

蝕刻技術成形用模具的應用

1. 前言

塑膠產業起於 1800 年代中期的蟲膠等天然高分子之機械成形加工，隨從賽璐珞 (Celluloid , 纖維業誘導體, 1875 年), 酚樹脂 (1909 年), 尿素樹脂, 聚氯乙烯樹脂, 聚苯乙烯樹脂 (1920 年代), 醋酸乙烯樹脂, 偏二氯乙烯樹脂 (1930 年代), 三聚氰胺樹脂, 聚脂樹脂 (1940 年代) 等新素材以急速步伐被開發, 而在第二次世界大戰以後, 特別在品種、機能、量方面演出了素材革命。亦聚氯乙烯、聚烯烴、聚乙烯的量產型三大樹脂相繼開拓了汽車、電氣、電子、建材、生活用品的巨大市場。尤其家庭、電氣市場成為塑膠產業的最大牽引力, 亦有關汽車方面, 由於其優越特性, 取代金屬材料利用於內外裝關係零件。其他建材, 日用品等也被大量使用。

然而製品的形態加工 (賦形) 之生產手段, 原來是採用機械或物理的手工具、車床等把每一製品分別實施加工, 因而對生產性、成本、資源節約、經濟性方面蘊藏各種問題。

此等塑膠素材以其大量生產性、低價格性、高效率供給性、設計的自由度性等利點作為最大的武器, 利用於所有領域而擴展其市場。然而隨著市場上的普及和供給之充足, 消費者的意識也提高, 市場的要求也從量的需求變遷為質的需求, 亦因應此情勢, 支撐塑膠產業的生產手段一形成技術、模具製作技術、表面處理技術等 — 也有了高度的進步, 且發展到能創出新的市場之地步。由於塑膠素材的主要利用對象為容器、外殼、箱櫃、筐體等外觀製品, 因此如何滿足意匠要求, 就成為其重要課題之一。

意匠性的重要因素為形、色、質感, 而大部分的塑製品是用模具來成形生產, 因此模具的製作技術就被認為可決定塑性商品的意匠價值。

模具製作技術, 尤其模具表面的質感賦予技術, 有多種工法被研究發展出來, 而供於實用到現在。機械彫法 (profile milling), 手彫法 (engraving), 模壓法 (hobbing), 放電加工法 (electro-discharge machining), 電解加工法 (electro-chemical machining), 精密鑄造法 (precision casting), 電氣鑄造法 (electro-forming), 熔射法 (flame spraying), 樹脂模法 (resin casting), 蝕刻法 (etching), 噴砂法 (sand blasting) 等加工法隨用途不同被適當選用, 而用來製作付加具有質感的凹凸花紋之模具。此等技術大別之可分類為去除法 (subtract process) 和複印法 (replica process)。前者有彫刻法、蝕刻法、噴砂法, 其他加工法則屬於後者。

複印法, 就質感的再現性方面而言是最佳的方法。但此法通常需要母模或須同時裝作模具本體, 因此在成本、工期、耐久性、模具構造、大小、形狀及精度等方面限制過多, 致使用途自然受了限制。

以蝕刻法所代表的去除法，在表面設計上無法脫離模倣的層次，而再現性或真實感比複印法差許多，但因為模具完成後尚可實施加工再加工、修正加工，以及有成本低、工期短、模具形狀及大小不受限制等特色，亦完全不受模具製作過程之影響能引進此技術等優點，目前大部分的模具便採用去除法，尤其用蝕刻法實施質感付予。

蝕刻法在工期、成本、品質、信賴性、適應佳方面最具平衡的加工法，而很早就應用於模具表面之加工。1920 年左右最先應用橡膠手套模具的防滑用粒狀花紋及水枕用模具的箭狀花紋。1950 年代後半。此法才正式應用於模具表面的質感處理。塑膠製品，在初期由於自由形狀或色彩所帶的清潔感及美感被認為具有意匠上的優點，因此對其表面的凹凸花紋加工則被用來補救成形品表面熔合線、縮痕、傷痕等在技術上的缺點或減輕二次加工等。

然而如前述隨著塑膠產業的發展，對表面處理的需求也從補助性質轉變存意匠性質。電視、收音機、錄音機等弱電及汽車內裝部品等製品，大部分除了平面的印刷、燙印、電鍍塗佈等之二次加工以外，也希望付予立體的質感。消光梨皮花紋、皮革花紋、織布花紋、木理花紋、圖樣花紋等成為不可缺的加工。而此等表面設計由單純的花樣轉變為具有真實感的皮革、木理、布本身的花樣。此等蝕刻加工，一般叫做「蝕花加工」（咬花），而所得花紋叫做「蝕花花紋」（texture, grain, embossment pattern, etching pattern）

以下說明蝕刻和蝕花加工。

2. 蝕刻

2 - 1 蝕刻技術的概略

利用對金屬表面的侵蝕作用，從金屬表面去除金屬的處理技術叫做蝕刻。蝕刻時則利用電化學的或化學的溶解的作用侵蝕金屬，而從金屬材料的表面去除金屬。一般，將蝕刻方法大別為利用電化學溶解作用的電解蝕刻（electrolytic etching）和利用化學溶解作用的化學蝕刻（chemical etching）。前者是從外部供給電能施以溶解的電解法，而後者是對加工者本身付予溶解能來得到溶解作用的方法。

電解蝕刻，即電化學蝕刻（electrochemical etching）中較被熟悉的有電解加工（electrolytic machining）和電解研削（electrolytic grinding）。此法是用母模的導電性陰極，以電解液作媒介對加工部分集中實施蝕刻的侵蝕去除法。另一方面，化學蝕刻有化學打坯（chemical blanking）和化學切削（chemical milling）。此法是利用耐藥品被膜，把蝕刻侵蝕去除作用集中於所要部位的方法，此法就不需要電極工具。

原來蝕刻技術是在 17 世紀取代手雕法被研究出來的銅版畫技術。此為應用化學溶解去除作用的化學切削技術，而如第 2-1 圖所示，把耐酸性物質塗佈在銅板面上，然後用針的尖端描畫

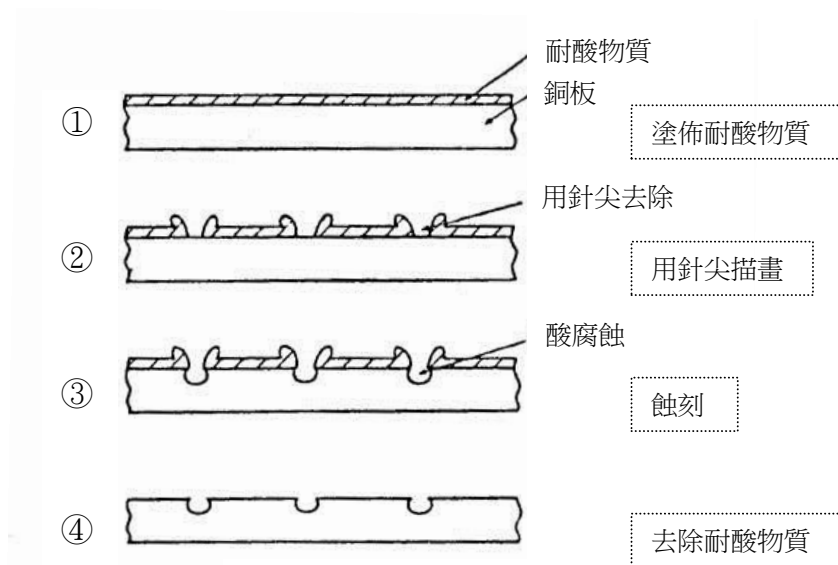


圖 2-1 銅凹版製作法

所希望的花樣，而將露出部用酸施以蝕刻的方法。此等蝕刻技術，到了 19 世紀隨著照相技術的出現，對凹版、凸版及其他印刷領域有廣泛貢獻。此後遮蔽技術 (masking technique) 之感光性耐藥品被膜 (photo resist) 及照相技術的高度進步，愈使化學蝕刻的應用領域擴展，而發展到精密機器、電子關連的領域其使用例有印刷電路板、積體電路、蔭蔽板 (shadow mask)、流體元件、導線構架、金屬過濾器、精密彈簧、照相機零件、醫療機器零件等。亦化學切削取代從來的物理切削用於航空機零件或機械零件的製作。

第 2-2 圖表示把蝕刻技術和照技術相組合的一般之照相蝕刻技術 (photo-etching process)。此技術是在金屬表面全面均勻形成層狀的感光性耐藥品被膜 (photo resist)，而透過原圖底片用紫外線等曝光，然後施以顯像處理來形成所要形狀的耐藥品被膜之被覆層，再以蝕刻浴的酸液或鹼液對露出部產生化學或電化學侵蝕作用來溶解金屬的加工技術。

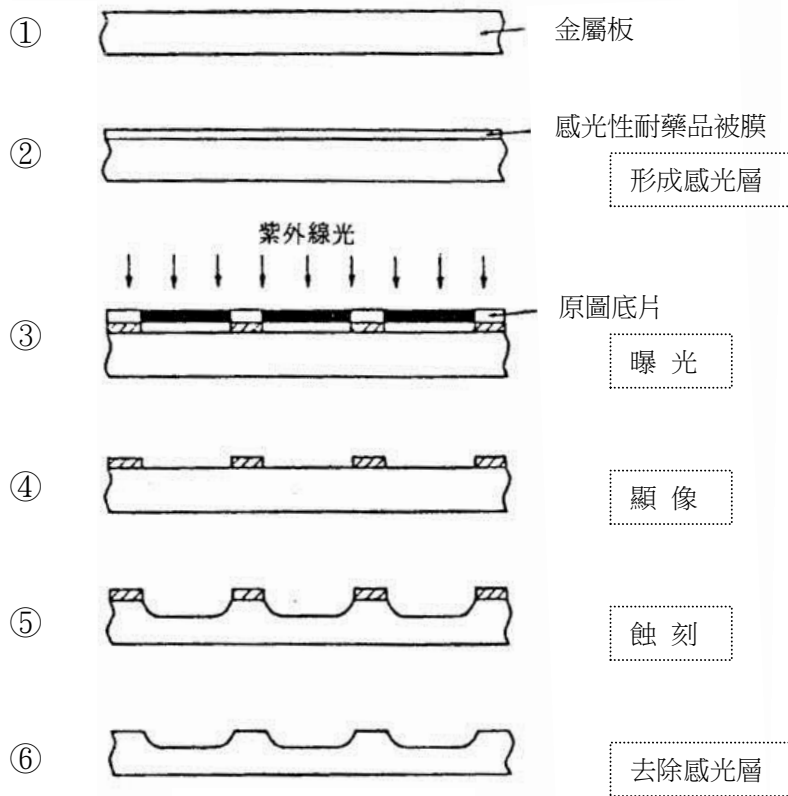


圖 2-22 照相蝕刻

2-2 蝕刻的特性

蝕刻狀態因耐藥品被膜的抵抗性與蝕刻液的性質而不同。耐藥品被膜，即遮蔽 (masking) 材的耐藥品性、密著性、膜厚、耐熱性、脆性、柔軟性等性質，如第 2-3 圖所示，

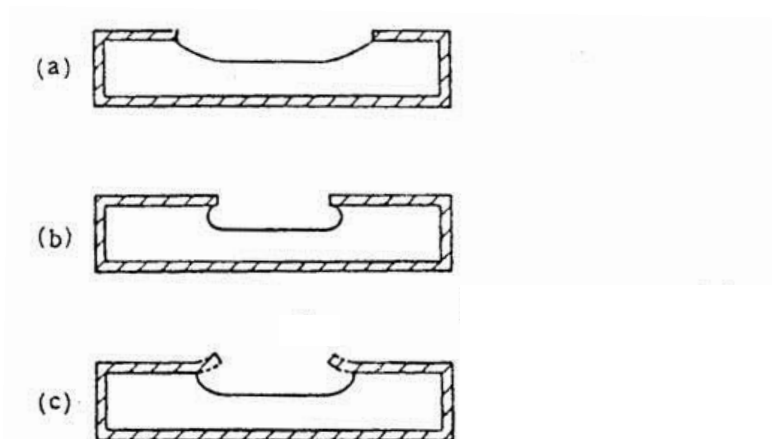


圖 2-3 因耐藥品被膜的性質不同所引起的蝕刻形狀之變化

能把斷面形狀改變，被膜的密著力低，膜厚薄時，在蝕刻中遮蔽材會從金屬表面剝離、剝落，而呈為 (a) 所示的蝕刻狀態。反之密著力強或膜厚過厚時，會引起側壁蝕刻而呈為 (b) 所示的外伸型 (over hang) 的形狀。若被膜的物性等適切時可得 (c) 的形狀。

如圖所示，蝕刻是不只對垂直方向（深度方向），對水平方向（側壁方向）的露出面也進行侵蝕，此點即機械加工等未具有的很大特徵。技術上的另一特徵是對平面形狀的控制比較容易，但對斷面形狀的控制較困難。此種現象叫做側向侵蝕（side etching）或底挖（under-cut），而一般為了表示斷面的蝕刻狀態，使採用腐蝕係數（etching factor）當做指標。第 2-4 圖中，垂直方向蝕

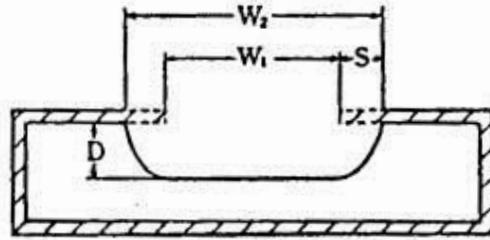


圖2-4 蝕刻的斷面

刻為 D，蝕刻部的寬度為 W_1 ，蝕刻後的開口寬度為 W_2 ，側向侵蝕寬度為 S 時，腐蝕係數 E.F 便如下所示。

$$S = \frac{W_2 - W_1}{2} \quad E.F. = \frac{D}{S} = \frac{2D}{W_2 - W_1}$$

蝕刻會受液的條件，尤其組成、濃度、溫度、表面活化劑等的顯著影響。管理蝕刻液的條件，而把溫度分佈、氣體的滯留、反應生成物的去除性等以化學的或物理的手段加以充分控制時，就可得正常的蝕刻狀態。但此等的技術條件之差異或被加工材質的特性不同時，有時可得如第 2-5 圖所示的不均勻蝕刻現象。

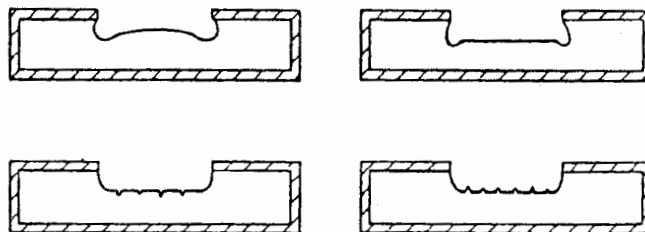


圖 2-5 不均勻蝕刻的斷面形狀

因此，要如何把被覆材、蝕刻液、金屬材料等有關蝕刻的各種條件加以綜合管理，就是蝕刻技術的重點，而為了要得到適切的結果，就需要安定的控制技術。

2-3 加工條件與蝕刻性

化學蝕刻的反應機構，在蝕刻初期會正常進行，而短暫時間反應後，液的活化狀態會到達高峰。但此後隨時間增長，液組成反應劑會成比例的發生消耗，而在初期的金屬與液的化學能位之大小，隨著蝕刻進行會降低，反應劑也會劣化。此就會導致反應劑對金屬界面的循環速度的低下，而蝕刻就隨著循環擴散速度的低下成比例的越發慢下來。另一方面蝕刻液中的反應及生成物之積蓄會妨礙液的循環及生物自表面的擴散，而使蝕刻條件逐漸惡化，然後達到反應生成物澱積於金屬表面的最後過程。

蝕刻的問題，就在於如何控制液溫度、組成、濃度等，使其能保持一定化學能位值的活化狀態。

加工條件對蝕刻性的影響，以最具代表性的蝕刻液氯化二鐵（ FeCl_2 ）實施蝕刻試驗，為例加以說明。

試驗：氯化二鐵液的濃度及溫度對蝕刻性的影響

A 試驗條件

- 試料：鉻鉬鋼 4 種 SCM-4
- 機械構造用碳鋼 S55C
- 50mm x 50mm x 20mm 的試片

蝕刻液

- 氯化二鐵液
- 濃度 10%、20%、30%、40%
- 液溫 30 ° C 45 ° C

蝕刻方法

在試料表面以感光性耐藥品被膜法形成格子狀圖形，而用第 2-6 圖所示的低壓噴霧蝕裝置實施蝕刻。

B 試驗結果的檢查

計測觀察蝕刻速度、側向侵蝕、表面狀態。亦對液流量少時的結果也作比較。

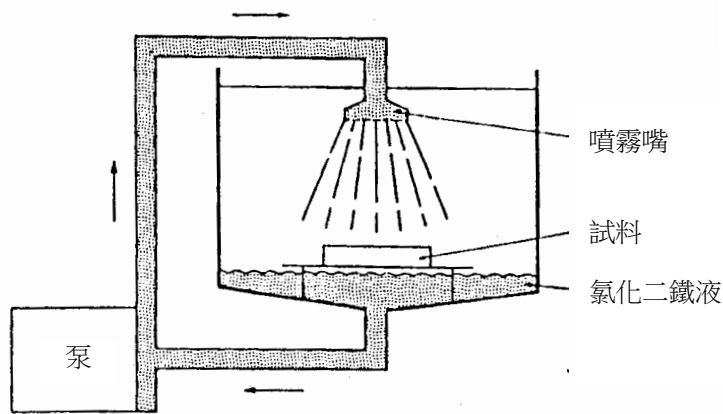


圖 2-6 低壓噴霧蝕刻裝置

a. SCM - 4 試料蝕刻速度，如第 2 - 7 圖示，隨濃度增加而增大。S55C 試料如第 2 - 8 圖所示，在濃度 20%、30% 時蝕刻速度呈示高峰，而到了濃度的 40 % 時其速度降低。這是因存反應、生成物比 SCM - 4 試料的場合多，且金屬的晶粒度也大，使反應生成物容易殘留，致生成物的去除性降低之緣故。一方面，液流量少時，液濃度的增加，尤其是在 40 % 會導致流動性的加速下降，因此反應生成物的去除性顯若受到影響，而顯示蝕刻速度的降低。

