

金屬也會生病

人生病時會找醫生，醫生會先診斷病情再開藥方治療。但金屬呢？金屬材料也會生病，同樣有病徵和診療方法。

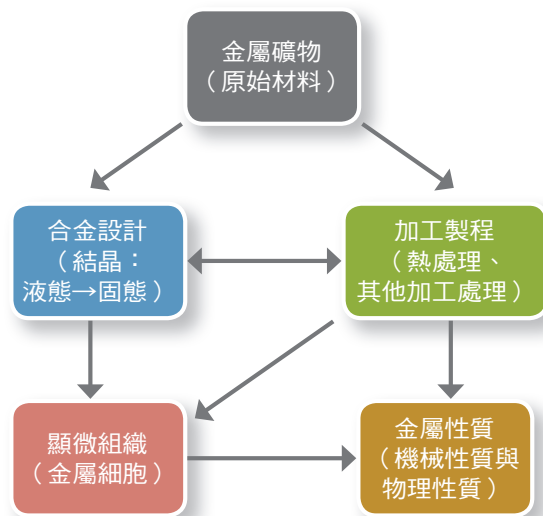
■ 謝之駿

金屬材料的種類

金屬材料種類相當多，但不外乎周期表上的純金屬，或兩種及兩種以上金屬所合成的合金。一般常見的金屬大致可分成鐵金屬及非鐵金屬兩大類，鐵金屬是以鐵為基底，如純鐵、鑄鐵、鋼鐵等，而非鐵金屬包括銅、鋁、鈦、鎂等及其合金。

金屬材料多使用在工程結構上，因此又稱為工程結構材料；也使用在 3C 產品上，稱為電子金屬材料。

金屬的最原始狀態是金屬礦物，不是一開始就能達到需求的性能。有時在熔煉過程中需考慮「合金設計」，就是透過不同元素的添加，使經過熔煉或其他方式製成塊狀的金屬錠具有特殊的性能。合金設計過程若考慮不周或處置不當，所熔煉出的金屬是不健康的，就如同人體一樣也會生病。金屬材料到底有哪些病症呢？要如何診斷及檢驗呢？



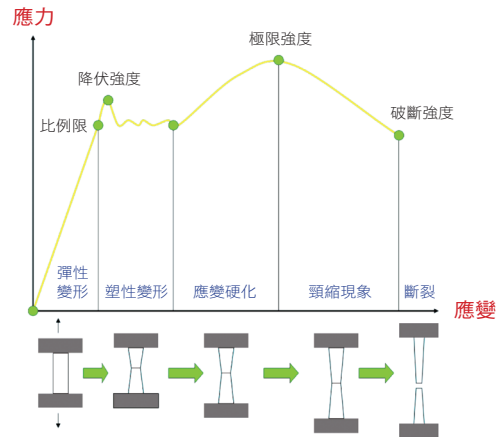
金屬由無到有的關係圖

合金設計過程若考慮不周或處置不當，所熔煉出的金屬是不健康的，就如同人體一樣也會生病。

強度缺乏病

在某些需求高強度的場合，金屬材料卻未具備相當等級的強度時，稱為金屬的強度缺乏病。

這病的診療，可以把金屬材料製備成拉伸試片或試棒，並用拉力試驗機做拉伸試驗。若金屬缺乏強度，拉伸試片或試棒會很快斷掉，由此可以得到拉伸強度的數據，以判斷這金屬是否缺乏強度。

