

鋼線微觀組織金相試片的製作

張正熙

金相微觀組織(microstructure)分析的原理，最主要在於將金屬試片的表面經由切割取樣、研磨、鏡面拋光等一連串作業程序，將試片表面達到一定要求的鏡片光滑度後。再使用特定的腐蝕液對於試片表面加以腐蝕。此時利用金屬材料中的各相，或是同一相中方向不同，或是金屬中各項不同的組織及成份，對腐蝕程度、速率的不同。而在金屬試片使用腐蝕液加以腐蝕後，會使得試片的表面產生高低不同或不平坦的面，而能夠呈現出各相之特徵。最後再利用光線的反射將內在的金相組織顯現出來，而可以使用光學顯微鏡放大倍率，對於金屬試片加以觀察並判斷之。

對於鋼線品質的評估，一般我們可用拉伸試驗、扭轉試驗、彎曲或纏繞試驗……等加以檢視，量測其抗張強度、伸長率、扭轉、彎曲次數，並評估試驗後試片破斷面及試片表面情況，以判定鋼線的品質狀況。而金相微觀組織(microstructure)的分析作業，通常也可用在鋼線的品質管制上及破損的分析上。例如鋼線的退火製程，可以利用金相微觀組織分析作業，評估線材沃斯田鐵化是否完全、表面脫碳的程度、結晶粒度的大小……等；而在球化作業方面，也可以用來評估球化時間及溫度是否正常，製程是否在控制之下。另外在鋼線發生破損或品質異常的情況時，我們也可以利用金相微觀組織的觀察分析，來協助判斷鋼線材質上的問題，找出異常原因，加以改善。

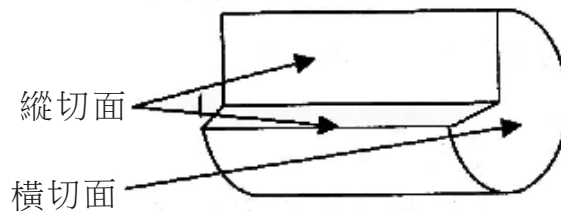
一般金相微觀組織試片的製作，大概有下列幾個步驟，取樣、鑲埋、研磨、拋光、清洗、腐蝕、金相組織觀察……等。鋼線金相微觀組織的觀察，通常會使用在鋼線破損及品質異常的分析上。但由於鋼線在經過抽拉後會產生塑性變形，其外徑尺寸變小，組織也會產生纖維化。因此在金相微觀組織試片的製作及處理上要格外小心，否則會因試片製作失敗，造成誤判，而達不到要觀察的目的。因此在製作鋼線金相微觀組織試片時，各項作業程序及步驟，要特別

注意的細節，說明如下。

取樣(SAMPLING)

取樣就是從要分析的鋼線樣本上，取下我們要觀察的部份。取樣時必須要考慮其整體或分析的主題的代表性，例如品管檢驗，可隨機取樣；而破損原因分析，則要取性質較差或破損處的材料，用以凸顯破壞原因及方便觀察等等。一般鋼線金相微觀組織試片的取樣原則如下：

- 一、破損分析時通常要取接近破損斷面的部份；而使用在品質管制上時要依抽樣檢驗的規定，要取得能代表品質情況的試片。
- 二、另一方面要注意的則是試片觀察面的選擇，可分為橫向切面及縱向切面如圖一。通常要觀察到鋼線內部的心部組織，由於鋼線組織有抽拉方向的加工，取樣要取向切面的試片樣本。才可以觀察到心部的組織的變化。例如鋼線破損分析、斷頭、伸線後的纖維組織、伸線組織中的粗波來鐵、中心杯斷、中心偏析、退火處理是否完全…等；而要觀察鋼線表面外緣的組織或是球化、韌化退火處理的均質性的線材，取樣一般可取橫切面樣本。這樣可以容易觀察到外緣的組織，如脫碳層、表面硬化層、表面應變層……等。



圖一 取樣位置

三、取樣的方法通常我們含使用線鉗或電鋸等工具，將試片自整捆或整條的鋼線上剪斷或鋸斷取下。但是在取樣時，下列幾項細節要特別注意。

- (一)在使用線鉗剪斷時在剪斷面附近會產生塑性變形層；使用電鋸鋸斷時，鋸斷時由於鋸斷時的高溫，會使得鋸斷面產生材質上的變化。因此在使用

線鉗剪斷或電鋸鋸斷時，其斷面最好距離要觀察的面 5cm 以上，以免影響觀察結果。

(二)取下的鋼線試片後最好將其切斷面加以整修，一方面可除去取樣斷面的變形層，另一方面切下之樣品其表面越平，變形越小。對於後續之研磨、拋光時間越短，使用的耗材也較節省。