第 2 - 9 圖表示，SCM 試料在濃度 10%、20%、30% 時，腐蝕係數呈示上昇傾向，但在 40 % 時出現下降現象。此種結果，也可以從蝕刻速度的相關關係推測出來。在第 2 - 10 圖，S55C 試料在液溫 45 °C，濃度 20% 時腐蝕係數值最高。然而對表面狀態而言，如第 2 - 1 表所示，40%、30°C 的條件可得最佳狀態。

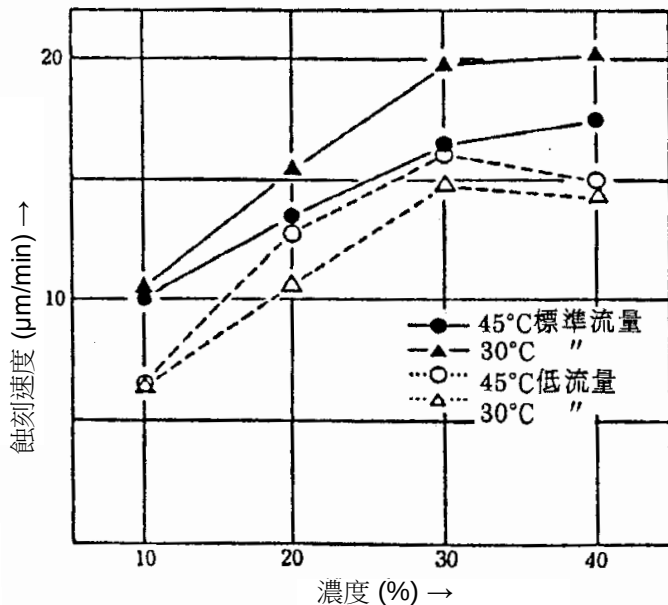


圖 2-7 液濃度與SCM-4蝕刻速度之關係

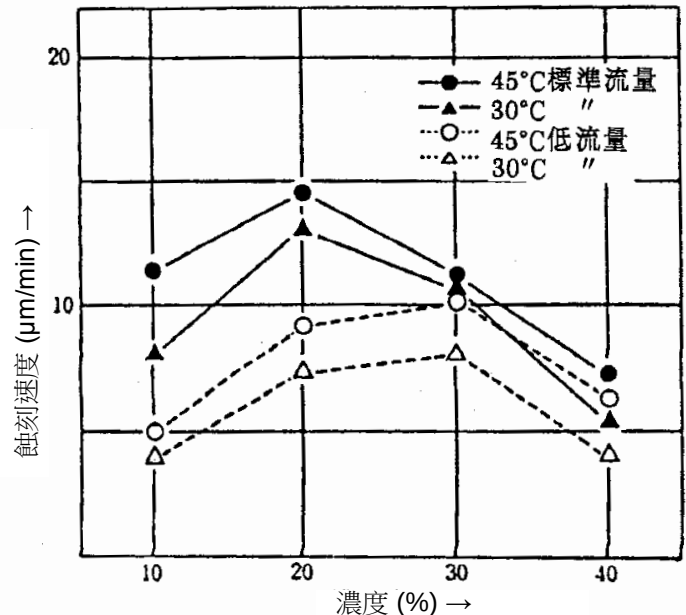


圖 2-8 液濃度與S55C蝕刻速度之關係

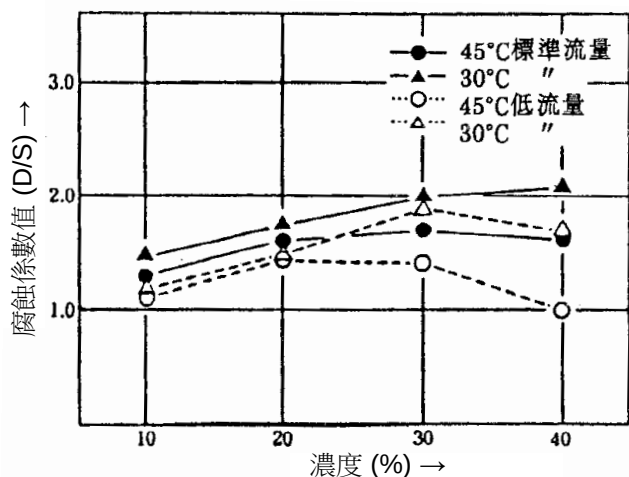


圖 2-9 液濃度與SCM-4腐蝕係數之關係

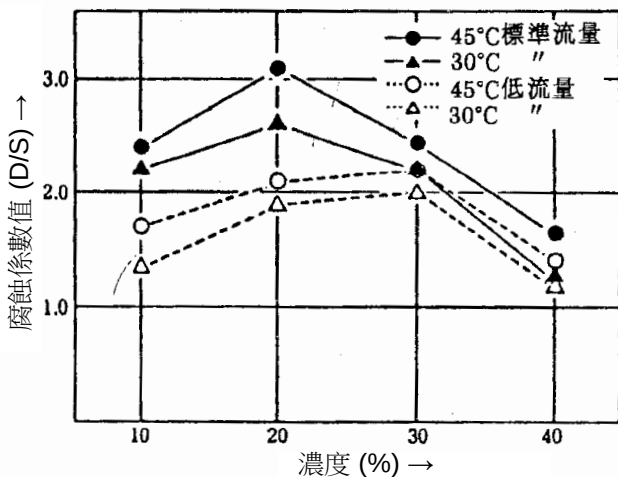


圖 2-10 液濃度與S55C腐蝕係數之關係

表 2 - 1 液條件與表面狀態之關係

試料	濃度% 溫度(°C)	10	20	30	40
S55C	30	△	△	⊙	⊙
	45	△	△	○	○
SCM-4	30	△	△	○	⊙
	45	○	○	○	△

優 ⊙ 良 ○ 可 △

b. 蝕刻液中的氯化二鐵被還原成為氯化一鐵，亦金屬材料的被氧化成為氯化一鐵而會在液中擴散。鐵以外的碳、錳、矽、磷、硫、鋁、鉻及其他的不純物也成為各別的反應生成物排出到液中，而想要沈積在金屬表面。因此為了防止生成物附著於表面，把溫度提高使液活性化，或用泵攪拌，或使用流動性好的蝕刻液。生成物附著金屬表面時會增加粗度，也容易促進側向侵蝕。反應生成物的去除率的良否，就反映在第 2 - 1 表所示的表面狀態。

總體而言，實驗上的最佳條件為液 30°C，濃度 30%。雖然此實驗結果可能未必顯示全部的蝕刻現象，但尚能呈示其傾向。如上所述，蝕刻的主要因素 — 濃度、溫度、流量、流壓、液組成、金屬材料等 — 的條件設定不同時，可得各種結果。由此也可以推測，若條件的配合不當，可能會得到相反的結果。

2 - 4 化學蝕刻技術的特徵

化學蝕刻與其他加工法，尤其與機械加工相比較有下面的特徵。

- 不需要電極工具、母型 (**master**) 等的補助工具，亦無需此等工具的維護費。
- 由規劃到生產之間的所需時間短，可作短工期的加工。
- 材料的物理、機械性質不會受加工的影響。
- 加工不受加工形狀、面積、重量的限制。
- 加工不受材質上的硬度、脆性之限制。
- 能對所有金屬 (鐵、不銹鋼、鋁合金、銅合金、鎳合金、鈦、史泰勒合金 (**stellite**) 等) 實施加工。
- 可實施高精度的加工。
- 可實施複雜、不規則、不連續的設計之加工。
- 面積大時，其加工效率良好，但小面積時其加效率比機械加工差。
- 水平向的切削作用容易得高精度，但對深度、垂直方向不容易得到與機械加工同等的精度。
- 被加工物的組成組織宜為均勻，對不均質材不容易實施順利的加工。

3. 蝕花加工

3 - 1 蝕花加工技術的概略

本公司在 1877 年就印刷製版技術接受義大利人的技術指導，從此以來盡全力開發蝕刻技術及擴展其應用。然而此等基本技術，在印刷電路板製造法的開發，蝕花加工法及其他技術開發方面結了果，並且由於長年的技術之研鑽，終於在蝕刻技術方面確立了先驅者的不動地位。

蝕花加工技術，基本上由耐藥品被膜圖案 (**resist pattern**) 形成技術和蝕刻技術的組合所構成。耐藥性被膜圖案形成技術，在開發當初作了各種嘗試，但到 1965 年左右為止，便採用特殊的印刷方法。其後雖然印刷方法的技術也有了進步，但自 1970 年左右開始，感光性耐藥品被膜法成為主流，而採用透過原底片照射紫外線加以顯像的方法。對此種技術有了各種研究開發，有者也取得專利，但對近來的市場要求來講，雖然在精度面可達要求，但對短工期、高品質、大量生產、安定性方面，在技術上尚未達到能完全滿足要求的水準。另一方面，除了上面所述的研究開發部以外，同時也進行以新方式構成紫外線感應型耐酸被膜的圖案形成法。由於此法之獲得成功，目前被用來得到最具穩定性，且符合高品質、短工期要求的加之唯一方法。

對蝕刻技術，即藥品處理技術而言，尚有採用舊有的單純蝕刻法或不依賴機器設備的加工方法。但此等方法在技術上由於無法對多數模具實施穩定的加工，致使產生不均勻現象，而成為大問題。對目前的工數、點數較多的蝕花加工而言，此種不均勻的危險性更大，可說以舊有的蝕刻技術無法克服它，亦對微妙的蝕花設計，無法完全顯現其特色，且再現性也有問題。意匠性、多量零件整合性等，對品質水準的要求很嚴的今天，蝕刻控制技術成為不可或缺的要件。現時，實施蝕刻時便採用機械來進行，而經由機械管理來控制蝕刻。蝕刻時適切選擇溫度、壓力、濃度等蝕刻條件而得到比後來的更穩定的蝕刻加工。

然而，只算蝕刻處理技術也無法得到所希望的所有蝕花。對各種的特異形狀模具而言，為了能得到均一的蝕花，便須要設定適合於各個模具的加工條件，才能發揮蝕刻技術。因此須具有對多種、多量、異形模具的長年的經驗和技術資料才能達成要求。尤其汽車、電信、電子關係的模具形狀，可說大部分是後來的形狀之同一類型，因此可以根據過去長期的資料及經驗來設定加工條件，而其技術信賴性，可說與其處理的模具數和經驗成正比。

近幾年，重新規劃蝕花設計的情形不少，尤其對汽車而言，可說全部是指定設計。對此等規劃設計，必須充分了解過去到現在的設計之動向，並認識意匠性要求，而就意匠性、整合性加以考慮後再來決定加工方法。然後考慮現實的生產，反覆經過實驗來檢討加工方法的合理性。此階段的綜合判斷，就可以決定以後的蝕花品質的最大要素。

如上所述，目前的蝕花是經由各種技術上的考慮施以加工的。

以下根據第 3 - 1 圖 ~ 第 3 - 3 圖說明蝕花加法。

3-2 蝕花加法

3-2-1 原版底片的製作

所需圖案為圖形時，對設計尺寸須考慮以後的攝影時之光線繞射或縮小誤差、顯像的不均勻和側向侵蝕所引起的尺寸變化，而預估尺寸裕度來設定所需數值。然後在 10 倍尺寸以內，用微繪圖機 (microplotter) 等製圖機製作經過補正的蝕刻用原圖。亦對文字或手繪圖形也同樣，預估「側向侵蝕裕度」來製作經補正的原圖。製作木理、石紋、皮紋等自然物的原稿時，先設定適合其意匠性的蝕刻加工法後，再來製作配合其工數的母底片 (master film)。此等母底片是按照其組合加工法，對自然物表面施以感應處理而來製作。用照相機放大拍攝所得的底片，經熟練技術人員修補後，再用製版照相機縮小推攝而得到母底片。最後從母底片反轉製作數張複製底片而得工作底片 (work film)。

