

合金钢的 基本知识

朱 荆 璞 編
辽 宁 人 民 出 版 社

合金鋼的基本知識

朱荊璞編

辽宁人民出版社

1960年·沈阳

合金鋼的基本知識

朱 荆 璞 編

☆

辽宁人民出版社出版（沈阳市沈阳路二段宫前里2号） 沈阳市书刊出版业营业许可证文出字第1号
沈阳新华印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

787×1092 $\frac{1}{32}$ ·7 $\frac{1}{2}$ 印张·174,000字·印数：1—7,500 1960年11月第1版
1960年11月第1次印刷 统一书号：15C90·180 定价(9)0.85元

前 言

为了配合文化革命和技术革命高潮的到来，满足工人和技术工作人员熟悉和了解各种合金钢知识，特编写了这本“合金钢的基本知识”。书中主要介绍关于碳钢及其热处理基础、合金钢概论、结构钢、工具钢和特殊用途钢，并介绍了我国新合金钢系统的建立特点、编号方法等内容。

书中避免高深的理论，力求通俗，希望能帮助工人同志提高这方面知识，以便在1960年的继续跃进中贡献出更大的力量。

应当说明，合金钢的内容很广，理论很深，将它写成通俗易懂的读物是很困难的。更兼编者本身水平所限，经验不足，书中难免有缺欠，希望读者能给以指正和批评。

編 者

1960年元月

目 录

前 言

第一章 鉄碳合金	1
一、鉄	1
二、鉄碳合金平衡图	5
三、碳鋼的性能和应用	11
四、鋼中的雜質	13
五、碳鋼的分类和編号	19
第二章 鋼的热处理基础	31
一、热处理的意义	31
二、热处理的分 类	32
三、退火	36
四、淬火	41
五、回火	49
六、化学热处理	51
第三章 合金鋼	57
一、合金鋼的分类	57
二、合金鋼的編号方法	59
三、我国的新合金鋼系統的特点和編号方法	62
四、合金元素对鋼性能的影响	64
第四章 合金結構鋼	74
一、結構鋼中合金元素的作用	75
二、結構鋼的合金化	77
三、錳鋼	79
四、鉻鋼	84
五、鎳鋼	92
六、鉬鋼	96

七、鉻鎳鋼	99
八、鉻錳鋼	109
九、鉻鉬鋼	116
十、鉻鈮鋼	120
十一、鉻硅鋼和硅錳鋼	123
十二、鉻鉬鋼和硅錳鉬鋼	128
十三、鉻錳硅鋼	130
十四、鉻鎳錳鋼和鉻鎳鉬鋼	133
十五、其他类型的复杂合金鋼	138
十六、硼鋼	141
十七、彈簧鋼	142
十八、合金結構鋼的缺陷	147
第五章 合金工具鋼	150
一、工具鋼的分类和它的特点	150
二、碳素工具鋼	153
三、合金工具鋼	169
四、高速鋼	179
五、冲压工具鋼	197
六、量度工具鋼	212
第六章 特殊用途鋼	214
一、不銹鋼和耐酸鋼	214
二、耐热鋼和不起皮鋼	225
三、磁鋼和磁合金	231
四、高电阻合金	236
五、抗磨鋼	238
附录	239
1. 注音字母的讀法	239
2. 俄文字母的近似讀法	239
3. 我国新鋼鐵产品牌号表示方法	240

第一章 鉄碳合金

日常我們所看到的鋼和鉄都是鉄和碳的合金，也就是說在鋼的成分中主要的有鉄和碳两种元素。所以我們在研究鋼的各种性質的時候，首先要研究一下鉄和碳的合金。当然，鋼中除去鉄和碳以外，还有极少量的硅、錳、硫、磷等元素。由于它們的含量很少，并且对鋼性質的影响不大，有的如硫和磷往往因为对鋼性質起着有害的影响，而被限制在极少的含量限度內，所以就把它們叫作鋼中的雜質。