四、自整捆或整條的鋼線上剪斷或鋸斷取下的試片，也可用使用研磨溼切法(Abrasive wet cutting)的切磨機再加以處理。因使用濕切法可以得到較小的塑性變形層及變質層，所以可以切割到較接近觀察面，可以縮短後續之研磨、拋光時間。例如在線徑較大(超過 7.0mm 以上)的鋼線試片，我們要觀察縱切面時，亦可事先將試片利用濕切法割到接近中心位置，以減少後續研磨過程。另外鋼線線徑不大(如線徑在 7.0~4.0mm)，也可以先將試片鑲埋後再切割。

(一)目前最常用於試片的切割方式為研磨溼切法(Abrasive wet cutting)，研磨溼切法是將研磨顆粒膠合成片狀作為切割片，切割時加上冷卻液，於樣品上定點高速研磨而造成切割之效果。

(二)冷卻液可降低切割片和樣品的切割磨擦時所產生的熱，可避免樣品變形或變質。一方面同時可將切割下來之樣品屑帶離切割面。

(三)切割片的種類，分為長效性切割片及一般切割片。

1.長效性切割片，因其所使用之研磨顆粒硬度高且價格昂貴，故只膠合於金屬片之外緣一圈，而使用的時間也較長，適合用來切割硬度高的材料，研磨顆粒材質有鑽石及 CBN (cubic boron nitride；氮化硼)。鑽石研磨顆粒有用金屬膠合的切割片，它適合用來切割脆性材料如掏瓷。另一種用電木膠合鑽石的切割片，適合用來切割如燒結的碳化物(sintered carbides)等材料。CBN 研磨顆粒只有用電木膠合的切割片，它適合用來切割非常硬的合金，如白鑄鐵。

2.一般的切割片以碳化矽(SiC)及氧化鋁研磨顆粒製成，因損耗較快，價格較低。因此整片切割片均由研磨顆粒和電木膠合而成，常用於金屬及合

金之切割。一般鋼線硬度不是很高，則可選用此項切割片。

(四)試割時的注意事項：

- 1.試片要使用固定鉗固定牢固，以避免切割時試片移位，造成在高速切割研磨時切割片破裂或使試片損壞。
- 2.切割時一定使用冷卻液加以散熱，一般冷卻液為水加上太古油，為 10:1 的比例混製而成。切割時冷卻液的量一定要足夠，才能達到散熱的效果。冷卻液循環使用時要使用過濾網，加以過濾切割下的碎屑。一方面可以保護冷卻液循環泵，一方面使冷卻液乾淨，不會影響試片切割作業。
- 3.切割時進刀速度不能太快，硬度越高的試片進刀的速度要越慢。進刀太快會造成切割砂輪片破裂，或是試片切割歪斜。

(五)切割砂輪片一般有一定的使用年限，通常是一年至一年半，要注保存時效，因此不要儲存太多數量的切割砂輪片。另外保存切割砂輪片的環境也要注意，要選擇一個乾燥的環境，並且要平坦放置，以免變形。存放時可在切割片上面放置一個平坦的重物壓平。

鑲埋 Mounting:

鑲埋(Mounting)作業將鋼線樣本埋在樹脂中，可將不易握持的試片固定住，以方便握持，使得後續的研磨及拋光作業在處理更方便，並提高試片製作之結果。試片的鑲埋一般可分為冷埋(Cold Mounting)、真空鑲埋(vacuum impregnation)及熱埋(Hot Mounting)三種方式。

一、冷鑲埋(Cold Mounting)：將樣品放入模具中再將樹脂及硬化劑之混合倒入模具，在常溫、常壓之下硬化，為方便及經濟之埋模方式。但樹脂及硬化劑等耗材較貴，大量使用時成本反而較高。一般冷鑲埋用的樹脂有 Epoxy resin 環氧樹脂、Acrylic resin 壓克力樹脂、Polyester resin 多元酯樹脂…等。環氧樹脂它硬化後之收縮率最低，但硬化所需時間最長，對各種材料之附著性最佳，也最適合用於真空鑲埋，環氧樹脂硬化後為一種熱固性塑膠；壓克力樹脂為一硬化時間短、使用方便之樹脂。壓克力樹脂硬化後為一種