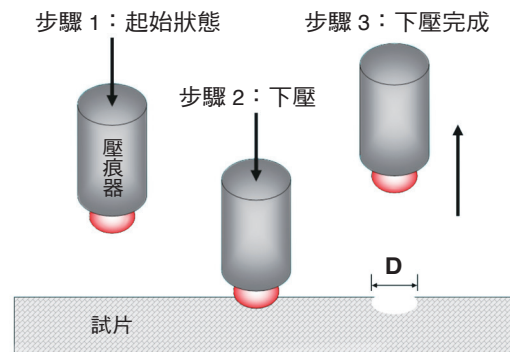


金屬強度缺乏病的診斷

硬度缺乏病

一般來說，金屬的強度與硬度是成正比的，強度愈高，硬度就會愈高，但不能把兩者混為一談。如果一個金屬材料失去該有的硬度，就稱為硬度缺乏病。

這病的診斷，是以硬度試驗機的壓痕器把金屬材料下壓，得到一個壓痕直徑，再利用硬度壓痕的原理把直徑轉換成硬度，並量測多個點，得到最大、最小及平均值，便可以判斷出金屬材料的硬度範圍，進而了解金屬是否得了硬度缺乏病。

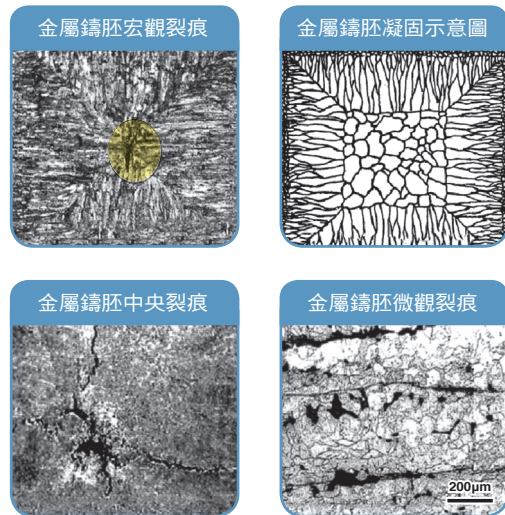


金屬硬度缺乏病的診斷

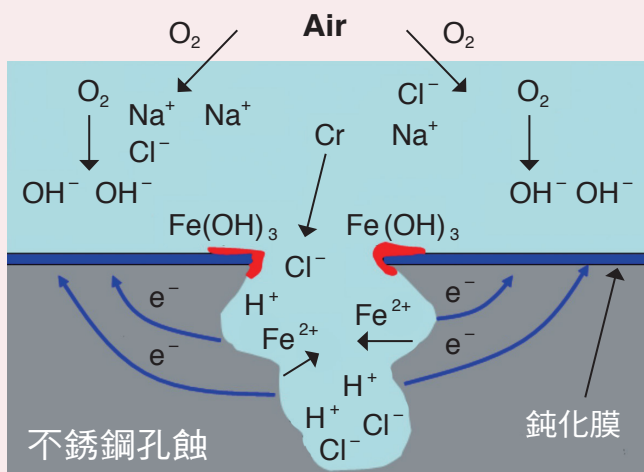
先天不良症候群

不是人體才會先天不良，金屬也會。若金屬熔煉及合金設計技術上或人為上出狀況，會導致製成的金屬有許多點、線、面、體的缺陷，如裂縫就是一種面缺陷。金屬材料應用於工業上是不允許有裂縫的，倘若鋼結構材料上有明顯的裂縫，使用於橋梁時，因橋梁會產生反覆的應力作用，裂縫會延展，最終發生材料斷裂，因而造成人員傷亡及財產損失。

