

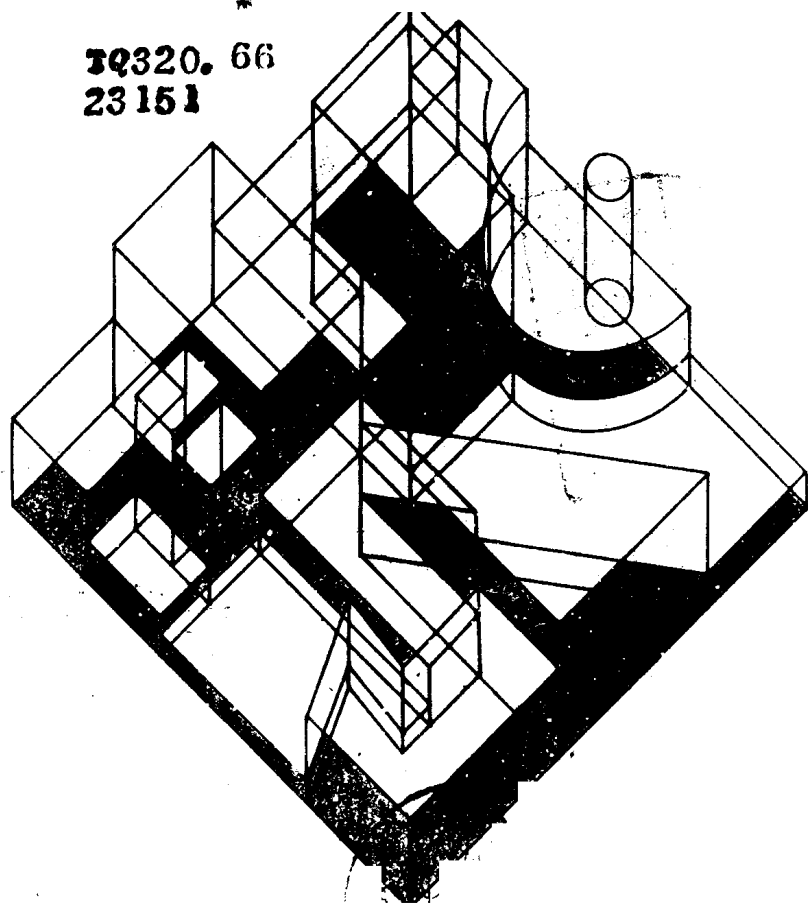
塑膠精密模具及成形

射出高級產品端賴精密模具
提升品質講求成形加工技術

日本合成樹脂技術協會——監修
福井雅彦
矢野 宏

陳 介 聰譯著

TQ320.66
23151



塑膠精密模具及成形

射出高級產品端賴精密模具
提升品質講求成形加工技術

讲

本

日本合成樹脂技術協會——監修
福井雅彦
矢野 宏

陳 介 聰譯著
復漢出版社印行

中華民國七十五年十月出版

塑膠精密模具及成形

原著者：日本合成樹脂技術協會——監修
權井雅彥——矢野宏

譯著者：陳介

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥〇〇三二五九一一三號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

版權所有
翻印必究

平裝二〇〇元
精裝二四〇元

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

序

三次元形狀的射出成形模具的關連問題點相當多，從前的模具只是機械要件中的一個零件，而現在則是汽車工業、電子關連工業、光纖通信工業的基本工具，各業界的技術對於經濟都有很顯著的影響，更可看出現在的模具傾向有相當大的變化。

模具使用的對象物的成形物材料，在從前幾乎是金屬材料，而最近成形物的小型輕量化、耐腐蝕性、量產的容易度等而採用樹脂原料，並由於高溫度的強度、耐熱性、耐磨耗性等等的要求，而有轉移至新陶瓷被加工材的傾向，這些的成形模具複雜因素較多，特別是塑膠成形模具的問題也很多。

