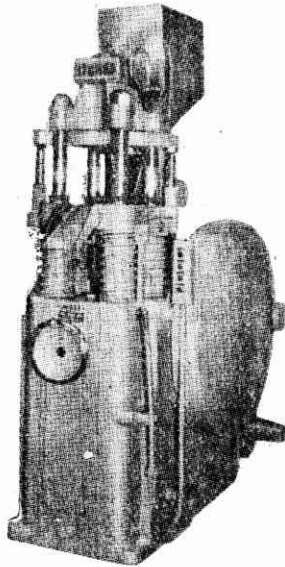


第1圖 Rotary Mechanical Preforming Machine 迴轉式豫備成型機

350 個である。

2. Reciprocating mechanical or hydraulic preforming machine (往復運動式機械或は水圧設備成型機)

これはプランチャが往復運動してその昇降運動の1回ごとに1筒宛タブレットが自動的に押される(プランチャが複数のときはその数だけ)プランチャの往復運動の機構にカム式、クランクレバー式、エクセントリック式等があり或は水圧が用いられる場合もある。比較的大型成型品用のタブレット、或はトランスファー成型用のタブレットを得る場合に用いる。第2圖は前と同じく Stokes 社製の Preform press でタブレットの高さ密度、加圧、重量等を調節することができる。最大のタブレット径4吋300g のものが1分間60個の割合で製造可能である。



第2圖 往復運動式豫備成型機 (Reciprocating Mechanical Preforming Machine)

2. 豫熱 (Preheating)

石炭酸樹脂、或は尿素樹脂等の熱硬化性材料を壓縮成型、或はトランスファー成型する場合に成型品の品質向上、および成型時間を短縮する

目的で最近豫熱(Preheat)することがさかんに研究され実施されるようになった。これは粉末、或はタブレット状の成型材料を豫熱装置によつて所要の成型温度近くまで加熱し、ただちに金型内に移して加圧成型を行う方法である。

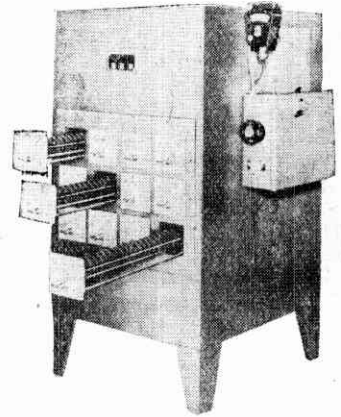
豫熱器の構造は主に平皿棚式で、蒸氣、電氣のいずれかを用いられるが、普通には自動温度調節器のついた電熱式のものが多い。第3圖はタブレットの電熱棚式の豫熱器の例である。1個の引出しに3オンスのタブレットが18個入りで全部で40lbの材料が豫熱できる。

赤外線豫熱 最近にはまた赤外線ランプを用いた赤外線豫熱器が用いられる。加熱が短時間ですみ量産の場合にはコンベヤーを用いて流れ作業式にすることができる。

高周波豫熱 また最近の新しい進歩したものに高周波豫熱法がある。これによつて熱硬化性樹脂の成型法が改

良された。この原理は誘電體に周波数の高い交流電壓を加えて發生する熱を利用する方法で、その利點は、

1. 大きい嵩高いタブレットを急速に均一に加熱することができる。
2. 所要成型壓力を低くする。
3. 多くの金屬挿入物を有する複雑な成型品の材料の加熱に適する。
4. 内部迄均一に加熱される結果、各部分の硬化が一樣であり成型品の機械強度、物理的性質が改善される。
5. Cure の時間が短縮される。
6. トランスファー成型法に適當し、生産能力が向上する。



第3圖 タブレット豫熱器

等である。過去においては大きな成型品では、成型壓力が高く、Cure の時間が30~40min も必要であつたが、この豫熱法の發達により數秒の豫熱で材料を柔くして成型壓力を1/10にも低下させることができた。

なお熱可塑性材料においては射出成型用粉末(pellet)等はホッパーに裝入する以前に水分、揮發性物質の除去の目的で豫熱乾燥を行う。

3. 壓縮成型 (Compression Molding)