3-2-2 原版製作

在耐藥品被膜圖案形成項內說明。

3-2-3 表面處理及第一次遮蔽（護罩）

模具表面有附著切削油、防鏽油、塵埃或生成氧化物等。為了確保後續作業的耐酸被膜之密著或均勻的蝕刻性，必須作完善的清淨化處理。脫脂、脫銹、表面的活性化，

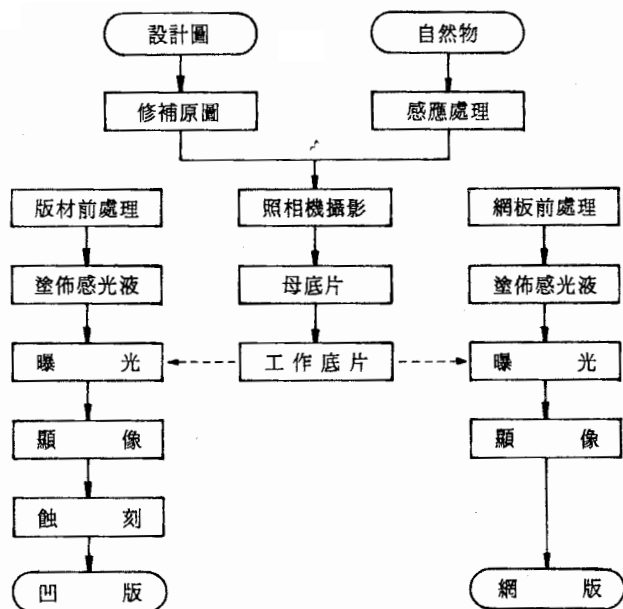


圖 3-1 原版作成程序

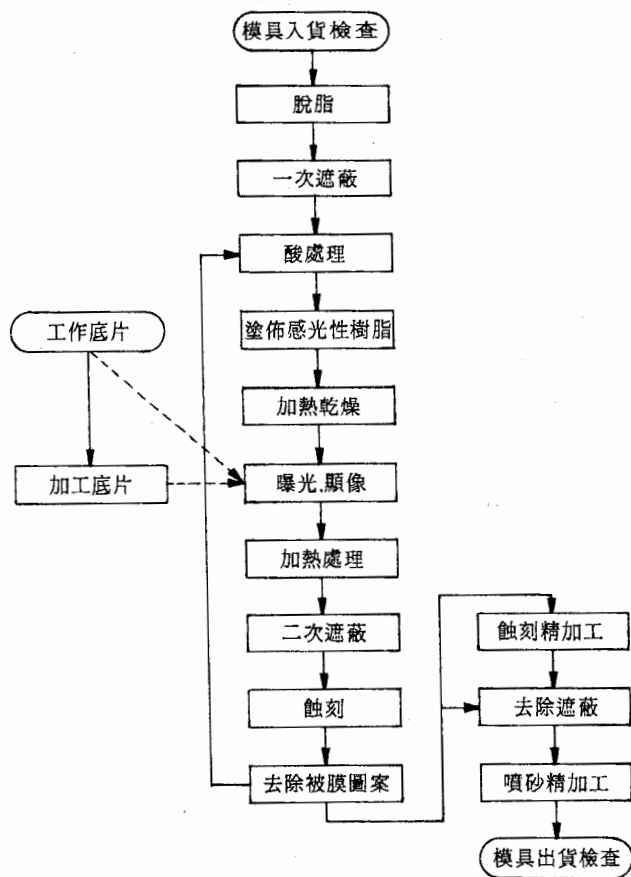


圖 3-2 採用照相工法實施蝕花加工

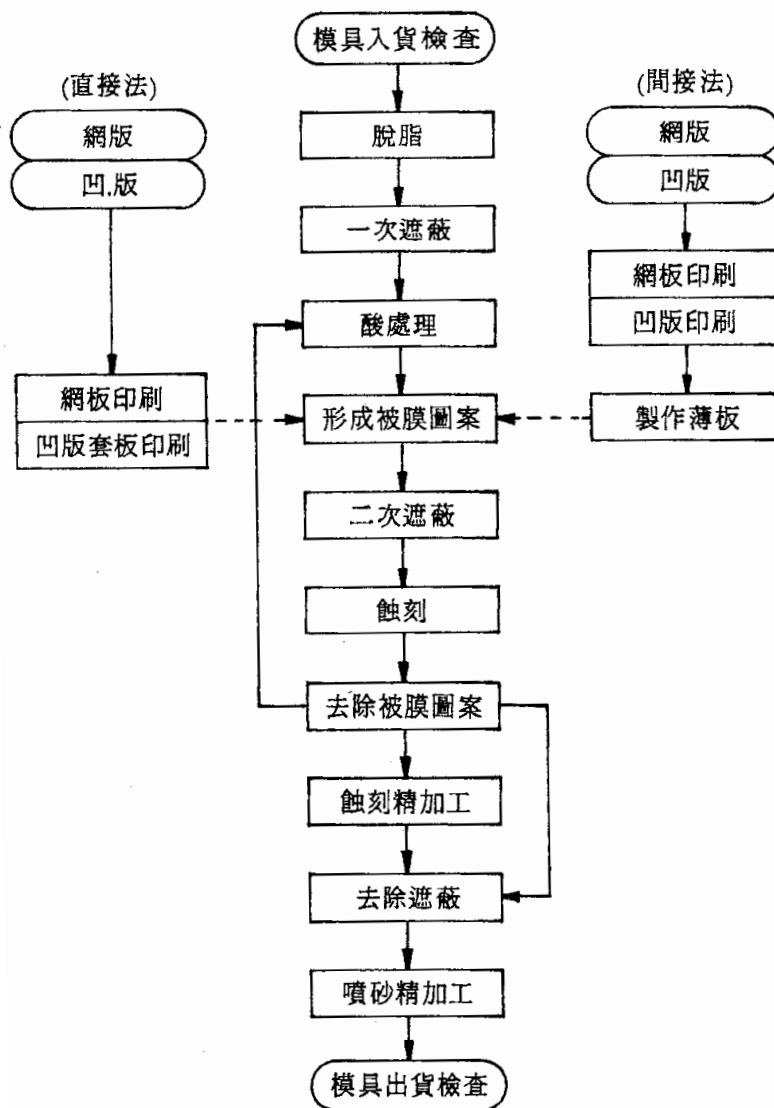


圖 3-3 採用印刷工法實施蝕花加工

以及蝕刻特性的查驗是蝕刻作業之最重要的準備作業。

脫脂可用氫氧化鈉、碳酸鈉等鹼性液來脫脂，或採用有機溶劑的蒸氣洗淨、噴霧洗淨等。然後把要實施蝕花加工之部位以外的部分，用耐藥品被膜材料（感光性的耐藥品被膜、塗料、膠帶等），即能滿足耐藥品性、耐蝕性、耐熱性、密著性、作業性等條件的材料，完全加以被覆。（第一次遮蔽）

第一次遮蔽完了後實施蝕花加工面的酸處理。然後浸漬在硫酸、鹽酸（10~15%）等的溶液內，把表面氧化物完全去除。其次用氯化二鐵液等蝕刻液將表面付與微細凹凸，以便提高耐藥品被膜圖案的密著性及露出活性化面。最後確認蝕刻的良否、蝕刻均勻性、材質、材種等，以便作為選定後續加工方法之基準。

3-2-4 耐藥品被膜圖案之形成

(1)印刷工法形成法

採用印制法形成耐藥品被膜圖案之技術分為直接法和間接法。

直接法是採用凹版套板印刷法和網板印刷法 (screen printing) 。此方法能應用於模具等的曲面印刷。凹版套板印刷法是能在球面和凹凸面實施印刷的套板印刷法 (off-set printing) 之一種。從設計原圖或經過感應處理的自然物原稿，經攝影、修補作業製作工作底片。另一方面準備金屬板，而在其上塗佈感光性樹脂後加以乾燥。在金屬板表面把工作底片真空貼緊後，加以曝光顯像而形成逆圖案的耐酸被膜層。然後用酸液蝕刻就可得由溝條所構成的蝕花圖案之凹版。

其次在凹版上均勻塗佈受熱後具流動性的蠟質耐酸物質，而後用刮刀等使耐酸物質僅殘留在蝕花圖案溝部，再用聚胺酯 (polyurethane) 、氟碳橡膠 (fluororubber) 等彈性體壓在版面，把形成圖案的耐酸物質轉移到彈性體。然後再度在模具曲面上押壓彈性體來實施印刷。此為一種輕便印刷。因為對某種形狀而言，有時彈性體無法完全貼緊，所以壓印時產生差異而發生圖案不均。由於有此缺點，只應用於小規模的場合。

網板印刷法，因為耐酸物質的塗覆性良好，並且加工方法簡便，所以利用在蝕刻等多種領域。由綢、尼隆 (nylon) 、特多龍 (tetoron) 所構成的纖維網上用光學方法形成版膜，而把圖案部分以外的網目塗塞後當作原版。印刷時，與凹版套板印刷法相同，將具有流動性的耐酸物質塗佈填塞在網版的圖案孔部，然後用匙狀橡膠板把網版沿著模具表面加壓實施印刷。此時，對比較緩和的曲面或圓錐。圓筒形等規則曲面體來講，無論規模之大、小都能形成優越的耐藥品被膜圖案。但對複雜的曲面，由於版面無法均勻沿著曲面密貼，致使加壓印刷易呈不均，而不易形成適確的圖案，因此不適用於複雜形狀印刷。

然而就間接法來講，凹版印刷法和網板印刷法也是其主流。此法的特徵是要經過間接媒體來實施印刷。

此法是介由 (1) 實施蠟、矽膠等處理的樹脂薄片，或 (2) 對紙實施硫酸處理等離型處理的薄板 (sheet)，或 (3) 能溶解於酸液的薄板，對模具面進行印刷的方法。對間接媒體，即薄板的印刷是，在網版或凹版的蝕花圖孔溝，充填加熱熔融的耐酸物質作成版後，用此版印在薄板上。然後從原版剝取薄板，並去除蠟等就可得以耐酸物質構成圖案的印刷薄板。

用上述方法所製作的印刷薄板之耐酸物質圖案面，緊密接觸於事先實施脫脂、脫銹及活性化等表面處理的蝕花加工面，然後用輥筒押壓，使耐酸材料的圖案層殘留在模具表面。其次為了強化所形成的耐酸被膜的密著性及耐藥品性，在 100 °C 左右實施熱處理，而在模具表面上形成耐藥品被膜圖案。

由於間接法較煩雜，也須要熟練，因此品質的安定性、精度及生產性有難點，僅應用於小部分的領域。

(2) 照相工法形成法

採用照相法時，可得比印刷法高水準的精細圖案，亦在品質上具有能穩定地形成圖案之利點。另外技術上也有適合於大形加工物和大量加工的好處。但在 1970 年左右以前，由於對曲面加工的生產技術開發之落後，只被使用於限定的範圍內。其作業方法是，在被加工物的加工面，以噴塗法均勻塗覆感光性耐藥品層，而經加熱乾燥形成感光性耐藥品被膜。感光性耐藥物質有水溶型 PVA 重鉻酸鉍系、酪素—重鉻酸鉍系或溶劑型的聚桂皮酸乙烯系、重氮化合物(diazocompound)系等。在此感光性耐藥品被膜上貼緊工作底片(work film)，而以超高壓水銀燈或氙燈的紫外線曝光，即利用光能使高分子鍵發生交連(crosslinking)。然後實施顯像處理，把未發生交連部分溶解去除而來形成耐藥品被膜圖案。

以往此等作業被指出多種缺點，如(1)所形成的感光性耐藥品被膜的厚度不均勻，(2)有時發生圖案底片對耐藥品被膜的密貼不良，(3)顯像處理困難，(4)需要預烘乾和後烘乾，以及此時的溫度不均等。對此問題有各種各樣的方法被提出，並加以實施，其中較具代表性者，是採用延伸性底片的方法，此法是在胺基甲酸乙酯(urethan)、氯乙烯等的柔軟性薄片上用 PVA—重鉻酸鉍感光劑或印刷法，形成遮光性圖案層來製作具有柔軟性的遮蔽底片，以便取替以往的工作底片。將此柔軟底片以真空吸引法貼緊，而用噴霧顯像形成耐藥品被膜圖案。目前，基本上採用此法的改良法或此系統的開發技術實施蝕花加工。

3-2-5 二次遮蔽

二次遮蔽是使用與一次遮蔽相同的耐酸材料或用更強力的遮蔽材，以手工或機械遮蔽法實施完全的被覆，此作業的目的是要補修及補強因耐藥品被膜圖案形成作業中受損的耐酸被膜及不安定被膜。尤其須完全消除針孔等微小的遮蔽不均部，並施以充分的被覆，以使下部作業的蝕刻作用，不會波及於蝕花加工部分以外的部位。

3-2-6 蝕刻加工

根據表面處理作業有關的材質資料和蝕花加工法，選擇及配製蝕刻液。由鹽酸、硫酸、硝酸、磷酸、氯化二鐵等所構成的混合溶液及添加液，配製具有設定的適切條件之蝕刻液。蝕刻大部分採用化學蝕刻法，但偶而使用電解蝕刻法。實際上，從浸漬法、漿輪法、淋浴法、噴霧法等化學蝕刻法之中，選擇適合被加工物條件的方法來實施蝕刻。

最初期的浸漬式蝕刻法，由於須把模具保持在攪拌液內，側向侵蝕大，液流及溫度不穩定，容易引起蝕刻不均。因為方法簡便所以適合於少量生產。另外機械蝕刻法，由其獨自的設計，更能發揮其特點。

槳輪式蝕刻法是組第 3-4 圖所示，把槳輪 (paddle) 回轉，使較大的蝕刻液飛沫液滴，濺撒在回轉或左右搖動的模具面，並利用此滴的二次飛散實施更均勻的蝕刻。為了控制液溫，也裝設加熱冷卻裝置。此方法則控制槳輪數、液量、配製、濃度、液溫、模具溫度等來實施適切的蝕刻。

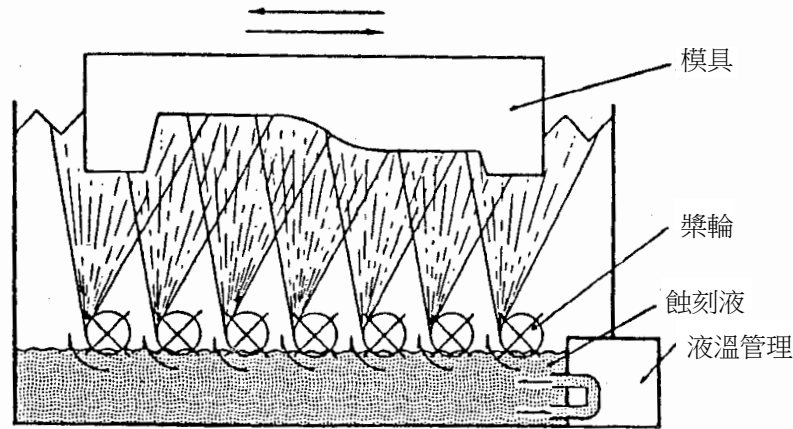


圖 3-4 槳輪蝕刻機

噴霧式蝕刻法是，如第 3-5 圖所示，設置蝕刻液的噴出口 (nozzle)，而把蝕刻液或蝕刻液和空氣加以壓力，從噴出口噴至模具面。此法，因為能把多量的蝕刻液衝至模具表面，所以污物的去除效率良好，且可得均勻的蝕刻。淋浴式蝕刻法是，如 3-6 圖所示，原理上在槳輪法和噴霧法的中間之一種低壓噴霧法，就蝕刻技術而言，此法是最具汎用性的穩定之加工法，此等蝕刻機 (etcher) 也備有液溫控制裝置或金屬濃度、酸濃度的管理系統。

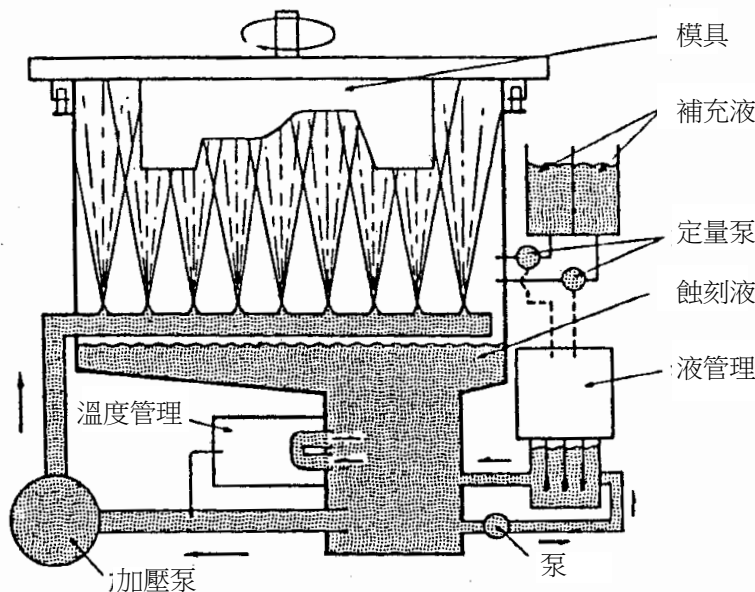


圖 3-5 噴霧蝕刻機

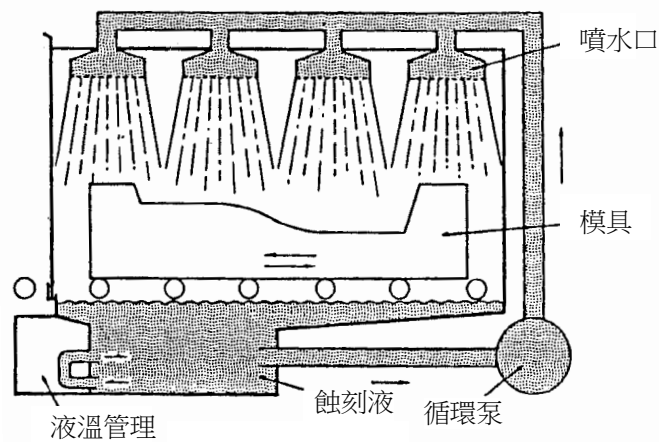


圖 3-6 淋浴蝕刻機

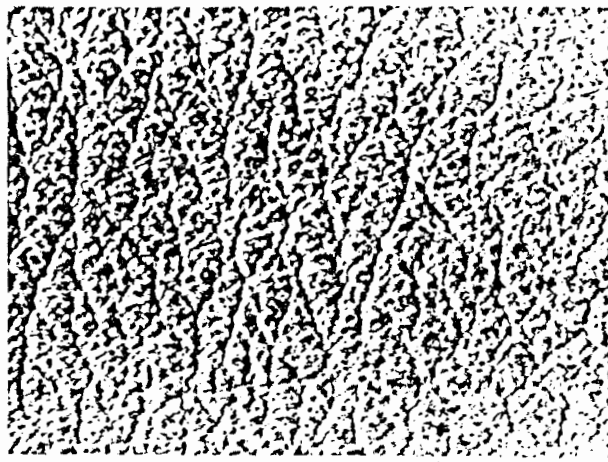
3-2-7 最後加工

蝕刻作業完了後，由於蝕花圖案的不同，有者須再作二次蝕刻、三次蝕刻。而最後完成蝕花加工的模具，將其表面所被覆的耐酸材料或耐藥品被膜圖案，以化學或機械處理剝離去除後，隨其需要施以噴砂成為均勻滑溜的蝕花面。然後實施防銹處理及最後的檢查。

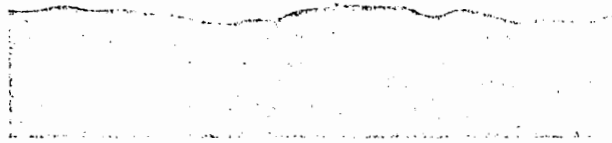
3-2-8 天然加工 (natural process)

自然物如第 3 - 7 圖所示，其表面形狀和斷面形狀都顯示複雜的樣子，內有圓滑的曲線，也有銳角的形狀相交，非常富有變化。在模具上要再現此等複雜的形狀是技術上非常困難的，此起因於蝕刻作業本質上是平面的劃—彫刻法之緣故。現時則施自然物的表面由平面圖樣及立體圖樣的觀點。分解成數階段的作業，而在模具表面把各階段的作業加以再現組合，而來進行蝕花加工。意匠性的要求愈強，作業愈複雜，因此技術不穩定時就無法追蹤自然物的表面形狀。

以追究再現性為最終目的，在 1962 年開發天然方式 (natural process) 以來，遮蔽法、蝕刻管理法、蝕刻液，以及尤其重點於在三次元蝕刻的技術等，多數被發展出來。現時，把此等技術配合而能實施多種的蝕花。



表面 (×5)



斷面 × 20

圖 3-7 皮革形狀圖

4. 模具材質與蝕花加工性

蝕刻是被加工材與蝕刻液之間的化學反應所引起的。金屬材質不同時，呈示不同的化學反應，因此蝕刻狀態也顯示差異。

現時用於蝕花加工的模具用材料，因用途上的材質差異、各製造廠之間的組成差異、同一製造廠內的材料處理層次之不同及取材的批號不同等各種原因，有各種各樣的材質。若包括由熱處理、機械加工等後加工所引起的變質時，材料的表面則呈示各種各樣的狀態。雖然如此，目前尚能對大量的模具實施相當均一的蝕花加工，可說是不可思議的事。

