

鋼鐵工業知識

怎样鑑定鋼的质量

孙 珍 宝

科学普及出版社



本書提要

一爐鋼煉出來了，或者要使用一批鋼材時，我們如何來確定這些鋼是符合我們的需要，質量是夠標準呢？也就是說怎樣對這些鋼的質量作一個鑑定呢？本書正好能告訴讀者鑑定鋼的質量的方法。

本書首先說明質量鑑定的意義和重要性；繼而扼要地敘述了各種試驗和檢驗的方法，指出它們的優缺點和應用範圍；最後說明根據檢驗結果進行鋼材質量鑑定所應該遵守的原則。

總號：605

怎樣鑑定鋼的質量

著者：孫 珍 寶

出版者：科學普及出版社
(北京市西直門外柳條溝)

北京市書刊出版營業許可證出字第091號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北京市印刷一厂
(北京市西便門南大街21號)

開本：787 × 1092 1/2

1958年2月第1版

1958年2月第1次印刷

印張：1+

字數：22,600

印數：3,600

統一書號：15051·87

定 價：(9)1角7分

目 次

先从質量談起.....	1
什么决定着鋼的質量.....	2
化学成分的檢驗.....	4
鋼的宏觀檢驗.....	6
鋼的显微檢驗.....	12
鋼的力学試驗.....	14
鋼的几种特殊性能試驗.....	24
鋼的不損坏檢驗.....	29
鋼表面情况和尺寸的檢驗.....	35
檢驗結果的綜合和鋼質量的鑑定.....	36

先从質量談起

要了解鑑定鋼的質量的方法，首先应对什么是質量有所了解。

簡單地說，質量就是一种东西的好坏程度。制成某种东西所选用的材料好，加工細致，成品沒有毛病，合乎标准，好用，則这种东西的質量就算优良。相反地，若是制造时，用的材料不好，加工馬虎，作出来的东西有毛病，不耐用，或是不合用，它的質量就算低劣。

拿一塊花布来作例子。假如这块花布是用潔白長絨的棉花紡成的紗所織成的，經緯勻淨，沒有疙瘩、接头，織成后又經過恰当的印染和整理，花色鮮艳、耐洗、耐晒、耐用，不縮水，不落色，就說这块花布是好的，質量是高的。相反地，假如紡紗所用的是些次棉，或是紡紗的时候，馬虎大意，就不会紡出好紗，也不会織出好布来。另外，假使有了好紗，可是織布的技术不好，或者織布的时候漫不經心，不按規矩做，同样也不会織出好布来。假使有了好布，若印染整理不当，用的染料不好，最后也得不到花色鮮艳，經久耐用的好布。从此可以看出，有很多原因对这块花布的好坏發生着影响，其中的任何一个沒有控制好，就会影响成品的質量，造成損失。要生产質量优美的花布，必須从选料起，在整个生产过程中，处处留意，步步檢查，發現有不恰当的或有違反操作規程和制度的地方，應該馬上糾正。对最后的成品，也必須認真地試驗和檢查，加以最后的鑑定。

从这一个例子可以看出，对一件产品的最終鑑定，只是对

它的質量作一个总结，下一个評語，看它是否合乎一定的要求。而在生产过程中的試驗和檢查，根据檢查結果，發現問題，并采取适当的措施，才是真正保証和改善產品質量的有效办法。这个道理，不只对花布适用，对其他工業产品也同样适用。对于重工業产品的鋼，更是非这样不可。

談到鋼，对它質量的最終鑑定，还有另外一个極其重要的意义。这种鑑定，关系重大，不容許發生任何的錯誤。把質量好的鋼判为質量坏的，当作廢品或次品用，就会造成严重浪費；把質量有問題的或者坏的鋼当作優質鋼使用，更会造成重大的事故，甚至危及生命。所以对鋼質量的鑑定是一种不容忽視的工作。

本書着重談談影响鋼質量的一些因素，以及怎样对鋼进行試驗和檢查，从而对鋼的質量作出可靠的鑑定。

什么决定着鋼的質量

曾經有人这样說过：“現在鋼的冶煉和处理，好像裁縫根据人的身材裁制衣服一样，要按照用戶的条件，适当地調整鋼的化学成分、冶煉和澆鑄的方法、以及鍛軋和热处理的操作，这样才能使鋼的形态、性能等达到要求，合于使用。”因为化学成分、冶煉方法、澆鑄、鍛軋等等因素都直接影响到鋼的質量。