壓縮成型法は成型方式のもつとも古いものであり、基本的のものである。壓縮成型機は古くから機械の加壓方式、型態、附屬ラム、或は型の取付け等いろいろと考案されたが、現在ではむしろ興味は射出成型、トランスファー成型に移りつゝある。この型式のもつとも進歩したものに Stokes 社の自動壓縮成型機がある。加壓機構上大別すると、(1)水壓式(Hydraulic type)と(2)機械加壓式(Mechanical type)となる。

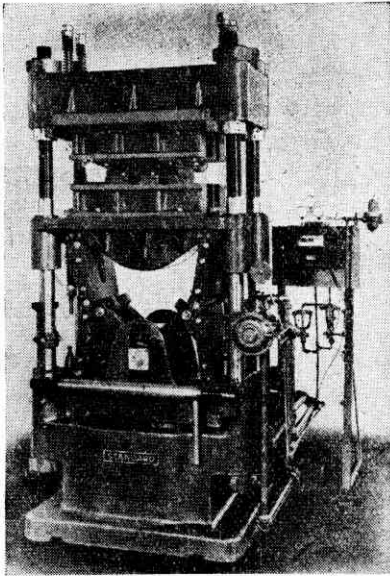
(1) 水壓式壓縮成型機

水壓式の加壓形式も昔は單なる一組のシリンダー、ラムであつたが、最近のものはブースタラムをそなへ、型が加壓を要するまでのストロークを低壓で早く動作し、時間の短縮と、動力の輕減をはかり、型の加壓の少し手前から自動的に高壓、低速に切りかえる構造のものに進歩した。ラムのもどり行程は補助シリンダーで急速に行うようにしたものが理想的である。この成型法は特に大型の成型品、(例えば80lb/cycleのようなもの)には適當するが、順次トランスファー成型、射出成型にその領

域をおかされつゝある。

(2) 機械加壓式壓縮成型機

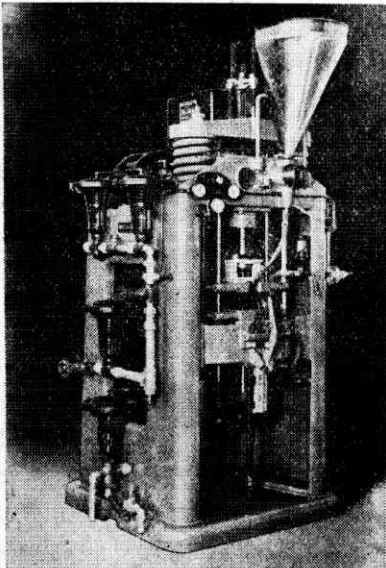
この型式のものに、クランク式、トッグル式フリクション式等があるが現在實際成型に用いられているのはトッグル式(Toggle type)である。第4圖は Stokes 社の



第4圖 100 トン標準トッグル型プレス (Stokes 社製)

標準型壓縮プレスの例である。トッグルを動作させる小さい水壓ピストンがこの下に連結され、半自動式、加壓力 100 ton、である。

このトッグル式機構の特徴は型を閉じる前までは早く動作し、加壓の際には低速高壓力になる。この形式のもつとも完備した機械は第5圖の同じく Stokes 社の自動



第5圖 全自動式プレス (Stokes 社製) 成型機で、材料の装入、加壓、加熱、成型品の取出し型

の掃除等一切が自動的に行われ、1日 1500 個の生産能力を持つている。

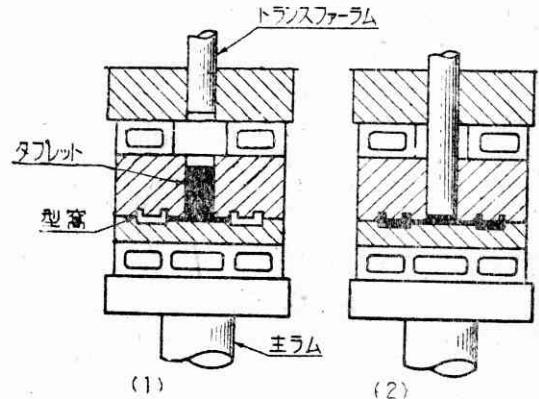
トランスファー成型

戦時中米國の Shaw Insulator Co. で發明された方法で、主として比較的大型の熱硬化性の材料の成型品に適した方法で、壓縮成型と射出成型の中間の方法ともいえる熱硬化性材料は射出成型機に用いられ難いことから發明された方法であろうと思われる。

