

鐵碳系狀態圖

重工業出版社

書中分析鐵——滲碳體及鐵——石墨系狀態圖。詳盡地研究各種合金中，在冷卻及加熱時平衡相轉變過程，並說明組織形成問題。

本書為冶金師，機械師及工廠試驗室工作人員以及高等學校學生的參考書。

Ю. Л. КИРИЛЛОВ
ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-
УГЛЕРОД

Металлургиздат (Москва 1953)

* * *

鐵碳系狀態圖

歐陽可強 何忠治 孫國英 劉志超 譯

孫珍寶 歐陽可強 校

重工業出版社（北京西直門內大街三官廟11號）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五四年十月第一版

一九五四年十月北京第一次印刷（1—2,330）

$787 \times 1092 \cdot \frac{1}{25}$ · 40,000字 · 印張 $2\frac{4}{25}$ · 定價3,600元

* * *

發行者 新華書店

目 次

序.....	2
I. 緒論.....	3
II. 鐵碳系的組成.....	6
1. 鐵 (Fe).....	6
2. 石墨 (C).....	11
III. 鐵碳合金系中的相.....	11
1. 碳在鐵中的液溶體.....	12
2. 石墨 (C).....	12
3. 滲碳體.....	12
4. 碳在 α -鐵中的固溶體.....	13
5. 碳在 γ -鐵中的固溶體.....	13
6. 碳在 δ -鐵中的固溶體.....	14
IV. 鐵滲碳體系圖的主要點、線、和區域.....	14
1. 圖中的主要點.....	15
2. 圖中的線.....	15
3. 圖中的區域.....	18
V. 鐵碳系狀態圖構成的歷史.....	18
VI. 必須正確地瞭解狀態圖.....	22
VII. 鐵滲碳體系合金中冷却 及加熱時所發生轉變過程的分析.....	24
1. 含碳量在 1.7 % 以下的合金.....	25
2. 含碳量高於 1.7 % 的合金.....	32
VIII. 關於合金的組織.....	37
IX. 鐵——石墨系狀態圖的分析及合金中的轉變過程.....	45
參考文獻.....	52

序

卓越的俄羅斯學者—冶金學家 Д. К. 契爾諾夫 (Д. К. Чернов) 在他的研究工作中曾經證明鋼在加熱和冷卻過程內內部組織發生變化。他確定了這些變化的溫度極限，也就是所說的臨界點，並且畫出鐵碳合金狀態圖的主要部份。Д. К. 契爾諾夫從他的試驗研究得出鋼中相變的基本理論。

基於狀態圖 (相變靜力學) 和金屬合金性質的研究，科學院士 Н. С. 庫爾納科夫 (Н. С. Курнаков) 和他的學派曾經研究出金屬系的分類以及合金成份—性質圖。該圖反映出合金性質是依賴於合金成份。

進一步，蘇聯學者 С. С. 史捷因貝爾格 (С. С. Штейнберг)、Г. В. 庫久莫夫 (Г. В. Курдюмов)、С. Т. 科諾別夫斯基 (С. Т. Конобеевский) 和他們的學派曾在試驗研究中找到金屬合金相變的動力學和機構的一般定律。這個定律能夠確定組織形成和組織與性質之間關係的基本情況。

反映組成的相互關係依賴於溫度和濃度的狀態圖，可以表示出合金中相的組成，相的相對數量和相變的溫度界限。由於這個原因，在研究任何金屬合金的開始階段，狀態圖具有極大的實際上和理論上的意義。

但是只有和相變的動力學一同來研究狀態圖 (靜力學) 才能得到對合金品質和組織形成的完整概念。

這本小書裏將引起讀者們注意的是鐵碳系平衡圖和組織形成情況的詳細分析。

在金屬學的廣泛文獻中一般都引用鐵碳狀態圖並且闡明合金轉變過程。但是大多數情況下這種闡明都很簡短，並且對相變的靜力學和動力學問題沒有加以明確區分。這點往往造成對鐵碳合金組織形成問題的不正確的解釋。

鑽研技術知識，精通金屬學的理論基礎，對生產工作者和將要成為社會主義工業中青年專家的專科學校的學生們說來，是為成功地完成我們的黨在第十九次代表大會中向冶金學家們提出的增加生產，改善為提高機器製造業所需要的特殊鋼質量的技術所必需的。

我們希望這本小書的出版對工業企業中的工程師和技術員們，對工廠試驗室的工作人員以及學習金屬學課程的專業大學生們有用。

應用科學博士，教授 Н. Н. 博卡契夫
(Н. Н. Богачев)