由於樹脂原料的進步使用途多樣化，進而要求採用強化樹脂、難燃性樹脂製品等，而這些的成形模具大都有困難的因素存在，電子、光學等的模具要求超精密尺寸，從 μm 到 μ 以下的 $\text{\AA}$ 。有關陶瓷成形法，大都採射出成形法，成形條件與現用樹脂成形比較，並不會比較嚴格，但因為被加工物是減摩劑的性質，欲獲得 $2 / 100\text{mm}$ 左右的成形精度的話，必需考慮使用模材的摩耗現象。

對於各種用途的射出成形模具問題點的解決，依人而異，有不同的看法，而筆者認為對於模具的要求基本條件有模具的迅速加工法，各種用途的耐久性的提高，最困難的尺寸精度的確立，經濟性等四個項目。基於上述的各基本條件的實現，筆者特將日刊工業社出版的「精密塑膠模具與成形技術」翻譯成中文，供業者參考，本書對於全部生產工程有詳細的論述，可做為學生一般技術者的指導書籍。

1986年6月

陳介聰

EW-03/01

目 次

第 1 章 精密塑膠成形加工系統	1
1.1 成形加工的特徵	1
1.2 成形加工系統	2
1.3 系統的評價	4
1.4 off line 成形系統	5
1.5 on line 成形加工系統	7
1.6 成形品與模具的配合	9
1.7 最適當加工條件的選定	11
1.8 今後的課題	14
第 2 章 精密塑膠模具的設計	16
2.1 精密成形模具的條件與設計法	16
2.2 分割模具的設計	27
2.3 一體模具的設計	34
第 3 章 精密塑膠模具的製作	44
3.1 平面研磨加工	44
3.2 工模研磨加工	55
3.3 切削加工	60
3.4 放電加工	70
3.5 電鑄	80

第 4 章 精密模具用模材與熱處理	89
4.1 精密塑膠模具材料	89
4.2 精密模具的熱處理與表面處理	97
第 5 章 精密模具的測定	105
5.1 模具測定課題	105
5.2 尺寸測定要點	107
5.3 形狀測定要點	112
第 6 章 精密塑膠製品的成形技術	115
6.1 小型精密零件	115
6.2 多模穴精密製品	123
6.3 機構零件	128
6.4 塑膠光學透鏡	138
6.5 光纖接頭	146
第 7 章 精密成形中的材料與成形	156
7.1 精密成形的塑膠材料	156
7.2 材料的成形加工特性	157
7.3 精密成形中材料的問題	163
7.4 今後的展望	166
第 8 章 成形機與模具	167
8.1 成形機與模具的配合	167
8.2 線上自動計測成形	175
8.3 嵌入物的成形	184
第 9 章 成形品的測定	193
9.1 各種成形品的測定	193
9.2 三次元測定	205

第10章 精密成形中成形性的評價 211

10.1 何謂成形性 211

10.2 求出安定性的實驗計畫 212

10.3 各種目的特性的解析 219

10.4 成形機械的成形性評價事例 222

第11章 精密射出成形模具的C A D 224

11.1 射出成形模具製作與CAD/CAM 224

11.2 精密射出成形模具CAD系統 226

11.3 處理系統的適用例 235

第 1 章 精密塑膠成形加工系統

1-1 成形加工的特徵

高分子材料與金屬相比較，其歷史較淺。所謂的歷史淺意味著技術與知識的累積較少。在技術高度化的現代，雖然歷史的深淺並不是問題之所在，但是在公司全體的能力體制上，歷史累積的專技知識仍然是很重要的一項。

成形加工是大量生產、大量消費時代的潮流下，發展出來的金屬代替品。若在其延長線上考慮的話，說不定石油的震撼將是塑膠的終結。但是事實上如大多數的塑膠關係者所預想，將會往高品質、高附加價值化的質的轉換路線發展，而現狀中的塑膠材料與其加工正迎合其新時代的來到。

現在的成形加工的特徵是在有黑盒子（black box）之稱的模具中，實際地進行加工狀態。但是從輸出入的關係來考慮的話，不能說模具是絕對的障礙。如後所述，利用非線形理論的動的特性，可以解決成形的高精密化，這種考慮方法是在加工系統上所謂的成形品質工學。