熱塑性塑膠；多元酯樹脂參入礦物添加物，可提高邊緣強化功能，樣品平整度佳，多元酯樹脂硬化後為一種熱固性塑膠。

二、真空鑲埋(vacuum impregnation)：專門用於鑲埋多孔性樣品之鑲埋方式。在真空狀態之下作冷鑲埋，使得樹脂易於滲入孔隙增強樣品之結構，避免製備過程中，研磨粒嵌入樣品造成誤判。

三、熱埋(Hot Mounting)：是用熱埋機，在高溫、高壓狀況之下完成熱埋動作，速度快、效果佳，但需投資熱埋機且不適用於熱敏感之樣品。將樣品放入熱埋機之模具中再將熱埋樹脂倒入模具中，在高溫、高壓之下將樣品緊密包埋住後，樹脂冷卻硬化，為方便迅速之埋模方式。通常鋼線對於熱並不敏感，而且冷鑲埋耗材較貴，熱鑲埋耗材較便宜。因此目前鋼線試片一般均使用熱鑲埋方式製作，所使用的。使用熱鑲埋片要注意鑲埋前試片的處理、鑲埋加熱溫度、時間及壓力，和試片的排列方式……等重點。

(一)熱鑲埋用的樹脂大概有 Thermosetting 熱固性塑膠及 Thermoplastic 熱塑性塑膠兩種。Thermosetting 熱固性塑膠，此類塑膠經一次塑造後，雖再加熱亦無法變型，故不受熱力變化，但在尚未成型前，它也是一種熱塑性體。熱固性塑膠它具有較低的收縮率及對樣品之附著力較佳的優點；Thermoplastic 熱塑性塑膠：此類塑膠具有遇熱變軟、遇冷變硬、塑性塑膠。並可重複成型之性質。這是因其結構之分子為線狀或支狀，易因熱而自由運動，故可軟化或熔融。而我們也可利用該項特性來加熱已包埋好之樣品，來取出我們所要的樣品。

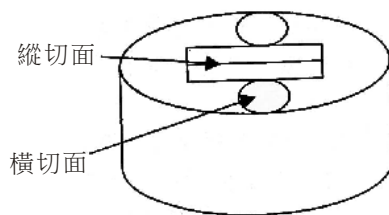
(二)在鑲埋鋼線試片之前，要將試片徹底的清潔乾淨，以免試片和鑲埋的樹脂或電木粉之間無法緊密結合產生空隙。在研磨或拋光時水會跑到空隙內，影響後續試片的腐蝕作業(試片邊緣會有水漬存在無法觀察)。試片鑲埋前的清潔的可使用酒精或四氯化碳加以清除，尤其鋼線表面常殘留有伸線粉或下游加工的油脂。若是要觀察的是縱切面的鋼線試片，也可以使用最細的砂紙(#1500)，將鋼線表面的氧化物、磷酸鹽皮膜，油漬、雜質污物輕輕磨去。但若是要觀察橫切面，則要儘量不要使用砂紙去污，

以免過度去除鋼線表面層。

(三)通常使用熱鑲埋的條件如下：

- 1.熱鑲埋加熱的溫度一般為 150°C 左右，部份較特殊的鑲埋材質視其熔點情況而定。
- 2.加熱時間在 150°C 的期間至少要保持 5 分鐘以上，以使鑲埋的樹脂充分熔融。
- 3.熱鑲埋壓力在 1.5kg/cm² 以上，在加熱及冷卻期間最好均保持一定的壓力。
- 4.鑲埋片的高度一般保存在 2.5cm 左右，較方面握持研磨。因此可視試片的體積大小，來加減熱鑲埋樹脂的數量，以調整鑲埋片的高度。試片體積大越大，樹脂用量越少。
- 5.一般鋼線試片鑲埋常發現的問題，為壓力不足及加熱的時間及溫度不足，造成鑲埋片未熔融或是成型不夠緊實。

四、鑲埋時的要注意試片的放置方式。欲觀察中心部份金相組織的鋼線試片，如中心缺陷、杯斷、偏析…的鋼線試片。一般可將同一條鋼線，取兩個鋼線試片，緊密並排在一齊鑲埋。在研磨時磨到兩件試片相連在一起時，即是到達要觀察的最中心面，如圖二。



圖二

五、為怕試片在鑲埋過程中發生移位的異常，或是要觀察的橫切面，在鑲埋時試片無法站立時。也可以使用固定小試片的夾子，在鑲埋時加以固走一起鑲埋。固定試片的夾子一般有樹脂夾子和不鏽鋼的夾子。

