打光技術手冊

這本手冊的目的提供學徒及生手一些模具打光上完整及經證實的原理。

模具打光通常為製模師訓練學徒的一部份，因為需要高層次的技術，甚至可用“藝術”這字眼在模具打光上。

一位好打光師需要很多年才能得到高效率，因此老師傅通常發展出獨特的“商業機密”，經由當場實做解說傳給學徒，沒有書或手冊可以取代這種訓練方式，但是我們希望這本手冊能補充老師傅的教授材料，使初學者能減少大部份時便能融會貫通這門技術。

模具打光的過程需要很多工具材料及特殊技術，因此我們覺得有系統地介紹各種工具材料及如何使用他們對生手將有幫助。

打光步驟跟使用設備一樣各師傅及各廠商都不同，但我們所討論的都是最基本廣泛通用於各家。大部份的製模師並非頂尖打光師，一位頂尖打光師通常認為他們的“觸覺”或“感覺”是天生的本能，根據統計，一百個製模師中二十位能成為，好打光師，二十位好打光師中，只有四位或五位能精通成為，頂尖打光師，一位有能力的打光師對他的技術感到榮幸，因為科技越發達，產品越廣泛，使用模具越多，因此打光師在工業上繼續扮演重要角色。

第一章 塑膠模的類型

- ① 傳統兩塊公母模型
- ② 三塊模型

第二章 模具製造所使用的材料

各種工具鋼各廠牌有其規範。

模具中如有一部份需要熱處理，其熱處理方式及鋼結構對打光會產生深遠影響，如軟硬度不均，經過研磨很容易產生凸凹的所謂“橘皮”現象，不當的打光技術也會造成“橘皮”效應。

第三章

3-1 打光設備與材料

通常很多手工具及機械設備在模具打光上要使用包括：

- ① 各種尺寸及形狀的銼刀
- ② 砂紙、砂布
- ③ 往復式手工具夾適當的銼刀或油石
- ④ 可撓曲軸磨輪及可手提磨輪
- ⑤ 鑿子
- ⑥ 各種粗細的油石
- ⑦ 羊毛氈
- ⑧ 鬃刷
- ⑨ 鑽石膏等等

有各種不同工具，但當您開始使用即會明辯清楚他們，且完成打光並非單一工具或單組工具即足以完成步驟，有些工具去除金屬較快有則使其較平反光滑，有些工具可在大區域使用，小地方則需要特殊工具。當您越有經驗後，會發現各人對某些工具較偏好，並發展出獨特的方法。

3-2 重型手磨輪

保持工作場所整潔，將產生好產品。

它通常配上磨擦輪或圓盤，可以很快除去金屬片，使用於大組模具，使用時要特別小心與訓練，否則磨損過多，需要很多時間去修補，為了看得清楚，通常表面塗以顏色。

3-3

凸的部份磨掉顏色消失凹的部份沒磨到，留有顏色，生手也要練習使用此工具，以建立人與工具及鋼之間的關係。

重型手磨輪通常由 1/4 ~ 1/2 匹馬力之馬達所驅動，其安全規則及保養守則要遵守，電線要完整並避免急彎扭結，馬達室避免油與水接觸，要常戴護目鏡或面罩。

3-4 輕型手磨輪：

較小型但實用，驅動馬達約 1/10 馬力，轉速 10,000 ~ 22,000 轉 / 分，轉速控制可由手動型或腳動型可變電阻器操作。前端之夾頭，可裝上各種油石，銼刀或羊毛氈，正確使用並小心使用很方便，以下為簡單的守則：

- ① 不要掉落
- ② 注意別讓油或水接觸
- ③ 電纜要完整
- ④ 夾頭要使用正確扳手
- ⑤ 當它運轉時，別讓它倒下不管。

3-5 輕型手磨輪 (軸可撓曲)

軸可撓曲型不只傳動機構上不同，使用的地方也不同，由於較小型又可撓曲，因此細部角落或死角，大型無法達到，它卻可發揮功效。可撓曲軸不可急彎或細結，因軸與襯套間之過量磨擦力，產生高熱，容易磨損與破裂。馬達可固定於桌上或掛於工作場所。