I 緒言

金屬學中所研究的種種不同的二元狀態圖中《鐵碳》系圖佔有特殊地位。因為這個系包括一切技術範圍中最重要且被廣泛應用着的合金：鐵，鋼和鑄鐵①。

當然，《鐵碳》系圖的知識不僅對每個研究金屬學的人是十分必要的，對於從事黑色金屬加工或應用的工人、技師或工程師也是重要而且有益的。

大家知道，籍圖之幫助除了可以確定平衡相的狀態以外，還可以確定這種重要的資料，例如，進行與合金內部相變有關的種種技術加工時所需要的加熱溫度（如，淬火、退火、鍛造等的加熱）。

從有關合金中發生轉變過程的動力學（速度）和機構的補充知識，能夠得出關於合金顯微組織的可能類形的結論。

因為金屬學的主要任務之一是確定處理情況對於合金組織的影響和組織與性能之間的關係，那麼，以研究系平衡狀態圖的知識作為瞭解這些問題的初步基礎顯然是更重要了。

近代《鐵碳》系圖的形狀如圖1。

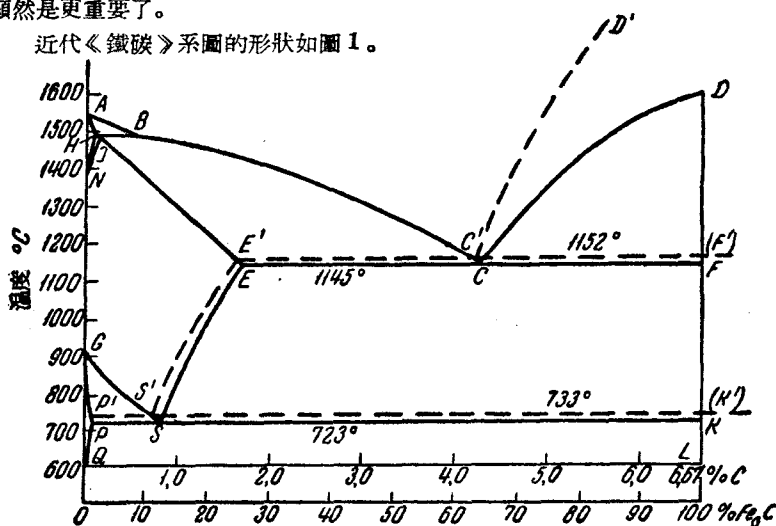


圖1 鐵碳系狀態圖

① 所指的是其組成中除去炭以外往往含有少量矽，磷和其他元素的工業用鐵、鋼和鑄鐵。

在開始熟識圖的時候，應該注意下列事項：

1) 圖很複雜，因為其中包括多種不同的轉變。

2) 圖本身只是整個《鐵碳》系圖中很小的一部份，因為它在含碳量6.67%處即行結束。

3) 圖中有實線和虛線。

讓我們來談一談這些問題：

1) 表面上驟然看來圖很複雜，事實上當詳細分析時，並不十分困難。因為它(圖)只不過是由一般金屬學課本中詳細分析過的不同形式的簡單二元圖所組成。

2) 圖在右方含碳量6.67%處結束。這個碳量和93.33%的鐵形成恰好適合分子式 Fe_3C 的中間相。

不久以前，這個稱為滲碳體的相一直被當作化合物。因此，有如在金屬學中的《鐵碳》系狀態圖一樣，用表示化學成份不變的相的垂直線來表示滲碳體是不十分正確的。關於這點下面將要更詳細地談到。

爲了分析簡便，姑且認為滲碳體的成份不變。

大家知道，這種由兩個成份組成的總系圖中的化合物把整個圖分成許多個別的較小部份。可以把這些小的部份完全獨立的當作二元系圖。所形成的化合物本身作為其中的一元。

因此，要研究我們所分析的由《鐵》和《碳》所組成的系，那麼這個圖並不完整。但是，如果是研究由《鐵》和《滲碳體》所組成的系，這個圖則是十分完整的。

這裡還應當補充一個重要的條件，就是，一切工業上用的鐵碳合金的成份中碳的極限含量是6.67%。此外，含碳量超過6.67%的合金，實際上很難得到。滲碳體線以後的圖，目前的研究還很不够。

3) 當研究鐵碳合金時，發現結晶合金裡的碳能夠和鐵成為析出的滲碳體形態或成為游離形態—石墨，共同存在於固溶體中。

石墨顆粒的存在多半發現在含碳量高的合金中(高於1.7% C)。

當富有碳的液態相或碳在鐵中的固溶體冷卻時，能夠在結晶的同時析出滲碳體或石墨。

因為石墨是自由能量較低的相，也就是比滲碳體穩定，那麼一切促進造成結晶條件的因素是最接近於平衡的。例如，最小的冷卻速度將從液態相和固溶體中促進石墨的單獨結晶，而不是滲碳體的單獨結晶。

