

汽車活葉學習材料

金屬材料常識

尤 緯 璋 編

27

人民交通出版社



目 錄

一、金屬的性質及其試驗方法.....	1
二、金屬的種類.....	12
三、鋼的熱處理常識.....	23

附錄：蘇聯製造汽車和拖拉機零件的鋼材表

一、金屬的性質及其試驗方法

金屬的物理性質和化學性質

比重 每立方公分物質的重量（用克表示）叫做比重。按比重的大小分為輕金屬（比重小於3）和重金屬，工業用金屬中鎂最輕，比重為1.74。最重的是鎢，比重為19.3。

可熔性 固體被加熱後變成液體的能力叫做可熔性。這是金屬最主要的性質，錫的熔點最低，為 232°C 。鎢的熔點最高，為 $3,370^{\circ}\text{C}$ 。

導電性 物質傳導電流的能力叫做導電性。金屬的導電性較非金屬的導電性要高數千倍。一般金屬溫度增高時導電性降低，溫度降低時導電性增加。

磁性 金屬中僅鐵、鎳、鈷為顯著的磁性金屬，但加熱到一定溫度時也會失去磁性，所有其他金屬可分為順磁的（被磁石吸引的）和反磁的（被磁石排斥的）。

導熱性 物體將熱由高溫處傳導到低溫處的能力叫做導熱性。導熱性強的金屬可以迅速而均勻地進行加熱或冷卻。在工業用金屬中，銅的導熱性最大，鐵的導熱性很低，鋼的導熱性則視其所含的成分而異。當金屬的溫度升高時，導熱性減小，溫度降低時，導熱性增加。

熱膨脹性 物體受熱而膨脹的性質叫做熱膨脹性。物體加熱 1° 時所增加的長度對其原長度的比叫做線膨脹係數。各種金屬的線膨脹係數相差很大，鎢的線膨脹係數很小，鉛的線膨脹係數很大。

耐蝕性 金屬和所接觸的介質如空氣、水、酸、鹼、酸鹼溶液

以及汽油、潤滑油等發生化學作用而引起金屬的損壞叫做腐蝕。抵抗這種腐蝕的能力叫做耐蝕性。金屬中僅黃金和白金在一般情況下不受腐蝕，故為貴重金屬。工業用的金屬中，鎳的耐蝕性較佳，鐵和鋼的耐蝕性很低。

金屬的機械性能

強度 金屬抵抗外力而不破壞的能力叫做強度。例如將金屬在兩端用力拉，因為金屬具有拉伸強度，所以不是一拉就斷。不容易拉斷的金屬，其拉伸強度大；容易拉斷的金屬，其拉伸強度小。又如將金屬用力壓，不容易壓碎的金屬叫做壓縮強度大；容易壓碎的金屬，叫做壓縮強度小。用金屬製造各種零件時，要根據零件的載荷選用強度足夠的金屬，對於零件第一個要求也就是要有足夠的強度。

硬度 一物體抵抗另一較硬物體刺入的能力叫做硬度。許多零件，除了要具備足夠的強度外，還需要足夠的硬度，俾可抵抗磨損。又如切削工具，有了足夠的硬度，才能切削其他金屬。

彈性 在使金屬改變形狀的外力移去或停止作用後，金屬即恢復原來形狀的能力叫做彈性，製造鋼板彈簧等的金屬，就需要用彈性很好的金屬。

韌性 金屬抵抗衝擊力的能力叫做韌性。韌性是和脆性相反的一種性能。所謂衝擊力，就是一個突然而來的力量，和慢慢增加的力量不同。例如氣缸內的混合氣爆炸，壓力就突然增加得很高，因此活塞、活塞銷、連桿、曲軸等都承受着衝擊的力。

可塑性 金屬受外力作用而發生變形，但並不破損，並在外力的作用停止或移去後，仍保持其新形狀的性能叫做可塑性。可塑性是和彈性相反的一種性能，因為彈性是在外力的作用停止後即恢復原狀，而可塑性是外力的作用停止後不恢復原狀而保持其新形狀。