3-6 氣動磨輪：

由壓縮空氣所驅動，比電動的更小型，更輕速度更快，可達 60,000 轉 / 分，所以削除力更快，速度控制由其上之節流閥調節。清潔乾燥之壓縮空氣很重要，如含水份之濕空氣，很容易使軸承鏽蝕而咬住，減低效率及壽命期。因此壓縮機要常放水，並需要潤滑系統，安全守則與電動的一樣。

3-7 手磨輪之技巧：

手磨輪為初步之基本工具，小心使用很方便否則磨損過多，善後處理很難且耗時。當模具表面太粗糙，用油石手推不易去除時，可使用磨輪機，除夾普通油石外，尚有碳化物，更硬更快，但它易脆，故使用上特別注意同心圓，並緊握免反彈跳動，損壞切齒或斷裂。初步的方向要與刮痕或 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，雙手及前臂要完全控制工具，使用壓力要平均，其平穩性對工作之光滑度影響很大。

3-8

正反旋轉方向要小心，否則會加深刮痕深度，轉速一樣，夾小油石之切削力比大油石小，可變電阻器，在控制轉速上很重要。所夾油石有各種不同尺寸與粗細，要適當選擇，當起步就選太細，將浪費油石與時間，必須依其粗度選擇適當油石，並按步就班，漸漸前進。當選好油石，必須夾緊，避免滑動。裝好後要用修整石修整油石表面，磨去鐵屑，使其中心對準，並與表面形狀配合。使用時也要常常修整，以去除積留鐵屑，用過的油石或磨輪要保留，也許下次同樣形狀可用到。

3-9

開始研磨前，磨輪機的放置處要選好，油石要正確找到著力點，工件太大不能移動，操作手要能輕鬆，且有效地移動，不可一次嚐試含蓋大面積，因在大面積上不好控制且壓力不平均，老師傅都是作很多小面積，然後將他們均勻混合。另一重要方法為十字交叉法，由一方向先磨，再以垂直方向磨另一方向，隨時與模型或圖比較。注意人控制機器，並非機器控制人，請尊重工具。有些跡象是由經驗累積而成，如轉速變慢，可能施壓太重，正常運轉油石及磨輪才能正常切削。

3-10

聽聲音也可感覺其轉速之改變，(憑經驗)當感覺滑動，可能施壓過重不平穩，或油石積屑，要用修整石磨擦。

3-11 往複式

另一種節省時工具為往後式手工具，可為電動或氣動，同樣可夾油石或銼刀，在軸向可前後浮動。前後移動之次數由 0-12, 500 次可調整衝程距離則由 0~5/16 不等。

3-12

與其他電動磨輪一樣，要小心使用，施壓要輕且均勻，形成圓運動，並慢慢重疊。溝槽或死角使用它很方便，節省時間便可覺得小投資很合算。

3-13 銼刀：

銼刀為人類最早使用工具之一，在發展為現代銼刀的過程中，各廠牌都加入幾年之經驗與個別背景，並存有國家意識，因此有美國製、瑞士製常出現。

- ① 單面銼刀
- ② 雙面銼刀

3-14

銼刀依每吋之分數來分粗細，有美國、瑞士規格之分。

3-15

特殊形狀之銼刀叫 **Rifflers**。它可使用於傳統銼刀無達到之處，各廠牌的目錄上，有各種不同形狀，如附圖。

3-16 使用銼刀之技巧：

好的技術需要時間實際操作而獲得，它較需要體力，但磨削力與手磨輪一樣，當手磨輪不實際或太大不能操作時，可使用銼刀。首先選擇適當銼刀要依 ① 工件之形狀 ② 粗度 ③ 要磨削金屬的量而定。手握銼刀要緊握，前進時施壓要平均，回程時銼刀要離開工件或至少鬆壓，避免鐵屑刮痕。使用銼刀有一共同問題為工件上沾油或油脂，這很容易使鐵屑黏附刀隙而鈍化，使用粉筆餅可減少附著，因此施工前工件表面先用酒精或溶劑清除乾淨。

