

机械工人活叶学习材料 070

金属材料 的 硬度

孟繁傑編著



机 械 工 业 出 版 社

「硬度」是大家都很熟悉的一個名詞了。我們每碰到一種東西，都會很自然地想到它的硬度。在工廠裏，我們經常聽到說：「這種材料軟，那種材料硬，這個零件的硬度太大，那個工具的硬度還不夠」。對於一些常見的東西，我們都能很容易地說出哪些是比較硬的，哪些是比較軟的。在幾種硬東西中，我們還能再進一步分辨出哪一些是最硬的，哪一些差一點。但是如果有人問：「這些東西到底有多硬」？究竟什麼是硬度？這就不是一個很簡單的問題了。

通常我們說硬度是材料抵抗變形的一種性質。硬度大的東西，對發生變形的抵抗力也比較大，就是說它不容易發生變形。比如我們用一把鋼製的錘子打一塊銅和一塊鉛，就會在銅和鉛的表面上各打出一個凹印來，而鉛塊上的凹印常比銅塊上的大一些。如果想使它們一樣大，打鉛塊時就要少用點力。這就是說鉛是比較容易發生變形的，它的硬度也比銅小。錘子表面根本沒有產生什麼變形，所以說它的硬度比銅、鉛都要大。

如果我們拿錘子來打一塊玻璃，就只能把它打破，而打不出什麼凹印來。同樣對於磁器、礦石等一些脆性的材料也是這樣。因此，對這些材料就不能用前面所說的方法來比較硬度。這種材料的硬度應該是它對刻劃作用的抵抗能力。比如上面所說的鋼和玻璃，玻璃抵抗刻劃的能力比鋼高，我們可以用玻璃在鋼上刻出紋痕，但鋼

却刻不動玻璃，所以玻璃的硬度也就比鋼大些。金剛石可以刻劃所有的東西，卻沒有東西能刻動它，所以在我們已知道的東西中，它是最硬的。當然刻劃時用力的大小和紋痕的深淺也有關係。

另外，我們還可以用材料對磨擦、切削和彎曲等作用的抵抗力來表示硬度的大小。凡是不易磨損、切削和彎曲的材料硬度都比較大。

總起來說，硬度在機械學上的定義是：「材料的硬度表示在它對壓印、刻劃、衝擊、磨蝕及彎曲等外力作用所具有的抵抗力，具有這種抵抗力愈大的材料，它的硬度也愈大」。

從上面所說的看來，硬度是一個意義極複雜的名詞，並不是像我們通常所想像的那樣簡單。它是多方面性的，跟材料的很多性質有關係。性質不同的材料，它的硬度意義也不一致。硬度是一個有比較意義的名詞，並不是絕對的。我們說一種材料硬度大，只是說它比另外一種或者幾種材料硬一些，比如在工廠裏常用的材料中，淬火工具鋼可以說是很硬的了，但跟金剛石相比，它又顯得太軟了。液體、氣體等流動的東西都不能產生上面所說的那些抵抗力，所以硬度對它們來說都是沒有意義的。只有固體材料，才會有硬度大小的問題。

二 材料硬度跟我們工作的關係

在工作中，有時候我們要用硬度很大的材料，有時候要用小一點的，但對一種工作絕不能說軟硬材料都可用，或者說材料硬度大小沒有關係。所以雖然說各種硬度的材料都有用處，但因為硬度的

2 不同，它們的用途也就有了差別。我們必須先知道了各種材料的硬度，才能依據工作的性質選擇合適的材料。當然選擇材料時還要考慮材料的別種性質，像強度、韌性、延展性、彈性等。不過這些性質也常跟硬度有一定的關係，只要知道了硬度，我們就可以估計這些性質的大小。

我們要做一把車刀，就要採用硬度很大的材料（通常我們都用各種高碳鋼），而且做好以後還要經過淬火，來增加它的硬度，因為這樣才容易切削一些比較軟的材料，同時本身才能耐磨，長時間保持着銳利的刀口。我們要做一個鉚釘，就要用硬度很小的材料，不然就不容易發生變形，無法鉚接。製造各種機器零件，常常要用中等硬度的材料，因為太軟了容易彎曲變形，不能保持精度，太硬了性質變脆，又容易斷裂。因為所用的材料的硬度不對，或者中間加工處理不好，改變了工件的硬度，是會產生返工報廢的事件的。