對模具用材料中使用頻度最高的鋼鐵系材料而言，由於使用添加劑等的改質技術或不純物去除技術，以及熱處理技術的進步，已經能生產具有相當的均質性及清淨性的材料。再加上對一般的蝕花加工技術之知識層次的提高，事前對供於蝕花加工的材料也會加以仔細斟酌。

上述情勢，可由近來的異常蝕花之減少可以看出來。

反面，因為目前須實施蝕花加工的模具量增多，不可能對所有模具材完全作到上面所述的對策，因此尚無法完全避免對具有缺陷的模具材也實施蝕花的狀況。會顯示蝕花加工不良的材料之不均質狀態中，偏析是其典型者。亦實施熔接等二次加工及放電加工處理的模具，也會有蝕刻不均勻的問題。為了得到良好的蝕花狀態，包括此種特殊狀態的模具表面材質在內，須供給施以適切處理，並具更均質的素材。

4-1 模具用材料的蝕刻性

蝕花加工，隨金屬材料的種類不同，須設定適切的蝕刻液組成條件來實施加工。對塑膠成形用模具材之鋼料及非鐵金屬材料，試驗其蝕刻性，結果如下。

A 試驗條件

試料 .S55C (退火材，預硬材)，

SCM-4 (退火材，預硬材)

SKD-11,SK-4, 鋅合金，鋁合金，耐蝕鋼，鈹銅，電鑄銅，鑄鋼 (SCM - 4)，鑄鐵

試驗圖案 (test pattern)

間距 (pitch)2.2mm，線寬 0.3mm 的格子狀圖案蝕刻

適應各個材料的標準加工法

B 試驗結果的檢查

觀察腐蝕係數 (E.F.)，平面照片，斷面照片，表面粗度及起伏形狀圖。(第 4 - 1 圖)。

4-1-1 各種材料的蝕刻性

(1) S55C (退火材 、 預硬材)

退火材容易進行蝕刻，但由於晶粒較粗，其表面粗度大，亦因會起粒界侵蝕，容易發生圖案遮蔽 (pattern mask) 的崩壞而易使形狀崩潰。預硬材，因為有施以晶粒均勻化處理，所以表面粗度較好。

(2) SCM - 4 (退火材，預硬材)

退火材的晶粒粗，蝕刻表面粗度與其大小成比例。與 S55C 相同，也會有側向侵蝕，但蝕花加工性良好，預硬材顯示理想的蝕花加工性，表面粗度也適於蝕花加工。

(3) SK - 4

由於會發生有崩壞性的蝕刻作用，易使圖案遮蔽剝落，且側向侵蝕也大，表面粗度，雖呈銳角性，但因全面呈均勻的表面狀態，所以顯示較好的蝕花加工性。

(4) SKD-11

非常平滑，底面起伏形狀也好，晶粒度亦小，因此能表現出微細的圖案遮蔽。斷面形狀、表面粗度、側向侵蝕、微細圖案的再現性等方面，顯示最優越的蝕刻性。

(5) 鋅合金、鋁合金

鋅合金的側向侵蝕顯著，底面顯示起伏，不是良好的蝕花用材料。亦如回收材，**Al. Mg** 比率有變化時，每次的蝕刻的條件不固定，因此不一定會顯示試驗時所得的蝕刻性。鋁合金的表面粗度大，蝕刻速率也快，有時顯示外伸型 (**over hang**) 的蝕刻性，因此不易得到安定的蝕花形狀。

(6) 耐蝕鋼

由於含有多量的 **Cr. Ni** 等耐蝕性合金元素，蝕刻溶解性極端低，蝕刻速率相當慢。由耐酸膜的強度不同，有時被膜剝離和蝕刻會同時進行，是蝕花加工困難的材料。

(7) 鍍銅、電鑄

兩者的腐蝕係數都大，圖案形狀可保持到最後，但因有外伸型的蝕刻傾向，所以蝕花加工時須注意。蝕刻面非常平滑，蝕刻性也良好。

(8) 鑄鐵、鑄鋼 (SCM-4)

鑄鐵指含有 **1.7 ~ 4.5% C** 者，一般其組織粗，亦因製造方法不同，晶粒度會發生很大差異。晶界的蝕刻反應顯著，而其粗大結晶構造，因粒界腐蝕，直接影響其表面狀態。鑄鐵由於蝕刻溶解性低，反應生成物的沈積性也高，亦因粗粒腐蝕會發生圖案遮蔽的剝離而引起不規則的側向侵蝕等，可說是不適於蝕花加工。**SCM** 鑄鋼，在蝕刻性和表面粗度方面都顯示良好的蝕花加工性。

4-1-2 蝕刻形態

蝕刻所形成的斷面狀態，在技術上可分為側面部形狀和底面部形狀的兩種蝕刻現象來分析。如在 2-2 項蝕刻特性內所述，對側面部形狀來講，圖案遮蔽劑對金屬面的密著性或對蝕刻液的耐藥品性，以及各種金屬本身的反應特性，結晶粒度等為其主要的影響因素。耐蝕鋼、鋁合金、鑄鐵、銅合金等會顯呈現此等現象。此等材料。由於其特殊的蝕刻反應性或晶粒度之關係，在側向侵蝕上發生差異，而呈示與一般鋼料不相同的形狀。對底面部形狀來講，則會受反應生成物在底面的沈積殘留形態之影響。因為蝕刻時連續所生成的非溶解物會阻礙其後的反應，所以須從表面逐次排除。生成物的種類、反應氣體、晶粒度等對排除的情形有大影響。此狀況將銅合金與鑄鐵、退火鋼的蝕刻性相比較時，會明顯的呈示出來。亦對表面粗度來講，生成物的表面殘留性與晶粒度成比例增加時，粗度也增大。因此蝕刻深度增大時，相對的非溶解物也增多，擴散性也降低，致使顯示表面狀態變粗之傾向。

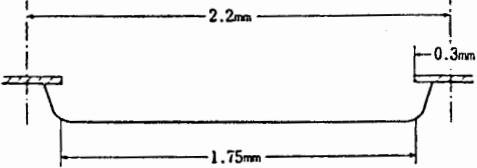
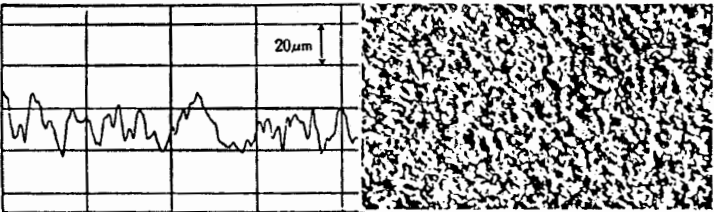
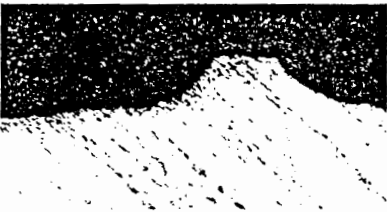
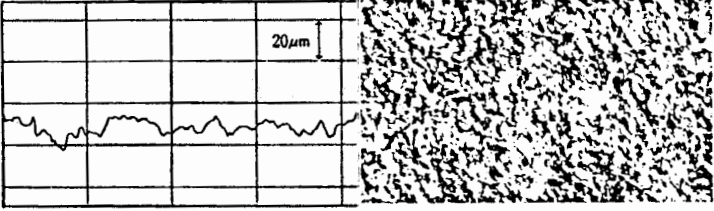
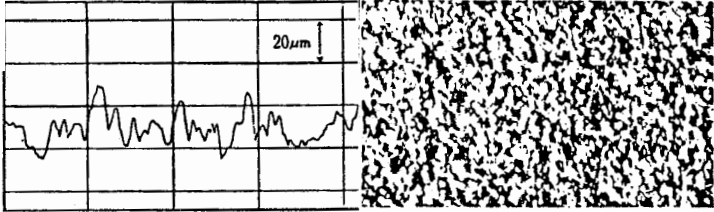
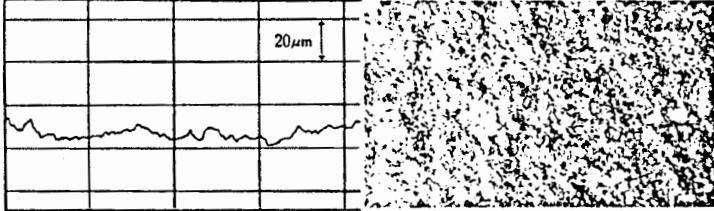
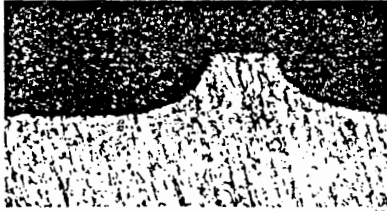
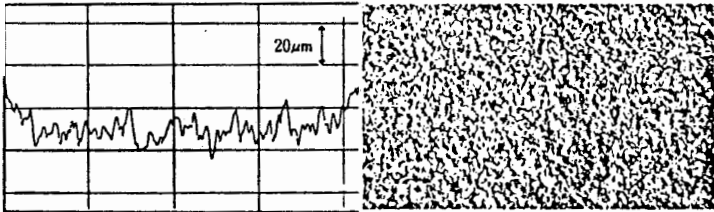
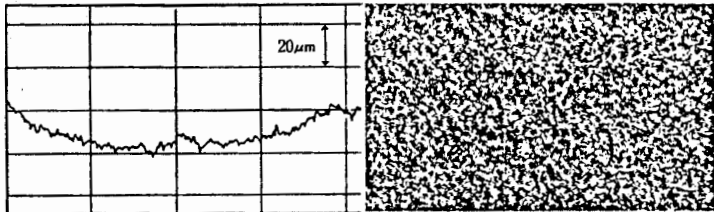
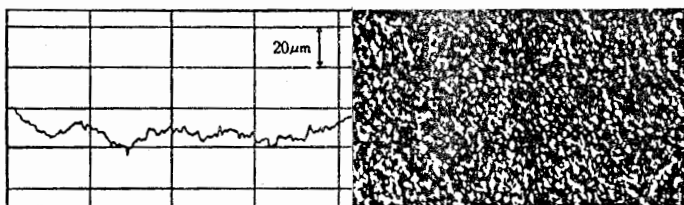
表面粗度及表面照片	斷面照片
 粗度測定範圍	
S55C (退火) 	 E.F.值1.42
S55C (預硬) 	 E.F.值1.57
SCM -4 (退火) 	 E.F.值1.26
SCM -4 (預硬) 	 E.F.值1.77
SK4 	 E.F.值1.16
SKD 11 	 E.F.值1.67

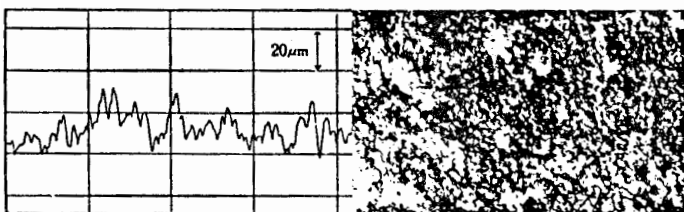
圖 4-1 各種材料的蝕刻狀態

鋅合金



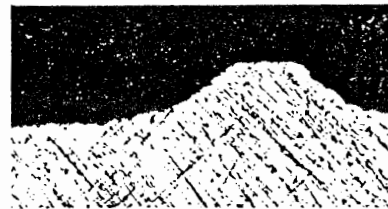
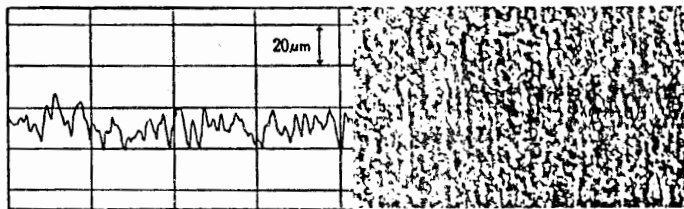
E.F.值1.14

鋁合金



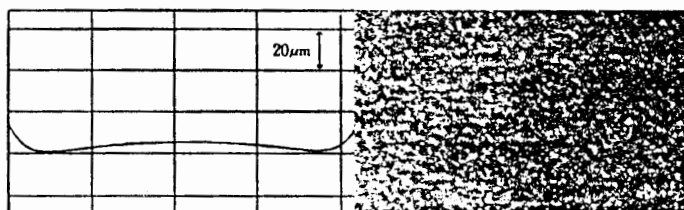
E.F.值1.37

耐蝕鋼



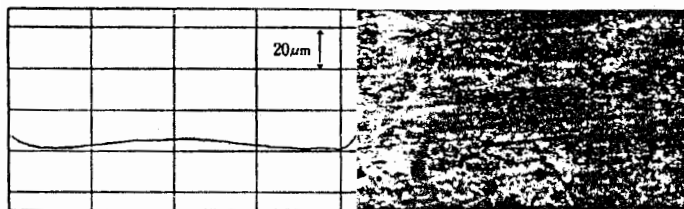
E.F.值1.36

鈹銅



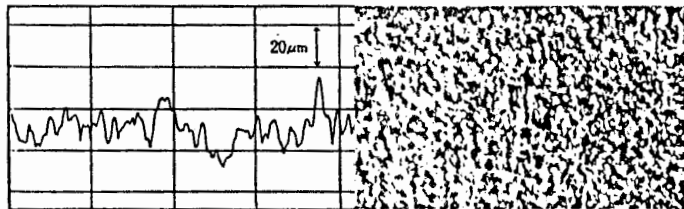
E.F.值2.69

電鍍銅



E.F.值2.10

鑄鐵

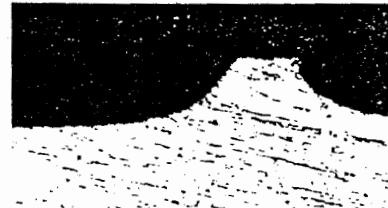
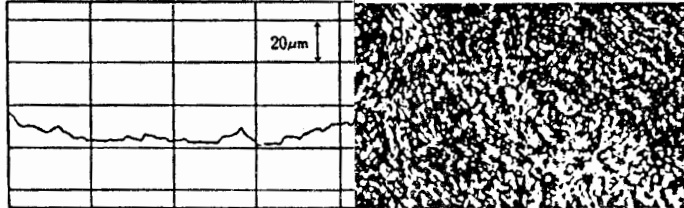


E.F.值1.32

鑄鐵

SCM

-4



E.F.值1.79

圖 4-1 續前

4-2 特殊狀態的蝕刻性

4-2-1 偏析

(1) 鋼材的偏析

以上就使用於模具材的各種材料之一般蝕刻性加以概述。但就實際的模具來講，模具材本身的金屬組織上之局部性差異，材料缺陷之有無，或特殊的表面狀態，對蝕花加工性具有大的影響，因而引起各種蝕花加工不良。尤其鋼材中的偏析，從來就被認為引起線狀或帶狀缺陷的主要原因。因此，在此就一般的模具用鋼材所具的偏析，來探討與此等缺陷的關聯性。

金屬材料，一般有熔點不同的各種元素，因此在鑄造過程中具有一定寬度的凝固溫度範圍。偏析是因為金屬材料具有此種凝固範圍才會發生的現象，因此凝固範圍愈寬的合金，可說愈容易發生偏析。即偏析是構成此合金的化學組成，在凝固中因發生濃度變化而所引起者。在合金的固相與液相之間所形成的此種濃度變化，隨著凝固完了，變成為合金組成的部分性的濃度差，而若此濃度差大到能使組織改變的程度時，就會形成材質上的不均勻部。

偏析是在合金的鑄造過程中必然會發生的現象。在鑄塊中所形成的缺陷會殘留到最後，而對鋼材的機械性質或腐蝕性發生影響。

偏析可分為鑄塊的中央部與外側所見的涉及廣範圍之組成差之巨觀偏析及顯示在短範圍的組成差之微觀偏析。通常蝕花加工時引起線狀或帶狀缺陷的原因，被認為不在於所謂「正常偏析」的巨觀偏析，而在於微觀析，從過去的蝕化加工的經驗來看，一般供於蝕花加工用的模具材，可說會成為線狀缺陷的原因之微細偏析，雖然程度有差，都以各種狀態存在材料內。

以下就模具材方面被多用的 **S55C** 材及 **SCM** 材之偏析加以說明，第 4-2 圖 ~ 第 4-4 圖表示各鋼材的偏析狀況。偏析部明顯地在鋼材的鍛造延伸方向型成長條，而顯示巨觀組織上之差異。**S55C** 呈示由肥粒鐵和波來鐵所構成的退火組織，但由於肥粒鐵的白色部份與波來鐵的黑色部份之分佈狀態不同，在鍛伸方向顯出濃淡差。亦具有變韌鐵組織的 **SCM** 預硬鋼，由於組織或晶粒度之不同，其偏析部更為明顯。此不均勻部，被認為是所謂的線狀組織 (**banded structure**)。