在不可能穩定的結晶條件下，例如，極度過冷時，缺乏現成的石墨生長中心

及其他，因而對滲碳體，而不是對石墨，造成優先結晶的有利的動力學的先決條件。

《鐵碳》圖中有兩種線。實線相當於滲碳體存在時的合金系圖，而虛線配合某些實線則相當於石墨存在時的合金狀態圖。

因此，有兩個單獨的《鐵碳》狀態圖：鐵—石墨和鐵—滲碳體狀態圖。

鐵—石墨狀態圖常被稱為穩定的或石墨化的狀態圖，而鐵—滲碳體狀態圖則被稱為亞穩定的（不穩定的）或滲碳體的狀態圖。這兩個圖多半是混合在一起共同引用。應當指出，對鐵碳合金狀態圖還有另一種見解。

按照這種見解，鐵碳合金中一個成份是鐵，第二個成份永遠是滲碳體。滲碳體在某些情況下又分解成石墨和鐵，而引起合金中石墨的析出。

在這種情況下，否認鐵—石墨系狀態圖的獨立存在，而只承認鐵—滲碳體系狀態圖的存在。

對於鐵碳合金及其狀態圖的這種見解是沒有根據的，因為這裡把兩個完全不同的問題：《鐵碳》合金系中相的物理化學平衡的實質和結晶動力學的條件混為一談。

在液態和已經凝固的合金中，石墨存在的事實是沒有什麼可爭論的。大家也知道，當石墨存在時，液態和已經凝固的鐵中固定的碳溶解度和當合金裡有滲碳體的情況不同（較少），也就是在這兩種情況下平衡存在的條件不同。

因此，根據熱力學的觀點，毫無疑問的，鐵和石墨平衡存在的事實與鐵和滲碳體平衡存在的事實是相同的。

這些平衡情況應當用兩個狀態圖來表示。

系中有石墨存在時，碳在鐵中的溶解度比有滲碳體存在的情況下小。這是因為石墨和滲碳體的自由能量不同。

因此，自由能量較低的石墨是比較穩定的相。但是它在鐵碳合金中的結晶在動力學上很難實現，因而當合金結晶時往往不易析出。

在熱力學中滲碳體雖然是比石墨為略不穩定的相，但是它析出的動力學條件却容易實現得多。因此，鐵碳合金容易析出滲碳體而結晶。此外，滲碳體和石墨相比雖然是亞穩定的，但是它具有相當大的最小自由能，因此，在合金裡有確實可以感覺到的足夠的穩定性（特別是在缺乏石墨胚芽時）。

這點也奠定了研究合金中與鐵處於平衡穩定狀態下的滲碳體的基礎。因此，關於鐵碳系亞穩定狀態圖的概念具有某些程度的條件特性。

II 鐵碳系的組成

1. 鐵 (Fe)

在日常生活中幾乎沒有真正《化學純的》鐵，因為它很難得到，所以在工業上多半應用所謂《工業用》純鐵。

由已知的下列方法可以得到最純的《化學純的》鐵，

- 1) 用氫氣還原氧化鐵可以得到所謂海綿鐵。
- 2) 用電解法，可以得到所謂電解鐵。
- 3) 用將碳鹽鐵 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 加熱的方法，可以得到所謂碳鹽鐵。

最純的是海綿鐵，其中只含有微量的氫氣和氧氣。

電解鐵和碳鹽鐵一般都含有由0.05到0.10%的雜質——也就是純鐵的含量達到99.90—99.95%。電解鐵一般都含有大量的溶解氣體。

工業上所用的純鐵名叫Ланжметт（армко-железо）和ВИТ鐵（用工程師 В.И.Тыжнов 的方法得到的鐵）。用工業方法可以得到大量的安姆可鐵和ВИТ鐵。這兩種鐵裡所有雜質的總含量大約是0.15%。

鐵本身是質軟可塑的亮灰色金屬，比重是7.86克/立方厘米。

當研究這種鐵的組織時，在顯微鏡下可看到不規則的光亮晶粒。這些晶粒間有細網絡狀晶界。這種被稱為鐵素體的純鐵的顯微組織如圖2所示。

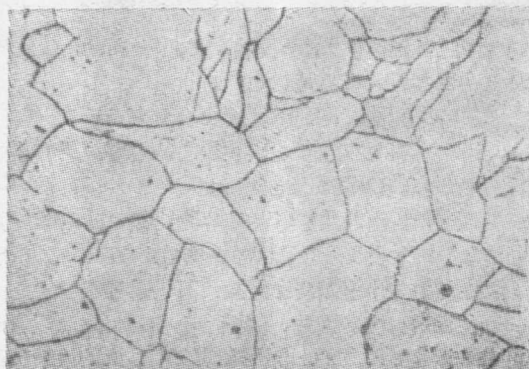


圖2 純鐵（鐵素體）的組織， $\times 125$

以前認為鐵中不溶解炭，所以稱它為《鐵素體》（由 ferrum 字——鐵而來）。後來雖然確定碳在鐵中有少量的溶解度，但是仍舊保留了以前的名稱。因此，目前我們把鐵素體瞭解為碳在鐵裡的固溶體。