材料的硬度和加工情形也有很密切的關係。雖然我們應該按着使用目的來選擇適當的材料，但有時為了使加工方便，多少降低一些材料的硬度。如果不能改變硬度，那就要依這種情況選擇合適的加工方法。比如通常需要經過車、銑、鉋、鑽、銑、剪的工件，都不能用很硬的材料。已經淬火的堅硬鋼件，只能在磨床上加工，而這樣做就要影響成本。材料的硬度跟我們工作的關係很密切，因此我們要很好地研究它。

三 怎樣量度硬度的大小

現在我們來討論「有多硬」或者「硬度多大」問題。一段布可以

用尺量出它的長度是幾尺幾寸，一斗米可以用秤量出它的重量是幾斤幾兩，材料的硬度要用什麼來量呢？怎樣量呢？用什麼單位來表示呢？我們常常從雜誌或者書本上看到：這種鋼的硬度是布氏180，那個工具的硬度是洛氏丙(Rc)64，氮化鋼的硬度是維氏950，白生鐵的硬度是蕭氏56。到底這些數字是什麼意思呢？是怎樣量出來的呢？他們中間有什麼關係呢？

前面已經說過，硬度並不像長度或重量那樣單純，而是一個多樣性的概念。它有好幾種不同的意義，因此也有多種不同的量度方法（或者叫做試驗方法）。硬度通常是用各種硬度試驗機來量度的。依照量度硬度的方法和原理，我們把硬度分為很多種。所以我們說明一種材料的硬度時，不但要說出我們量出來的數目大小，還要說明是哪一種硬度，這樣才能表明硬度的真正大小。

目前常用的硬度有布氏硬度、洛氏硬度、維氏硬度、蕭氏硬度和莫氏硬度等五種。前面三種是量度材料對壓印的抵抗力，所以叫做壓印硬度；第四種是量材料彈力的，也叫做回跳硬度；最後一種是比較材料對刻劃作用的抵抗力，也叫刻劃硬度。以上除刻劃硬度以外，其他各種都常用在金屬材料方面。另外還有銼刀硬度和磨蝕硬度，前一種是用銼刀來比較材料的硬度大小，後一種是量度材料抗磨力，這兩種硬度在實際工作中都不常用，我們就不再詳細介紹了。現在把前面五種硬度意義和表示方法分述如下。

1 布氏硬度 布氏硬度是在布氏硬度試驗機上量出來的硬度。它的基本原理如圖1所示。把一個用淬火高碳鋼或碳化鎢製的堅硬圓球，放在材料的平滑表面上，加上一定的重量把它壓着，經

過相當時間後取下鋼球，這樣在材料上就會印出一個球形的凹痕。用這個凹痕的表面積除所加的重量，所得到的商就是這材料的在氏硬度值，也有人用 H_B 或 BHN 來表示。

通常布氏硬度的意義可以用下列公式來表

$$\text{示} \quad H_B = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中—— P = 所加的重量(單位是公斤)；

D = 鋼球的直徑(單位是公厘)；

d = 材料表面的凹痕直徑(單位是公厘)。

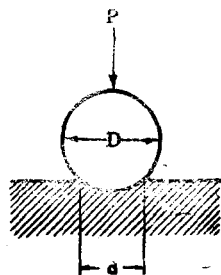


圖 1

布氏硬度是代表材料凹痕表面上單位面積所抵抗的平均壓力，應該用「公斤/平方公厘」做單位。但習慣上常把單位省略了，只說某材料的布氏硬度是 180，或者寫成 $H_B = 200$, $BHN 250$ 等。

通常我們用的鋼球直徑是 10 公厘，加的重量是 3000 或 500 公斤，因此只要量出 d 的大小，就可用上面的公式來計算布氏硬度。因為這個公式算起來也很麻煩，所以我們常把各種凹痕直徑的硬度預先算好，排列成表，只要量出 d 的數值，就可由表上查出硬度來。