如上所述，偏析會形成組織上的不均勻部，但鋼材的偏析，實際上起因於何種化學組成，由於鋼材種類或鋼材的製造履歷不同而有差異，因此無法一概地加以說明。在此，以第4-4圖所示的SCM易切鋼為例，說明對其不均勻布實施EPMA線分析所得的結果。第4-5圖表示線狀組織部分的各元素之濃度變化。由此得知，在不均勻部有鉻的顯著濃縮，其次在夾雜物周邊有Mo和C的濃化，但未看出S，Mn，P的濃度變化。散在鋼中的黑色部分是，向延伸方向被拉伸的非金屬夾雜物受腐蝕的部份。低熔點的MnS等，大多會集在此部份。分析結果顯示此夾物為MnS。

由上可知，蝕花加工時所出現的線狀缺陷，起因於Cr、Mo等合金元素的微觀偏析，而不一定是起因於S的偏析。

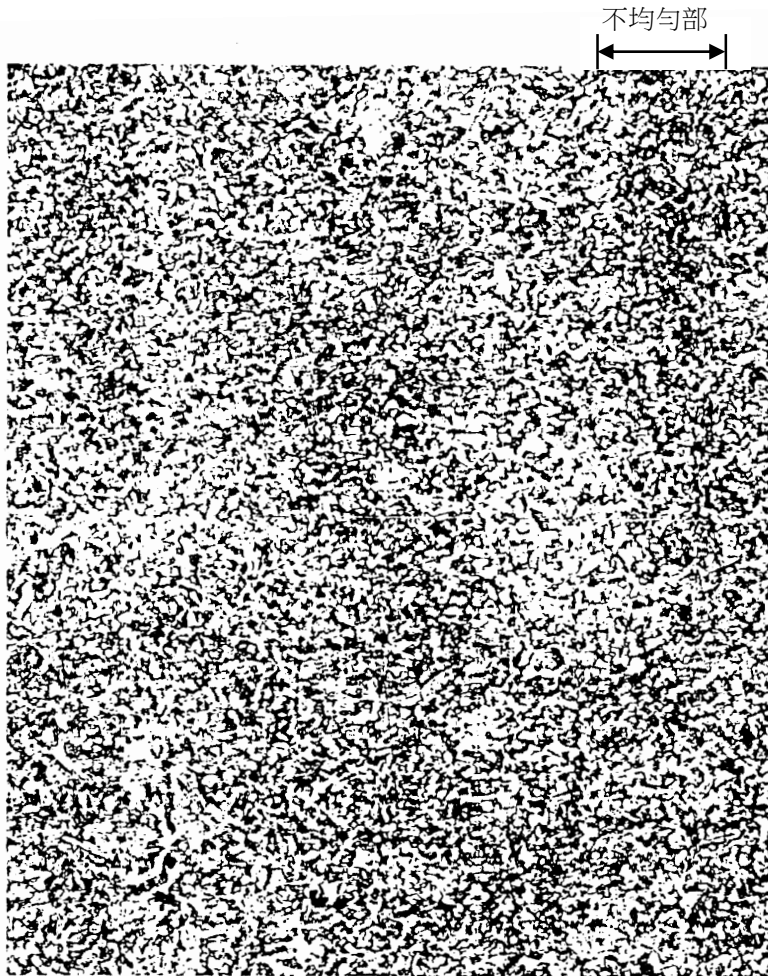


圖 4-2 S55C材中的
偏析狀況之例
(× 60)

(2) 偏析部的蝕刻性

嚴密講，金屬表面都有各種各樣的不均勻部，而其不均勻部是否會成為蝕刻時的活性點，則依存於蝕刻液的組成。所謂均勻蝕刻是會受液組成、濃度、加工溫度及蝕刻法等之加工法之影響，但無論採用何種加工法，加工所得的面基本上會受材質上的限制。尤其，像蝕花加工，要重視蝕刻面的質感的加工法時，材料的表面狀態顯著影響製品的良否。

如上述，金屬材料的蝕刻性會受材質上的要因，即化學成份、組織、晶粒度等的影響。此也可由鋼材的種類，塑性加工和熱處理條件之不同，會導致蝕刻速率和加工面的形狀、粗度之差異的事實可以理解。

材質上不均勻的部份，可預測對蝕刻面會產生某種缺陷。例如，含有不純物的層或結晶構造受破壞的部份，優先被通常的稀薄酸腐蝕，而與正常組織部分發生蝕刻速率之差異。本來蝕刻加工是，要把腐蝕抵抗較高的正常部位施以強制溶解，因此若無法補救此種蝕刻速率之差，就變為蝕刻不均勻。亦因鋼材中的成分元素移動而形成耐蝕性高的層時，同樣也會妨礙均勻的蝕刻。

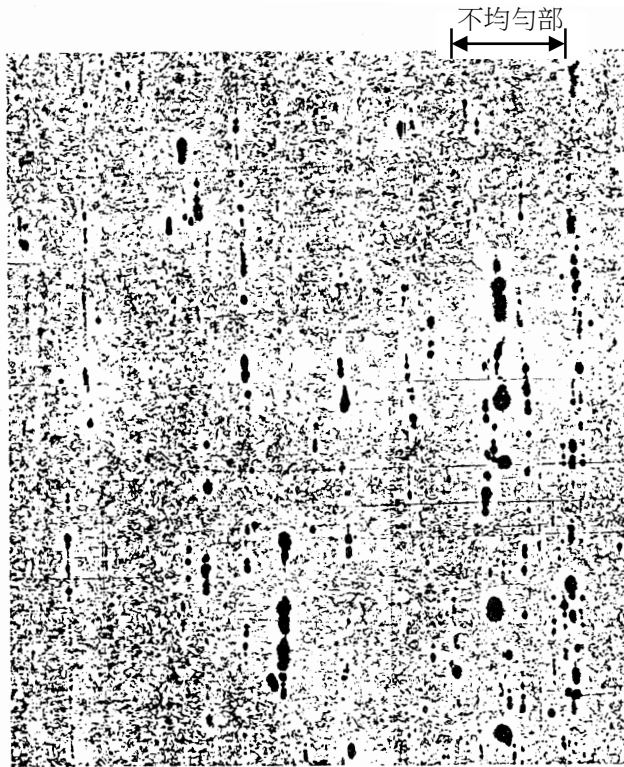


圖 4-3 SCM材中的偏析狀況之例其一
($\times 60$)

鋼材中的偏析會在模具表面形成不均勻部，而在蝕刻加工時引起所謂的線狀缺陷。線狀缺陷是，在蝕花加工時，因不均勻蝕刻所成的線狀凹凸缺陷，而此缺陷與蝕花圖樣並無關聯。此種缺陷，以凸出狀態出現於蝕刻加工完成面的全面或一部份，而會損害正常的蝕花花樣。其形狀、大小及分佈狀況，因鋼材的種類或製造履歷而不同，但其特徵是會沿鍛伸方向形成長條狀。亦因次等缺陷具有一定的方向性，所以蝕花加工圖案為特別花紋或梨皮花紋時，特別顯目。再者，有時線狀缺陷會呈示寬度約1.0mm的一連之帶狀，此時就幾乎無法實施正常的蝕花加工。不過，由於此種缺陷具有鍛造所引起的方向性，所以對鍛伸方向呈垂直的斷面來講，此缺陷易顯示斑點狀，而在蝕花加工時比較不容易顯出其缺陷。

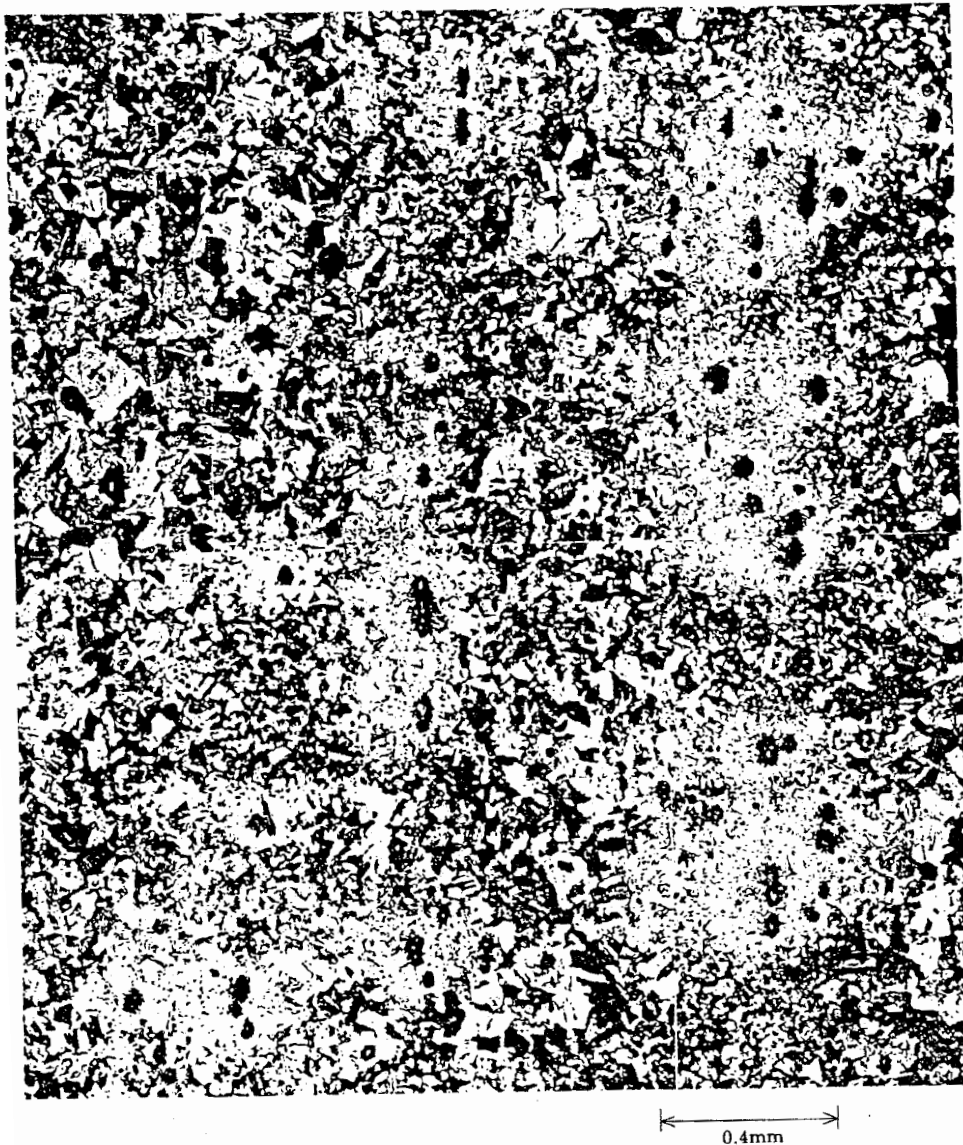


圖 4-4 SCM材中的偏析狀況之例一其二 (x 60)

第 4 - 6 圖表示鋼材上所出現的線狀缺陷。此種缺陷是對應於前述的，存在於金屬組織上的線狀組織。此缺陷是，由 **Cr,Mo** 等合金元素的微觀偏析所引起的不均勻部，因其蝕刻速率與正常的基地部分不相同，而在蝕刻加工面上以腐蝕段落差顯示出來者。

另外，在塑膠用模具材方面被多用易切鋼之蝕刻性，也加以說明。易切鋼含有硫、銻 (**Ce**)、鋁等易削元素，但由於價格的問題一般多用硫易切鋼。硫易切鋼中 **S** 以 **MnS** 非金屬夾雜物的狀態分散在其內，但由於夾雜物的寬度為 **10 ~ 15mm** 的程度，若此夾雜物均勻分散在鋼中時，幾乎對蝕花花樣不會發生影響。但在同一鋼種中，有者會含有特別多量的夾雜物，而若此夾雜物密集在局部時，就會引起不均勻的蝕刻。易切鋼中的 **MnS** 夾雜物，一般不被認為是不純物，但其周邊容易形成各種不純物層，而會顯示與正常部不相同的蝕刻形態。此為易切鋼的問題點。

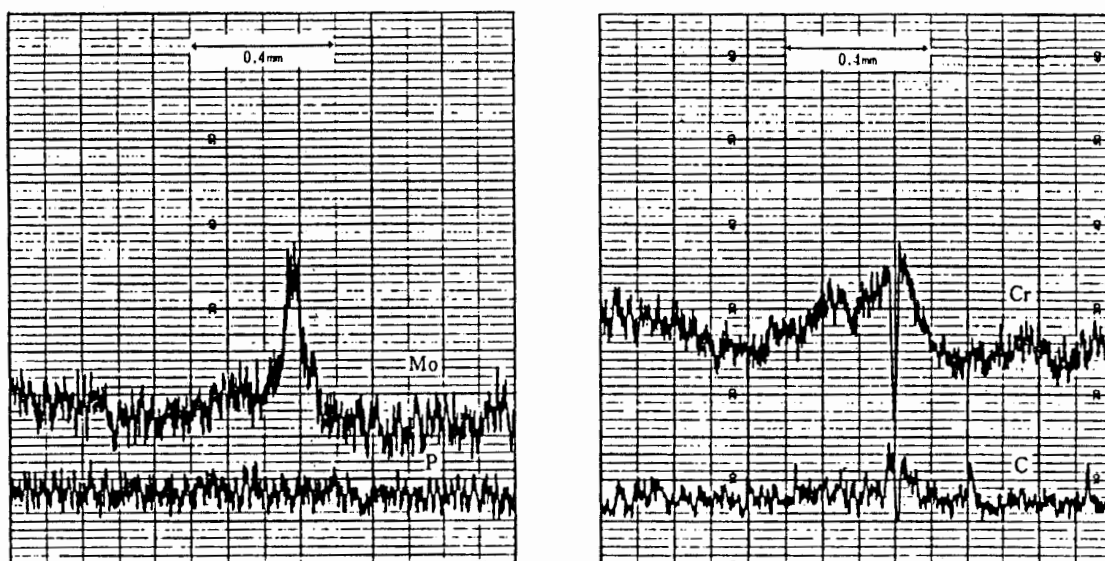


圖 4-5 E.P.M.A.分析所得的SCM材偏析部之濃度變化

(3) 偏析對策

蝕花加工最厭忌鋼材的巨觀，微觀偏析。為了能得到良質的蝕花，在鋼的製造過程中必須減輕此等偏析。本來，蝕刻會敏銳地受到材質的影響，所以與材料的機械、物理性質相比，更會顯示出材料的組織上的特質。為此，蝕花加工用的材料，儘量要均質且表面缺陷要少，但實際上，因為有用途上的鋼種之選擇，價格及機械加工上的問題等，所以材質上會受到各種限制。就一般的模具材來講，對偏析的對策目前的是重要的課題。對偏析的有效手段，從來就有推薦下面的方法。

(I) 擴散退火

(II) 六面鍛造

(III) ESR 熔解

其中實施充分的擴散退火者，可得相當良好的結果。亦 ESR 熔解鋼的不純物極少，其內無成為線狀缺陷的原因之偏析。

然而實際上供於蝕花加工用的模具材，有各種水準的材料，而對全部的模具材來講，要去除其偏析是有困難的。因此，本公司針對此點，長期進行採用適切的蝕刻加工法，來克服偏析的研究，其目的是要把蝕刻液的特性與材質上的不均勻部加以分析，而來形成最安定的蝕刻形態。

通常，實施蝕刻加工時，鋼材的偏析部會形成腐蝕段落差，而嚴密言之，在其缺陷部混有受優先腐蝕的部分和顯示比較高的腐蝕抵抗之部分。此時，若要謀求蝕花加工的均勻化，則須使蝕刻液的抑制作用和促進作用要同時進行。加工時，若蝕刻液能對此等鋼機的不均勻部維持抑制與促進的平衡狀態，就可實施均勻化蝕刻。

用於蝕花加工的蝕刻液，須以能得均蝕刻為前提，來選擇液組成的配合和添加劑。但由於目前所供給的模具材，雖然同一鋼種，有時因於偏析的不均勻部的變動大，所以要讓蝕刻液完全適合於各種水準的材料是困難的。亦因偏析引起蝕花面的光澤之差時，即表面粗度顯示差異時，須施藥品或噴砂的後處理。因此，為了降低線狀缺陷等的蝕花加工不良之發生率，選擇鋼材時，宜選用偏析較低的材料。