化学成分是影响鋼性能的主要因素之一。每一种元素，在鋼里都有它一定的作用。这些作用，有好的一面，也有坏的一面。譬如碳，可以增加鋼的强度，但多了却会使鋼变脆。磷，多了会使鋼發脆，但同时却能增加鋼的强度和在空气里的抗蝕性。为了尽量利用鋼內各种元素有利的一面和尽量避免它們有害的一面，就需要根据使用条件，定出每一种元素含量的范围。这样，根据化学成分的不同，就規定出許多不同牌号的鋼种。而

化学成分是否合乎标准，就决定了鋼的好坏。

一爐鋼煉好后，要經過鑄錠、鍛軋、熱處理和其他一系列必要的工序，才能成為成品。在這一系列的工序中，隨時都有損害鋼質量的可能。譬如說，出鋼前后，所用脫氧劑和脫氧方法若有不當，就會使鋼中含有過多的氣體和有害的夾雜物；鑄錠時，鋼水溫度過高或過低，澆注速度過快或過慢，鑄錠所用鋼錠模大小和形狀不恰當，以及准备工作做得不好等等，都會影響到鋼錠的結晶組織和鋼錠結構，使鋼錠產生熱裂、嚴重的縮孔、疏松、氣孔、偏析、[●]甚至混入大量外來夾雜物等缺陷；在鍛軋和熱處理過程中，若加熱溫度過高、保溫時間過長、爐氣控制不當和加熱不均時，會使鋼材產生過熱和過度脫碳現象，產品將報廢；鍛軋操作不當，會造成鋼材皺折、搭疊、內裂和尺寸不合等缺陷；熱處理和其他工序操作不當時，更將使產品組織和性能不合。所有這些缺陷，都是造成鋼質量低劣的原因。目前，對於造成各種缺陷的原因已有一般的了解，並且基本上可以加以控制。不過，其中關係千頭萬緒，情況極為複雜，在實際生產上，還難於把各種缺陷百分之百地消滅掉。因此，在生產過程中，要隨時檢查；有違反操作規程的地方，應立即加以糾正；發現質量不合的，馬上清理或剔除。

鋼的應用所以能像現在這樣廣泛，是因為它有優良的性能，而且它的各種性能，彼此很有利地結合着。假如鋼的各種性能不好，雖然它的化學成分和組織等完全合乎理想，還是不合使用的，它的質量也不能算是合格。因此，可以認為鋼的性

● 偏析：鋼液凝固時，最先凝固的部分最純淨，所含合金元素和雜質最少；較后凝固的部分，一般含合金元素和雜質較多；而最后凝固的部分，則最不純淨，含雜質最多。因此，在鋼錠或鑄件中，各個不同部位的化學成分，就因為凝固的先後而各不相同。這種現象叫做偏析，是一種不可避免的現象。但在質量鋼中，越希望它越輕微越好。

能是決定鋼的質量的最主要因素。

以下几节分別談談影响鋼的質量的各个有关因素的檢驗。

化学成分的檢驗

既然化学成分是決定鋼的質量的重要因素，我們就應該首先來確定它是否合乎標準。要分析鋼的化学成分，必須先选取具有代表性的試樣。在鋼廠里，通常是在把一爐鋼水澆注一半或三分之一后，用取样勺从盛鋼桶底部注鋼細流中接取鋼水，澆成小錠，然后从这小錠上鑽取試樣。这种試樣的成分，一般可以代表这爐鋼的平均成分。假使不这样接取，而从鋼錠或鋼材等成品上取，因为偏析的关系，就很难取到足以完全代表这爐鋼成分的試樣。不过在某些情况下，譬如要校对某批鋼材是否合乎標準，就又不得不从鋼材上取样。在这种情况下，可从鋼材橫斷面的中心和表面的中間位置上取；因为在这种位置上所受偏析的影响比較少些。

分析試樣化学成分的方法很多。大致可以归納为三种类型：化学分析、光譜化学分析和仪器分析。

化学分析是把一定重量的試樣用化学方法进行处理，使要分析的元素成为某种一定形态的化合物分离出来，或者不經分离，直接測定它的含量。这是最古老的和最根本的方法。它經過多年来不断的改进，若操作得当，也是最可靠的方法。化学分析需要用很純的化学藥品和試剂，操作繁复而費时，目前虽有不少的快速方法，但都不够准确；有的配合爐前工作也不够好。