2 洛氏硬度 洛氏硬度的測定方法跟布氏硬度相似，不過它不用直徑 10 公厘的圓球而改用一個圓錐形的金剛石或者直徑 1.6 公厘的小鋼球來壓材料的表面，加的重量也比較少。試驗機上裝有一個靈敏的深度錶，可以量出凹痕的深度，直接讀出材料的硬度。常用的洛氏硬度的標度分成甲、乙、丙 (A, B, C) 三種，有人寫成

R_A, R_B, R_C 。標度甲 (R_A) 是用 60 公斤的重量把金剛石圓錐體壓在材料表面而量出來的，標度丙 (R_C) 要用 150 公斤的重量，標度乙 (R_B) 是用 100 公斤重量把鋼球壓在材料上量出來的。

洛氏硬度的意義是很武斷規定出來的，不像布氏硬度那樣有一定的意義。用金剛石壓時，材料凹痕深度等於 $\frac{1}{5}$ 公厘，硬度就算零，深度等於零，硬度就算 100，中間深度每差 $\frac{1}{500}$ 公厘，材料硬度就差 1。比如深度是 $\frac{1}{25}$ ($\frac{20}{500}$) 公厘時，材料的硬度是 80； $\frac{3}{25}$ ($\frac{60}{500}$) 公厘時，硬度是 40。用小鋼球壓時，如果深度等於零，硬度是 130，深度等於 $\frac{13}{50}$ 公厘，硬度就等於零。

3 維氏硬度 這種硬度的意義基本上和布氏硬度相同，它也表示凹痕單位面積上抵抗的壓力，用「公斤/平方公厘」做單位。但是改用一个頂角成 136° 的四稜金剛石角柱體來壓材料的表面(如圖 2 所示)。所加的重量可以在 120 公斤以內任意變更，用角錐體形的凹痕面積除重量就得出材料的維氏硬度，它通常可以用下式計算：

$$H_v = 1.854 \frac{P}{d^2}$$

公式中—— P = 所加重量(單位是公斤)；

d = 凹痕對角線長度(單位是公厘)；

H_v = 維氏硬度，習慣上也不用單位。

有時也用 DPH 來表示。

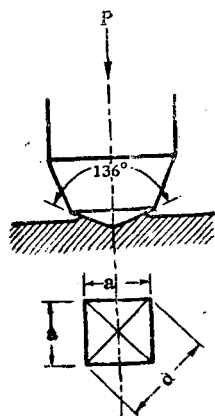


圖 2

4 蕭氏硬度 這種硬度是由材料表面受衝擊時所生的彈力大小來表示硬度大小的。把一個頭上嵌着金剛石的小圓柱從一定高

度落在材料的光滑表面上，圓柱就會被材料彈回返跳。材料越硬，彈力就越大，圓柱返跳得也越高。我們把圓柱返跳的高度作為材料的蕭氏硬度，通常用 H_s 來表示。

5 莫氏硬度 莫氏硬度是利用十種礦石作為硬度的標準，把硬度分成十號。所有固體材料的硬度都包括在這十號以內。表 1 是這些礦石的名稱和它所代表的莫氏硬度號數。

表 1

礦石名稱	莫氏硬度號數	礦石名稱	莫氏硬度號數
滑石	1	長石	6
石膏	2	水晶	7
方解石	3	黃玉	8
螢石	4	鋼玉	9
磷灰石	5	金剛石	10

我們要量度一種材料的莫氏硬度時，把這種材料拿來跟標準礦石比較抵抗刻劃的能力。比如石墨和滑石可以互相刻劃，刻傷的程度也很相近，我們就說石墨的硬度跟滑石一樣，是莫氏硬度 1 號。同樣我們可以量出玻璃的莫氏硬度等於 5。又如我們的指甲可以刻傷石膏，但能被方解石刻傷，那麼它的莫氏硬度介於石膏和方解石之間，再由刻傷的輕重情形來估計一下，我們斷定指甲的莫氏硬度是 2.5。