根據不同的研究，純鐵的機械性能彼此不同，因為機械性能首先決定於鐵的

純度和晶粒大小：

布氏硬度 (公斤/平方毫米)	50—80
抗張強度 (公斤/平方毫米)	18—28
彈性極限 (公斤/平方毫米)	4—8
降伏極限 (公斤/平方毫米)	10—17
延伸率 (%)	30—50
斷面收縮率 (%)	70—80
20°C時的衝擊韌性 (公斤·米/平方厘米) ...	16—20

在許多情況下，物理性能也和機械性能一樣，決定於鐵的純度和其中所含雜質。

極純的鐵具有良好的磁性 (強的磁導率和弱的矯頑力) 且對各種酸有足夠的耐蝕性。根據最近的資料，純鐵的熔化溫度是1535°C。

高溫時一貫地存在有兩種不同的同質異形體是鐵的一項奇妙的特性。

一直到 910°C 溫度時，鐵具有體心立方體形的原子結晶格子結構。這種鐵被稱為 α -鐵 (見圖3)。在室溫時這樣的立方格子的參數是 $2.86\text{\AA}$ ($\text{\AA} = 1.0 \cdot 10^{-8}$ 厘米)。

α -鐵在室溫時是磁性的。

當 910°C 溫度時，在 α -鐵中發生第一個同質異形轉變， α -鐵轉變成新的同質異形的 γ -鐵。 γ -鐵的原子格子是面心立方體的結構。

當 910°C 時，這樣的立方格子的參數是 $3.65\text{\AA}$ (見圖3)。

雖然 γ -鐵的格子參數比 α -鐵的格子參數大，但是由於鐵原子排列得較緊密， $\alpha \rightarrow \gamma$ 的轉變時體積減少約 0.8%。

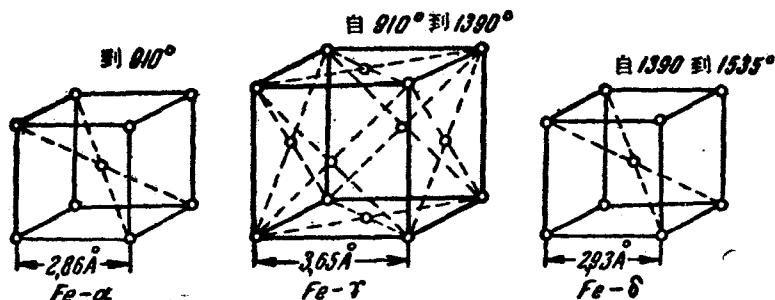


圖 3 鐵的各種同質異形相的空間結晶格子

應當注意常被引用的如圖 3 所示的空間原子格子的結構圖。這些圖可使格子結晶形狀和它們的參數有一顯明的概念，但另一方面對原子的實在排列則給予一個錯誤的印象。

圖 4 對 α 和 γ 鐵的原子格子的實在排列給予較正確的概念。圖 4 所示是原子半徑和兩種格子的參數的對比。

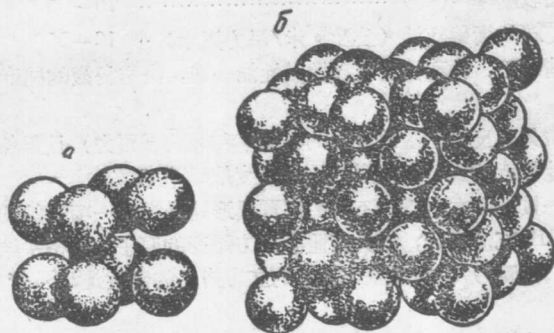


圖 4 鐵結晶格子中原子的排列
a. Fe (α) (一個晶胞)； b. Fe (γ) (八個晶胞)

γ -鐵在 910° 到 1390° 的溫度範圍內是穩定的。它是非磁性的。

當 1390° 溫度時，在純 γ -鐵中隨着結晶格子的改變開始新的同質異形體的轉變。這種鐵的新形態具有和 α -鐵格子相同的原子結晶格子，也就是體心立方體，它被稱為 δ -鐵。 δ -鐵是非磁性的。格子參數是 $2.93\text{\AA}$ (在 1425°C 時)。