金屬的試驗方法

前面介紹了金屬一些主要的性質和性能，但究竟怎樣確定各種金屬的性質和性能呢，就得進行試驗。下面簡單介紹一些主要的試驗方法。

1. 靜力試驗

零件所受的載荷一般可分為三種類型：靜力載荷、動力載荷及振盪載荷。所謂承受載荷亦可理解為承受力量。例如有一個力量加在一隻齒輪上，即可說這只齒輪承受了載荷。

逐漸增加着的載荷叫做靜力載荷。不是逐漸增加而是衝擊式的叫做動力載荷。振盪載荷是由零增到某一數值然後又減到零，或是往復式的載荷。振盪載荷使金屬發生疲勞，因而減低金屬的強度。

靜力試驗包括拉伸試驗、壓縮試驗、彎曲試驗和扭轉試驗。壓縮試驗和彎曲試驗對於生鐵等脆性材料才進行。

拉伸試驗 拉伸試驗主要是確定金屬的拉伸強度（或叫抗拉強度）、彈性極限、屈服點、斷面收縮率和延伸率。

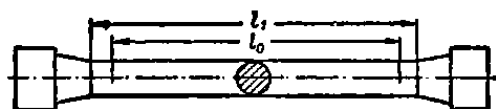


圖 1. 拉伸試驗用試樣

將需要進行試驗的金屬做成圓形或扁平形的試樣如圖 1 所示。將試樣夾緊在拉力試驗機（圖 2）的夾子 2 內進行試驗。在拉力試驗機上用重錘 1 使夾子 2 產生拉力，並將重錘逐漸移動以增加拉力，這個拉力使試樣內

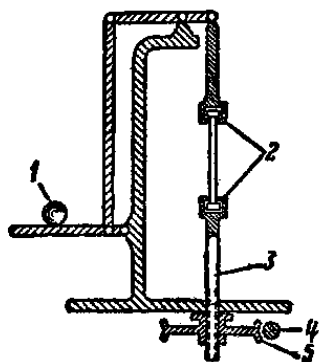


圖 2. 拉力試驗機簡圖

部產生應力，並使試樣逐漸拉長，斷面逐漸縮小。當應力超過試樣的強度時，試樣即斷裂。

圖 3 是以軟鋼為試樣，根據試驗所得的數據做出的拉伸曲線圖。

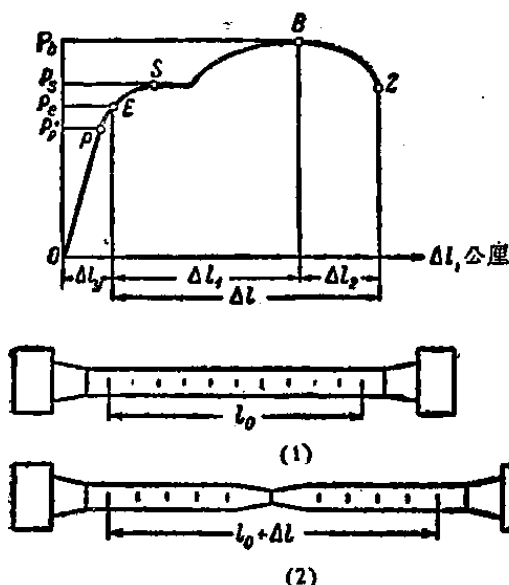


圖 3. 軟鋼拉伸曲線圖

(1) 拉伸前的試樣；(2) 拉伸後的試樣。

化， E 點為彈性極限，因為，如果到 E 點後，將重錘去掉，使夾在 2 上的拉力消失，試樣即能恢復原狀。假使超過這點，試樣即不能恢復原狀，所以 E 點叫做彈性極限。而試樣到 E 點為止的變形叫彈性變形。從 S 點開始，試樣幾乎是在不增加載荷的條件下繼續伸長一定的長度，所以將 S 點叫做屈服點。 B 點是試樣所能承受的最大載荷，這時的應力稱為強度極限。達到 B 點後試樣開始有縮頸形（試樣某一處斷面特別縮小，如圖 3 的 (2) 所示）。因而載荷開始下降，到 Z 點試樣開始斷裂。