わが國では射出成型機が高價で容易に購入し難い現状であり、このトランスファー成型機はそれにくらべ價格が低く使用しやすい。

トランスファー成型機の構造

第6圖はこの成型法の圖解である。まず下部の主ラム



第6圖 トランスファー成型機の動作

を動かして型を閉鎖する。別の豫熱器(Preheater)で加熱された材料(タレット)を型の上部のポットに装入し、上部のトランスファーラムを動かし、このポット中の材料を加壓する。型には射出成型と同じくスプルー(Sprue)ランナー(Runner)があり、この溝を流れて型筒中に鑄込まれ冷却される。次に主ラムを降下して型を開くと同時にノックアウト(knock-out)装置で自動的に成型品が取りだされる。この動作を繰返す。

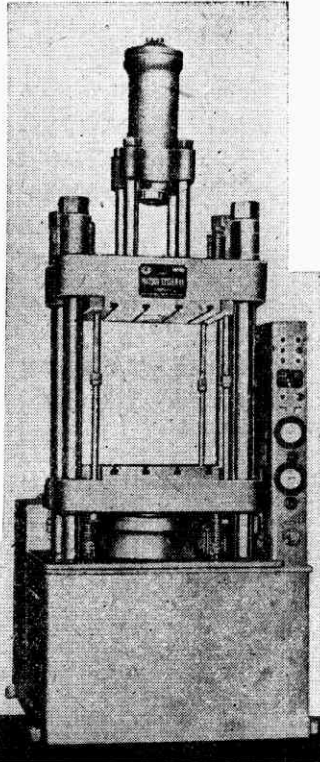
この成型法の特徴は、1) 比較的機械が安いこと、2) 成型品の成型壓力が高く、質が均一して機械的強度、物理的性質が優れていること 3) 成型品が複雑のもので金具挿入に適していること 4) 壓縮成型にくらべバリが少ないこと、5) 射出成型にくらべ比較的大型の製品に適すること、6) 熱硬化性材料だけでなく熱可塑性材にも適すること等である。

第7圖は Watson Stillman 社製トランスファー成型機、型の閉鎖壓力 50~1,200 ton、成型壓力 2300~2500 psi のもので半自動式である。

4. 射出成型 (Injection Molding)

熱可塑性樹脂の成型法としてもつとも適合し進歩した方式で、特に米國においてはいろいろな熱可塑性樹脂の發達と相關聯して機械も進歩し、全自動式で大型の機械

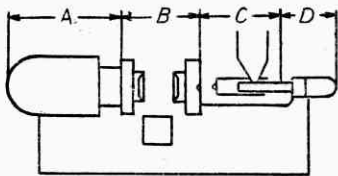
が標準化されつゝある。機械は古くは金属のダイキャスト法を模し1919年 Eihengrün が熱可塑性樹脂の成型に應用してInjection process[®]を發明したといわれる。前大戰以後獨逸の Franz Braun 社、Eckert 社等がこの小型機械を作り輸出し、この内の幾臺か日本に輸入された現在では射出成型機の製作は米國がもつともさかんで有名な製作會社も多い。はじめは1ショット2オンス位の小型機であつたが現在では18オンス位が普通となり、80オンス位の巨大なものまで作られている。



第7圖 トランスファー成型機 50~1,200 トン (Watson Stillman 社製)