六、另在研磨作業時一般由於試片放置在鑲埋片的中心，而鋼鐵硬度又較樹脂或電木粉的硬度高，因此在研磨時研磨面，通常由中心向邊緣傾斜，影響後續觀察時顯微鏡的對焦。因此怕表面平坦度不平均時，亦可將不鏽鋼固定夾子放在鑲埋片的較外緣和試片一起鑲埋，在研磨時研磨面就較不會由中心向邊緣傾斜，而使得試片較平坦，有利於在金相觀察時的對焦。

研磨 Grinding :

研磨作業(Grinding)是要除去試片經取樣切割時產生的應變層及熱效應層，或是磨到要觀察的面。並將試片研磨到一個平坦面，為後續的拋光作業作準備。研磨材料有鑽石板、研磨石(氧化鋁)、碳化矽砂紙(SiC paper)...等。鑽石研磨粒(鑽石板)適用於硬度大於 150HV 之材料，如陶瓷、硬合金等。氧化鋁研磨粒(研磨石)則適用於一般合金。碳化矽研磨粒(砂紙)適用於硬度小於 150HV 之材料，碳化矽砂紙為最常使用之研磨材料。

鋼線微觀金相組織的研磨最常使用之研磨材料為防水砂紙(水砂紙)，研磨需使用加水的濕磨。是為了在研磨過程中減少熱量，並帶走砂紙上的研磨顆粒。一般研磨分為粗磨及細磨兩道作業，粗磨是研磨的最初步驟，以確保最初試片表面的平整性，因為我們要檢驗的試片需在同一平面上。如果試片表面一開始就已經很平整，那粗磨的步驟就可以省略了。細磨之目的為將切割或粗磨時對試片所產生的變形，減至最低，以利於拋光步驟時能將所有變形去除。鋼線試片研磨的步驟及注意事項如下：

- 一、鑲埋完成後的試片，在研磨前首先要將鑲埋片背面的四週邊緣角度磨鈍，以利後面研磨時鑲埋片的握持。
- 二、在研磨機上置防水砂紙並加水，在流動的水中以粗砂紙先磨，逐次磨至 1,000 或 1500mesh。使用防水砂紙研磨，一般順序為 120、240、400、600、800、1000、1200、1500mesh 等。每道研磨用的砂紙、研磨盤及試驗，在研磨使用前要先用水沖洗乾淨，將上面附著的砂粒去除。
- 三、研磨面有使用濕式切割機切割過，由於表面較平坦，第一道可以從#400 砂

紙開始研磨。線徑細小的鋼線(如線徑在 2.0mm 以下)，則第一道要從#600 砂紙開始研磨；而更細的鋼線(如線徑在 1.0mm 以下)，第一道要從#1000 砂紙開始研磨。否則使用太粗的砂紙研磨，容易磨過頭。在觀察中心部份金相組織的較大線徑鋼線縱切試片，若無法先使用濕式切割機切割到中心點附近的面，可先使用#120 砂紙研磨到要快到觀察的面時，再依序逐道研磨。

四、研磨時要注意的細節：

(一)每一道研磨作業時，初期可不斷的改變握持試片研磨的方向，以去除嵌入金屬基地的砂粒。研磨作業的後面則要固定握持試片的方向，而每一道砂紙磨時要換一個角度，最好是 90°。這樣才能判斷是否完成研磨，有無將上道刮痕除去。

(二)研磨時要輕微施壓，施壓的大小，依據個人及經驗而定，能有效產生研磨效果為準。過重會造成砂紙刮痕、砂粒掉漆，造成試片刮傷及砂紙損壞；過輕無法產生研磨效果。

(三)每一道研磨時間約在 1~2 分鐘，直到上道一道研磨的磨痕去除即可。要判斷上一道的研磨的磨痕是否去除，是利用上一道和這一道研磨的方向成垂直 90°相交。因此研磨到只有一個方向的磨痕，即表示已經這道砂紙已經研磨好了。

(四)研磨時間不要過久，否則會造成砂紙損耗砂粒掉落。使用損耗砂粒掉落的砂紙研磨，是沒有研磨的效果，只會造成表面有脫碳的異常。在試片蝕腐後表面上有蝕孔，易造成誤判。

(五)換用每一道砂紙研磨前，研磨盤、砂紙及試片要用清水沖洗乾淨。以免上一道的砂紙研磨粒沾附，在後一道研磨時造成試片上的刮痕。

五、研磨加的水，亦要注意管理。最好要使用自來水，並使用過濾器過濾水中的雜質，尤其是使用地下水或管路老舊時，水常會有雜質，應加以去除，否則在研磨時會在試片的表面造成刮痕。