光譜化学分析是把試樣作为電極，通上电流，使電極之間發生电弧或电火花，試樣中的各种元素被激發，就發射出它們各自特有的标幟的輻射譜綫來。用攝譜仪把电弧或电火花的光譜照下来，各元素的标幟輻射譜綫就呈現为光譜里的各条

明綫，每一种元素都有它特有的一系列譜綫。从光譜中选取某元素的一条譜綫和跟它相鄰近并且均称的一条鉄的譜綫，这两条綫就形成所說的譜綫对。圖 1 表示鉻鋼光譜中的一个鉄-鉻

譜綫对。綫对中鉄譜綫的黑度保持不变，鉻譜綫的黑度却随含鉻量的增加而增加。比較譜綫对中兩譜綫的黑度，从已知标准样品在同样条件下所攝光譜中該綫对的工作曲綫上，就可查得該元素的成分。

这种方法的优点是速度快，在正常情形下，15分鐘內就可以測定鋼中所有金屬元素的含量。准确度也很高，含量越小，准确度也越高。不过这种方法，也有它一定的缺点：

对于非金属元素，如碳、硫、磷和氫、氧、氮等，測定起来就比較麻煩，技术上也不易掌握。对于金屬含量高的元素，結果也还不如化学分析准。另外一个缺点是必須先用标准

样品作出工作曲綫，而这种最先的标准样品的化学

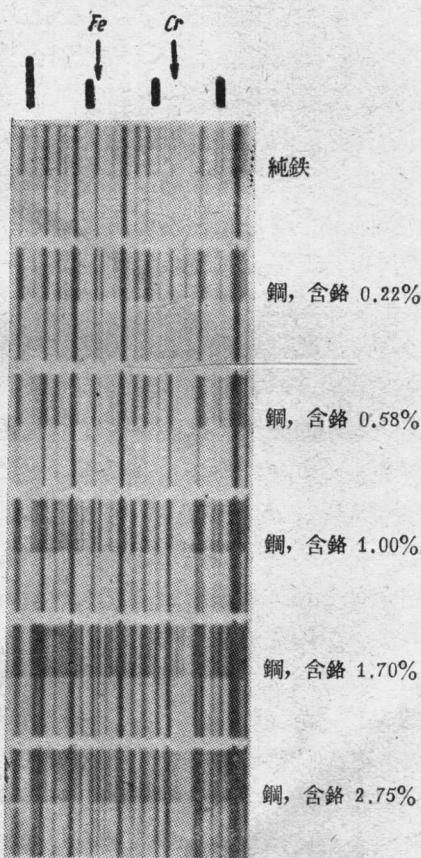


圖 1 純鉄和鉻鋼光譜的一部分。圖中箭头所指鉄鉻譜綫对中鉄譜綫的波長为 2,689埃，鉻譜綫的波長为 2,677埃。

成分，仍旧要用化学分析方法來測定。

儀器分析是根据一定的物理理論，利用特殊的儀器設備，來測定鋼中各元素的某些特性，然后根据这些特性的情况來確定鋼中某些元素含量的方法。这些方法包括光电比色法、極譜法、X-射綫吸收法、螢光 X-射綫光譜法、以及放射性同位素法等。这些都是最近一、二十年来的新發展。以后將随着科学研究工作的进展，会不断地出現更新的方法。儀器分析的各种方法，各有各的优缺点，各有各的应用范围；不过它們有一个共同的缺点，那就是和光譜化学分析法一样，是一种比較法，需要先用化学分析法或是純的化学藥品作出个标准來。

以上所提的这三类分析方法，各有長短，采用时一定要根据具体情况和要求來選擇。使用每一种方法，都必須很熟練地掌握了技术，才能作出良好的結果。

此外，为了迅速判定某些鋼材是什么鋼，而不需要知道它們的准确成分时，还可以采用火花檢驗和点試两种方法。火花檢驗是用一只轉动極快的砂輪去磨鋼材橫断面的中部，根据磨出火花的形狀和顏色來判断鋼中的含碳量和其他主要元素的約略含量。点試是先清除鋼材上一点的鱗皮和鉄銹等，然后根据所要檢驗的主要合金元素，如鎳、鉻、錳、鋁等，分別滴上一定的化学試液，溶解少許的鋼样，把这溶液用玻璃棒蘸取一、二滴放在白瓷板上，再加上一定的試剂，看作用后所形成的顏色和顏色的濃淡，同一套預备好的标准比較，就可以大致确定所要檢驗的元素的成分。不过這兩种方法，究竟还是粗略的，在需要測定精確的化学成分时，不宜采用。