斷裂處試樣斷面積的減小數值與原來斷面積之比以百分數計

圖。這個圖是在逐漸增加拉力一直到試樣拉斷為止的情況下做出來的。沿圖的縱座標表示拉力，沿圖的橫座標表示試樣被拉長後的變形。

將圖 3 上端所畫的曲線分析一下，可以看出幾個特徵點。 OP 是直線段，從 O 點到 P 點為止試樣的伸長與拉力成比例，所以在 P 點時的應力稱為比例極限。 P 點以後即依曲線變

做斷面收縮率。試樣拉斷後所增加的長度與原來長度之比以百分數計叫做延伸率。脆性金屬的延伸率和斷面收縮率接近於零，可塑金屬的延伸率和斷面收縮率可達百分之幾十。

同時，根據這個曲線亦可了解零件所受的載荷必須保持在強度極限以下（爲了安全起見，零件實際所承受的應力要比強度極限小得多），否則就會斷裂。如要保持金屬的彈性，則載荷不能超過 E 點的彈性極限，否則就要發生永久變形而不能恢復原狀。

扭轉試驗 扭轉試驗的目的是測定金屬的扭轉強度極限，比例極限和彈性極限等。製造各種軸的鋼，一般須進行這種試驗。

扭轉試驗是在扭轉試驗機（圖 4）上進行。將試樣牢固地固定

在夾頭 2 和 3 上，夾頭 2 裝在一固定的軸承上，夾頭 3 和擺錘 5 相連。當順時針方向轉動手搖柄時，夾頭 2，試樣 1 和夾頭 3 一起轉動，擺錘 5 則向上傾斜，而擺錘 5 傾斜時，其本身的重量有促使向反時針

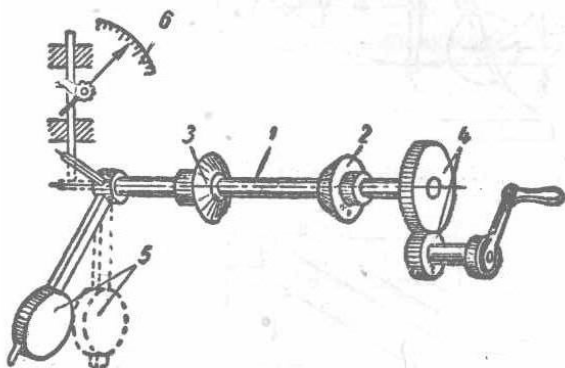


圖 4. 扭轉試驗機

方向轉動的趨勢，這樣就產生了轉矩，而使試樣 1 受到扭轉應力，擺錘的傾斜愈大，試樣所受的扭轉應力亦愈大，轉矩的數值由指針在刻度 6 上指出，試驗直到扭轉應力超過金屬的強度而破裂爲止。根據試驗的數據亦可畫出一個曲線圖來。