四 各種硬度的使用範圍

既然有了這樣多的硬度量度和表示的方法，我們應該用哪一種呢？哪種方法好一些呢？哪種比較不方便？我們應該怎樣來選用

呢？事實上，各種方法都有用處，各有各的優、缺點，各有各的適用場合，要結合試驗的原理和量度材料的性質來決定，不能肯定的說那種好或那種不好，如果哪種是絕對不好的，我們早就不用了。

在金屬材料中，要算布氏硬度最常用，各種退火狀態的金屬材料，差不多都用它來表示。這種硬度量起來很方便，所指示的硬度大小又很精細，通常從 10 到 500，而各種常用的退火狀態材料的硬度差不多都在這個範圍以內。但這種方法也有缺點，它在某些情況下是不能用的。因為它所用來壓印的鋼球的硬度還不到布氏 600，所以不能用來量度很硬的材料，不然鋼球本身就會發生變形，影響量度結果的正確性，也可能把鋼球給壓壞了。所以它通常只用來量度布氏硬度 500 以下的材料。（有時我們看到布氏硬度在 600 以上的數字，這都是推算出來的）。因為鋼球的直徑相當大，所以它不能用來壓很薄或很小的材料，也不便用來壓成品。

洛氏硬度甲和丙是針對着布氏硬度的缺點而採用的。它改用金剛石壓印，絕不致發生變形，同時加的重量也比較小^①，可用來試驗厚度比較小的物品。洛氏硬度丙常用在各種淬火鋼料和冷硬鑄鐵等堅硬的材料，所以在熱處理車間常有洛氏硬度試驗機。洛氏硬度甲專用在特別硬而又脆的材料。因為量這種材料的洛氏硬度丙，可能把材料壓裂，所以把重量減少成 60 公斤。高速切削用的硬質合金工具的硬度，就常用洛氏硬度甲來表示。洛氏硬度乙沒有特別的優點，所以現在還不常用。它的使用範圍跟布氏硬度相近。量這種硬度時可以直接由深度錶上讀出硬度數，不像布氏硬度要量

^① 近來布氏硬度也有用小重量的了，但還不普遍。

凹痕直徑和查表(或計算)那樣麻煩,這是它的優點。

維氏硬度的使用範圍包括布氏、洛氏兩種硬度的使用範圍,各種硬度的材料都可以應用。維氏硬度測量結果非常精確,但試驗時必須用顯微鏡測量對角線長度,操作比較麻煩。它以前只用在研究試驗方面,近來工廠中也漸漸地採用了。

蕭氏硬度試驗機構造輕巧,攜帶方便,量度非常迅速,常用在鑄工和熱處理車間以及施工地來量度各種鋼鐵材料和一些脆性非金屬材料的硬度。因為它量的是材料的彈力,所以結果和材料的彈性大小有關。比如橡皮的彈性很大,它的蕭氏硬度竟比鋼還大,結果就不大精確。各種鋼鐵的彈性大小都差不多,所以結果還很好,但它不能用在銅鋁等非鐵金屬材料,研究試驗室內也不常用。

莫氏硬度是應用最早的硬度表示法,可以用在各種材料,量起來也很快,但結果更不精確。現在專門用來量礦石和一些脆性的非金屬材料的硬度,因為這些材料都不能用各種壓印方法來量硬度。它在地質礦物方面用途很大,機械工程上很少應用,只是有時用來度量幾種硬質材料,如鉻的莫氏硬度是9,鈦和鎢是7,鉬和錳是6,各種硬質合金大約是9左右,這些東西都能刻劃玻璃。

五 各種硬度間的關係

我們知道各種硬度都有一定的使用範圍,一種材料也常常可以用幾種硬度來表示,就好像長度可同時用公尺和市尺表示一樣。但是公尺和市尺是可以互相折合的,我們知道了一根鋼條是3公尺長,就可算出是9市尺長,各種硬度是不是可以這樣換算呢?