鋼的宏觀檢驗

宏觀檢驗是对具有代表性的鋼样进行整体的、比較全面的

檢查，目的是檢查鋼中的宏觀組織，判斷其中是否有宏觀的缺陷。這些缺陷包括由於澆鑄、鍛軋和熱處理等操作不當所造成的縮孔、氣孔、皮下氣泡、偏析、疏松、異金屬和非金屬夾雜物、白點、內裂、枝狀組織、粗晶和嚴重脫碳等。這種檢驗可以在不大於20倍的放大鏡下來進行；所以在工廠里一般都叫它低倍檢驗。檢驗所用的方法是多種多樣的，最常用的是斷口、硫印、熱蝕（也叫做熱酸侵蝕）、冷蝕、頂鍛和塔形檢驗等。

斷口檢驗是簡而易行的，但是需要比較有經驗的人來做。倘使進行不當，就會得出錯誤的結論來。做的時候，一般是把試樣切上尖槽，而後用力錘擊，使試樣順着尖槽作脆性的斷裂。假使試樣較軟，可以先行淬火，使它變硬變脆，然後錘擊。錘擊時，最好一錘把試樣打斷，要避免連續多次和反復的錘擊，因為這樣會發生一部分灰暗色的韌性斷口，難於作正確的檢查和評判。從斷口上，一般可以發現白點、內裂、偏析、非金屬夾雜物、粗晶等缺陷。鋼材上若發現白點，就要整批報廢；若有其他缺陷，則要看它們的嚴重情況和使用上的要求，來確定鋼材是否合格。圖2、3、4分別顯示出鋼材中有嚴重的白點、內裂和粗晶粒的缺陷。

硫印是發現硫在鋼中分布情況的最簡易的方法。檢驗時把試樣上需要檢驗的面車平磨光，用去油劑（如乙醚或四氯化碳等）擦洗干净；然後把事先浸在2—5%的稀硫酸溶液中的曬像紙拿出，稍拭去上面多餘的酸液，再把它藥面緊貼在試樣已經車平磨光并擦洗干净的面。由於像紙上的硫酸和鋼樣面上的硫化物化合，發生硫化氫氣，這種氣體又立即和像紙上的藥物起作用，使藥里面銀的化合物還原成純銀，而使像紙顯棕褐色。試樣上硫多的地方，像紙上的棕褐色就深重；硫少的地方，像紙上的棕褐色也就淺淡。這樣，從像紙所印出的試樣圖片的顏色的