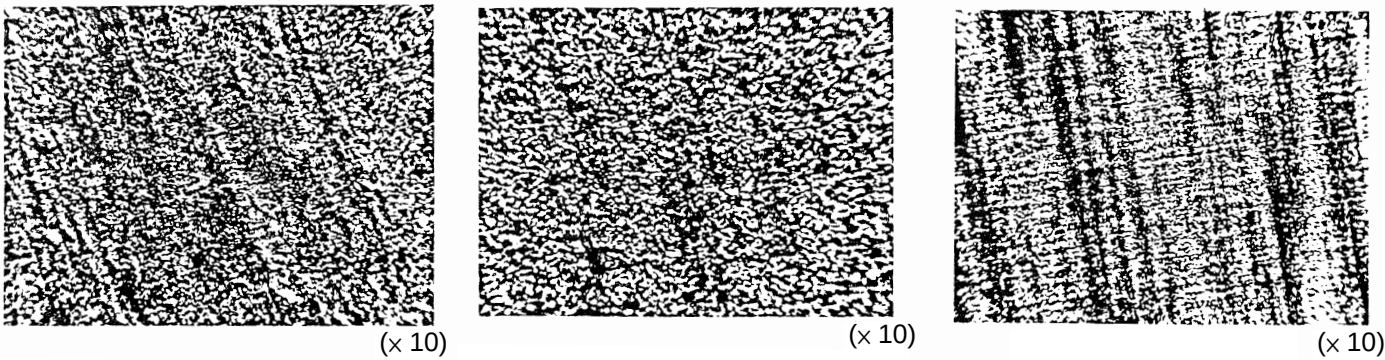


圖 4-6 鋼材上所出現的線狀缺陷

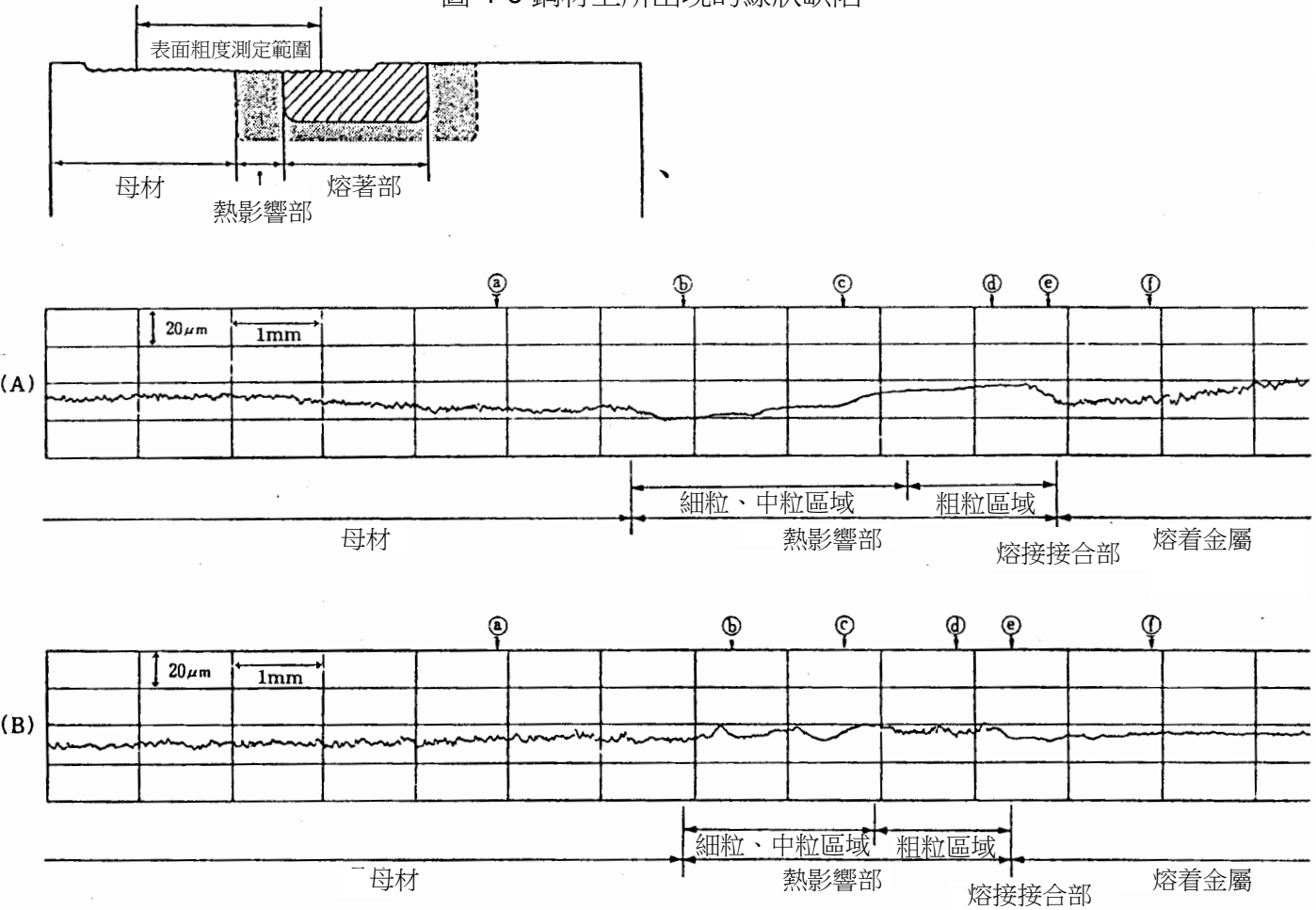


圖 4-7 熱處理條件之差異對熔接部表面粗度之影響

(A) 試料 預熱溫度 $150^{\circ}C$ ，徐冷

(B) 試料 預熱溫度 $250^{\circ}C$ ，後熱溫度 $350^{\circ}C$

(1) 熔接部的蝕刻性

一般，多從機械特性的觀點來討論熔接部，而在蝕花加工，當然也要考慮熔接部的蝕刻性。模具的熔接部，在材質上呈現特殊的狀態，因此蝕刻性也極微妙。根據過去的經驗，得知熔接技術的良否為顯著影響蝕花加工性的要因，因此，在此就不良熔接如何影響模具的蝕花加工性，以及熔接部的蝕花不良加以說明。

模具的熔接部，從來就被認為蝕花加工上的問題點之一。熔接部自常溫至金屬的熔點之廣大溫度範圍，會受局部的熱影響而呈示各種組織或晶粒的分佈。現時的模具熔接，其熔接材是使用與模具材料相同的材料來施工。但此種情況下，熔接部分仍然會生成鑄造組織或受熔接熱發生變質的熱影響部，因而無法把熔著部，熱影響部及母材呈示同質的組織。在此部分，同時存在具有各種不同耐蝕性的組織。有者耐蝕性極高，有者較易腐蝕。此種短範圍內的組成或組織上的急激變化，是使蝕花加工無法得到所需的深度，形狀或質感統一性的主要原因。

熔接部的蝕刻性，主要受到熔接部所生成組織之影響，而其組織由鋼材種類及熔接時的施工條件所決定。因此為了得到良好的蝕花，熔接法或施工條件成為重要因素。其具體的各種條件在後面加以說明。在此，就對熔接部有實施適切的熱處理者與未實施充分的熱處理者加以比較，而來檢討其蝕刻性。

第 4-7 圖是採用表面粗度，來表示熱處理條件的不同對蝕刻的影響者。亦第 4-8 圖，第 4-9 圖各表示其熔接部的組織。試驗試料為 SCM 材，熔接材則使用同質材料。由圖可看出，第 4-7 圖的 (A)、(B) 兩者，從細粒區域 ⑥ 到中粒區域 ③，雖然表面粗度略有不勻，但都看不出有腐蝕段落差。就未實施所定的熱處理之 (A) 來講，粗粒區域 ④ 與熔著金屬之中。細粒區域之間，形成明顯的腐蝕段落差。在此粗粒區域可看到粗大麻田散鐵組織，而顯示較高的腐蝕抵抗。另一方面，熔著金屬呈示與鋼的鑄造相同的組織，即所謂的初次組織，而此組織比母材（呈二次組織）易於蝕刻，因此在此等組織的境界會發生蝕刻差。這就是形成腐蝕段落差之原因。

但實施適切熱處理的鋼，在熔接接合部近傍也未形成顯著的段落差。這是因為麻田散鐵的生成或其粗大化受到某程度的緩和，另亦自麻田散鐵析出碳化物，致使其耐蝕性降低的緣故。

由上述的例可知，熔接時受最大熱影響的接合部近傍之粗粒區域，幾乎變為淬火組織。亦在熱影響部，隨著遠離接合部麻田散鐵組織會減少，而成為比較容易腐蝕的糙斑鐵 (sorbite) 或吐粒散鐵 (troostite) 組織。如此，熱影響部隨著組織上的變化顯示蝕刻速度之局部性差異，而引起腐蝕不勻。

另外，有形成於容易發生碳或合金元素移動的熔接接合部近傍的熔著金屬側之硬化層的問題。此硬化層的耐蝕性極高，無法實施蝕花加工。此硬化層大部分發生在熔接銲珠的先端部，尤其在熔接合部近傍，此硬化層被認為從母材移動過來的碳材出碳化物而所形成者。此時接合部近傍的母材發生脫碳，而不引起淬火硬化現象。因此母材側的蝕刻速率極大，母材與硬化層之間形成顯著的段落差。第 4-10 圖表示此種硬化層。有下列情形時容易形此等缺陷：

- ① 因熔接時的熱處理不充分，在局部受急冷時。
- ② 多層熔接時，因焊珠供給速度不均，無法使熔著金屬充分微細化時。
- ③ 異種金屬間實施熔接期間，容易發生碳的移動時。

(2) 熔接時留意點

如上所述，模具熔接部的蝕花加工性，會受到熔接時的施工條件，即熔接條件、熱處理或熔接方法等的顯著影響。對蝕花加工來說，熔接的適切施工條件是，要能使自熔接時的局部且急冷的熱循環所引起之母材變質及熔接缺陷，抑制到最低限才行。鋼的組成，模具材的厚度及熔接範圍的大小等不同時，急熱急冷組織也會變化，而不容易顯示一定的蝕刻性。

為了提高熔接部的蝕花加工性，針對填補熔接，將其重要項目及熔接施工條件的要點列於第 4-1 表。

(a) 模具的預熱及熔接中的溫度保持模具材，一般硬化能良好，亦母材厚度也大，其熔接部容易被急冷。因此須把模具預熱，以減低熔接部的冷卻速率，而來緩和熔著金屬和熱影響部的硬化或脆化，此預熱不但能防止熔接部的龜裂或熔接應變的發生，同時也可儘量抑止粗大麻田散鐵的生成，而提高蝕刻性。蝕花加工性，可說幾乎由熔接時所生成的組織狀態而定。

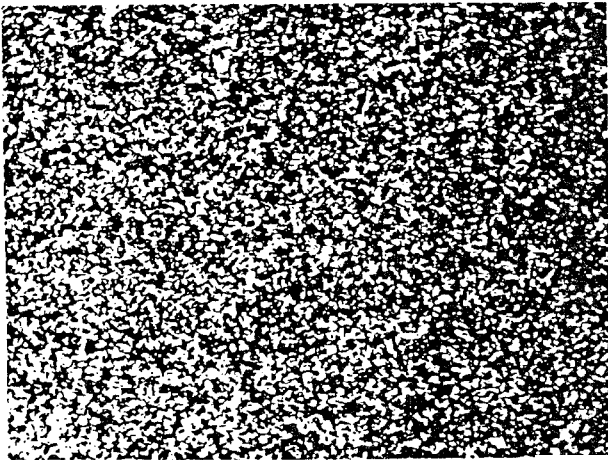
預熱儘可能在廣範圍均勻實施，亦熔接所需的時間較長時，在熔接中不要讓溫度下降，此點特別要注意。



①母 材 (x240)



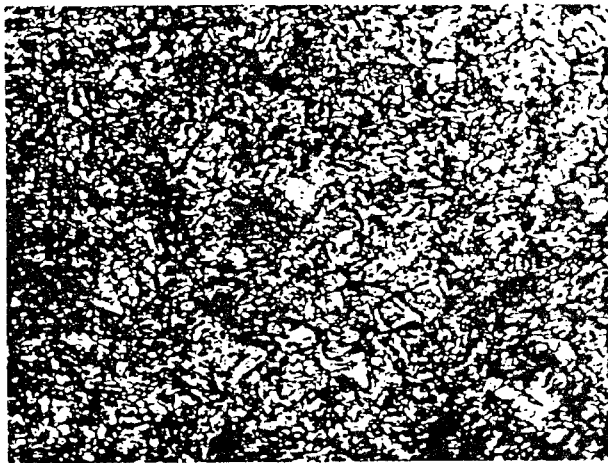
④粗粒區域 (x240)



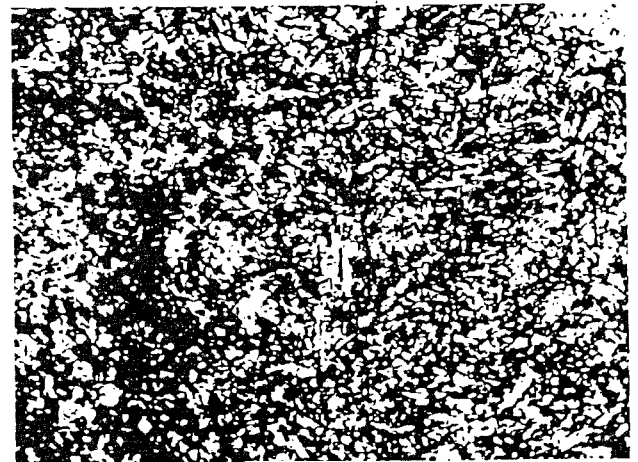
②絕粒區域 (x240)



⑤熔接接合部 (x240)



③中粒區域 (x240)



⑥熔著金屬 (x240)

圖 4-8 熔接部的顯微鏡組織(A)試料



①母 材 (x240)



④粗粒區域 (x240)



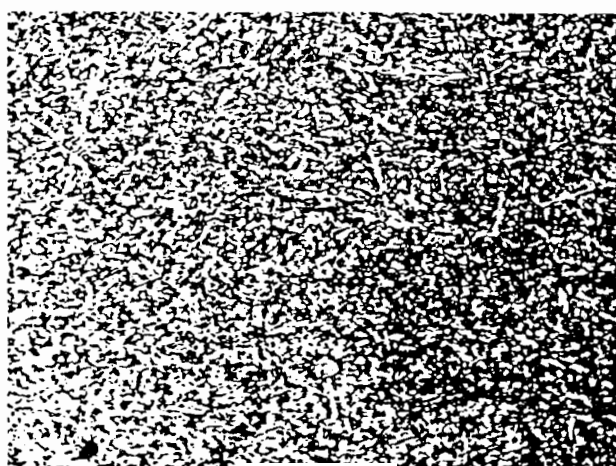
②細粒區域 (x240)



⑤熔接接合部 (x240)



③中粒區域 (x240)



⑥熔著金屬 (x240)

圖 4-9 熔接部的顯微鏡組織(B)試料

(b) 熔接後的熱處理

被加熱的模具，剛完了熔接之後不得加以急冷。為此，熔接後須保持於適度的溫度而來徐冷，亦熔接後的熱處理，為了除去熔接部的內部應力或去除擴散性的氫氣，一般實施磁力退火，但對蝕花加工的理想來講，退火的目的宜注重急冷部的組織改善或硬度的調整。退火時也麻田散鐵析出碳化物而所引起的硬化層的軟化，會使耐蝕性降低，亦析出硬化型鋼的急冷部，因其硬度會降低，所以等別須要調整硬度。實際上，不是硬度本身會影響蝕刻性，而是引起硬度變化的微觀組織之變化會影響蝕刻性，因此硬度只可認為是表示蝕刻性的一種尺度。

(c) 熔接條件及熔接方法

熔接條件和熔接方法，因母材和熔接材的種類及熔接部位不同而有差異，因此無法一概而論，但須注意下面各點：考慮預熱母材的溫度，宜設定較低的熔接電流，尤其作最後的填補時要注意此點。熔接中避免局部性的熱集中，而注意熔接部位與周邊母材的溫度差不要過大。另焊珠供給速度要均勻，使熔著部均勻化。將來會成為蝕花加工面的最後之填補熔接部，須採用多層熔接使其組織微細化。

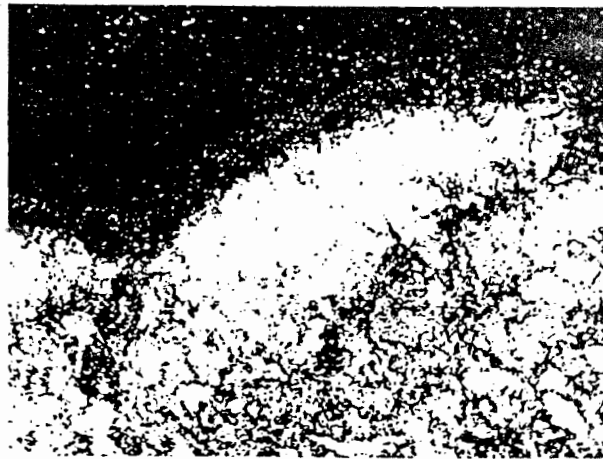


圖 4-10 熔接焊珠先端所形成的硬化層 (×75)

因為熔著部的柱狀組織之發達會成為不均勻蝕刻的原因之故。

以上，就模具熔接時須留意的點加以簡單的說明。其他，模具母材要保持清潔，並除去銹、不純物和水分等，以便能得無針孔或氣孔，且均勻的熔接部，則對蝕花加工來講是必須注意的。

(3) 熔接補修部的精加工

模具損傷部分的補修大多採用熔接的方法。若損傷部與蝕花面有關聯，就需要高度的蝕花補修技術。補修部位，不但不得損傷蝕花本來的形狀，同時補修部與周邊部的境界也要盡量保持意匠性的調和。即須補修的蝕花面與原來所成蝕花面之間，在其圖案의 深度及質感的方面，被要求須具連續性。