因爲各種硬度的意義不同，量度原理又不一樣，在理論上來講，它們中間實在沒有一定的關係，不能折合換算，也不能互相比較。因爲它們所代表的並不是完全相同的東西，正像材料的長度和重量一樣。我們不能拿布氏硬度等於 680 的刀口和莫氏硬度等於 5 的玻璃來比較硬度，只能說莫氏硬度等於 6 的刀口比玻璃硬一些。我們知道了一種鋼的蕭氏硬度是 40，却無法推算出它的布氏硬度或洛氏硬度是多少，只能拿到那種試驗機上去量度。

在實用上，我們可以用試驗的方法對同類材料的各種硬度作大略的比較，前後已經有很多人作這方面的努力，但因爲沒有理論的根據，所得的結果都不一致，對各種不同的材料也不相同。大體來說，對一般鋼鐵材料，布氏硬度、洛氏硬度和蕭氏硬度中間的關係，可以用下面的公式來表示：

$$H_B = \frac{25,000}{100 - R_C} \quad (R_C > 40)$$

$$H_B = \frac{7,300}{130 - R_B} \quad (R_B = 35 \sim 100)$$

$$H_B = 6.67 H_s$$

這個粗略的計算方法在實用上很有價值，是可以採用的。硬度變換常常用布氏硬度做標準，這是因爲它被採用的最早，同時使用的也最廣的緣故。如果再粗略一些，我們還可以簡化成下列的公式，效果當然也更差一些，但臨時來不及計算的時候，我們可以照這公式心算一下。

$$H_B = 10 R_C \quad (R_C = 40 \sim 60)$$

$$H_B = 6.5 H_s$$

布氏硬度和維氏硬度的原理基本相同，照理這兩種硬度也應

該相同的。事實也是這樣：在 300 以下，兩種硬度的數值是一致的。一種材料的布氏硬度數就等於它的維氏硬度數。硬度大於 300 以後，維氏硬度就慢慢大起來，布氏硬度還不到 600，維氏硬度已超過了 700。這是因為硬度大於 300 的時候，布氏硬度試驗機上所用的鋼球，已經慢慢發生變形了。

莫氏硬度和其他硬度中間還沒有建立起一定的關係。雖然有人曾說過，在常用的金屬材料硬度範圍中，布氏硬度約略等於莫氏硬度的 100 倍，但事實相差太遠了。附表 1 是一個常用的硬度換算表，表中還列出跟硬度大小對應的抗張強度。

六 硬度和其他機械性質的關係

各種金屬材料的硬度跟它的其他機械性質有一定的關係。我們知道了一種材料的硬度大小以後，可以估計出其他性質的大小，只是這些關係也是由試驗得來的，結果也是粗略的（但在實用上的價值還是很大的）。硬度和強度的關係為最密切。一般的說，金屬材料硬度越大的，它的強度也越大，這因為我們常用的壓印硬度的定義就是由強度出發的。對於常用的各種鋼料，強度和布氏硬度之間約存在着以下的關係。

$$St(\text{公斤/公厘}^2) = 0.35H_b$$

公式中 St 表示材料的最大抗拉強度。這個公式對於各種鑄造或鍛造狀態的低碳鋼、低合金構造鋼和退火狀態的工具用碳鋼或合金鋼都適用，所生的誤差常在 10% 以下。但對於各種非鐵金屬材料和鑄鐵都不能應用。圖 3 表示強度和各種硬度的關係，對實際