普通碳鋼中，含碳量一般在0.03 ~ 1.7%的範圍內（实际上不超过1.4%）。

一、鉄

工业上应用的鉄都不是純鉄，就是說在鉄中，总包含有少量的雜質。一般就把这种含有少量雜質的鉄，叫作工业鉄。

鉄的熔化温度是 1535°C ($\pm 5^{\circ}$)。这个温度我們就叫作鉄的熔点。低于熔点，鉄就凝固成固体。

与鋼比較，鉄是硬度不太高，比較柔軟的金属。鉄的机械性能如下：

抗拉强度极限 σ_b	25公斤/毫米 ²
延伸率 δ	50%
断面收縮率 ψ	85%
冲击值 ak	30公斤·米/厘米 ²

如果把鐵制成小試樣，在金相顯微鏡下觀察，就可以發現鐵是由許多細小的晶粒組成（如图1）。晶粒的大小能影响鐵的性能。晶粒越細小，鐵的性能就越好。晶粒的交界处就叫作晶界。

每一个晶粒，又都是由无数个鐵的原子所組成（这是我們肉眼所看不到的）。这些鐵原子又都按照一定規律排列。

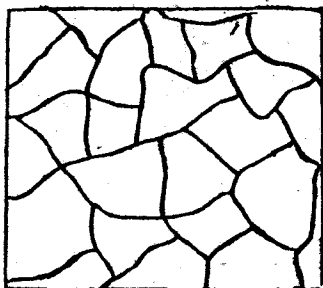


图1 純鐵的显微組織

由常温到 910°C 的温度範圍內，鐵原子的排列如图

2（甲）所示，叫作体心立方晶格。由 910°C 到 1400°C 範圍內，鐵原子的排列如图2（乙），叫作面心立方晶格。由 1400°C 到 1535°C 範圍內，鐵原子的排列如图2（甲），叫作体心立方晶格。 1535°C 以上鐵就熔化了，鐵原子的排列也就不再保持規律性了。这种现象，也就是說在不同的温度範圍內，鐵原子有着不同規律的排列的性質，就叫作鐵的同素异形性。也正因为鐵有这种同素异形性，才能确定在鐵和碳組成的合金——鋼和鐵，能够通过热处理改善它的性質。

鐵除了有同素异形性的特性以外，还具有磁性。 770°C 以下的鐵，具有鐵磁性。 770°C 以上的鐵，沒有磁性。这也是鐵和其他金屬不同的特性。

現在我們来研究一下，熔化了的鐵水的冷凝过程吧。

可以用热分析方法把鐵放在坩堝里，在爐中熔化后，用



图 2 甲

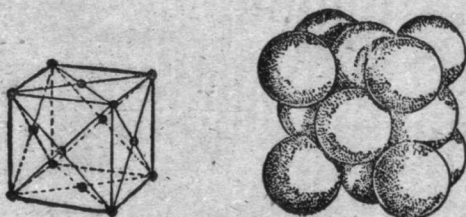


图 2 乙

图 2 铁的晶格

热电偶高温计来测量铁水的冷凝过程。具体說，就是把热电偶高温计插到熔化了了的铁水中，測量出铁水的温度并记录下来。每隔一定时间看一下铁水的温度，比如每隔20秒鐘看一下温度计，同时把铁水的温度记录下来，到第二个20秒时，再把温度记录下来，同样的把第二、三、四……个20秒后的铁水温度都记录下来，就可以画成一个和温度、时间有关系的铁的冷却曲线来（如图3）。

图3的垂直纵坐标表示温度，也就是說，用纵坐标的高低来表示温度。水平横坐标表示时间，应用横坐标的长短来表示时间。如第一个小格表示第一个20秒。第二、三……小格就表示第二、三……个20秒。这样图形，就叫作铁的冷却曲线图。一般就用这种图形来说明金属的冷凝过程。