高分子材料是從化學工業的範圍走出來的，因此可以說是化學技術專家活躍的一門科學。但是現在的成形加工，若沒有化學、機械、電氣、金屬等廣大工業範圍的協力，則無法成立。從這一點來考慮的話，可說全是在學術的領域內，但成形加工業的主體是中小企業，因此在技術者的協力體制上仍然不足，這或許是歷史淺的關係。

一般塑膠的強度性質比金屬差，但具有金屬所未有的新性質。這種材料的特點，在使成形品製品化時大都可以具有多項的機能，而這種綜合的認識，皆已存在大家的心目中。其結果對於新開發的高機能、高性

能製品，能被廣泛地應用，使成形品的需求更上一層。

1-2 成形加工系統

加工系統的設定中最重要的是將系統區分為 off line 與 on line。off line 系統是直接在此製品的製造中進行，從製品的企畫、開發開始，到生產準備階段為止一連串的過程。on line 系統是直接在此處理製品的過程中，從製品階段，出貨最後到製品被廢棄止的階段。為了進行最適當的加工，在 off line 系統中，必需在技術上、經濟上作出合理的狀態。而在 on line 系統中，若發生問題則儘可能以隨後的改善來避免問題再度發生。

在成形加工中，首先從成形品的開發、設計為起始，到加工、組立、使用的全部過程成為一個系統加以把握住。這是進行精密成形加工時的出發點，其內容依圖 1.1 所示的項目來進行設計。即 off line 系統是從製品的開發、設計開始到模具設計、工程測定設計。在模具設計中包含了模具加工與測定，若僅考慮模具有關事項，則屬模具的 on line 系統。

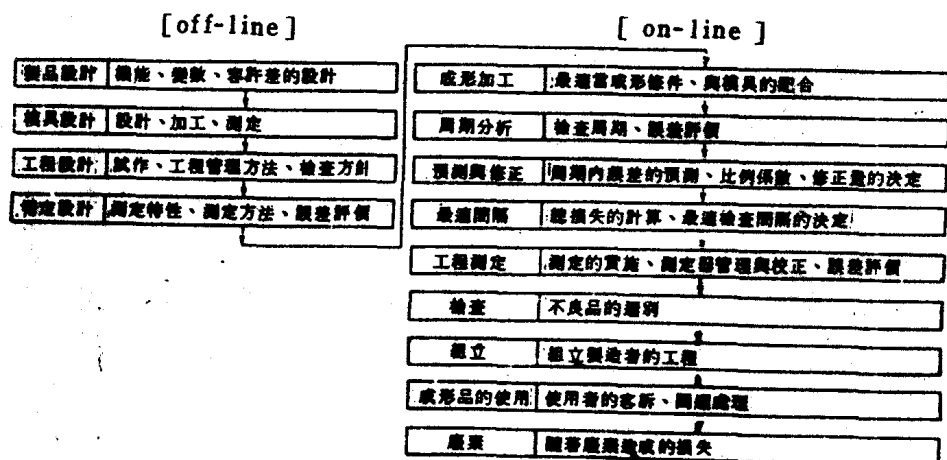


圖 1-1 塑膠成形加工系統

成形加工的 on line 系統是成形加工工程與成形品被組立的組立工程，另外有成形品經使用者手中後的客訴處理與問題處理，最後是由於廢棄所發生的損失也必需列入考慮。在組立工程中，由於最近的成形品漸漸地多機能化，成形品製造者不僅成形單一零件，也必需進行半製品的組立，因此零件組立的工程不是最終製品的組立製造者，最好當做成形品製造的工程來考慮。

在 off line 工程中基本上該考慮的是，在 on line 中該經什麼樣的考慮。即進入 on line 工程時，成形品必需能很順暢地製作，即指製品設計、模具、工程設計、測定設計的可行性考慮。此時，不該以在 on line 工程所進行的製品檢查為前提，來進行設計。當然，這與 on line 的工程能力有關，以檢查為前提的話，就無法考慮到工程能力，而在 off line 中，對於這個問題，該做那些考慮，必需能明確才行。

一般成形品製造者，大都與成形品的發包者建立了上下關係。因此，對於製品設計者而言，却無發言權，依情況而定，有時候雖然不合適，但也必需接下訂單。像這種問題，基本上雖然不好，但由於經濟條件的關係，僅以觀念來考慮是無法解決。