金屬材料的先天不良要如何檢驗呢？熔煉及合金設計完成的塊材，可先用肉眼觀察金屬材料表面是否有孔洞及裂縫。若



金屬的先天不良症候群



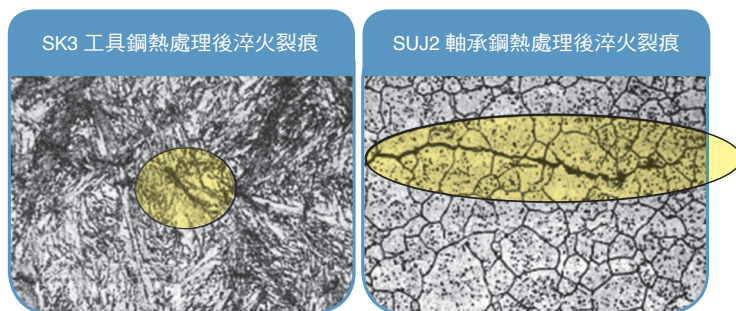
金屬的腐蝕病

肉眼無法觀測到，則需使用光學顯微鏡觀察，因為很多金屬表面的缺陷是非常細微的。若這兩個方法中有一個能觀察到缺陷，就可以斷定金屬材料患有先天不良症候群。

後天失調症候群

後天失調是指金屬本來是在很好的狀態，性能也不錯，但因為後續的加工處理如熱處理、銲接、鍛造、鑄造、加工成形等處理不當，造成材料的性質劣化，如耐腐蝕性不良、二次及多次加工性差、銲接性差等，稱為金屬的後天失調症候群。

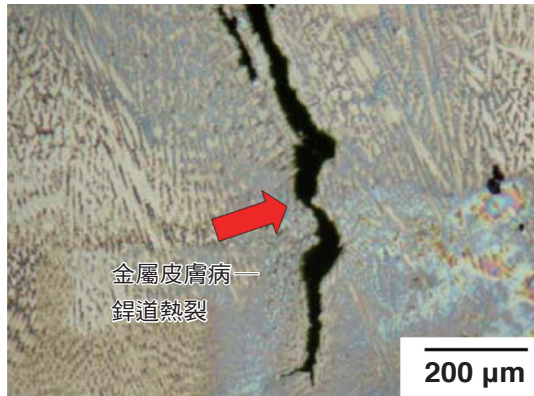
後續熱處理或其他加工方式所造成的金屬劣化，可從多方面來診斷。把原始狀態與後續熱處理及其他加工後的金屬材料進行機械性質如拉伸、硬度、衝擊等測試，若後續加工處理後的實驗數據比原始狀態的差，表示加工處理後金屬的機械性質表現較差，便可以診斷為金屬的後天失調症候群。



金屬的後天失調症候群

腐蝕病

有些場合使用的金屬暴露在大氣及酸鹼的環境中，很容易生銹及發生溶解反應。而本身耐腐蝕性良好的金屬，若使用環境變化，發生耐腐蝕性下降的情形，不即時處理，金屬材料最終也會破斷。這是浪費資源，因為材料破斷後，還得再製造更多的材料，腐蝕所遺下的廢棄物則會造成環保的問題。



金屬的皮膚病

如何診斷出這病症呢？最簡單的方法是浸漬試驗，把金屬浸入酸或鹼的化學溶液中，若金屬不耐腐蝕，表面就會起霧或呈現黑色。還有一種更精準的方法是電化學檢測，利用恆電位儀，根據腐蝕電位、腐蝕電流的電化學原理，就可檢測出金屬是否有腐蝕病。

生活中常用不銹鋼，一般人認為不銹鋼不會生銹，也就是不會有腐蝕病的問題。其實不然，不銹鋼只是比較不易生銹，而不是不會生銹。

不銹鋼有一種腐蝕現象稱為孔蝕。若是不銹鋼的耐腐蝕性等級不夠高，長期使用於酸鹼的環境中，就會引起電化學反應而破壞不銹鋼的鈍化膜，造成孔蝕現象。常見的不銹鋼流理台，一般人都認為是不會腐蝕的，理論上是這樣沒錯，但若業者不是用抗蝕能力良好的不銹鋼，還是會產生孔蝕的腐蝕病。

**生活中常用不銹鋼，
一般人認為不銹鋼不會生銹，其實不然，不銹鋼只是比較不易生銹。**

皮膚病

金屬在熔煉、鑄造、鍛造、銲接時，若處理技術不當，會使雜質偏高，表面上可能會產生一些孔洞、裂縫、介在物等缺陷，造成外觀不完美，就像得了皮膚病。

金屬若只有表面孔洞及裂縫，就是單純的皮膚病。若再往下層觀察，依然還是有孔洞及裂縫，可能就要懷疑是因為熔煉、鑄造過程中冷卻及凝固的速度控制不好，導致金屬凝固後表面及更深層有孔洞與裂縫。這是較嚴重的皮膚病，必須把病因追溯到材料最前端的製造過程，才能根本解決問題。