3-17

別用手去抹工件，因為手上也有油脂會造成問題，同樣理由，別用手去抹銼刀。觀察表面，如開始出現淚粒狀，銼刀可能已鈍化，使用銼刀刷可去除鐵屑變銳利。使用銼刀時也要清除異物、砂布所留下的顆拉，易使銼刀鈍化。

工件要很平時，一定要使用十字交叉法，可去單方向所造成的微波。

3-18 鑿刀：

鑿刀使用於其他工具無法達到之怪形狀處。它由高速鋼所造成，可以買到各種形狀，敲打的錘頭也是特製的，頭為圓盤狀，面積大較容易打中，木柄後頭也圓大，可使手掌較容易緊握，手腕前後搖動時，手臂不容易疲勞。

3-19 使用鑿刀技巧：

如前所述，細小處常有磨機不能到達處，這是受制於尺寸及空間，此時正確地使用鑿刀，也能均勻地削除一捲鐵屑，像車床車過一般。一種困難的“秘方”是眼睛不自鑿端，而錘頭不斷敲中，因為眼睛要注視工件之切削情況。這種技巧需要時間實際操作而獲得。老師傅之技巧都是這樣取得，它需要耐性。錘頭不重，只要輕敲，並平穩的敲打，手臂不要移動，除非改變方向，另一隻緊握鑿刀，手掌放於工件上，避免發出不正常的卡答聲，施用的角度也要適當，依工件的情況而定。

3-20

鑿刀的角度最好磨成 70° ，要稍鈍，不能太利，否則角度不易保持。在磨輪磨成所需的角度及形狀後，最好再用 Arkansas 或印度石研磨其上之鐵屑。生手有一共同錯誤為一次想去除很多金屬薄片，要知欲速則不達的道理，因為不好善後處理，故不要太熱心。

3-21 砂布及砂紙：

有各種粗細的種類；其顆粒是氧化鋁或碳化矽為人造的結晶體，有其特殊的結構及硬度，磨擦能力也不同。結晶顆粒的大小是決定其磨削力，編成大小號碼號碼越大越細。很細小的粒子成粉狀，不能用篩子篩選，必須漂浮於水槽中，讓大顆沈於槽底而分離。背面的紙質依重量分為四級，都有防水性，“A”級最輕也最柔順，依次為 C、D 級、E 級最韌，作成卷狀供機器用。背面為布質分為兩級“J”級較輕可撓曲，“X”級較量，抗強力較強。黏著顆粒的黏著劑為化合物。

3-22 油石：

油石的顆粒也是氧化鋁或碳化矽，兩種結晶體，它們電解鋼爐的副產物，其結晶顆粒很硬，像鑽石般，可以執行切削任務。結晶間也要足夠脆，以便磨成所需形狀，但其結構間也必須強韌得足以承受磨擦壓力而不易斷裂。

3-23 結晶顆粒形狀大小，影響其切削能力：

氧化鋁的顆粒成小方塊，所磨出的刮痕較寬由光的反射作用，顯得表面較為光亮。碳化矽顆粒較瘦且尖，所磨之刮痕，表面較暗無光澤。

顆粒大小也是按號碼，排列，由 120 ~ 1,000 號碼越小越粗。

3-24

黏結顆粒的黏著物，可為自然的黏土或人工合成的化合物，理想的黏著劑，其強度足以黏結顆粒，但其脆度也要足以破壞結合力，當磨損時。黏著劑的本質決定其硬度，依字母順序 “A” 最軟至

“E” 最硬。各廠牌的軟硬度不同，同是 “A” 級，但硬度不一樣最重要的是黏著劑本身不俱磨削力，尤其在越細的油石更重要油石的多孔通氣性，取決於顆粒與黏著物間的小間隙，各廠家生產油石都溶入多年的經驗及智慧，黏著物有其特殊配方，硬度不同，因此間是 # 600 油石，各廠牌的磨削力不一樣，請慎選。

3-25

特殊的油石用於特殊的目的，如鋼、鉻、黃銅、鈹銅、最近幾年放電加工技術盛行，其過程所產生的放電白層，因為堅硬難除，必須使用放電石。

老師傅使用油石有其偏好，生手訓練除遵守其經驗累積外，也要嚐試可用的新油石，技術才會更進步。

3-26 鑽石膏：

為了達到“鏡面”或光學程度，必須使用鑽石膏，鑽石為碳分子的單分子結晶，不像氧化鋁為多分子結晶，因此結晶顆粒較單純可分離為較細小。不同顆粒的分離法為醫學上的洗淨法，洗淨槽中漂浮與沈澱可分出不同的大小顆粒。