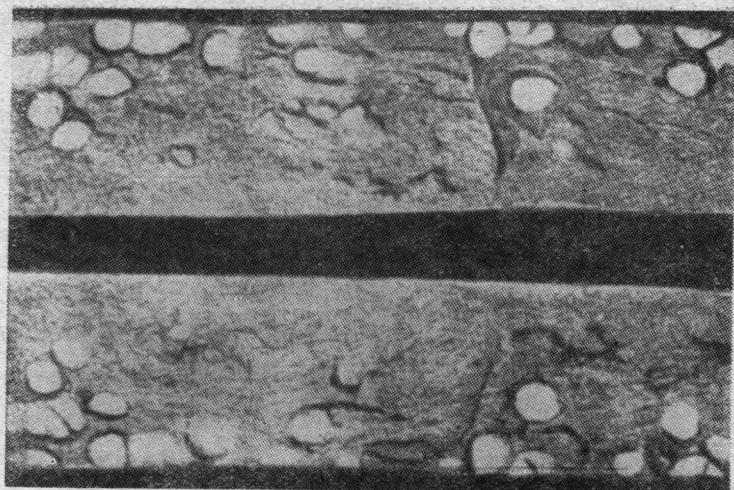


圖 2 有严重白点的断口。



圖 3 有严重内裂的断口。

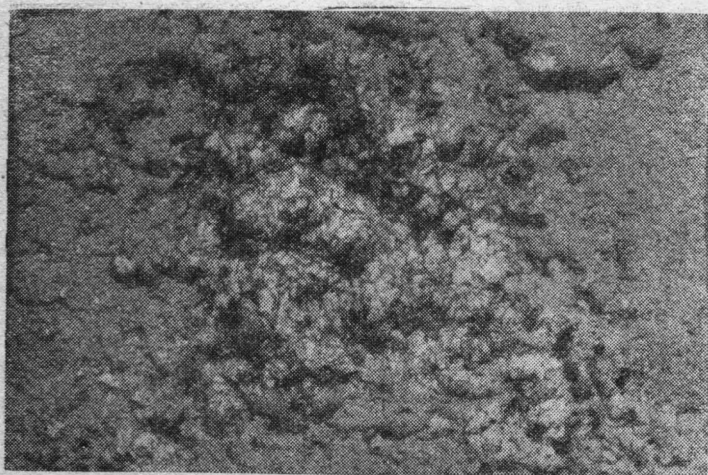


圖 4 有粗大晶粒的斷口。

濃淡，就可以判斷試樣上硫的分布情況。當然，硫在鋼中分布得越均勻越好。硫印所得圖片經定影、沖洗和烘干後，可以保存起來，作永久的記錄。作硫印時要注意：像紙上所吸收的酸液不可過多，貼在試樣上後，要輕輕拭拂，使它貼緊。更重要的是防止像紙在試樣面上滑動，不然所得硫印圖就要模糊不清；因此，作硫印的試樣面也不宜太光滑。

熱蝕試驗，一般叫做熱酸試驗或是熱酸侵蝕試驗。用這種方法試驗時，是把試樣車平磨光後，放在 70°C 左右的、1 比 1 的工業用鹽酸水溶液（1 份水和 1 份工業鹽酸混和的溶液）里侵蝕一定的時間。之後，拿出來用熱水沖洗，用海綿或毛刷刷去上面積存的一層黑色沉集物，然後用壓縮空氣吹干或擦干。在熱蝕過程中，試樣上的缺陷，像各種偏析、疏松、氣泡、氣孔、髮裂、白點、內裂、異金屬和非金屬夾雜物，以及粗大枝狀組織、粗大晶粒和嚴重的表面脫碳等，由於酸液對它們的腐

蚀作用不同就会显示出来。作热蚀試驗时應該特別注意酸液的温度：温度过高，則腐蝕作用強烈，不易控制，選別性不好；温度太低，則需要較長的时间，選別性也不太好。此外，腐蝕时间也很重要：时间不够，缺陷显不出来；时间太長，腐蝕过度，就会把缺陷过度地扩大，显得鋼材太坏。一般腐蝕时间要根据試样面的光滑情形和鋼种来确定。試样面越光滑，用的时间越少。低合金鋼比高合金鋼用的时间少，碳素鋼比合金鋼用的时间更少。另外，試样應該經過退火或正火后再进行热蚀；不然，硬度高，热蚀时会發生腐蝕裂縫，即使不裂，因硬度不同，結果也不均匀正确。

由于鋼中疏松、偏析、气孔等缺陷是不可能完全沒有的，一般就根据經热蚀后所显示的程度，把它們分为若干級，缺陷越严重，級数就越大。一般是根据用途的不同，来确定某級的鋼算为合格，可以使用；缺陷超过了某一級就不能使用，應該报废。当然，用途越重要，所要求的質量越高，热蚀后所显示出来的宏观缺陷就需要越輕微，也就是級数越小。在沒有具体資料和無法判断究竟具有某級缺陷的鋼材是否合乎某种用途时，就需要进行实际的使用試驗，然后根据試驗結果加以决定。圖5是热蚀后所显示出来的几种缺陷的照片。

有时为了特殊原因，硬的試样不宜进行退火或正火使它們軟化，为防止它們在热蚀过程中發生裂縫，混淆檢驗結果，就不得不改用冷蚀試驗。另外，为了显示鋼中某些組織分布情况或是偏析情况，也需要用特殊溶液进行冷蚀試驗。冷蚀試驗使用得当，可以显示鋼材硬化情况，鋼材表面是否有研磨裂縫，磷的偏析以及不銹耐热鋼中的組織和缺陷等。冷蚀所用溶液因为目的不同而不同，常用的有10%硝酸水溶液、过硫酸氨饱和水溶液及王水等。