結果，在技術上發生相當不合理的問題，其解決之道除了依賴專技知識的資料累積之外，別無它法。一般的成形加工以這些困難度及依情況而定所產生的不安定條件等做為技術上的宣傳語。當然現在的成形加工也有進行像魔術般的高精度加工，但是在不增加成本的條件下，欲達到高精度加工所需的工程能力，除了進行合理的資料、經驗累積之外，無其他方法。

由於沒空、很忙等一些理由，結果無法努力達成資料的累積，換句話說，只測得多數不用的資料，不但對問題對策無益且浪費時間。若能確實地進行，雖是小的實驗多少的累積無法解決所有問題。但在 on line 工程中，外觀上成形品的誤差可以減小，而實際上太都有相當的誤差仍然存在。

無論如何，可以連接 on line 與 off line 的 理系統的設計，才是重要的課題。

1-3 系統的評價

現在的品質管理是以在工程中納入品質管理為宣傳標語。這是針對以檢查來保證品質，並利用工程的管理來確保品質的這種考慮方法。另外也採用了“源流管理”這個名詞，換句話來說，不僅在 on line，在 off line 中也能確保品質。在成形加工中加工技術與測定技術可說是相當困難，如果，採用檢查方式來保證品質的話，在規格界限中，由於測定誤差造成某些製品合格，某些製品不合格。在成形加工中經常發生這種問題時，則在工程中將品質納入管理，可以避免這種問題發生，並使工程的管理合理化。

進行工程管理時，測定誤差將會對於所有成形品的品質產生很大的影響。以成形品的特性值 y 的目標值為 m ，因加工所發生成形品特性的目標值的誤差為 $(y - m)$ ，在加工中的品質以 $(y - m)$ 的 2 次方的平均 $\sigma_{加}^2$ 來表示。另外加工中成形品的特性以測定方式進行工程管理時，測定的誤差以對於 y 的正確值 M 的差 $(y - M)$ 來表示，而測定誤差對於品質的影響以 $(y - M)$ 的 2 次方的平均 $\sigma_{計}^2$ 來表示，而全體與製品的目標值的誤差，以誤差的 2 次方平均 $\sigma_{製}^2$ 來表示。

$$\sigma_{製}^2 = \sigma_{加}^2 + \sigma_{計}^2 \quad (1.1)$$

但是， $\sigma_{加}^2$ 是受測定管理方法的影響而變化，因此實際上是 $\sigma_{計}^2$ 的變數。在此以較易了解的寫法來表示。 $\sigma_{製}^2$ 是系統評價上的基準。

若以成形品的特性值當做目標值的話，不知在成形品的使用者（組立製造者或使用者）身上會發生什麼樣的問題。對於特性值的目標值的誤差 $(y - m)$ 的 2 次方，可說與使用者的損失 L 成比例。

$$L = k(y - m)^2 \quad (1.2)$$

其中，使用者的成形品特性值的容許界限為 Δ_0 ，超出 Δ_0 所造成的損失是 A_0 ，則 $k = A_0 / \Delta_0^2$ ，成形品的出貨價格 A ，成形品的圖面所給予的容許公差 Δ 的話，在式 (1.2) 中，以 $L = A$ 來解，則

$$y = m \pm \sqrt{\frac{A}{A_0}} \Delta_0 \quad (1.3)$$

所以 $\Delta = \sqrt{A/A_0} \Delta_0$ 。

在成形加工系統中，加工的成本是 A' 的話，則對於成本而言，該如何給與相對的容許差 Δ' 是管理上的一個問題， A' 與 Δ' 的大小及其平衡所造成系統的良好否，是一般評價的重點。以這樣的考慮方法為基準來求容許差 Δ' 的話，大部份都要求在 $\pm 10 \mu\text{m}$ 。

現在進行 $\pm 10 \mu\text{m}$ 以內的成形，成為成形加工製造業者真正的精密成形的目標，而這是很不容易的一件事。如果沒有工程能力的話，不但要進行全數選別，且必需納入規格內才行。但是，尺寸測定誤差界限相同，通常在 $\pm 20 \mu\text{m}$ 左右，因此，測定上必需在 $\pm 10 \mu\text{m}$ 左右。