2. 動力試驗

有些零件，按其作用須承受衝擊載荷時，則製造這種零件的金

屬，除靜力試驗外還須作動力試驗。因為有些金屬雖然具有足夠的靜力強度，但在很小的衝擊載荷下即被破壞。

衝擊試驗是在擺錘衝擊試驗機（圖 5）上進行。試驗的目的在

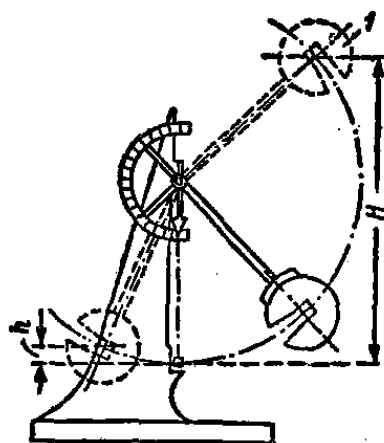


圖 5. 擺錘衝擊試驗機

測定金屬的韌性。將試樣裝置在擺錘衝擊機的支架（圖 6）上，並使試樣中間一面的缺口位在擺錘的擺動行程之內，將一定重量的擺錘升高到一定的高度 H ，在這位置使擺錘自由落下，衝擊試樣並使之折斷，擺錘則仍憑其餘力繼續前進而升高到高度 h ，由 H 和 h 兩個數值以及擺錘的重量可以算出受試金屬的韌性。

3. 硬度試驗

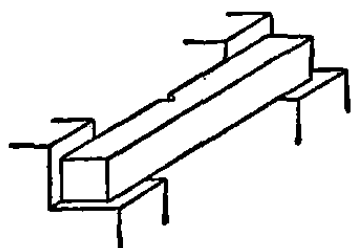


圖 6. 試樣在擺錘衝擊試驗機上的裝置

硬度試驗進行簡單迅速且不需要複雜的試樣，此外，根據硬度試驗的數值（布氏硬度），還可按一定的比例判定金屬的其它機械性能（例如強度極限等）。因此，硬度試驗在實際工作中採用很廣。下列三種是通用的試驗方法。

布氏法 布氏法是在布氏硬度試驗儀（圖 7）上進行。用直徑 10、5 或 2.5 公厘淬過火的鋼珠用規定的力量 P 壓入受試驗的試樣，結果試樣的表面留下球形凹痕（圖 8）。凹痕愈小，則金屬的硬度愈大。凹痕的直徑用放大鏡測得，根據凹痕直徑可從算好的圖表查得硬度數值。用布氏法測得的硬度稱為布氏硬度，以 H_B 表示之。

只有硬度不超過 $H_B = 450$ 的材料才能作布氏硬度試驗，因為如果對硬度更高的材料作試驗，小鋼珠在壓入時本身將發生變形致測出的結果不正確。至受試驗的試樣厚度不得小於壓印深度的十倍，以免被小鋼珠壓透。

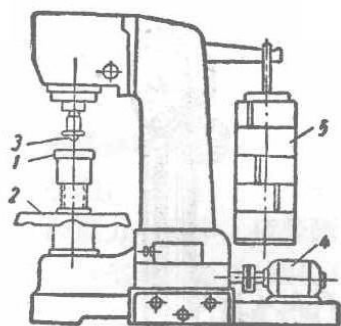


圖 7. 布氏硬度試驗儀

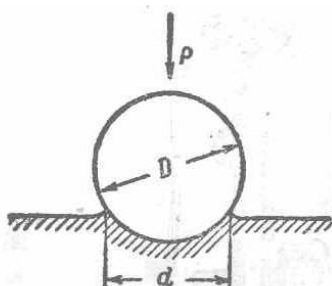


圖 8. 試樣表面的球形凹痕

洛氏法 洛氏法是用直徑 $D = 1.59$ 公厘 (1/16 吋) 的鋼珠或 120° 角的金剛石錐壓入試樣進行硬度試驗。

洛氏法是在洛氏硬度試驗儀 (圖 9) 上進行。試驗儀有 60、100、150 公斤三種載荷和 A、B、C、三種刻度，未經淬火的鋼、青銅、黃銅等硬度較低的材料，則用小鋼珠 (B 刻度) 和 100 公斤的載荷進行測試，測得的數值用 H_{BB} 表示之，硬度較高的材料如淬火後的鋼等則用金剛石錐 (C 刻度) 和 150 公斤的載荷進行測試，測得的數值用 H_{RC} 表示之。對於超硬合金和測試薄表層的硬度，則用金剛石錐和 60 公斤的載荷進行測試，測得的數值用 H_{RA} 表示之。