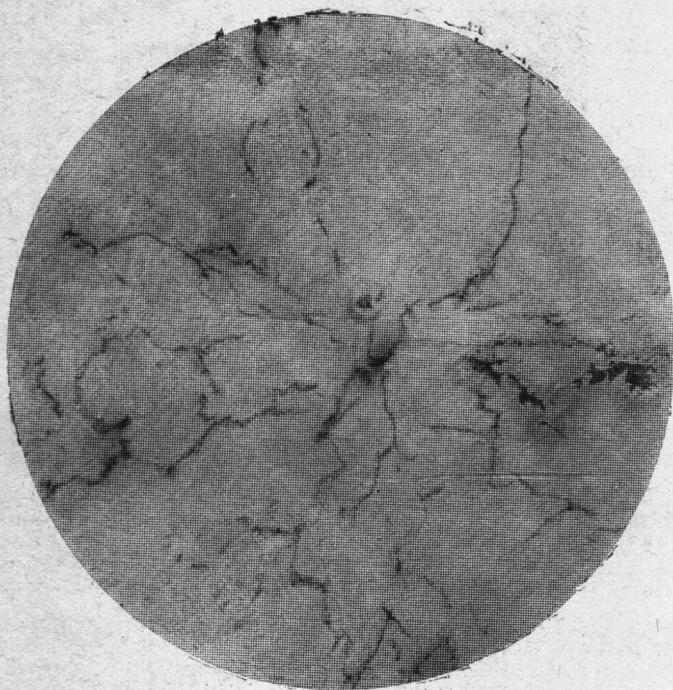


圖 5 有严重內裂和粗大枝狀組織的鋼材橫断面熱蝕的結果。

頂鍛試驗是檢驗鋼材表面是否有髮裂、皺折、搭疊和成串的夾雜物等有害的缺陷。由于特殊的原因和用途，需要把鋼材墩粗或用作鉚接材料時，鋼材表面就不允許有這一類的缺陷，不然，在墩粗和鉚制過程中，就會沿着這些缺陷開裂。試驗方法是把一定長短的試樣在鍛压机或鍛錘上鍛粗，使它縮短到原長的一半或更短，看它表面上是否有開裂現象。根據用途和尺寸的不同，鋼樣可以分別在冷或熱狀態下進行試驗。圖 6 表示頂鍛前的 1 個和頂鍛後有不同程度開裂的 4 個試樣。

塔形檢驗是把鋼材車削成一定尺寸、像皮帶塔輪那樣的三

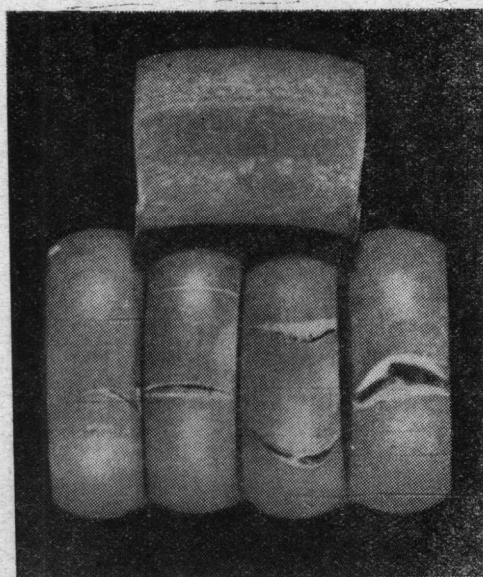


圖 6 頂鍛前和頂鍛后不同程度开裂情況的頂鍛試樣。

級塔形試樣，然後檢驗各級車削面上髮紋的數目和長短，並根據這些判斷鋼材是否合格。一般是只對有特殊用途的優質鋼材，進行這種檢驗。

鋼的顯微檢驗

顯微檢驗通常叫金相檢驗，也叫高倍檢驗。它用放大 50 倍或更高倍數的顯微鏡來進行檢驗，目的是確定試樣中的晶粒度、顯微組織和非金屬夾雜物等，以及它們的分布情況。因為用同一種鋼所製成的鋼材，如果它們所經受的处理不同，它們的顯微組織就要不同，它們的性能也就會有很大的差別。而它們的性能如何，又是確定它們是否合用的主要根據。另外，有很多微觀缺陷，如脫碳、微裂、晶間腐蝕等，也需要用顯微