但正常蝕花加工面與補修熔接部之間的圖案連接部，由於補修水準無法保證常達 100%，一般在意匠上能容許的範圍內來設定其寬度。經驗上此寬度以 10mm 左右為適宜但由圖案或熔接部的大小及形狀來加以適當調整。尤其熔接連接部的表面精加工會顯著左右補修的良否，因此須要時特別注意，為了能得良好補修結果，補修部的熔接，除了須要注意前述的模具熔接技術上之各點以外，尚需下述的精加工技術，而此精加技術也很重要。第 4 - 11 圖及第 4 - 12 圖表示精加工程序及補修完了狀態。

(I) 補修熔接部的範圍宜在最小限度內。

(II) 補修部的研磨精加工須在研磨紙 NO.320 以上。梨皮地時須在 NO.600 以上。(隨蝕花圖案的不同來設定)。

(III) 熔接部的研磨面高度要與正常蝕花加工面的底面相同。

(IV) 圖案連接部的寬度，以熔接部周邊 10mm 為標準，而如第 4 - 11 圖 ③ 所示須付與傾斜。亦不得留有些許的粗號研磨後之研磨條痕。

4-2-3 放電加工

製作模具時常採用放電加工。這是因為放電加工具有能應用於所有金屬，亦可作各種形狀的加工，同時無論被加工物的表面硬度如何也能實施加工之優點所致。尤其對具有複雜形狀的模具，則不可缺的加工法。

但放電加工時，在金屬的加工表面上會形成數 μm ~ 數 $10\mu\text{m}$ 厚的變質層。此即所謂的白層，其耐蝕性極高。此層的形成原因被認為，由於放電加工時所發生的極度高熱使加工表層變成一種熔融狀態，而由此形成非晶質或微結晶質所致。

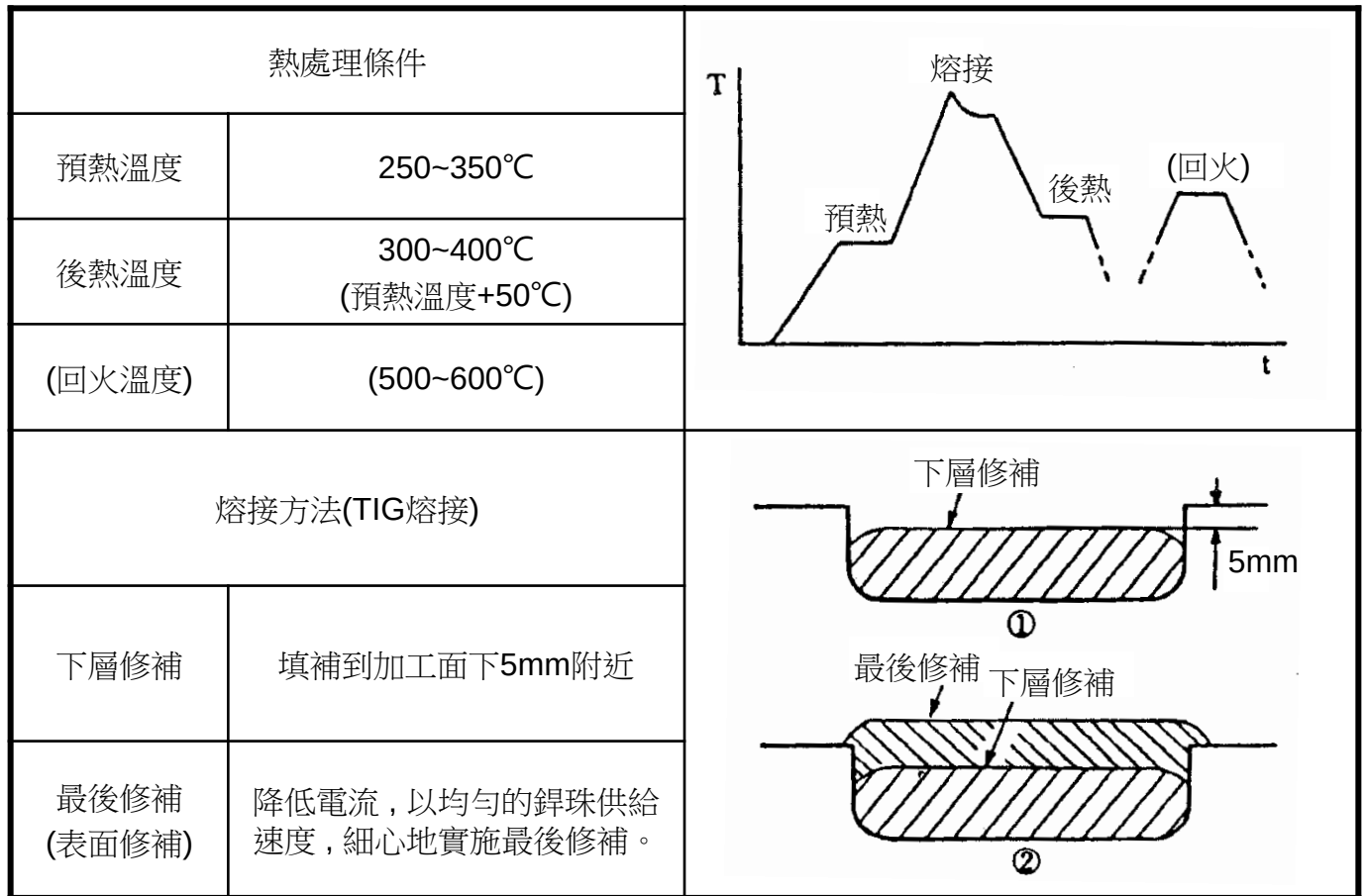
放電加工時，通常使用油性加工液，因此加工表層有碳物質的時附著，又因電極或被加工物的蒸發、熔融而形成轉移層或熔融殘留層。此等層受急冷所產生的再凝固層，一般為硬化層。亦用水當作加工液時，此在凝固層反而易成為軟化層。這是因為在加工表層無碳物質的附著、擴散而未發生碳化物的析出所致。

然而，在此再凝固層下會發生由急熱急冷所引起的組織變化，就是會形成所謂熱影響層。第 4-13 圖表示實施放電加工的 SCM 材之加工斷面及表面粗度。(a)(b)(c) 表示變化加工粗度時的白層厚度。

如上所述，在放電加工，一般被加工的金屬表面會發生熔融在凝固層或熱影響層，而此等層的特性與通常的金屬表面不相同。又因放電加工是靠局部的去除作用之累積來進行加工，所以白層厚度也難得到均勻。此種變質層，由其形成於最後表層的白層，比前述的偏析或熔接部更難實施均勻的蝕刻。因此實施蝕花加工時，最低限度也要完全除去白層。

白層的去除大多採用物理手段，但採用化學處理也能去除此白層。白層去除後，為了實施蝕花加工通常需要 NO.320 (梨皮地加工則為 NO.600) 程度研磨紙之精磨加工。

圖 4-1 熔接施工條件的要點



※熱處理條件的溫度，以SCM材作標準，鋼種不同時略有變動。亦對回火溫度而言，因模具形狀及大小的關係，有時不容易實施回火，此時可把後熱溫度提高，而來省略回火。

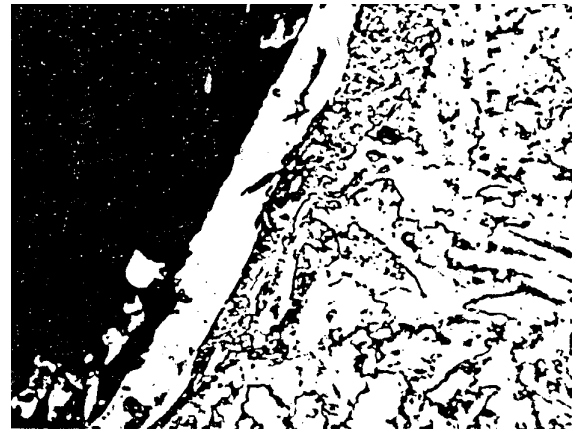
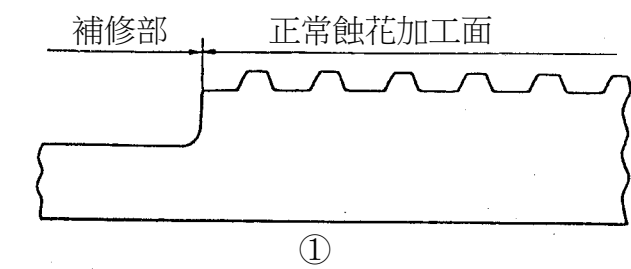


圖 4-14 放電加工的變質體

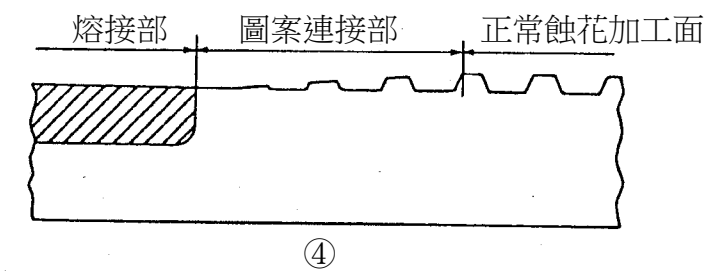
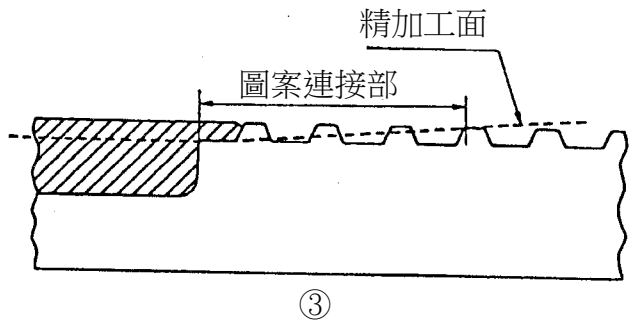
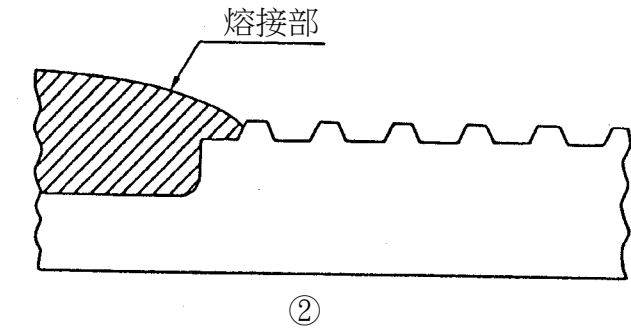


圖 4-11 熔接補修部的精加工程序

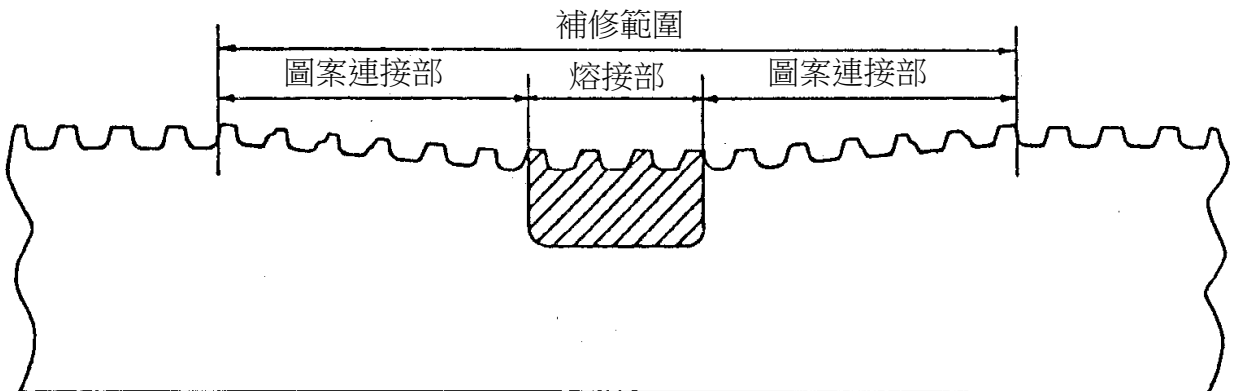
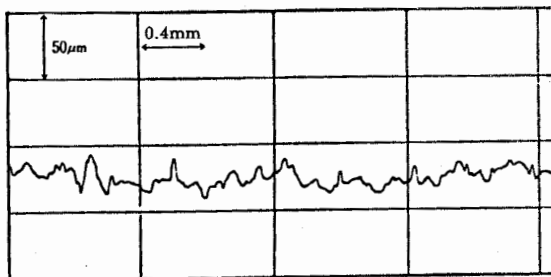
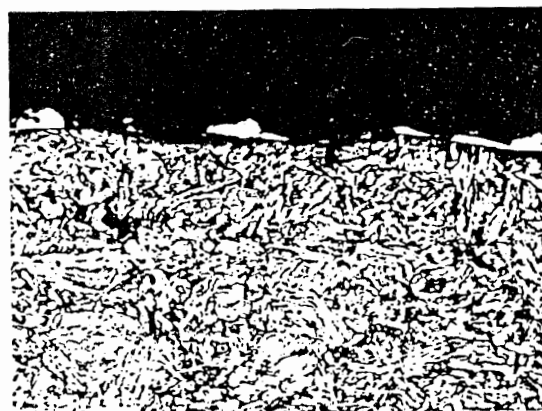


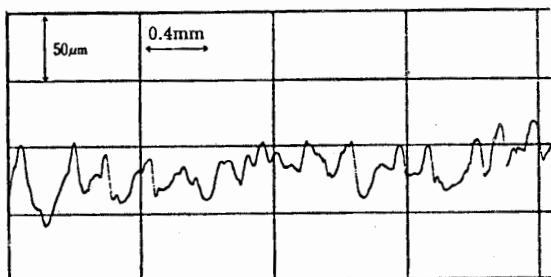
圖 4-12 熔接補修部的補修完了狀態



面粗度 $30\mu\text{m}$ Hmax



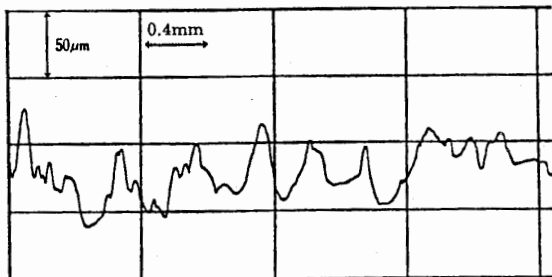
(a)SCM-4 (x240)



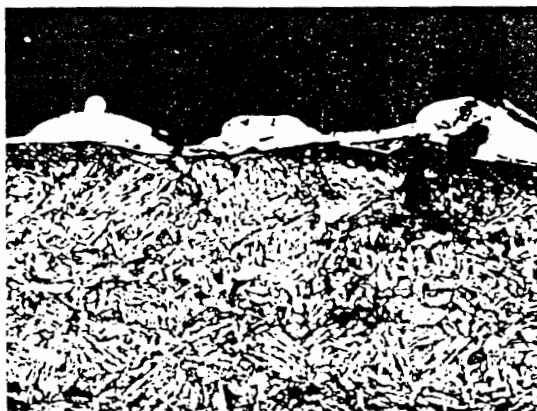
面粗度 $60\mu\text{m}$ Hmax



(b)SCM-4 (x240)



面粗度 $85\mu\text{m}$ Hmax



(c)SCM-4 (x240)

圖 4-13 放電加工面的表面粗度及斷面形狀

5. 蝕花加工上的留意點

5-1 模具用材料的選擇

選擇材料時須留意的條件如下：

- ◆ 無偏析或偏析少。
- ◆ 無針孔或針孔少。
- ◆ 晶粒度適切。
- ◆ 硬度和組織均勻。
- ◆ 具有適當蝕刻性。
- ◆ 適合蝕花設計。

模具用材一般多用鋼鐵材料，但是要選定蝕花用材料時特別要注意。鍊製方法、鍛鍊方法、熱處理等的履歷不同時，對蝕花加工所發生的問題點也不一樣。

蝕花加工時發生問題的要因有 (1) 起因於鋼材中的碳及合金元素者，(2) 起因於金屬組織流向（纖維組織）者，(3) 起因於氧、氫、非金屬夾雜物者等，而大多場合此等原因複合起來對蝕花加工產生影響。針對此等問題，則採用 ESR 再熔解法 (electro slag remelting) 或真空電弧再熔解法 (vacuum arc remelting) 等來製造缺陷少的均勻組織之鋼材，但從價格面來講，對所有用途的模具也採用此種材料，則尚有困難。

一般須採用下述方法來得到比較良好的結果：(1) 不使用鋼塊中心部的材料，而使用由鋼塊外側部分切取的材料。(2) 使用在高溫實施充分的擴散退火之鋼。(3) 為了得到均勻組織及適切晶粒度，把材料鍛造切出後，施以淬火、回火、正常化等熱處理。亦對此等實施充分處理的鋼材來講，其偏析的方向性仍易出現平行於鍛伸方向，因此材料的切出面方向宜設定垂直於鍛伸方向，來避免將來在加工面上出現具有方向性的缺陷。另外，切削所引起的表層部的不規則硬化及放電加工所形成的白層，熱處理形成的淬火硬化層等的硬度不均、組織不均、高硬化等由二次加工所引起表面變質，也可能會變為異常蝕刻的原因，因此對後加工也要特別留意。