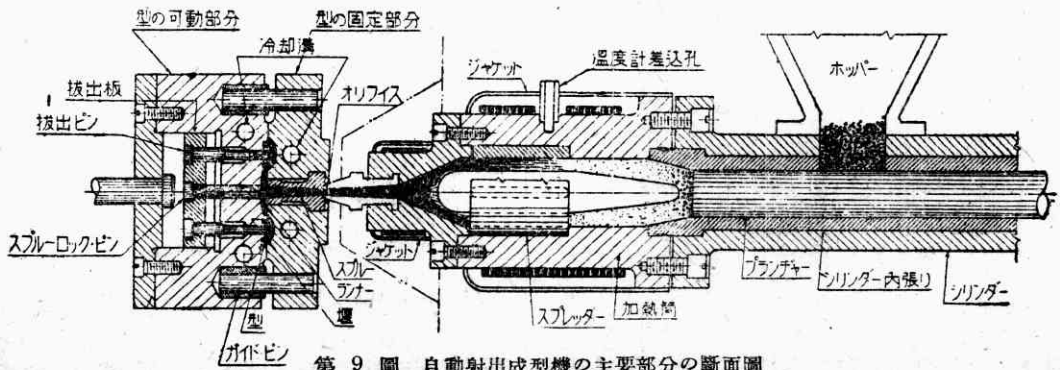
射出成型法の概略

機構は第8圖の圖示のように4つの主要部分に分けて考えられる。(A)型の開閉および加壓機構、(B)型および型の取付板(C)成型材料のホッパー加熱軟化させるシリンダー、および注入孔のオリフイス(D)加熱シリンダー中の材料を射出させる加壓機構、である。



第8圖 射出成型機の略圖

射出させる加壓機構、である。

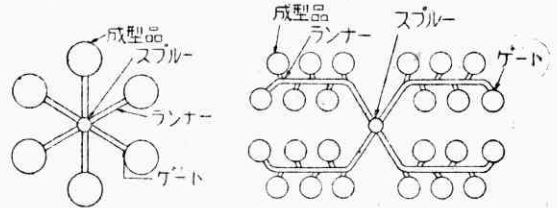


第9圖 自動射出成型機の主要部分の断面圖

材料はホッパーから一定量宛シリンダーに自動供給され、シリンダー中で加熱軟化された材料は、加壓機構Dでオリフイスから型に射出される。冷却が終ればAの加壓機構で型が開き成型品は knock-out の装置で自動的に抜き出される。この順序を繰返し自動的に動作するこの運轉速度は材料の種類、成型品の大きさ、等によつて異なるが普通1分間6~2 サイクルの割合で動作する。

型の構造

型は第10圖のようにオリフイスから押出された材料はスプルー (Sprue) を通り Runner, Gate を経て各型窩に注入される。このとき型窩の配置は中心のスプルー



第10圖 射出成型用型窩の配置

に對し放射状、或は對稱の位置で注入壓力が Sprue を中心として平衡が取れていることが必要である。

射出成型機の形態

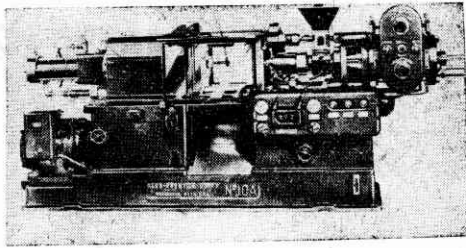
(1) 加壓機構による區別

加壓機構が (イ) 水壓式である場合、(ロ) トッグル式である場合、(ハ) この両方が組合さつた場合、がある。

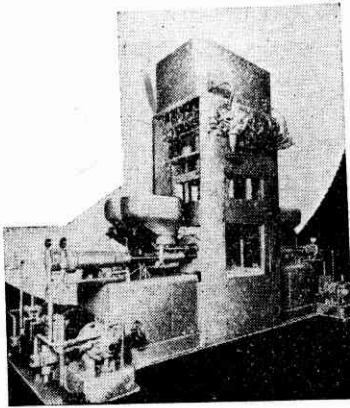
(2) 外形からの區別

(イ) 水平型、(ロ) 垂直型、(ハ) L型、或は直角型型の加壓機構 A, B、が水平で、加熱シリンダー C, D が垂直の場合と、型の加壓機構 AB が垂直で、加熱シリンダー C, D が水平の場合の2通りがある。(ニ) T型、型の加壓機構が中央に垂直でこの兩側に水平に射出機構をもつたもので、特に大型のものに用いられる型式である。

射出成型機の實例は、第11圖 Reed-Prentice 社2オンス水平型全自動射出成型機、射出壓力最高 26,000 p.s.i 第12圖 H.P.M 社、T型、自動射出成型機、4本の射



第 11 圖 2 オンス水平型全自動式射出成型機 (Reed-Prentice 社製)



第 12 圖 T 型自動式射出成型機 (H.M.P. 社製)

出装置を備えている。

5. 押出成型 (Extrusion molding)