檢驗才能發現。

在作显微檢驗之前，試样必須經過研磨和腐蝕等制备手續，使試样被檢驗的一面平整光滑，使它的显微組織在显微鏡里可以清晰地显示出来。研磨試样的工作，粗看起来很簡單，很容易，但掌握起来，却不是一朝一夕所能成功的，需要有比較高的和熟練的技术才行。一般是根据所要檢查的部位和截面，切取被檢查面为2—3平方厘米、高約1厘米的具有代表性的試样。把所要檢查的一面，先用砂輪磨平，然后依次在粗細不同的砂紙上磨制，最后在塗有水选氧化鋁粉漿的毡、呢、綢緞或絲絹上精磨。精磨完的試样面要像鏡面那样光亮、沒有划痕。試样磨好后，如要檢驗其中的夾雜物等时，就不需进行腐蝕。如要檢驗它的組織等时，就要根据鋼种和所要檢驗的目的，以及放大倍数等，用合适的腐蝕剂加以适当的腐蝕。对普通鋼鉄試样，最常用的腐蝕剂是2—5%的硝酸酒精溶液和苦味酸的酒精溶液兩種。試样表面因为磨制的关系，总有一層金屬的組織被扰乱了，所以常常需要經過重复的研磨和腐蝕，把这一層金屬腐蝕掉，然后才能看到真正的金屬組織。此外，若是只放大

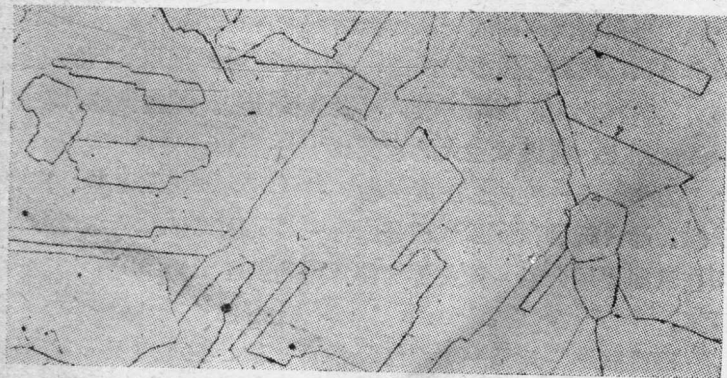


圖 7 奧氏体組織。

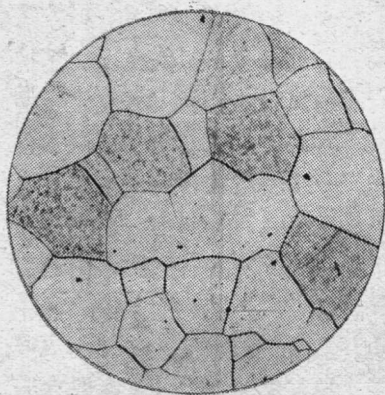


圖 8 鐵素體組織。

金相顯微鏡或是金相儀。圖7、8是表示鋼中兩種典型的顯微組織。

一、二百倍檢驗，腐蝕得要重些；若要在更高的放大倍数下觀察，就要腐蝕得輕些。

顯微檢驗所用的顯微鏡和普通生物學用的顯微鏡不同。因為試樣不容易制成薄片，不透光，所以就需要一種特別的反射照明裝置。具有這種裝置的顯微鏡，根據它們的大小和精密程度，叫

鋼的力學試驗

力學試驗是用機械的方法加力到試樣上去，看試樣受力時如何變化和最後如何裂斷。由於試樣類型的不同和施力方式的不同，可以得出試樣的一系列性能來。這些性能因為是和受力情形有關，所以叫做力學性能。又因為試驗時是用機械的方法加力到試樣上去，所以一般又叫做機械性能。這些性能，在鋼材的應用上，有極其重大的意義。

力學試驗一般包括硬度試驗、抗張試驗、扭轉試驗、彎曲試驗、沖擊試驗和疲勞試驗等。每一項試驗又是多種多樣的。現在只簡要地介紹幾種主要的和常用的試驗方法以及它們的意義。

硬度試驗 這是一項簡便易行的試驗，不過結果却不易具體解釋。因為硬度不是一個單純的物理量，而是物質對形變