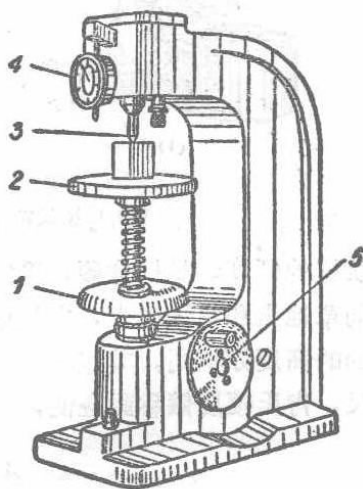


圖 9. 洛氏硬度試驗儀

肖氏法 肖氏法是利用彈性回跳的原理測試硬度，其儀器叫肖氏硬度試驗儀（圖 10）。用 2.5 克重具有金剛石錐的重錘經玻璃導管由一定高度落到試樣上，重錘又從試樣彈回，彈回的高度即表示

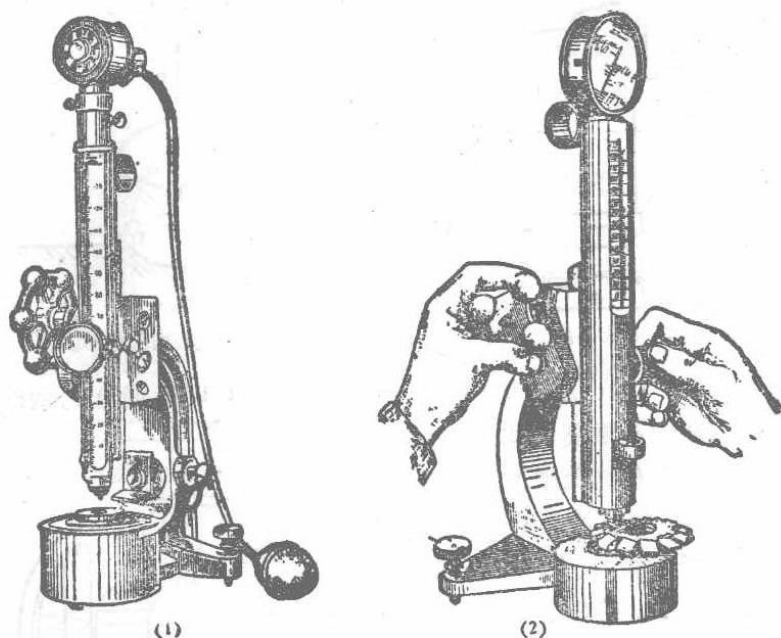


圖 10. 肖氏硬度試驗儀
(1) C 型試驗儀； (2) D 型試驗儀。

試樣的硬度。試樣愈硬，重錘彈回愈高。如用一樣的力量將皮球擲向草地上和水泥地上，由於草地和水泥地的軟硬不同，所以皮球跳回的高度亦不同，其道理是一樣。硬度儀上有測定彈回高度的刻度尺，肖氏硬度儀移動輕便，一般用於測試大而重的製品。

4. 疲勞試驗

很多零件如曲軸、連桿、鋼板彈簧等，都承受着大小和方向發

生變化的應力，這種重複變化的壓力，使金屬逐漸由韌性狀態轉變為脆性狀態（疲勞），最後發生破裂。故靜力試驗還不足以說明金屬在變動載荷下的耐久性。因而就需要進行疲勞限度的測定。疲勞限度的大小和金屬內所含非金屬夾雜物的多少、金屬的結構以及零件的形狀等因素有關。

承受重複載荷的零件，其破裂總是突然發生的，而且比承受靜載荷所發生破裂時的應力小得多。疲勞斷口是由外形不同的兩個斷口組成（圖11）。沿斷面邊緣的一部分是細晶粒的斷口，而在斷面中心部分，則是粗晶粒的斷口。