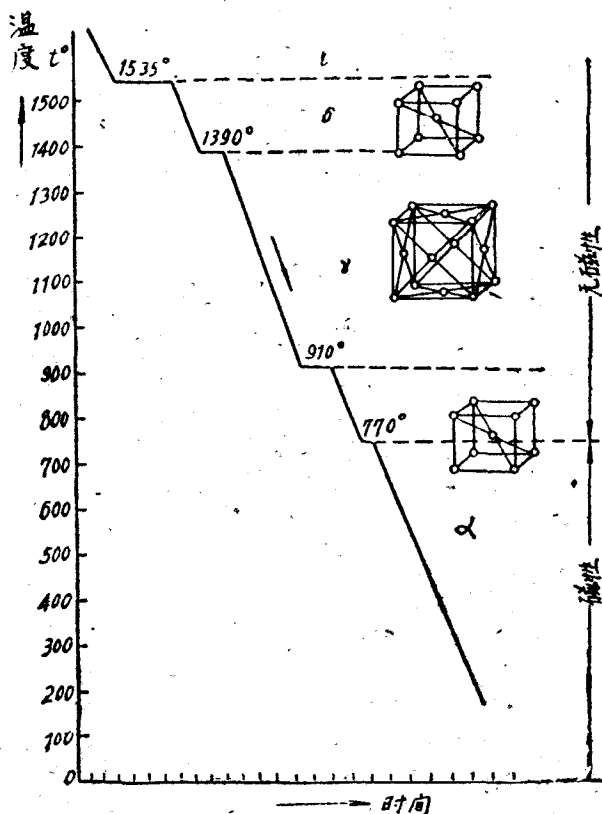


图3 铁的冷却曲线

在铁的冷却曲线上，可以看到四个水平线段，也就是时间增加温度不变化的阶段。

1535°C 的水平线段，是铁水的凝固过程，就是由铁水凝固成铁。凝固后所得到的铁，它的原子排列是体心立方晶

格，我們就叫它是 δ （讀作台兒它）鐵。1400°C 上的水平綫段，是鐵的原子排列由體心立方晶格轉變成為面心立方晶格，這時的鐵就叫作 γ （讀作格瑪）鐵。910°C 上的水平綫段，是鐵由面心立方晶格的 γ —鐵又轉變為體心立方晶格的 α —鐵（讀作愛兒發）。770°C 上的水平綫段，是鐵從沒有磁性，轉變到有磁性的鐵的過程。常溫下的鐵，是體心立方晶格和有磁性的金屬。

二、鐵碳合金平衡圖

鐵碳合金平衡圖，是用以表明不同成分的鐵碳合金的冷凝過程、加熱過程的變化和它們的組織構造的圖形。鐵碳合金平衡圖在工業上的應用很廣泛，不論是工程技術人員以及工人都應當了解這個圖形。比如鍛壓方面的工作人員熟悉了鐵碳合金平衡圖，就可以正確的選擇鍛造溫度。鑄工工作人員，熟悉了鐵碳合金平衡圖，就可以正確的確定澆鑄溫度。熱處理方面的工作人員，就可以利用它正確的決定熱處理工藝規範等。都說明鐵碳合金平衡圖有很大的實用價值。

鐵和碳能組成很多不同的組織：有鐵素體、滲碳體、珠光體、奧氏體、萊氏體等。首先就來研究一下這些組織的特徵。

鐵素體——是碳在 α —鐵內的合金，叫作碳在 α —鐵內的固溶體。性能上接近純鐵，含碳量極少，常溫下能含有 0.003% 的碳。所以就將這種含碳極少的 α —鐵叫作鐵素體。在顯微鏡下觀察時，和純鐵有相同的組織構造（看圖 1）。鐵素體的硬度大約等於 30~100HB。

滲碳體——是鐵和碳的化合物（也可以叫作碳化鐵，可以用 Fe_3C 表示）。這種鐵（三份）和碳（一份）的滲碳體化

合物，具有很高的硬度，大約能达到布氏硬度800HB。脆性极大，塑性几乎等于零。含碳量大于0.008%的鉄碳合金中都有渗碳体存在（除去鉄素体基的灰口鉄和可鍛鑄鉄）。