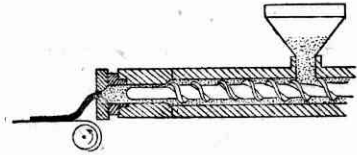
押出成型は一定の形の断面をもつものを連続して成型する方法といえよう。すなわちシート、フィルム、チューブ棒、織條、或は電線の被覆等を作るに用いられる。最近では柔軟な熱可塑性の材料、鹽化ビニール、ビニリデン、ポリエチレン、醋酸セルローズ等の發達につれてさかんに用いられるようになり、押し Screw, Die head, 等の構造も次第に改良され特殊な 2 重管、或いは薄いフィルムの製作法が考案され、カレンダーによるフィルム製造の領域までおかすようになってきた。

プラスチックの押出成型 (Extrusion molding) は古くはセルロイドの Wet extrusion にはじまったが現在のように溶劑を用いない Dry extrusion は 1938 年以後のことで、はじめはゴムの押出機をプラスチックに流用した。現在の押出機はシリンダーが多くの heat zone を持つて、それぞれ自動的に温度調節ができるようになってきている。また機構上の最近の改良は Screw が最近新しく 2 本組合せのものができて、Compounder extruder と稱し原料の配合、着色まで行うようになった。Die head の構造もいろいろと工夫され面白い製品ができるようになった。

單式スクリュー

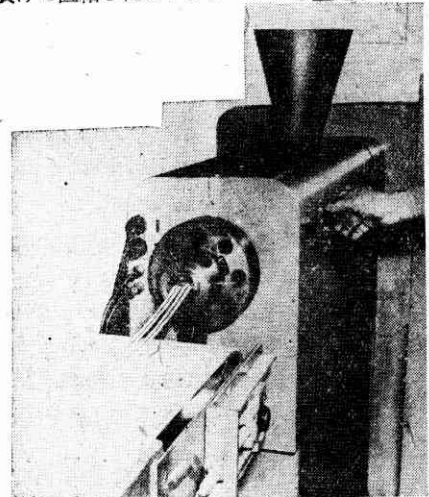
Straight die head のついた押出機のもつとも基本的

な形は第 13 圖、および第 16 圖の寫眞のものである。ホッパーから裝入された材料は Screw シリンダー中を



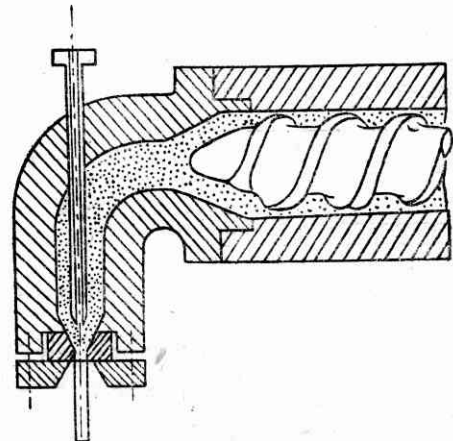
第 13 圖 押出機の基本的な形態

通り數段階の Heat zone で加熱軟化され die head から押出され、これがベルトコンベヤーに乗せられた冷却後捲取られる。シートを押出す場合は薄内管に押し出しこれを廣げて直結したカレンダーにかけ壓延する。



第 14 圖 單式スクリュー型押出機

Cross head type のものはもつとも重要な用途としての電線被覆用として用いられる。戦争初期に従来のゴム被覆電線が可熱性であつたため、難燃性の鹽化ビニール或はポリエチレン被覆がアメリカで軍用電線として採用されたことから發達した。もつとも簡単な押出機の構造圖を第 15 圖に示すように、加熱軟化された材料の流れ

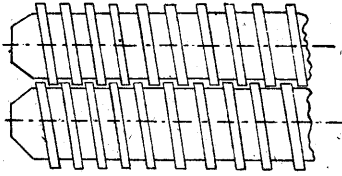


第 15 圖 電線被覆用の Crosshead

が先端で直角に曲るため断面は一樣な抵抗でなく、芯線が太くなるに従つて困難を生じるため一樣の抵抗にするための改良が考案されている。

複式スクリー (Compound-Extruder)

最近米國の市場で2本スクリー式の押出機が現われた。これは Compounder-Extruder とよばれ従來の押出成型ばかりでなく、鹽化ビニール等を用いて、可塑劑、安定劑、顔料等の混合ができるため、バンパリーミキサーのような混合機械が不必要になつた。2本のスクリーは第16圖のように2本のねちがかみ合つていて先端へ行くほどピッチ