六、研磨的砂紙保存時不同號數的砂紙，不要疊放在一塊。以免不同號數的砂

紙粒，粘附到砂紙，在研磨時造成刮痕。

拋光(Polishing)

拋光(Polishing)作業，是在軟性之拋光布上灑上顆粒細小之鑽石液或氧化鋁懸浮液，用以去除研磨步驟中所造成之變形(deformation)及刮痕(scratch)，取得無刮痕之反射鏡面，並得以在顯微鏡下觀察樣品。拋光使用的拋光液，一般可分為二種，DP 鑽石拋光及 OP 氧化物拋光液。DP 鑽石拋光在表面的平整度及拋光的速度之快，是其他材料無法比較的。同時也因為鑽石的硬度特性緣故，鑽石顆粒可應用於任何材料之拋光上，尤其在初拋光上尤佳。OP 氧化物拋光運用在某些特定的試片材質，如較軟且具延展性的材質，在最終拋光步驟時，需以氧化物拋光來得到最佳之試片表面。

一般鋼線微觀金相組織的製作，大部份採用 OP 氧化物的拋光，拋光應注意細節如下。

- 一、經 1500 號的砂紙研磨後的試片，必須先以清水洗淨充分去除附著於表面的砂粒，方可至於拋光機上拋光，否則試片上殘留的砂粒將會污染拋光用的絨布。
- 二、拋光用的磨料通常有氧化鋁(A12O3)，氧化鉻(Cr2O3)，由於氧化鉻會造成呼吸器官之病變，因此，目前已較少被採用。試片經拋光至鏡面無刮痕則完成此一步驟。氧化鋁溶液的泡製，一般使用蒸餾水來溶解白色的氧化鋁粉，比例是 10:1。即 1 克的氧化鋁粉，加入 10 克的蒸餾水溶解。
- 三、通常使用氧化鋁溶液拋光有 0.3 μm 及 0.05 μm 兩道。先用 0.3 μm 的氧化鋁溶液拋光後，再用 0.05 μm 的氧化鋁溶液拋光。
- 四、拋光前要先用清水及刷子，將拋光用的絨布充分沖洗乾淨。拋光時先在拋光的絨布上加滿水，再倒入拋光用的氧化鋁溶液。由於氧化鋁溶液會沈澱，使用前要充分搖晃。拋光的過程中要陸續加入少量的水，以免在拋光途中氧化鋁溶液變得太濃稠，而影響拋光作業。
- 五、每一道拋光完成前，用清水沖洗試片，將試片上的拋光液除去。再將拋

光絨布用清水沖洗乾淨，加入大量的清水，不加氧化鋁溶液，將試片水拋，以去除表面殘留的氧化鋁溶液。

- 六、拋光過程中，不得有雜質顆粒、塵土及污物介入。因此拋光設備及操作，最好能與切割機、研磨等設備保持適當的距離。
- 七、拋光用的絨布，不可用手觸摸，以免手上的油脂沾到絨布上。在拋光時沾到試片造成污染，使得試片無法腐蝕造成誤判。

腐蝕(ETCHING)：

腐蝕(ETCHING)作業將經拋光後的試片，使用腐蝕液加以腐蝕，使試片達到可以觀察的目的。腐蝕的步驟的注意事項如下：

- 一、經拋光後的試片以清水洗淨，再用高壓酒精沖洗，趕走水份；亦可使用棉花沾酒精輕輕擦拭試片的表面。並使用高熱的吹風機，迅速將試片吹乾。注意從拋光後的試片就不可以被手觸摸，否則會因手上的油脂而污染試片。
- 二、待試片冷卻後，將試片放入腐蝕液中，腐蝕的時間依鋼線的組織種類及腐蝕液的不同而有差異。腐蝕所需的時間並無一定的標準，通常宜採用試片進入腐蝕液後，不斷的取出觀察其腐蝕程度，一旦鏡面變色為毛玻璃之色調或灰黑色，則應立即以高壓酒精沖洗之。
- 三、腐蝕液通常可使用培養皿盛裝，試片腐蝕時使用試管夾，夾住試片。將欲腐蝕的試片面朝下放置。試片放入腐蝕液中腐蝕的期間，要輕微搖動試片，讓腐蝕過程產生的氫氣逸出，否則氫氣粘在腐蝕面上，影響到腐蝕的結果。