進而必需考慮下列的問題，起初在消費者階段的容許界限以尺寸來規定是否正確呢？例如音響製品的話，若未研究音的不正與尺寸之間有何種關係，僅由幾何學的形狀給予圖面規格，其中必會發生問題。此時必需導入機能尺寸的概念。

即，在實際的工程中，必需以類似尺寸這種比較容易測定的代用特性來進行管理，在製品中基本上所給與的特性是依製品的使用目的而造成的目的特性。

在目的特性中給與正確規格界限，若以此換算成代用特性的話，將可以解決上述問題。但是實際上這項關係真正了解的話，必需考慮到 $\pm 10 \mu\text{m}$ 的工程設計。

1-4 Off Line 成形系統

1.4.1 製品設計

若以塑膠是金屬的代替品來考慮，則仍然持有以金屬為素材的製品設計思想。此時，無法做好成形品的加工，且使用時易引起問題，因此成形加工與成形品特質的知識對製品設計而言，是很重要。但是，以該了解的特質來考慮，則相反地情形，由於是塑膠製品，所以有加大測定誤差是不得已的這句話產生。

在金屬中，精度不高不能做為機能品，而塑膠可以是機能品。在此之所以會發生混亂，是由於對於組立品的機能性，與塑膠零件的代用特性未能有正確了解之故。

然而在塑膠製品的情況，大都認為易受溫度的影響，而對於影響量的抑制，及如何提高其機能特性等這些製品設計的考慮，是今後必要的發展。我國在製品的標準上大都仰賴外國，因此對於這種開發方面的考慮較欠缺。

1.4.2 模具設計

完成製品設計後，模具的形狀幾乎全由製品形狀來決定，設計上的修正餘地較少。以理想情況來說，製品的設計最好不受模具的良否而影響，而在現狀中，不完整的製品設計將對模具有不良的影響。

而模具不進行試作將無法判定其良否，橫澆道、進澆口的置配，形狀，模具構造等，對於結果都有很大的變化，由於收縮率不可超越材料製造商資料的參考值，因此必需依據成形品製造者的理解力來決定。

1.4.3 工程設計

事先檢討在 on line 工程中該進行的內容，建立各項計劃時，必需有工程設計。而成形加工的場合，至量產試作為止最好也把工程設計列入考慮，在基本上最重要的是最適當成形條件的設定，與檢查的處理方法，如前述成形條件的設定大都依賴經驗，而大部份都無法以最適當的條件進行成形作業。

若能選出最適當成形條件的話，在 on line 工程中，必需決定以什麼樣的條件來控制工程，雖然選出最適當條件，但在實際的工程中多少會有成形品的變動產生，因此必需決定出用於調整成形品變動的成形條件（此謂之動的特性的信號因素）。作業者變更的話，成形品的特性也會變動，因而成形機的調整方法也要變更，所以無法進行安定的成形。

成形品是在成形後經過 24 小時，才測定成形品的特性，因此對於工程的調整並無意義，雖於這種階段測定，但無法提升成形品品質。檢查工作只是使不合格品，不流通於市場的對策，若能使工程安定，雖不進行檢查，也能製作出良品。到底，檢查只在工程能力不足時才進行，因此進行工程設計時，事先要擬定方針，確定檢查位置的設置非常重要。

1.4.4 測定設計

在成形品的設計、加工上，都能了解測定的問題是無法避免，大部份的場合，都是含糊地處理，已經在製品設計的地方討論過，該測定什麼特性是很重要的，由於目的特性大部分很難測定，因此必需找出比較容易而且短時間可以測出的代用特性。

因為不能從最初的概念來考慮，因而必需有適合於目的特性的代用特性，另外在工程中進行測定時，成形品在高溫中會軟化，無法做好測定作業，因而工程要儘快調整。

測定誤差的大小，直接影響成形品的品質。而從前的測定方法大都以金屬為考慮對象。因此以塑膠為對象時測定誤差加大的可能性會提高。其對策是求出此時的正確測定誤差，有關這一點尚需更進一步的研究。