δ -鐵存在於 1390° 到 1535°C 的溫度範圍內，到 1535°C 時鐵即熔化。

δ -鐵的比容積比 γ -鐵大，但是比重却比 γ -鐵小，因此當 $\gamma \rightarrow \delta$ 轉變時體積增加，雖然增加的比在 $\gamma \rightarrow \alpha$ 轉變時要小得多。

因為 δ -鐵的結晶格子和 α -鐵的原子格子相同，目前一般認為 α 和 δ 形態是相同的，而且它們本身都是同一形態的鐵。當連續在 910° 到 1390°C 溫度範圍內加熱時，出現了新的第二個形態-具有特殊原子結晶格子的 γ -鐵 (見圖 5)。

如同以前所指出的，室溫時 α -鐵是磁性的，而 γ -鐵則是非磁性的。那麼在什麼時候，在什麼溫度下鐵才失掉自己的磁性呢？

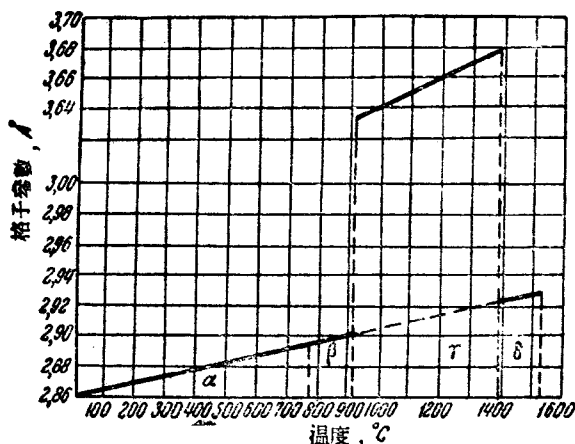


圖 5 鐵的結晶格子參數與溫度的關係

試驗證明，在 768°C 時鐵由鐵磁性狀態轉變成為順磁性狀態，也就是還在 α —鐵存在的範圍裡。

幾年以前曾把這個現象當作獨立的同質異形體的轉變，並且把由 768°C 到 910°C 溫度範圍內非磁性的鐵叫做 β —鐵。以後才確定當這個假想的 α — β 同質異形體轉變時，鐵原子的空間格子並沒有改變。

因此對鐵來說，當原子格子不改變時失掉磁性並不是同質異形體轉變的標誌，特別是在 768°C 以前已經呈現出鐵中磁性的減弱。

磁場愈強則磁化性減低的溫度範圍也愈大。因此，在有關金屬學的書籍中所提到的 β —鐵應當理解為非磁性狀態的 α —鐵。

在鐵碳合金的金屬學中，所有臨界點都用字母 A 來表示，並附以指明如何轉變的適當數字。

許多金屬學者認為用 A 來表示臨界點是 1887 年法國學者奧斯門德 (F. Osmond) 從法文中意思是《停止》的 Arrêt 所引用來的。當時所指的是用熱分析的方法，當冷卻着的試樣的溫度停頓時確定的最終臨界點。

事實上，這個字母絕對不是由 arrêt 字得來，而是偉大的俄羅斯學者 Л. К. 契爾諾夫在 1868 年研究鋼的臨界點時的光輝發現。也是第一個用字母 a 表示鋼的臨界點的。關於這點奧斯門德在 1887 年發表他所研究的《論鐵、鋼和鑄鐵中的轉變》一文中曾說道：所有關於淬火現象的轉變都遵循契爾諾夫的 a 點用字母 a 表示之。

後來，當刊載原文時，爲了方便起見，Л. К. 契爾諾夫提出的字母 a 由奧斯門德用字母 A 代替了。

由此可見，以前這樣長的時間在解釋字母 A 的來源時，完全不公平地輕視了我們的偉大冶金學家 Л. К. 契爾諾夫發現鋼中臨界點的優先權，是不合理到什麼程度。

這樣，純鐵中觀察到的轉變如下所示：

1. 磁性的 α -鐵轉變成非磁性狀態或相反的轉變(居里點)…… A_2
2. 非磁性的 α -鐵轉變成 γ -鐵或相反的轉變…………… A_3
3. γ -鐵轉變成 δ -鐵或相反的轉變…………… A_4

純鐵沒有 A_1 點，只有鐵碳合金中有 A_1 點。關於這點下面將有說明。

因爲這個關係，當加熱或是冷卻以確定臨界點時，加熱時在字母 A 的後面附一 C 字 (由意思是加熱的 *Chauffage* 而來)，冷卻時，在字母 A 的後面附一 r 字 (由意思是冷卻的 *refroidissement* 而來) 以說明轉變的性質。