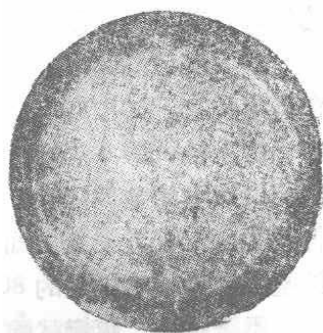


圖 11. 疲勞斷口

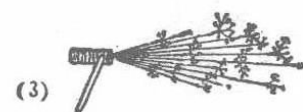


圖 12. 鋼的火花試驗

5. 工藝試驗

火花試驗 當鋼在砂輪上研磨時，飛濺出來的屑粒在空氣中燃燒而形成火花束。根據火花的多少、火花的性質和顏色，可大概判定鋼的化學成分。這種方法叫做火花試驗法。圖 12 示幾種含碳量不同的鋼的火花狀況。

(1) 低碳鋼的火花為長草花形火花，平直細線，淡黃色，無小星花。

(2) 中碳鋼的火花為草花形線條，分裂成少數單獨淡黃色的星花。

(3) 高碳鋼的火花幾全為草花形火花，但有無數小淡黃色星花。

(4) 鉻鋼的火花為帶有球形末端的黃花線條，其間有或多或少的線束，其數量隨碳量的多少而變更。

(5) 高速鋼的火花為不連續碎點之黃紅火花線，末端為暗血紅色球形火花，其中亦有爆裂成小紅星光線的，顏色稍淡。

焊接性試驗 焊接性試驗是測定金屬焊接堅牢的能力。其法將兩塊做試驗的金屬焊接，然後和一整塊相同的金屬分別做彎曲或拉伸試驗，比較其強度。如焊接性良好，則焊接處的強度極限應不低於整塊金屬強度極限的 80%。

壓彎試驗 壓彎試驗在熱狀態或冷狀態下進行，用以測定金屬彎曲成指定尺寸或形狀的能力。可將試樣壓到一定的角度（如圖

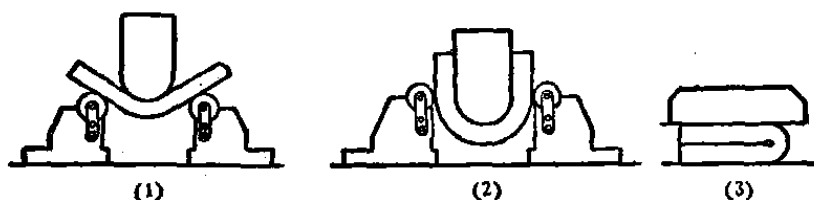


圖 13. 壓彎試驗

13.1)，或壓到兩邊平行（圖13.2），或壓到兩邊疊起（圖13.3）。厚度不大於 30 公厘的金屬板，壓彎後沒有折損、裂口或裂縫才算合格。

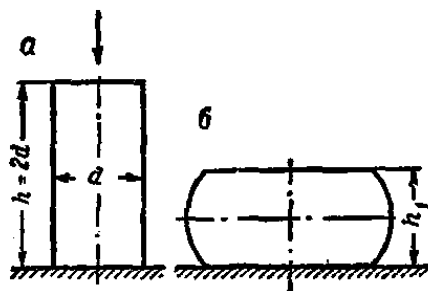


圖 14. 鐵粗試驗

鐵粗試驗 這種試驗是在冷狀態下進行，用以試驗金屬壓縮成指定形狀的能力。試樣應為圓柱形，其高度等於直徑的兩倍，如鐵粗到指定高度（圖 14）而試樣上無裂縫、裂口、拆斷等現象則為合格。一般螺栓和鉚釘等亦