1-5 On Line 成形加工系統

on line 工程通常是以工程管理為對象，工程管理是每2小時進行1次工程檢查，若有問題發生時，採取適當對策，因此並不是處於被動狀態，何況以檢查作業來防止不良的發生，必先使工程安定的這種考慮，並不需建立 on line 工程管理的對策。

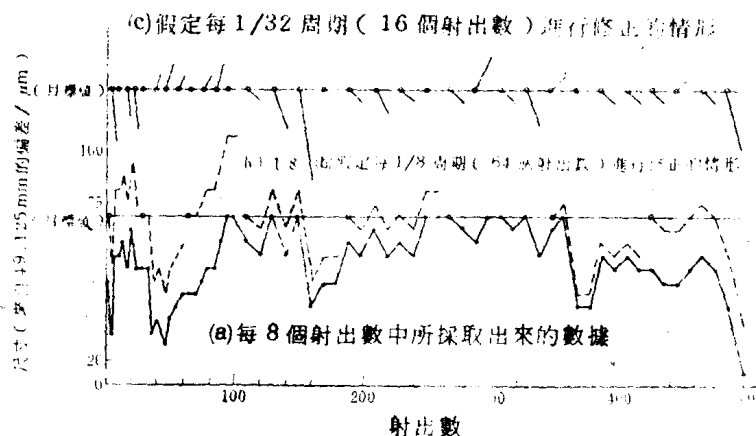


圖 1-2 因尺寸數據的射出數而變化的情形 (於印刷處進行工程修正)

可以採用已討論過的 off line 來進行工程設計，則必需建立基本對策，但是工程有什麼樣的變動，未經運轉無法了解，因此要先調查工程變動，而後決定工程的校正間隔。圖 1.2 (a) 是在射出成形工程的 8 個射出數中成形品的尺寸變化情形，而調查 64 個射出數 (b) 16 個射出數 (c) 的變化情形，工程變動該會依次減小，以這種方式來調查變動的變化情形即是周期分析。

但是在實際的工程中，在圖 1.2 (b)(c) 印有○的位置進行調整時，至下一個○印之間，工程會產生變動，因此，最初的○印的值為 x 的話，至下一個○印止的尺寸變化是 y ，則預測 x 與 y 的關係，來調整工程的話較佳，這就是所謂利用預測的調整。

工程變動的誤差，以圖式的方式來書寫的話，則

工程變動誤差 = 「工程檢查時的誤差 + 預測誤差」

縮短檢查間隔，將可減小誤差，檢查次數增加將提高製品的成本。因此，最後依據

「工程變動所造成的製品誤差的損失 + 測定成本」

的最小限來決定檢查間隔，這就是最適當校正間隔的決定。表 1.1 中是檢查間隔與損失的例子。

表 1-1 由於工程變動的檢查間隔所發生的損失
(容許差以 $\pm 50 \mu\text{m}$ 為基準，超越此基準時的損失為 20 日圓)

工程的檢查間隔， (射出數：個)	尺寸的誤差 σ	由於尺寸變動而發 生的損失(日圓)	由於測定成本所造成 的損失(日圓)	總損失 (日圓)
8	7.8	4.6	62.5	67.1
16	10.6	8.4	16.7	25.1
32	11.0	9.1	8.3	17.4
64	11.7	10.3	4.2	14.5
128	13.7	14.1	2.1	16.2
256	14.0	14.7	1.0	15.7

爲了求出這種工程變動，在工程中的測定是不可欠缺的，大多數的射出成形機是採用條件特性的控制方式，而非直接控制成形品特性的全自動機構。成形品的測定必需迅速、容易、正確，這些都是在 off line 中該解決的事。從前，檢查室的測定器皆採用最佳儀器，而在工程中却使用較差的儀器，與實際相反，因此在工程中必需採用正確的測定器。