這樣，例如加熱時 α -鐵到 γ -鐵的轉變用 A_{C3} 表示，而冷卻時相反的轉變則用 A_{r3} 表示。對鐵碳合金說來，這些表示具有重大意義，因爲合金轉變的臨界點決定於其中炭的濃度，在實際情況下也決定於加熱速度而主要決定於冷卻速度。

所有上面所講的加熱或冷卻時純鐵的轉變在圖 6 上並沒有表

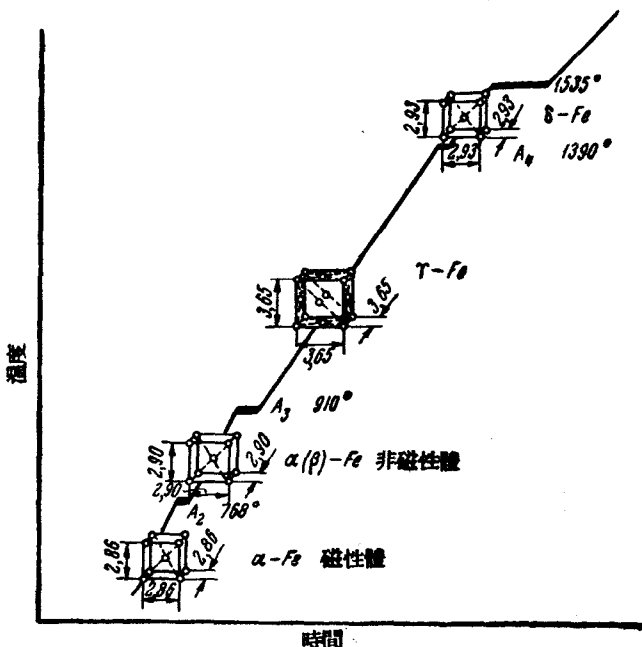


圖 6 鐵的同質異形轉變

示出來。

2. 石墨 (C)

碳是所要分析的系中的第二個成份。

能够當做一種成份的滲碳體在下面作為一個相來看。

大家知道，自然界裡，在金剛石和石墨中可以看到碳。在鐵碳合金中永遠不會發現金剛石（碳的一種形態）。金剛石以純碳的形態存在於自然界中，也可以用人工方法得到。

碳在鐵碳合金中以石墨形態或是稱為滲碳體的碳化鐵 Fe_3C 的特殊相的形態存在。

石墨的原子格子如圖 7 所示。由圖中可以看出碳原子的排列成層狀。

平面上的原子因強大的共價力彼此連結得很結實，而層與層間則因存在着微弱的范德瓦爾斯 (Van der Waals') 結合力連結得不結實，彼此間容易分開。石墨很軟，它的比重不超過 2.22 克/立方厘米。

層中石墨的結晶格子參數是 $1.42 \text{ \AA}$ ，而兩層之間則為 $3.40 \text{ \AA}$ 。

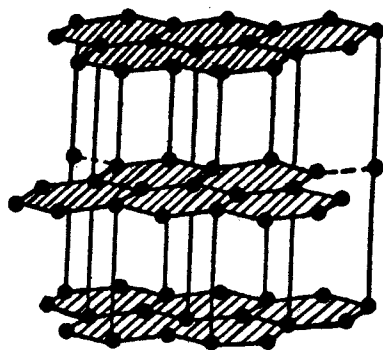


圖 7 石墨的原子結晶格子

III 鐵碳合金系中的相

具有同一組成的合金系的均勻部份，和系的其他部份以分界線分開的同一物態都稱為相。

根據狀態圖，鐵碳合金系中稱為相的有：

1. 碳在鐵中的液溶體。
2. 石墨。
3. 滲碳體。
4. 碳在 α -鐵中的固溶體。
5. 碳在 γ -鐵中的固溶體。
6. 碳在 δ -鐵中的固溶體。

現在我們來簡略地講一講這些相的特性。

1. 碳在鐵中的液溶體

碳無限量的溶解在液態鐵中，並且人們認為碳是以原子狀態，或更確切一些是以離子狀態存在的。

固體狀態鐵的原子結晶格子中已固定的原子空間排列的規則，當鐵變成液態時受到破壞。然而在含碳的液體熔化物中的原子排列不能像氣體中那樣混亂。

液體熔化物中的原子排列仍保持一定的規則。

蘇聯學者 В. И. 達尼羅夫 [1] (В. И. Данилов) 在他的著作中曾證明熔化時最鄰近的原子彼此間的相對佈置稍有扭曲。也就是說，如果固體金屬中有《長程》序（原子按照格子結節的排列規則）存在，那麼在液體金屬中，特別是當接近結晶溫度時，可以看到《短程》序（該原子與其鄰近的相對佈置規則）。

2. 石墨 (C)