奥氏体——是碳在面心立方晶格 γ -鉄中的合金，叫作碳在 γ -鉄內的固溶体。通常都把它叫作奥氏体。硬度在170~220HB 範圍內，塑性好可以鍛造。温度高于723°C 时，在鉄碳合金中就有奥氏体存在。低于723°C 奥氏体就分解，轉变成成为鉄素体和渗碳体的混合物。这种混合物就叫作珠光体。高温奥氏体的組織如图4。

珠光体——是鉄素体和渗碳体的混合物。这种組織是奥氏体在723°C 冷却时分解轉变所得到的。在显微鏡下珠光体是薄片状的晶粒（图7乙），經過特殊处理后（如回火或球化退火）也可以得到顆粒状晶粒的珠光体。珠光体也叫作共析体。珠光体的硬度是200~250HB 或12~15R，比鉄素体高一倍，抗拉强度极限 $\sigma_b = 82$ 公斤/毫米²，延伸率 $\delta = 15\%$ 。

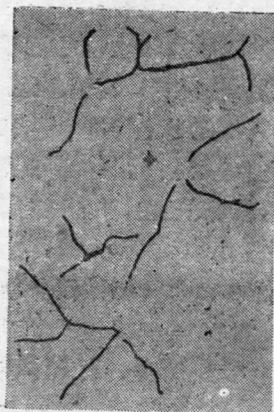


图4 奥氏体

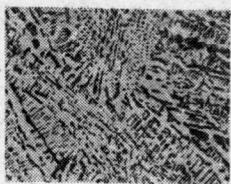


图5 莱氏体組織（共晶体）

莱氏体——是鉄碳合金中的共晶組織，在1130°C 时由鉄水直接凝固形成的。常温下莱氏体是珠光体和渗碳体的混合物。莱氏体的組織在显微鏡下如图5所示。

鉄碳合金中的几种基本組織，我們介紹过了。現在就来研究一下鉄碳合金平衡图（图 6）。

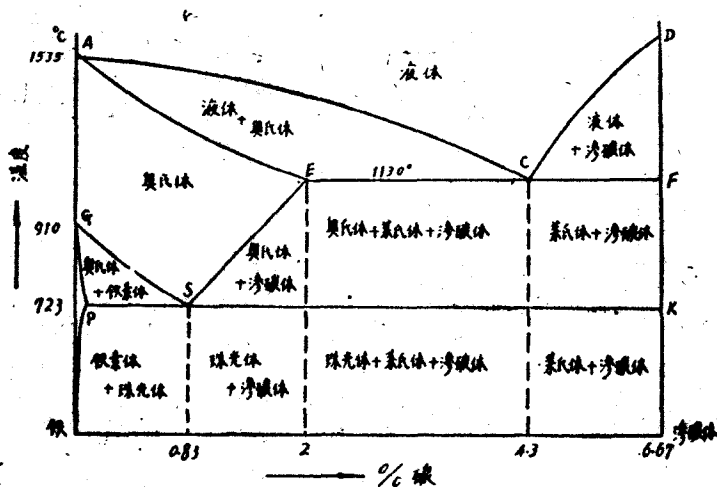


图 6 鉄—碳合金平衡图

图中垂直的縱座标表示温度，就是用縱座标的高低来表示温度的高低。水平横座标表示合金的成分，即沿水平横座标从左向右是表明含碳量的增加，用百分数（%）表示。平衡图的左端代表純鉄，右端代表渗碳体（或碳化鉄含 6.67% 碳）。含碳量大于 6.67% 的合金沒有实用价值，所以沒人研究。

图 6 中各綫段的意义是：

ACD 綫——叫作液相綫，就是說，鉄碳合金在高于这条綫以上的温度就完全熔化了，低于 ACD 綫就开始凝固；合金冷却到 AC 綫以下就从液体中析出奥氏体，在 CD 綫以下就从液体中开始析出渗碳体。