工作是很有幫助的。我們只要做了硬度試驗，就代替了強度試驗，克服了缺少強度試驗機的困難，還節省了人工和材料。

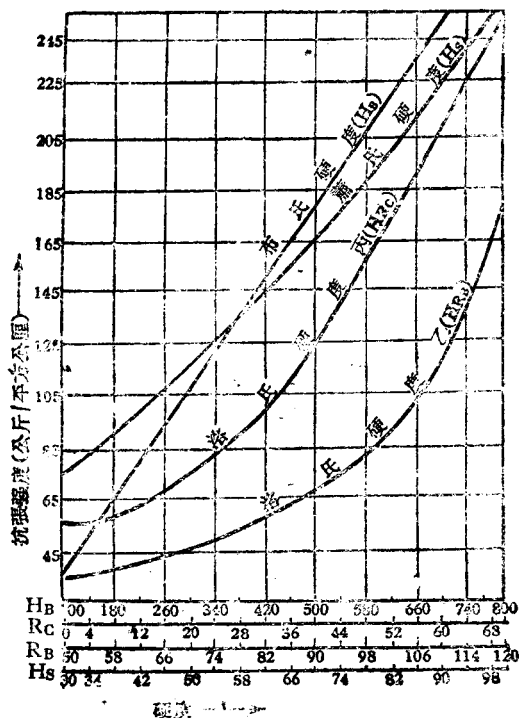


圖 3

我們知道，鑄鐵的抗張強度不大，這是因為它的組織中存在着一些成片狀的石墨的緣故。這些石墨不但不能負擔拉力，還破壞了鑄鐵基體的連續性，就好像我們把鋼料挖了很多孔洞一樣，儘管它的抗壓力可能相當大，但抗張力總是很小的。對於鑄鐵硬度和強度的關係也有很多人研究，並且有人提出下面的實驗公式，但跟實在

情形不大符合，計算又很麻煩，所以不大應用：

$$St(\text{公斤/公厘}^2) = 1.25 \times 10^{-3} (H_B)^{1.85}$$

金屬材料的延性、韌性、降伏點、彈性極限、彈性係數和疲勞性都和它的硬度有相當關係，不過不像和強度那樣明顯，所以由硬度估計這些性質的時候，效果不像強度那樣準確，必要時還應該做試驗。一般金屬材料的彈性極限和降伏點都隨着硬度增加，彈性係數也是這樣，但增加得更快些。韌性和延展性恰好相反，硬度越大，韌性和延展性就越小，材料變得很脆。所以用來在常溫下壓延加工或抵抗衝擊的材料，硬度都要很小。淬火後的鋼要回火，也常是因為硬到太脆的緣故。材料的疲勞性也和硬度有關係，如果材料的內部組織均勻表面很光滑時，材料硬度越大，疲勞性也越好。

金屬的耐磨性也常由一般硬度來估計，硬度大的，耐磨性就好。但根據實際經驗，除成分相同的金屬外並不都是這樣。金屬的耐磨性跟它的硬度和組織狀態有關係，硬度相當大而含有潤滑性組織的材料都很耐磨。比如含有石墨的鑄鐵和含有鉛的鋼或銅等。軸承合金的耐磨性是因為它由軟硬兩種組織而成，我們加了油也增加了材料的潤滑性，所以材料的耐磨性最好由磨蝕試驗來決定。

硬度又跟材料的切削性有關，硬度很大的材料當然不易切削，但硬度過小的一些延性材料又容易撕裂和捲刀，切削性也不好。一般硬度在布氏 100~250 中間的鋼鐵材料有優良的切削性，非鐵金屬稍低一點，所以我們常要適當調整材料的硬度後再行切削。當然材料的切削性也跟別的情況有關。比如高錳鋼韌性太大，切削性就不好，反需要把它的硬度增加到很高，再用特別工具來切削；含硫

量高或含有鉛的鋼料有自潤性，都比較容易切削，所以切削性的好壞也不能只靠硬度決定。

七 加工處理對金屬材料硬度的影響

一種金屬材料的硬度並不是固定不變的，如果經過不同的加工或處理，它的硬度就可能發生很大的變化。在機械製造工程上，我們就經常用這種方法來掌握材料的硬度，當中最明顯的要算熱處理了。一塊普通工具鋼在退火狀態下的硬度不過布氏 250 左右，但經過適當的熱處理後可能增加到布氏 600 以上。我們還可以用回火的方法使它的硬度在上面範圍內任意變化。各種熱處理的主要目的都是要改變材料的硬度，當然間接的也就改變了別的性質。這樣就把鋼變成很多性質不同的材料，可供很多要求不同的用途。現在鋼鐵材料的應用能够這樣廣，是跟熱處理分不開的。沒有熱處理，好多工具儀器和精密機械的製造和應用都是不可能的。