但金屬的皮膚病也可能是因為其中有過多的硫化物或其他化合物，因為這些物質的周圍是孔洞及裂縫容易產生的地方。

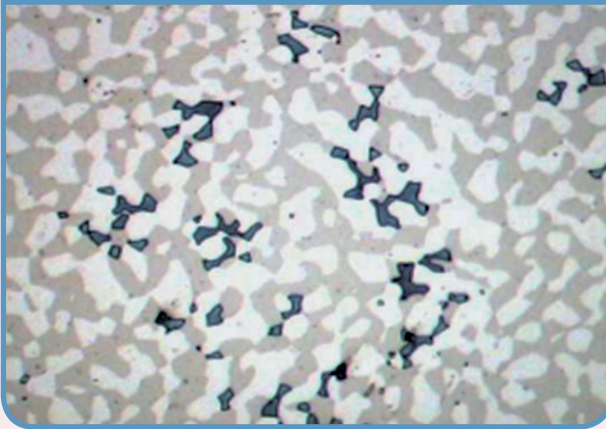
另外，在銲接過程中冷卻速度不均也會造成銲接熱裂現象，而在銲道中形成裂痕。利用光學顯微鏡觀察，就可研判出是何種機制造成的。

慢性病

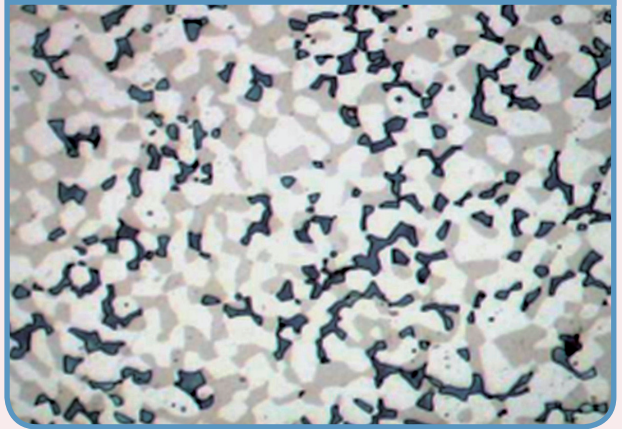
金屬材料也會有慢性病嗎？某些金屬有延遲破裂現象。若材料內部有缺陷，即使已經彎曲成型，仍然會因為氫、應力、應變等因素發生延遲破裂的情形。也就是不會立即破裂，有可能一天、兩天、一個星期，甚至更久後才發生破裂現象。

另一種常見的金屬材料慢性病是潛變現象。金屬材料在承受固定的負載或應力下，其變形或應變會隨著時間的增加而增加，稱為潛變。金屬材料承受一個固定負

6% 西格瑪組織 (癌細胞)



20% 西格瑪組織 (癌細胞)



淺色是 δ 一肥粒鐵相，深色是 σ 相。若以人體來比喻， δ 一肥粒鐵相當於良好的細胞， σ 相在不銹鋼中就相當於癌細胞。圖中可看出不銹鋼正在被壞的組織攻擊。

載及應力下，如果瞬間沒有破裂，會因潛變行為使它在經過一段長時間後破裂，稱為潛變破裂。因此，這種金屬慢性病雖然不會馬上發生，卻是許多金屬材料會有的現象，破裂後也會產生重大的危機。

金屬的慢性病與人體的慢性病一樣，不是那麼容易觀察到，而是必須經過一段時間的觀察與檢驗。如果是延遲破斷所造成的裂縫，可把金屬材料沖壓成杯狀，並浸漬在酸或鹼的化學溶液中，再利用動態攝影機拍攝其變化情形，有可能幾分鐘、幾小時或幾天內會有裂縫產生，如此可以確認發生延遲破斷的金屬慢性病的敏感性。