第16圖 Compound-Extruder のスクリー

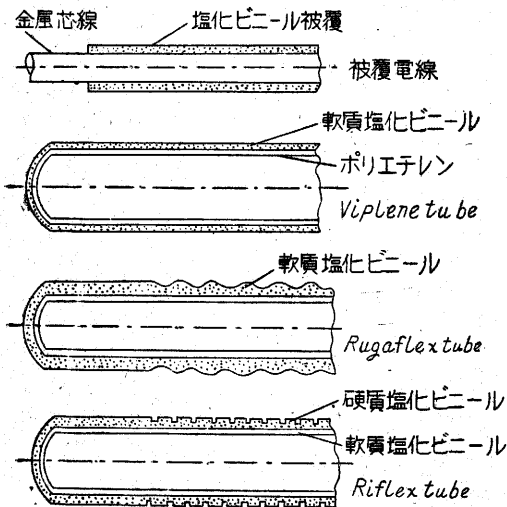
が細くなつていて、回轉方向は同一方向である。この機械の特徴は混合性能がよいため、先端の Nozzle の壓力が高

いためごく細く或いは薄いものでも押出成型が可能である。断面が圓形の Monofilament の太さ1 mil から10 吋の管まで、フィルム状は厚み1 mil から1/4 吋まで撰擇が自由である。¹⁾ この種類の押出機は Straight head および Cross head の兩方に使われられるのはもちろん、もつとも興味ある新しい方法として2臺を tandem に連結して用いる用法である。

Compounder-Extruder の特殊用法

(1) Rugaflex tube²⁾ (Reinforcing Ring)

通常の可塑劑配合の鹽化ビニールを管状に押出す場合、Cross head を自動的に開閉運動する装置を設けることにより、押出された管の外部は補強のヒダ付き



第17圖 押出成型した各種のプラスチックチューブ

管となり、これは Rugaflex 管とよばれている。この Cross head の開閉運動を止めると通常の平滑な管となり、端部となる。この Rugaflex tube は可撓性でしかも押しつぶされない丈夫さがあり、耐藥品性もよい。town gas 或は壓縮空氣の導管として好適である。

(2) 多色ベルト、および多色のシート²⁾

Compounder extruder 2 臺を tandem に用いて一個の Die head に異つた色、或は異つた材料を同時に供給すると2色以上の、色の重なつたベルト、シート等ができる。

(3) Viplene tubing²⁾

同じく extruder 2臺を tandem に用いると管の内面がポリエチレンの屬で外例が軟質の鹽化ビニールである管ができる。これは外側は可撓性で着色が自由、内面は化學的に丈夫でしかも無毒性であるので理想的の管ができる、Viplene tube と稱する。腐蝕性の藥品、溶劑類、或は液體食料の輸送管等に用いる。

(4) Spiral tubing (Riflex tube)^{1),2)}

前と同じく2臺の tandem の用法で内面は軟い可塑劑配合の鹽化ビニール管で、外側は硬質の鹽化ビニールのスパイラル管で巻かれこれが完全に融着している Riflex tube といわれている。可撓性があつて丈夫でしかも耐化學藥品性がよい。特に壓縮空氣、眞空高壓ガス、腐蝕性のもの輸送管に用いられる。このスパイラルを作る die head には回轉する刃物があつて、押出された管をスパイラル状に切つて行く構造で、太さピッチ等は變えられる。

(5) 空氣膨脹法によるシート、フィルムの製法³⁾ (Air inflation process)

これも最近米國から紹介された押出機を用いるプラスチックシートの新しい製法である。カレンダーロール機では0.1mm 以下の厚みのフィルムの製作は困難であるが、この方法によれば0.05mm 厚のフィルムが容易に作り得ることになつた。従來の2吋半の押出機でチューブを押し出しつ、この内に壓力を調整した壓縮空氣を吹きこみ管を膨張させる。これを折たゞみ上部のロールで捲取り、この兩端の耳を切り取り半巾とし、片端の耳を切りとつて廣ろげ廣巾のシートを得る方法である。能力は2½ 吋押出機で0.05mm厚×1800mm巾或は0.5mm×600mmのもの80~90 lb/hr の能力がある、またこの方法によるときはカレンダーによる製品より丈夫であるといわれている。

文 献

- 1) Modern Plastics Oct. 1947.
- 2) M-derm Plastics May 1950.
- 3) プラスチック Vol. No. 1950.

× × × ×