除了熱處理以外，常溫加工也能改變材料的硬度。一些非鐵金屬合金和含碳很低的鋼都不能淬火硬化，就常用這種加工方法來提高硬度。比如硬度約為洛氏乙 40 的軟鋼板可以冷軋成洛氏乙 80 的鋼片，黃銅的硬度不過布氏 60 左右，冷沖成彈殼後可以增加布氏 150。其他銅鐵等純金屬和一些鋁合金銅合金經過適當常溫加工後，硬度都可以增加一倍以上。這種因常溫加工而增加硬度的現象，叫做加工硬化。這種硬化的效果雖然一般不如淬火那樣大，但在實用上還是很重要的。各種硬鋼絲都是冷拉成的。一些金屬板片管類等也是常溫軋延成的。另外許多銅銀器皿、黃銅機件以及飛

機、汽車上的一些鋁合金構造物，差不多都是由常溫加工製成。軋鋼時，我們常在最後加一次冷軋，鍛造完工時也常再冷打幾下，也是爲了增加表面的硬度。有些時候，特別在加工過程中，材料硬度太大了，就不容易再繼續加工，反需要減低它的硬度，這時我們只要施行一次退火，就可把加工硬化效果除去了。

金屬的鍛壓等高溫加工對材料的硬度影響不大，這好像經過常溫加工後再經過退火一樣。但是仔細研究起來，這些加工也常常可以稍微增加材料的硬度，但它主要的作用是使材料各部的硬度均勻，通常我們都不考慮它對硬度的影響。

鑄造時，金屬的硬度變化也很大，但我們不能說鑄造可以增加或減低材料硬度。因爲一種金屬熔化以後再凝固時候的硬度，跟原來的硬度沒關係，主要靠冷的快慢來決定。冷得越快了，硬度就越大。所以小鑄件的硬度常比大鑄件大些，鑄件表面的硬度又比內部大些。這種情形最明顯的當然要算鑄鐵了，冷得慢時，鑄鐵的硬度常在布氏 200 以下；冷得快了就會變成白口鑄鐵，硬度可能增加到布氏 500。我們常在砂模裏加幾塊冷鐵，就是想使那一部分冷得快一些，好增加硬度。

銲接本身對金屬材料的硬度也沒有直接的影響，但銲接時需要加熱，如果冷卻速度不合適，就會使銲接部分附近發生了淬火效果，就增加了硬度和脆性。有時在高溫使金屬的成分改變，硬度也會發生變化的，所以在銲接時我們要注意這些情形。金屬經切削等加工，硬度也不發生顯著的變化。有些鑄件因切削減低了硬度，是因爲車去了堅硬的外皮。

八 化學成分組織狀態跟硬度的關係

我們常見的銅、鐵、錫等純金屬，硬度都很小，不合一般工業上的用途，但加上一點別的成分變成合金，硬度就顯著的增加。比如銅的硬度不過布氏 35，但加上 30% 的鋅製成黃銅，硬度就會增加到布氏 50，鋅加到 40%，硬度可增加到布氏 75，銅裏如果加錫製成青銅，硬度就增加得更快了。含有錫 10% 的青銅，硬度是布氏 60，含有 15% 的是布氏 100，含有 20% 的可以達到布氏 180，如果黃銅裏再加一點錫或青銅裏再加一點磷，硬度還要增加。但加得太多，硬度反要減低。

金屬材料的化學成分跟它的硬度有密切的關係。現在我們雖然還不能說出這種關係的一定規律，但大體來說，各種合金的硬度都比純金屬硬一些，因而強度和韌性也比較大。我們在工業上常用的金屬材料，如各種鋼、鐵、黃銅、青銅以及一些輕金屬材料等，絕對大多數都是合金。各種合金的硬度大小，就靠它所含的化學成分的種類和分量來決定。我們如果適當地配合化學成分或改變成分的分量，就可以得到許多硬度不同的合金，以供不同的工業用途。

鋼是工業上應用最廣的材料，它的硬度跟化學成分的關係也最密切，尤其是含碳量的影響最明顯。純鐵的硬度不過布氏 85 左右，但只加入 0.1% 的碳，硬度就會增加到布氏 100，加入 0.5% 時可增加到布氏 200。所以我們常依含碳量的多少，把鋼分成軟鋼、硬鋼，極軟鋼和特硬鋼等。另外磷、硫、矽、錳等成分也都有增加硬度的作用，只是比碳小一點罷了。既然碳對鋼的硬度有這樣大的影