取出腐蝕後之試片，迅速用高壓酒精沖洗乾淨，並用吹風機吹乾。待冷卻後即可放到顯微鏡下面觀察。

碳鋼線的組織大部份是波來鐵的組織，表面拋光的光滑度不足或是表面刮痕太多時，常常無法在腐蝕後顯示正確的組織圖相。這時可以先經輕微的腐蝕後，以去除表面的刮痕及凹凸面，再加以拋光。另外在試片腐蝕後刮痕太多或光滑度不佳，無法顯示正確的組織圖相時，也可將試片不經細研磨而直接再拋光，再加以腐蝕，此時可以得到較佳的腐蝕結果。

六、一般鋼線試片常用的腐蝕液有 Nital 及 Picral，情況說明如下：

腐蝕液名稱	泡製方式	用途及備註
Nital	硝酸 5cc 酒精 100cc 直接混合	1.顯出鋼鐵中波來鐵及肥粒鐵晶界，並顯示肥粒鐵和麻田散鐵之差別。麻田散鐵會呈針狀。 2.腐蝕速度很快，可使用於淬火及回火組織，可較快顯示回火麻田散鐵。 3.一般抽拉後鋼線纖維組織腐蝕約 5sec，度太快不易控制。較適合於淬火及回火織的鋼線及油回火鋼線及預力鋼棒等組織。
Picral	苦味酸 5g 酒精 100cc 苦味酸用酒精溶解	1.顯示碳鋼、低合金及鑄鐵的淬火、回火組織，但不滴蝕肥粒鐵相，不顯示其晶界。 2.鋼線試片最常用的腐蝕液。腐蝕速度較慢，較好控制。一般鋼線組織腐蝕時間約 40~60 秒。 3.苦味酸有毒會爆炸，使用時要注意。
普魯士藍溶液	普魯士藍 20g 酒精 100cc 普魯士藍用酒精溶解	1.用以顯鍍鋅鋼線鍍鋅層中各項純鋅、合金層組織的區別。 2.腐蝕時間約 2 分鐘。

七、腐蝕液管理及注意事項：

- (一)苦味酸有毒性及會產生爆炸，使用時要小心處理。
- (二)硝酸有強烈的腐蝕性，使用時須小心處理。沾到衣服及身體時，須立即用大量清水沖洗，嚴重時要送醫。
- (三)腐蝕液配製完成後，放在培養皿中使用。使用完時須隨時蓋上，以免酒精蒸發改變濃度。腐蝕液約每半個月更換一次。

金相組織的觀察

金相組織觀察是將腐蝕後的試片，拿到光學金相顯微鏡下來觀察。以分析金相組織，並加以判斷。要注意事項如下：

- 一、相顯微鏡是利用光之照射在金屬經反射後加以觀察的方法與生物顯微鏡的穿透式不同，其放大被率為目鏡(Eye Piece)與物鏡(Objective)之乘積，如目鏡的放大倍率為 10X，物鏡為 50X，則放大倍率為 500X。
- 二、將腐蝕完成後之試片，放在紙黏土上再放在載物片上，用壓平器壓平。這樣可保持試片觀察面保持在一個水平面，有利於後續觀察時顯微鏡的對焦。在將試片壓平時，壓平器和試片中間要墊一張薄紙(如道林紙)，以避免壓平時損傷試片。
- 三、使用顯微鏡時必須先以較小的放大倍率觀察，因其焦距較長，才不致使得物鏡的接近處碰到試片，而損傷試片及物鏡。俟找到較小倍率的焦距後，再選擇觀察的較大倍率的物鏡對焦觀察之。
- 四、觀察後之試片，須放在真空瓶中，以防試片生鏽或損壞。

金相組織試片的製作是一項煩雜冗長的過程，每一個工序及環節都要特別注意。以免其中一道作業產生疏失，造成試片製作失敗或是金相組織上的誤判，尤其是鋼線在經過抽拉後，其組織產生的纖維化，在金相組織試片的製作上更加嚴格要求。有了良好的金相組織試片才能顯示正確的金相組織供判斷，才能找出正確的異常原因。

另一方面則是在金相組織製作耗材及設備上的管理，包括切割砂輪片、砂紙、研磨液、腐蝕液，乃至於使用的水，都要特別注意和管理。使用的水雜質過多，會造成試片刮痕過多無法腐蝕及誤判。唯有注意各項作業程序環節，才能做好金相組織的分析。

(本文作者現任於佳大世界股份有限公司主任)