AEF 綫——叫作固相綫，不同成分的鉄碳合金冷却到低于这条綫的温度时，就完全凝固成固体了。反之，在加热时热至高于这条綫的温度时，合金就开始熔化。

在固相綫 AE 綫段內，合金的成分是鉄多碳少，所以凝固結果得到碳在 γ -鉄中的固溶体，我們就叫作奥氏体。在固相綫的 EF 綫段上是水平的綫段，是由液体同时結晶成奥氏体和渗碳体的共晶体，就叫作莱氏体。

C 点——在含碳量 4.3%，温度是 1130°C ，正好是液相綫和固相綫重合的一点，凝固結果得到奥氏体和渗碳体的混合物莱氏体，也可以叫共晶体。因此，C 点就叫作共晶点。

ES 綫——是表示在奥氏体中，析出渗碳体的开始綫。也就是說，含碳量在 0.83~2% 范围内的鉄碳合金，由液体凝固得到的奥氏体，冷却到低于 ES 綫以下的温度，就有渗碳体从奥氏体中析出，这时得到的渗碳体就可以叫作次生渗碳体（或二次渗碳体）。

GS 綫——是在冷却时，由奥氏体中析出鉄素体的开始綫。也就是說，含碳量低于 0.83% 的合金凝固得到的奥氏体，冷却到低于 GS 綫时，就开始析出鉄素体。

PK 綫——是水平的等温綫，表示奥氏体冷却时全部分解終了綫，或叫作共析等温綫。也就是說，低于这个温度（ 723°C ）奥氏体就不存在了，而分解成为鉄素体和渗碳体的混合物，我們管它叫作珠光体（或叫共析体）。

S 点——正好是奥氏体开始分解綫和分解終了綫相重合的一点，S 点的成分是含 0.83% 碳，温度在 723°C ，在 S 点上奥氏体完全分解成为珠光体。所以，S 点就叫作共析点。

这些綫段，包括 ACD 綫、AEF 綫、GS 和 ES 綫，以及 PK 綫就把整个图形分成了許多小的区域。每个小区域

內的組織，就象圖 6 中標示的那樣。

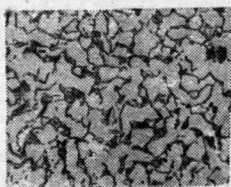
由圖可以看出，在 E 點以左也就是含碳量低於 2 % 的鐵碳合金中，不論在高溫或者在室溫都沒有萊氏體。在 E 點右也就是含碳量高於 2 % 的鐵碳合金的組織中，就有萊氏體存在。萊氏體的性質上面已經介紹過了，含碳量高於 2 % 的鐵碳合金組織中，不僅有萊氏體，而且有單獨存在的次生滲碳體，這就告訴我們，在含 2 % 碳以上的合金中，由於有萊氏體和滲碳體這些硬度很高、脆性很大、塑性幾乎接近於零的組織，所以是不能進行鍛打壓力加工的，只能用鑄造的方法製成各種零件。

含碳量低於 2 % 的鐵碳合金，常溫組織中有鐵素體和珠光體（亞共析鋼），有珠光體（共析鋼），也有的是珠光體和次生滲碳體（過共析鋼），加熱到高溫（GS 和 ES 線以上）就轉變成奧氏體，奧氏體的性能是硬度不高，塑性好的一種組織結構，所以說含碳量低於 2 % 的合金，可以加熱到高溫奧氏體狀態時，進行鍛打壓力加工。這就確定這種合金可以用鍛造壓力加工方法和鑄造方法作成各種零件。