3-27

黏著鑽石顆粒的載體，除了懸著作用，尚有潤滑作用，它可吸收磨削下來的微粒，長時打磨會變濃，因此要備有特殊的稀釋液，以便繼續潤滑鑽石粒。為了容易分辨，各級加上不同顏色各種不同工具如毛刷、羊毛氈、木材棒、可附加使用鑽石膏。

第四章

4-1 模具打光要件說明：

由於表面的光亮度要求越趨精細，因此最近幾年模具打光的過程也漸趨向科學化，而鋼的材質與結構直接影響打光的品質，因此各大鋼廠都很重視模具鋼的金相組織。要設計成製造一組模具前，先決定模具要打光至什麼程度：如打光至鏡面程度要耗費很多工時與費用，因此決定後，再選擇用何種材質的模具鋼，計算製造成本。另一影響模具打光要素為：用何種粗膠材料射出成型如用透明性的壓克力，做為鏡片或儀表表面，則需打光至鏡面程度。

如用低密度聚乙烯，或高衝擊性聚乙烯，材料本身即會產生光彩，模具不必打光至鏡面程度，只要好起模即可。

4-2 打光太亮反而是浪費

在過去打光至何種程度，很難有標準可以定義，因它為描述性重於定義性，完全靠老師傅個人的主觀判斷來決定，時常發生糾紛。而且一組模具打光至很亮，並不代表很光滑因它還可能存有說紋或粗紋，但外表很光亮，卻會黏模。因此發展出一組比較板，一盒有六片鋼板，打光至不同程度，當比較標準，# 6 ~ # 1，由最粗 ~ 最細，# 1 為打光至 # 8000 鑽石膏

比較板號數

1 — # 8000 鑽石膏

2 — # 1,200 鑽石膏

3 — # 320 砂布

4 — # 280 油石

5 — # 240 乾石

6 — # 24 乾粒

4-3

另外有一種粗度計；只要將探針放在模具表面移動，小波峰、波谷即可輸入分析儀，儀表即微吋(10 吋) 表示出來，波峰或波谷偏離平面多少微吋較，即以 “均方根 RMS 值微吋” 表示。

比較板號數

1 — 0.5 — 1.0

2 — 1.0 — 2.0

3 — 7.0 — 7.5

4 — 12.0 — 15.0

5 — 26.0 — 32.0

6 — 160.0 — 190.0

第五章

5-1 模具打光步驟

模具打光至何種程度很重要，至 # 600 砂布或至 # 800 鑽石膏不同。但最重要的是模具表面不能管波紋，微波、變形、砂孔、刮痕、或橘皮現象。

工作母機：

模具經工作母機製造後，其表面的粗糙度，通常決定如何去打光。

5-2 磨輪機磨：

粗糙表面先用磨輪機磨，先由波頂磨起，使其漸漸趨平，表面能留有淚粒或波紋，或不規則紋，即可進一步用油石磨。

5-3 油石磨：

視磨輪機磨的表面粗度情況，再選擇油石的番號、先由粗的油石磨起，# 240 或 # 320。油石要前後移動，稍為施壓，與欲除去的波紋成 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 角，油石要常沾油石油，以清除黏附的鐵屑，避免造成新的刮痕。

當所有的刮痕、波紋，不規則處都磨平，才可換更細的油石，磨輪機磨過留下的燒焦處，也要磨掉，表面硬度才能平均。

5-4

打光的過程，從物理的觀點看，是一層的刮痕重疊另一層的刮痕，使刮痕越來越細，細痕擦除粗痕，每次變換油石，都要與前次交叉 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、即所謂十字交叉法，較粗的顆粒也要清除，避免形成新的深刮痕。因此最好每種油石沾的油各成一小罐，顆粒或鐵屑才不會相混，如果無法辦到，油罐中間也要裝濾網，避免油石沾到大顆粒或鐵屑，使其沈澱於底部。