1-6 成形品與模具的配合

1.6.1 成形收縮率與模具的關係

在考慮上述的成形加工系統後，進一步來討論一下有關成形品與模具的配合。

模具設計時，必需先預測材料的收縮率、材料製造商所發表的資料大部份是有關平板的線間距離，由於成形品中有所謂由模具決定的尺

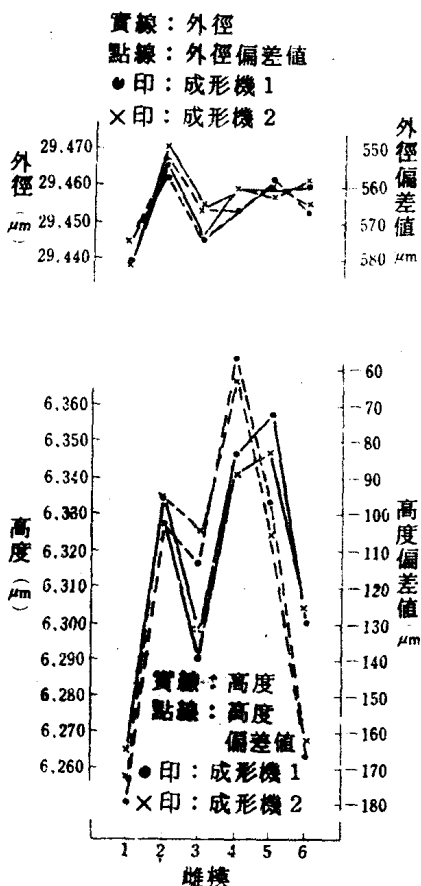


圖 1-3 雌模與成形機所造成的尺寸變化

寸，因此材料廠商並沒有立體形狀的資料，而且對於成形條件變化時，的收縮率的變化，沒有充分的加以考慮。

在求出適當的收縮率時，基本上要測定出模具形狀，但關於雄模與雌模的形狀測定相當麻煩，且實際的成形中的形狀有無法測定的問題。其最方便的方法是假定分模面密着時，推定回歸平面，進行形狀的測定。圖 1.3 是外徑 30mm，高度 6.5mm 的鐘錶用的文字輪的成形品尺寸，與對於模具形狀尺寸的偏差值。使成形條件產生相當的變化，以 6 個模穴的雌模與 2 台成形機的組合，來觀察特性值的變化。

偏差值的情況，可消除模具的形狀誤差影響來考慮，依據模具構造與成形機的不同，雌模間的收縮率也不一樣。若以精密成形的立場來說，依成形機而定，其收縮量約有 $10\mu\text{m}$ 左右的變化時，即成為問題，以更微小的單位來看，則模穴間的收縮率的變化加大，而且以模具來決定的方向與鎖模方向間的收縮率變化有顯著的不同的問題發生。

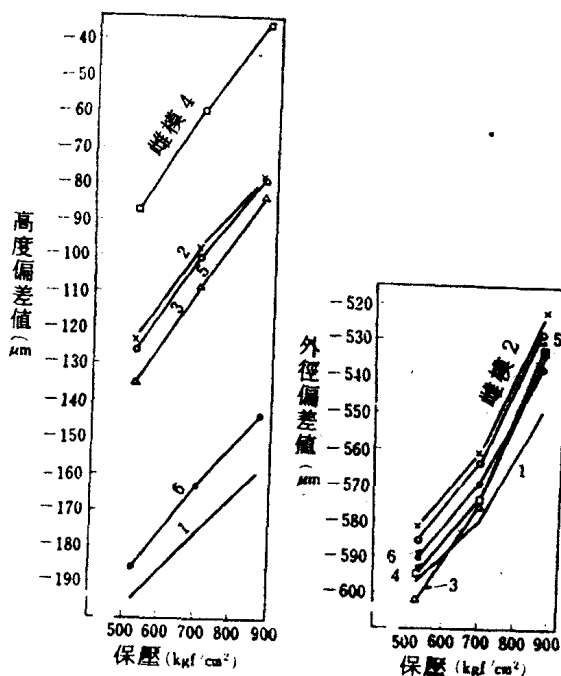


圖 1-4 利用保壓造成尺寸偏差值的變化

以上事項，如圖 1.4 所示，使保壓變化時的偏差值的變化，可說完