能夠承受鍛打壓力加工的（含碳量低於 2 %）鐵碳合金，就叫作鋼。含碳量高於 2 % 的不能承受鍛打壓力加工的鐵碳合金部分，就叫作生鐵（或鑄鐵）。

在鋼裡面，含碳量正好是 0.83 % 的，就得到完全的珠光體（或叫作共析體），如圖 7 的乙，叫作共析鋼。含碳量低於 0.83 % 的鋼，叫作亞共析鋼，它的常溫組織是鐵素體和珠光體，含碳越少珠光體量也越少，鐵素體越多（看圖 7 甲）。含碳量在 0.83 ~ 2 % 範圍內的鋼，叫作過共析鋼，過共析鋼的組織是片狀珠光體和網狀滲碳體（白亮的），含碳越多則網狀滲碳體越多（如圖 7 丙）。

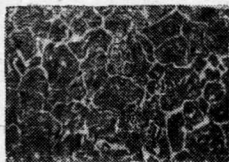
用不同的浸蝕剂，浸蝕后渗碳体在显微鏡下显现不同的顏色，如图7丁，一个是用4%的硝酸(HNO_3)酒精溶液浸蝕的，渗碳体就呈现白亮的网状。另一个是用硷性苦味酸鈉溶液浸蝕的，渗碳体在显微鏡下，就呈现黑色的网状。



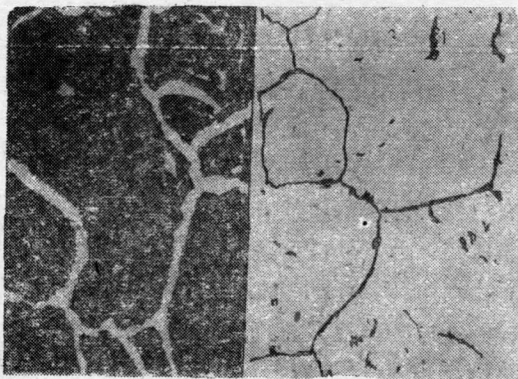
甲 鉄素体+珠光体(黑色)



乙 珠光体(片状)



丙 珠光体+次生渗碳体(亮网状)



a

b

丁 鋼之渗碳体网

a—4% HNO_3 酒精溶液浸蝕 b—苦味酸鈉溶液浸蝕

图7 碳鋼显微結構

三、碳鋼的性能和应用

首先我們重复的介紹一下上一节所講过的內容。上节講过，按照鋼的含碳量可以分为亚共析鋼，共析鋼和过共析鋼。亚共析鋼的組織是铁素体和珠光体，共析鋼的組織是珠光体，过共析鋼的組織則是珠光体和渗碳体。

另外，上一节中也講过珠光体是铁素体和渗碳体的混合

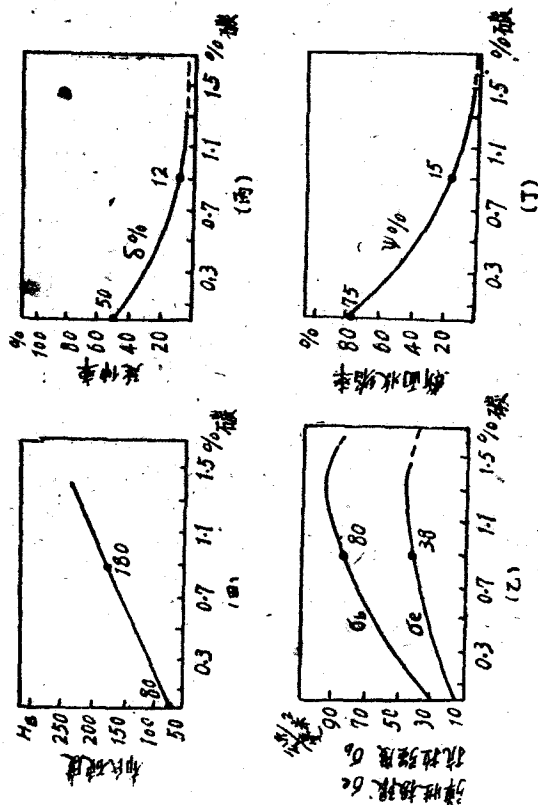


图 8 含碳量对鋼性能的影响