上面我們已經把石墨當做成份講述過了。這裡只是補充一些。在精密分析的基礎上，首先是在 X—射線分析的基礎上，確定出鐵碳合金中的石墨幾乎與天然石墨沒有什麼區別，其中雜質的含量極少。

但是，在文獻中時常看到用化學分析方法似乎發現石墨中存在着或多或少數量的溶解鐵，矽和其他元素的種種象徵。應當認清這是因為在合金結晶過程中鐵、矽酸鹽及其他物質在石墨中機械攪動的緣故。

3. 滲碳體

如果石墨是穩定的相，那麼碳化鐵—滲碳體就是亞穩定的相。

正交系的滲碳體格子很複雜（見圖 8）。滲碳體含有 6.67% 的碳。這個含碳量符合簡單的諸原子化合重量之計算公式 Fe_3C 。

雖然碳化鐵的格子與其組成元素的格子不同，它不是普通化合物，因為它不符合一定的原子價定律。同時也不能認為滲碳體是典型的填隙式的中間相，因為必需的金屬原子半徑和非金屬的原子半徑的比不小於，而是

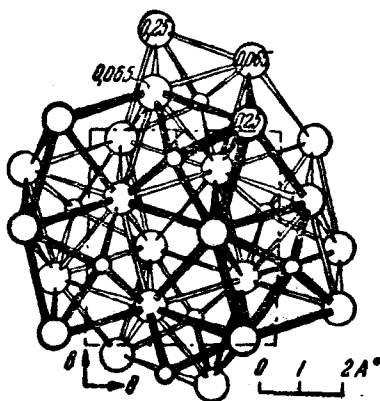


圖 8 滲碳體的原子結晶格子

大於0.59，且等於0.63。

應當認為滲碳體是一種炭在鐵中成份不變且有一定排列規則的固溶體。

滲碳體格子中的原子排列和原子間的距離與碳在 γ -鐵中的固溶體情況很相似。

滲碳體本身能溶解少量炭，因此在狀態圖上滲碳體的位置應當更精確地不用垂直線表示，而用某些其中存在以滲碳體為基底的固溶體區域來表示。

滲碳體的比重和鐵素體的比重很近似，等於7.82克/立方厘米。

滲碳體質脆並且很硬（大約等於布氏硬度 H_{00} ）。因此不難確定，滲碳體在鐵碳合金中，必定使其強度和硬度增加，並使其韌性減低。

4. 碳在 α -鐵中的固溶體

以前我們曾經指明，室溫時鐵的原子結晶格子是體心立方形狀並稱之為鐵素體。

鐵碳合金中，鐵素體本身不是純鐵而是鐵和碳的固溶體。

碳在鐵素體中的溶解度不很大，室溫時等於0.008% C。隨溫度的增高碳在鐵素體中的溶解度也增加。而在723°C溫度時達到0.04%。

當碳和鐵形成填隙式的固溶體時，碳原子分佈在鐵原子之間（《空隙》）。

雖然碳原子的半徑比鐵原子的半徑小得多，上面指出的碳在鐵素體中的極小的溶解度可以解釋為 α -鐵格子中《空隙》太小的緣故。因此碳原子在 α -鐵原子中間的分佈使鐵的結晶格子引起很大的扭曲，這在動能上看來也是不利的。

5. 碳在 γ -鐵中的固溶體

純鐵在910°和1390°C溫度範圍內以 γ 形態存在，並且是面心立方體的原子結晶格子。從723°到1496°C溫度時鐵碳合金中， γ -鐵存在的區域擴大，這點在下面將更詳細的解釋。

γ -鐵的極重要的性質是它比 α -鐵有更大的碳溶解度。雖然 γ -鐵格子中原子的排列比 α -鐵格子中原子的排列緊密，並且 γ -鐵格子中《空隙》數量比 α -鐵格子中的《空隙》數量少，但是 γ -鐵格子的空隙的體積較大，所以它的碳溶解度也較大。

在1145°C溫度時 γ -鐵本身能溶解碳的最大量達1.7%。

碳在 γ -鐵中的固溶體稱為奧氏體，奧氏體猶如碳在 γ -鐵中的固溶體的性質，最初是由A.A. 巴依柯夫（А.А. Байков）院士在他的著作中所證實的。

究竟碳在與鐵的固溶體中是怎樣的形態呢？

幾年以前曾認為碳在鐵中以滲碳體分子的形態存在。最近才確定在與鐵的固溶體中無論是鐵—滲碳體系或是鐵—石墨系，碳均以原子的形態存在。

6. 碳在 δ -鐵中的固溶體

純 δ -鐵存在於從1390到1535°C的溫度範圍內。其原子結晶格子與 α -鐵相同，也是體心立方體。如同 α -鐵一樣， δ -鐵本身只溶解少量炭，在1490°C時恰好達到0.10%。