料應進行這種試驗。

往復彎曲試驗 這個試驗用以測定金屬承受往復彎曲的能力。其法將試樣夾緊在鉗口內（圖 15），向左右各彎曲 90° ，以每分鐘不超過 60 次的速度進行試驗到規定的往復彎曲次數。例如 0.8 公厘以上的鋼絲，至少須彎曲 10 次不斷。

金屬疵病檢查

金屬內部的裂縫、細紋、氣泡和非金屬夾雜物等疵病，可用磁力探傷法進行檢查。當疵病存在於離表面不深的地方時，則用此種方法試驗非常迅速而可靠。

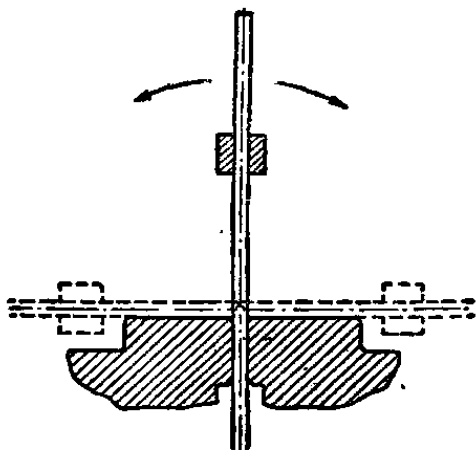


圖 15. 往復彎曲試驗

磁力探傷法由磁力探傷器依三個基本工序組成：（1）將受檢查的零件磁化；（2）用磁粉撒佈於磁化的零件上；（3）觀察磁粉分佈的狀況判定疵病之後，將零件退磁。

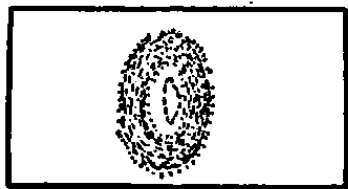


圖 16. 有疵病的磁力線分佈情況

內部有疵病的表面，根據磁粉分佈的狀況可以判定金屬疵病的大小和形狀。

二、金屬的種類

黑色金屬

工業上最重要的金屬是鐵。鐵和碳以及其它元素組成的合金構成黑色金屬類。鐵的合金在所有金屬裏面佔主要部分。如果世界上冶金工業所熔煉的金屬量是 100%，則黑色金屬要佔到 94%。由此可見，為什麼以黑色金屬的生產來表示一個國家的國民經濟的水平，道理很明顯。

鐵合金的主要成分是鐵和碳，其它還含有矽、錳、磷、硫以及別的一些元素。但碳對於鐵合金性能的影響最大。鐵本身是一種很軟的金屬，純粹的鐵和銀子有些相像，在工業上很少用得着。碳加到鐵裏面去後，則其性能發生變化。根據含碳量的多寡，黑色金屬又分為生鐵和鋼兩種。

含碳量超過 1.7% 的鐵合金叫做生鐵，含碳量在 1.7% 以下的鐵合金叫做鋼。而在鋼中含碳量少於 0.25% 的稱為低碳鋼，含碳量 0.25%~0.6% 的稱為中碳鋼，含碳量 0.6%~2% 的稱為高碳鋼。

1. 生 鐵

生鐵可分為白口鐵和灰口鐵兩種：

白口鐵 在生鐵中碳大部分存在於滲碳體中的叫做白口鐵。由於滲碳體的硬度很高，所以由白口鐵鑄成的鑄件亦具有極高的硬度，但脆性很大，所以很少直接使用。白口鐵的主要用途是經過特殊的退火處理以製造可鍛鑄鐵。