若是潛變造成的慢性病，可以利用疲勞試驗機檢測。疲勞試驗機是對材料施以振盪反覆周期模式的應力，測試其發生破斷的周期數，進而評估其耐疲勞性質或潛變的敏感性。

骨質疏鬆病

金屬材料在高溫及低溫都可能脆化。高溫時，有可能產生一些硬而脆的析出物，若析出狀態很明顯，材料受到負載及應力就會發生脆化現象。而在低溫環境中，若金屬材料不具抵抗低溫環境的能力，就會脆化，即使是強硬的鋼鐵也會。

金屬材料的骨質疏鬆病是由於材料脆化所造成，而會造成材料脆化一般多與材料內部的析出物及雜質有關。檢驗方法是利用光學顯微鏡觀察材料內部是否有過多硬脆的二次相，若二次相尺度太小，則需使用電子顯微鏡觀察。若觀察到很多有害的二次相，就可研判是二次相的析出物造成材料的脆化。

癌症

金屬材料也會有類似人類癌症的病徵嗎？當金屬某些元素過量，在一定的高溫區間下停留時間太長，加速元素的擴散，原本正常的組織會因為元素的擴散，在凝固及冷卻過程中產生另外一種組織，這處的組織相當於人體的細胞，最終成為一種不好的二次組織（二次相）。當這種二次組織含量過多時，會使金屬不堪使用，這相當於癌細胞占據金屬內部而造成不健康。

觀察金屬是否罹患癌症，可取樣再利用光學顯微鏡觀察其內部有多少正常組織及不良組織。從不良組織占據的情況，可以判定癌化的程度。若要更清楚金屬的癌化情形，可以利用電子顯微鏡定量分析不良的組織。

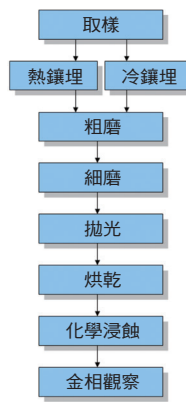
金相顯微浸蝕術

人體中若有病毒或癌細胞，必須從特定的部位取切片，再把切片處理後的組織置入生物顯微鏡下觀察。金屬材料也是一樣，若金屬生病了，也有一種專屬的技術去檢驗及觀察，稱為金相技術。

金相顯微技術有一系列的前處理過程，包括選擇試片取樣位置、切割試片、把試片冷鑲埋或熱鑲埋以利研磨、研磨（粗磨及精磨）試片、試片拋光、試片的化學浸蝕以去除非金屬成分、試片的顯微鏡觀察，這些過程需要很多檢查設備及耗材。

取樣位置是選擇金屬病症的所在位置，以切割機進行機械切割，再把切割後的試片放入模具中，並以樹脂加硬化劑倒入模具內，凝固後脫膜，稱為鑲埋。再把鑲埋後的試片以旋轉式研磨機利用砂紙粗磨及精磨，由低號數砂紙磨到高號數砂紙。研

金相顯微浸蝕術



金屬所有病症的首要把關技術—金相顯微浸蝕術。

磨後的金屬試片仍有細刮痕，須以拋光去除，即利用拋光氧化鋁粉對金屬拋光。拋光完的試片必須呈現鏡面的狀態，也就是可以像鏡子一樣照到自己。

再把鏡面的試片浸入化學溶液中數秒或數分鐘以去除非金屬，取出試片沖水後吹乾。化學浸蝕是為了呈現出金屬的金相組織，相當於人體若要進行斷層掃描檢查，有時必須注射顯影劑方便成像，以看清楚內部組織的變化。

這種金相浸蝕術可以指出前述所有病症的原因。因為金屬材料的組織會直接影響其性質，所以檢查金屬的病症多以金相顯微浸蝕術為首要的檢驗及判定技術。

謝之駿

守富國際股份有限公司金屬材料研發部