IV 鐵—滲碳體系圖的主要點、線、和區域

以下列程序研究鐵—碳系圖。首先分析鐵—滲碳體系圖，隨後再分析鐵—石墨系圖。

鐵—滲碳體系狀態圖如圖9所示。

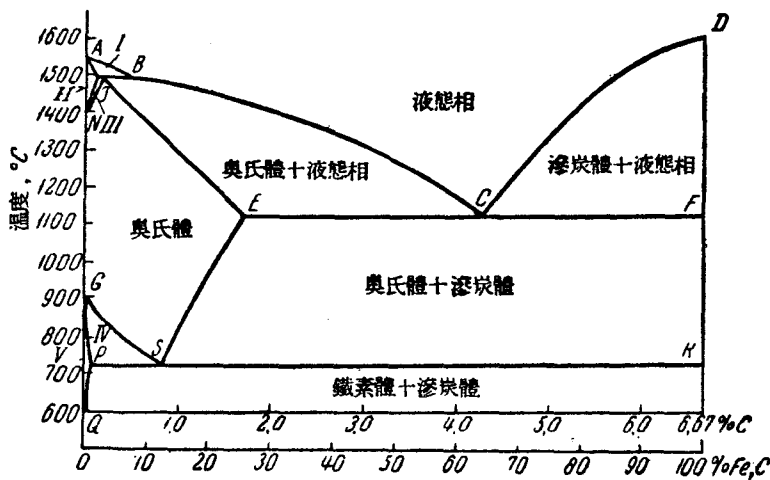


圖9 按照《鐵—滲碳體》系狀態圖區域的相的分佈

- I. 液態相 + δ -固溶體; II. δ -固溶體; III. δ -固溶體 + 奧氏體;
IV. 鐵素體 + 奧氏體 V. 鐵素體

和通常情況一樣，橫軸表示碳含量的百分數，縱軸表示溫度。在圖上可以看到，除去碳含量的百分數以外，還有適當的比例尺表示滲碳體含量的百分數，而

且整個表示濃度的橫軸包含6.67%的碳，同時也表示100%的滲碳體。

這裡必需指出：當研究亞穩定系圖時，多半總是考慮到碳含量的百分數，而不是滲碳體含量的百分數。只需知道合金中每加入1%的碳，那麼經完全冷卻後其成份中就含有15%的滲碳體（按重量計），因此每加入0.1%的碳，合金成份中就含有1.5%的滲碳體。這點很容易從滲碳體對碳的重量比例公式中看出：

$$\frac{\text{Fe}_3\text{C}}{\text{C}} = \frac{(56 \times 3) + 12}{12} = 15$$

圖中沿橫軸的上面標尺表示含碳量的百分數，下面的標尺表示含滲碳體的百分數。

圖中左面表示《鐵》，右面表示《滲碳體》。圖中各相當點所標的拉丁字母都是國際標準，為的是將所有圖中的線和點統一表示。

1. 圖中的主要點

1. A 點——純鐵的熔化點——1535°C。
2. D 點——估計的純滲碳體的熔化溫度1600°C。
3. N 點——純鐵 $\gamma \rightleftharpoons \delta$ 同質異形轉變點，1390°C (A_4)
4. G 點——純鐵 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 的同質異形轉變點，910°C (A_3)
5. H 點——碳在 δ -鐵中最大的溶解度，在1490°C時等於0.1%。
6. I 點——由於包晶作用形成的碳在 γ -鐵中（奧氏體）的極限溶液，溫度為1490°C含碳量是0.16%的點。
7. B 點——在1490°C時含碳量0.51%的包晶點。這是當形成第二個固溶體相點 I 時與固體相點 H 共同參與包晶作用的液體合金。
8. E 點—— γ -鐵（奧氏體）中碳的最大溶解度，在1145°C時是1.7%。
9. C 點——共晶點，此時含 4.3% 碳的液態相無論對奧氏體或是對滲碳體都是最大的飽和量。因而此液態相在固定溫度1145°C時完全凝固成為這兩個相——奧氏體（點 E 的最大碳飽和量）和滲碳體（點 F 的最大碳飽和量）的機械混合物。
10. P 點——鐵素體中碳的最大溶解度，在723°C時是0.04%。
11. S 點——共析點，此時含 0.83% 碳的奧氏體無論對鐵素體或是對滲碳體都是最大的飽和量，因而此奧氏體在固定溫度 723°C 時均勻分解成為這兩個固體相——鐵素體（P 點）和滲碳體（K 點）的機械混合物。
12. Q 點——鐵素體中碳的最大溶解度在室溫時是0.008%。

2. 圖中的線

任何二元系圖本身應當是一對或幾對相交的曲線，這些曲線表示在適當溫度