灰口鐵 在生鐵中碳大部分以石墨的狀態存在的叫做灰口鐵。

它沒有像白口鐵那樣硬和脆，因此，用途很廣。

可鍛鑄鐵係將白口生鐵鑄件經過幾十小時的長時間退火處理而得到，它的機械性能介於生鐵與鋼之間。

如利用鎂對生鐵作變質處理，使石墨球狀化（原來石墨是以片狀存在於生鐵結構中），則可大大提高其機械性能，一般叫做球墨鑄鐵，可用以製造發動機的曲軸。

2. 碳素鋼

碳素鋼是冶金工業最普遍的產品，並應用得非常廣泛。碳素鋼按含碳量分低碳鋼、中碳鋼、高碳鋼。

低碳鋼 低碳鋼的含碳量甚少，雖加熱至任何溫度並淬於水、油或鹽水中，都不能顯著增加其硬度。但經熱處理後可增加其強度。如經滲碳或氰化等處理，使其表層硬化後，則可抵抗磨損而內部仍是柔軟。用低碳鋼製的零件有普通的螺栓、螺帽和墊圈等。

中碳鋼 中碳鋼經過熱處理以後，韌性很好，強度也相當高。因此，用途很多，可製造較為重要的螺帽、螺栓、以及控制桿等。中碳鋼的熱處理方法亦較多，除了淬火以外，可以滲碳，氰化，高頻率電流表面硬化等等。

高碳鋼 高碳鋼因為硬度較高，所以主要是用作工具鋼以製造各種模子、衝模、量具、導套、頂心等。

碳素鋼如按其用途可分為結構鋼（軟鋼和中等硬度鋼，含碳量在 0.6% 以下）和工具鋼（硬鋼，含碳量在 0.6% 以上）。

結構鋼 結構鋼又可分為普通鋼和質量鋼：

普通鋼用於製造型鋼、鋼板、釘子、鉚釘、螺栓、鋼管等。

質量鋼用於製造機器和較重要的零件。質量鋼的結構較普通鋼均勻，並且硫和磷的含量少。蘇聯對於這種鋼的標誌是以兩位數字表示其平均含碳量，以萬分之幾計。例如 25 號的鋼，其含碳量平

均為 0.25%。40 號的鋼，其含碳量平均為 0.40%。依此類推，最大的品號為 65。

工具鋼 工具鋼用於製造各種工具如刀具、量具、衝模等，工具鋼又可分為質量鋼和優級質量鋼：

質量鋼蘇聯是以字母 Y 和數字來標誌，數字表示含碳量以千分之幾計，例如 Y7 號鋼，即為含碳量 0.70% 的質量工具鋼。

優級質量工具鋼所含硫和磷的雜質較質量工具鋼少，蘇聯對於這種鋼的標誌是在質量工具鋼品號後面加字母 A，例如 Y8A 即為含碳量 0.80% 的優級質量工具鋼。

碳素鋼除含碳以外，還含有其它的雜質——矽、錳、硫和磷，它們對於鋼的性能有着不同的影響。

鋼內含碳量的多寡，強烈地影響着鋼的機械性能。隨着含碳量增加到 1.2% 時，拉伸強度、硬度和彈性極限亦隨着不斷增大。

鋼的固定雜質一般在下列範圍內：

矽——0.3% 以下

錳——0.5% 以下

磷——0.05% 以下

硫——0.05% 以下

矽和錳在上述範圍內對於鋼性能的影響不大。隨着矽錳含量的增加，鋼的硬度和強度也增加。但這時矽、錳已不再叫做雜質，而是專門加進鋼裏去的元素，這種鋼也列作合金鋼了。

硫是有害的雜質，含硫量高的鋼，在鋼加工時將發生熱脆而形成裂縫。此外，硫還降低鋼的可塑性和強度以及耐磨性和耐蝕性。

磷使鋼具冷脆性（室溫下的脆性）。磷的有害影響在碳的含量增高時更為顯著，因此，鋼越硬，磷對鋼的害處越大。

碳素鋼的最大缺點是幾種機械性能不能配合。隨着含碳量的增加，雖然強度和硬度亦隨着增高，但是可塑性和韌性則降低，脆性增大，因此就不宜製造承受衝擊載荷的零件。此外，因為碳素鋼的臨界淬火速度（臨界淬火速度的意義，在熱處理一節內有說明）很