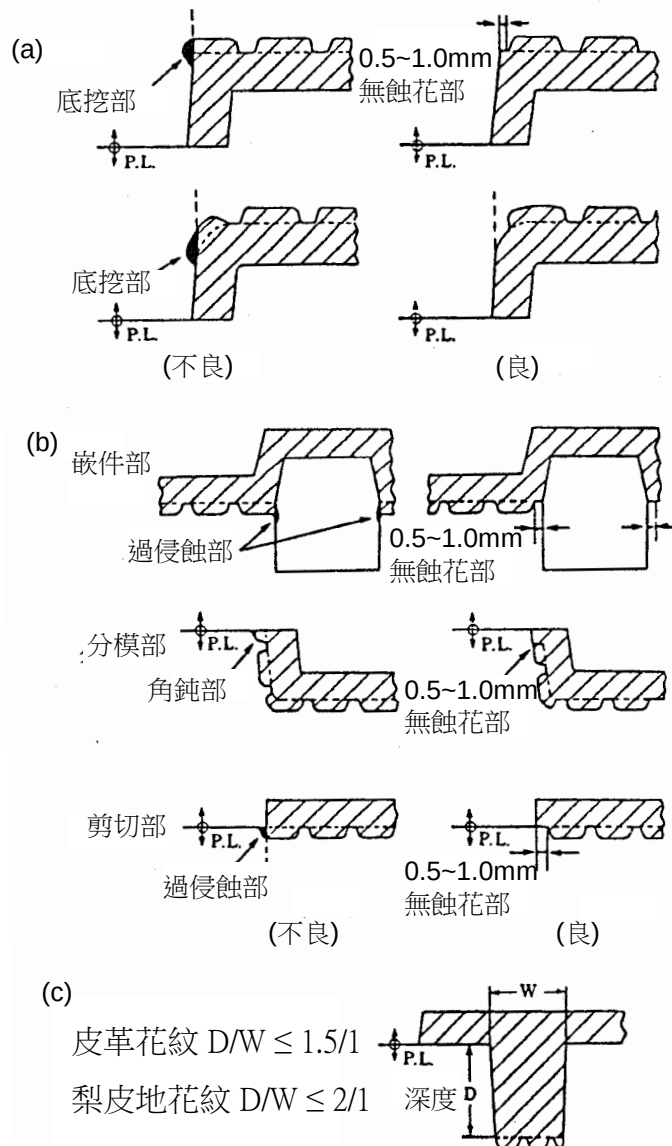
然而對一系列的同組製品來講，為了能得到相同水準的蝕花加工，則須要統一使用模具材的製造廠、鋼種、批號，並要採用同一的熱處理及同一的切出方向性等，各種條件都要針對蝕花加工來斟酌。

蝕花加工時最容易發生問題的梨皮地花紋，則須用晶粒均勻，且幾乎無偏析的理想的材料才行。晶粒度有相差時容易顯出不同的花紋，所以要注意。對圖案、木理、線等花樣來講，為了顯出其意匠性，須選用晶粒度緻密的材料，而具有銳利蝕刻性之 SCM 則預硬材和 SKD 材，則適於此用。

為了要事先發見不均勻蝕花的原因之不良蝕刻性，將鋼材浸漬於硝酸－酒精腐蝕液 (Nital 液，酒精 90ml+ 硝酸 10 ml)，使其顯出表面組織。由此表面組織，某程度可以判斷其蝕刻性，宜用來作材料選擇上之大致的標準。

5-2 設計上的注意點

- 如前所述，最重要的點是要選用合乎蝕花設計的模具用鋼材。對梨皮花紋須用晶粒度均勻且無偏析者，對木理、圖案花樣儘量選用能顯示平滑的蝕刻性之材料。鋼材內有偏析時，設計上須留意不要讓花紋橫斷此偏析。
- 設計時，在製品的重要部分得有熔接和嵌件。但設計上無法避免此情形時，須使用與母材同一批的材料實施熔接或作嵌件，以便圖謀與母材之間的材質均質性。亦為了避免發生嵌入線或熔接龜裂、應變、針孔及熔接穴屬周邊部的材質差異，須加以細心的注意。
- 設定蝕花加工範圍時，宜作第 5 - 1 圖所示的考慮。



- ◆ 製品的平面都與側面部之境界所施的蝕花，為了避免蝕刻的底挖 (under-cut) 所引起的成形不良或咬傷現象，其境界須設定如圖 (a) 所示。
- ◆ 成形模具的嵌件部、分模部、對頭剪切部的蝕花加工，針對蝕刻的角鈍或側向侵蝕所引起的境界部過侵蝕，須作如圖 (b) 所示的設定。
- ◆ 對製品的肋 (rib) 或溝槽要施以蝕花時，模具上的開口部寬度與深度之間，有如圖 (c) 所示的關係時才有可能實施。但，圖案形成作業上，須在能照射紫外線的範圍才行。
亦肋的側面之蝕花，須充分留意成形時的脫模性才可決定。

d. 咬傷

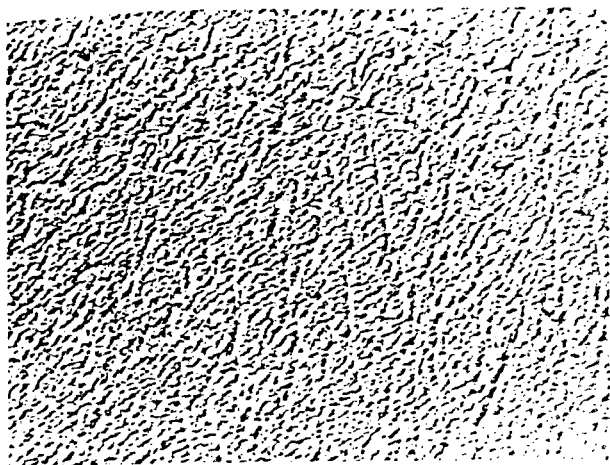
- ◆ 蝕花的深度，原則上宜配合樹脂的尺寸收縮來決定。
- ◆ 深度不同時蝕花的感覺會與標準深度者不相同，此點要注意。
- ◆ 選擇平行於拔模方向的蝕花花樣。
- ◆ 意匠上所允許的範圍，取最大的拔模斜度。
- ◆ 蝕花的斷面形狀或表面狀態宜使其平滑化。
- ◆ 設計上，把樹脂的肉厚加大，並使其無偏差。
- ◆ 須注意筐體左右的蝕花面積及平衡。
- ◆ 充分考慮模穴對符合模壓力及射出壓力之強度。

對拔模斜度的設定，一般 ABS 、 PS 樹脂為 10 度，PE 、 PP 樹脂為 5 度，而較淺的蝕花則其約 1/2，但此值不一定適切，僅為大致的標準。因為上述的數值是一般的平均數值，所以對特定製品的設計、規劃上無法當作參考。往往有時只有 1 度的斜度也能脫模，有時雖然有充分的角度也發生咬傷。此表示脫膜所需的條件是多方面的。

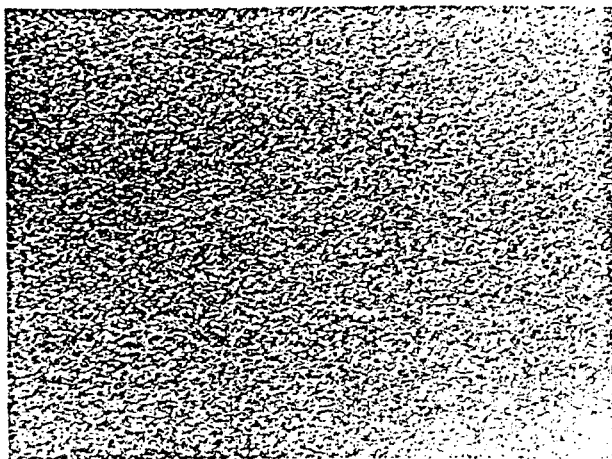
咬傷的主要發生原因在於蝕花加工。基本上要設計蝕花時，須把蝕花深度的部分，能由樹脂的收縮來吸收為理想。假如仍然依照過去，為了掩蝕成形品的縮痕、溶合痕、變形等缺陷為目的，不加思索盲目實施蝕花加工，則一定會發生咬傷。亦為了成形時不發生咬傷，有時蝕花設計上某部分會受限制，而導致製品意匠性會受到損害。

咬傷的發生，起因於模具表面與樹脂之間的磨擦抵抗。為了取出成形品，對蝕花面凹凸須把樹脂加以收縮來回避它，或把凹凸破壞去除掉，而破壞就是咬傷。蝕花的磨擦抵抗可分為蝕花花樣的凹凸磨擦抵抗和蝕花表面的面磨擦抵抗。由於如梨皮地的淺蝕花也會發生較多的咬傷，因此咬傷的主要原因似乎較大部分在於蝕花表面的面磨擦抵抗。假如將此抵抗降低，則可改善脫模性。成形樹脂在脫模時尚未達到完全硬化狀態，因此取出成形品時，若假定成形品會滑動模具表面，則把表面狀態平滑化時，可使表面幾乎不受傷的狀態取出來。

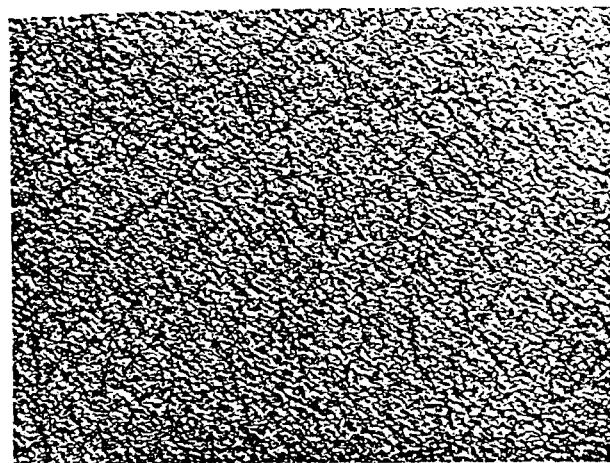
皮革花紋



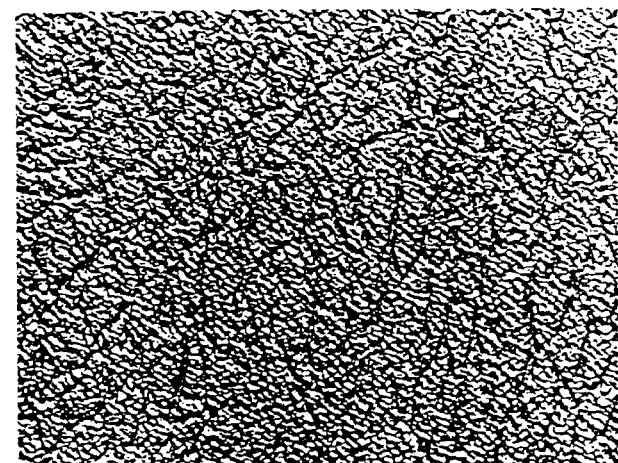
梨皮花紋



模具

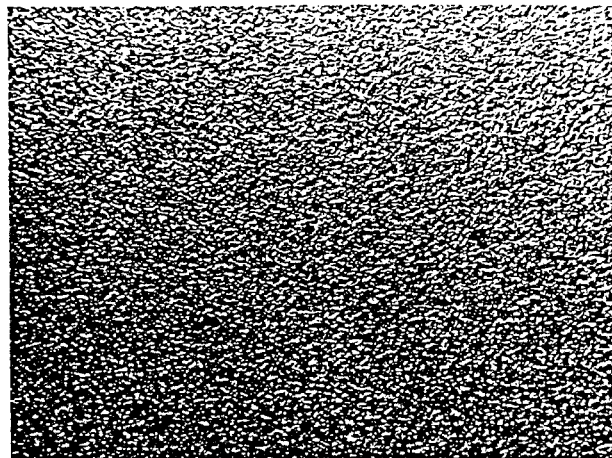


無光澤的成形品

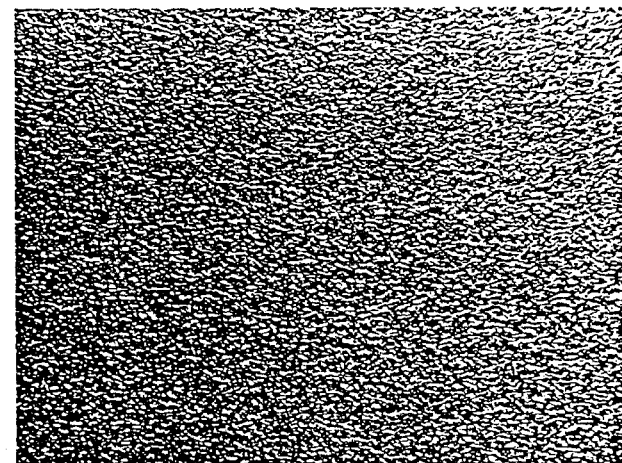


有光澤的成形品

模具



無光澤的成形品



有光澤的成形品

圖 5-2 模具與其反轉性之不同所引起的印象之差異

注目此點，在 1970 年開發了 x 加工 (excel process)。用此方法所處理的蝕花模具，能相當的程度防止咬傷現象，而未發生因脫模性不適當所引起的故障。但對意匠位來講，由於採用此加工時表面易呈光澤，因此適合梨皮地花樣等。

然而也有與蝕花形狀、深度等蝕花設計因素無關的咬傷現象。尤其製品的左右形狀極端不同時，模具構造設計上須充分考慮脫模之平衡。針對此點，有時在模蕊側面之全面或某部分施以蝕刻花樣加工，以便得到脫模的平衡。亦模穴的強度不足時，因成形時所引起的模具之撓曲，會導致來自兩側壁的夾持現象，而發生很大的面磨擦抵抗。由此原因，有時會發生咬傷。咬傷也和模具構造有關係的現象，因此為了避免此現象，設計時須考慮充分的安全率來作全面性的規劃。有時採用四面滑動法，或成形品成形後留在模穴內，而模蕊拔出後利用成形品的收縮，等到不傷蝕花面時才取出成形品。

e. 要施以蝕花加工的模具，其模穴的強度設計，須要把對射出壓及關模力所引起的模具變形量，限制在模具材的彈性限內。成形中，因受強大壓力使模穴產生應變時，相當於變形量的多餘之樹脂會流入模穴內，而樹脂收縮完了後，製品仍會受來自模穴的側向之壓力，致使容易發生無法脫膜。由此可知，成形時不要加所需量以上的壓力。

f. 製品設計、模具設計及設定成形條件時，須考慮成形品的表面光澤均勻性，成形品具有均質化的表層時。其表面會顯示一樣的光澤。表層的均質化，可使蝕花的反轉性、微觀光澤、第 5-2 圖所示的蝕花形像差及深及深度感覺的視覺差等，減低到最低限度。製品設計時，在肉厚設計上須使製品的所有部分都能得到均質的樹脂狀態。由樹脂的局部的冷卻時間差所引起的收縮不均勻或內部應力所導致的凹痕、應變等現象，會顯著左右表面狀態。為了補強或組合的目的所設的助、轂 (boss) 等，對肉厚變動或樹脂流動有相當的影響，因此有時須把助、轂的厚度或直徑，取此製品肉厚較小的尺寸。

實際成形時，不一定能把模具表面狀態 100% 反映到成品上。此情形，可以從在同一成形品的各部分有時會有不同的感覺，或對同一模具，若裝設模具的成形機之容量、機種不同，以及成形條件不同時蝕花的感覺會顯著變化的事實看得出來。此等變化，呈現成形品表面的光澤及反轉性之差異。因此，對成形品的所有部分或對各個成形品須要分別規定適切的成形條件，以便能得光澤一致的成形品。

尤其對梨皮花樣來講，如第 5-2 圖所示，光澤的微妙差異會顯著影響蝕花的印象，而成形品自澆口部位之距離不同所產生的壓力差或各部位的溫度條件差所引起的表面之微觀層次的反轉性之差，會成為光澤或視覺的不一致，呈現在表面來。本來梨皮地花紋，最須考慮表面的光線反射之問題，因此上述各種條件的差異，最會影響其光澤。此情形，可由小形成品容易得到安定光澤的梨皮地花紋的事實來推測。為了能得到更好的蝕花製品，在設計時須要作綜合性的考慮，使樹脂能均勻的填入模具的微細凹凸部位，並能得到均質的表層。

6 .結言

就應用蝕花加工的蝕刻技術、加工方法、其特性及留意點加以說明。尤其對蝕刻性，則根據實驗資料加以敘述，但此等資料尚無法充分了解其本質。實際上所出現的現象，不一定和實驗的相同，由此而言，則無法否定資料尚不足。與電鍍等的技術相同，對蝕刻液的經時劣化的問題，蝕刻機構，以及控制技術的改善等尚須研究的問題很多。

然而對擔負塑膠產業的一端之蝕花業者而言，將來的蝕刻技術的開發，或蝕花加工技術的開發目標，則須放在如何解決蝕花的意匠要求之上。進而，不再局限於本來的蝕刻技術，而以更自由的思維，來開展嶄新的模具表面之凹凸構成技術。