5-5 使用油石的一些提示如下：

1. 別用太粗的油石。
2. 在磨輪機上修整油石形狀使適合於工件的表面。
3. 修整時要小心。
4. 油石油要足夠多，以免油石沾鐵屑。
5. 油石要抓穩以控制方向，稍為施壓足以磨掉即可。
6. 變換油石，方向與前一次交叉。
7. 更換油石前，表面要清除乾淨。
8. 各油石所沾的油各成一罐。
9. 在邊緣處磨要特別小心。

5-6

如要熱處理，先打光至油石 # 240，或 # 320 熱處理後所留的垢也要用油石磨掉，否則打光後留有灰色區塊，必需重頭做起。

5-7 橘皮現象的起因：

- ①熱處理不當，使硬度不均，較軟部份先磨去，較硬部份留下，形成不平的現象。
- ②施壓力不平均。
- ③模具鋼的組織結構改變，如炭分子跑出所形的凹洞用顯微鏡放大，沒有尾巴。

金屬越硬越容易打光，橘皮現象都發生在屈服點以上，屈服點之溫度，可以隨硬化或氮化而提高，軟質的鋼材較容易起橘皮現象。記住：

打光過度或施壓太多，都是凹洞和橘皮的起因。

第六章

6-1 鑽石膏研磨：

鑽石膏研磨這部份放在最後討論，因為這步驟在打光過程中也是最後一步驟。一定要前步驟（油石研磨）做得很徹底，很好最後所形成的光亮度才能很滿意，否則前些步驟所存在的缺點，如凹洞，波紋，粗紋，到完全原形畢露。因為傳統的砂紙或油石無論多細，其所造成的刮痕要去除都有其極限因此用單分子結晶的鑽石膏來做最後修飾。

6-2

用油石研磨其動作屬於磨刀石性(Honing)而用鑽石顆粒研磨，其動作屬於重疊性 (Lapping) 重疊性的工具（鑽石粒）不具有先天的磨擦性在工作表面和環中間必須加入磨擦膏以取代。環、刷錘的材料可為鑄鐵、黃銅、豬鬃、材料或硬紙做環材料的先決條件為比工件及鑽石膏軟，否則工件會卡住，研磨作用變相反。鑽石膏的等級超過 12 種，由粗至細。有些師傅用鑽石粒加棕梠油、橄欖油、豬油、機油、鯨油、棉花子油、可可油、或其混合油、自己配鑽石膏，但目前已無此必要也不見得便宜。

6-3

開始用粗的鑽石膏，少量塗抹於工件表面，先用低速磨均勻，大部份學徒喜歡用高速反而將鑽石膏拋開，同時，注意輕壓，環與工件接觸面要平，否則會產生深刮痕及環紋，十字交叉法同樣要使用，鑽石變黑是因吸收鐵屑。要磨到油石紋消失為止。

6-4

要變換更細的鑽石膏前，工件表面要清除乾淨，不要殘留顆粒，用去漬油或酒精及衛生紙清潔。每種鑽石膏也要使用不同的環，最後的步驟為用手擦拭：

注意事項：

1. 先用少量鑽石膏，必要時再增加。
2. 不同等級的鑽石膏不要混合。
3. 如果鑽石膏變乾或變硬，加稀釋液或潤滑油。
4. 毛刷、羊毛氈、環與工作面要平。
5. 如果最初使用的粗鑽石膏無法磨去油石所留的刮痕請停止，然後試用較粗的鑽石膏，否則重頭做起。
6. 更換較細的鑽石膏前，表面要清除乾淨。
7. 每種鑽石膏用一種環。
8. 每一步驟要確實除去前一步驟所留的刮紋。
9. 塑膠環或銅環不能用砂布或砂紙磨，因其顆粒入環中，會造成更深的刮痕。
10. 為了避免污染，最好設立無塵打光室。
11. 打光要按部就班無捷徑。

6-5 一組打光步驟：

- # 220 油石
- # 320 油石
- # 500 油石
- # 800 油石
- # 15 鑽石膏
- # 6 鑽石膏
- # 3 鑽石膏
- # 1 鑽石膏 (8000 鑽石膏用手擦拭)