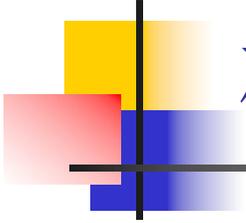


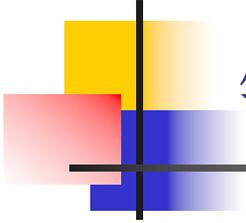
第五章

铁碳合金相图



研究铁碳合金相图的意义

- 碳钢和铸铁都是铁碳合金，是应用最广泛的金属材料。铁碳合金相图是研究铁碳合金的重要工具，了解与掌握铁碳合金相图，对于钢铁材料的研究和使用、各种热加工工艺的制订以及工艺废品原因的分析都有很重要的指导意义。



铁碳合金中碳的存在形式

- 铁碳合金中的碳有两种存在形式：渗碳体 Fe_3C 和石墨。在通常情况下，碳以渗碳体形式存在，即铁碳合金按Fe— Fe_3C 系转变。但是 Fe_3C 是一个亚稳相，在一定条件下可以分解为铁（实际上是以铁为基的固溶体）和石墨，所以石墨是碳存在的更稳定状态。这样一来，铁碳相图就存在Fe— Fe_3C 和Fe—石墨两种形式。

5.1 铁碳合金的组元及基本相

- 一、组元
- Fe和Fe₃C
- 1 Fe 铁是过渡族元素，熔点为**1538°C**，密度是**7.87g/cm³**。
- 同素异构转变
合金化和热处理基础
- 磁性转变A₂（非相变）
铁磁性和顺磁性

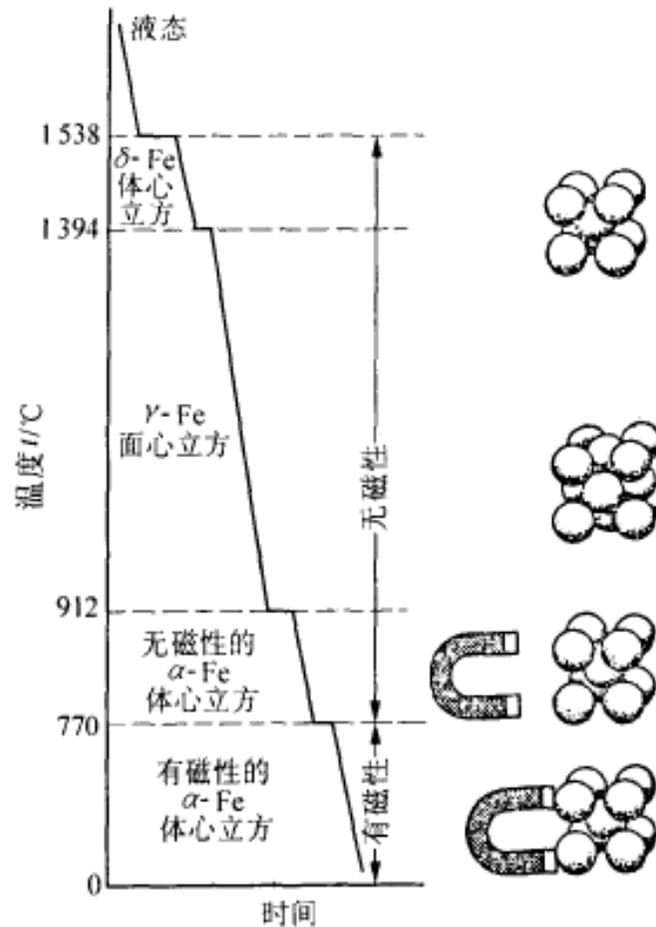
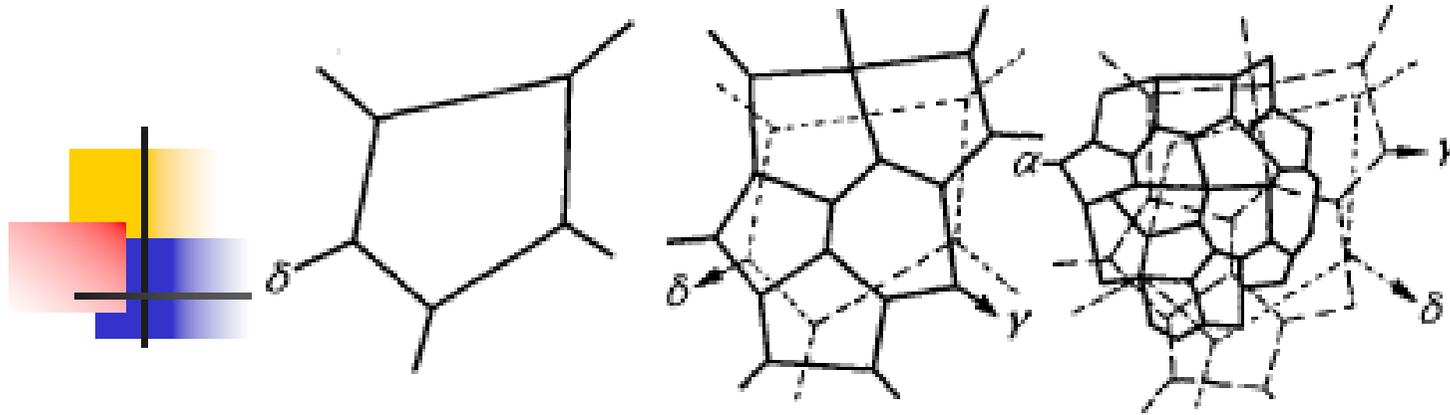


图 4.1 纯铁的冷却曲线及晶体结构变化



(a)初生的 δ -Fe 晶粒 (b)重结晶后的 γ -Fe 晶粒 (c)室温组织—— α -Fe

图 4.2 纯铁结晶后的组织

- 工业纯铁的力学性能特点是强度低、硬度低、塑性好。很少做结构材料，主要利用其铁磁性。主要力学性能如下：
 - 抗拉强度 (σ_b) **176~274 MPa**
 - 屈服极限 ($\sigma_{0.2}$) **98~166 MPa**
 - 伸长率 (δ) **30%~50%**
 - 断面收缩率 (ψ) **70%~80%**
 - 冲击韧度 (α_k) **160~200J/cm²**
 - 硬度 (**HBW**) **50~80**

2 渗碳体

- **Fe₃C**是**Fe**与**C**的一种具有复杂结构（正交晶系）的间隙化合物，通常称为**渗碳体**，用**Cm**表示，**W_c**为**6.69%**，熔点**1227℃**。**230℃**，磁性转变，**A₀**。

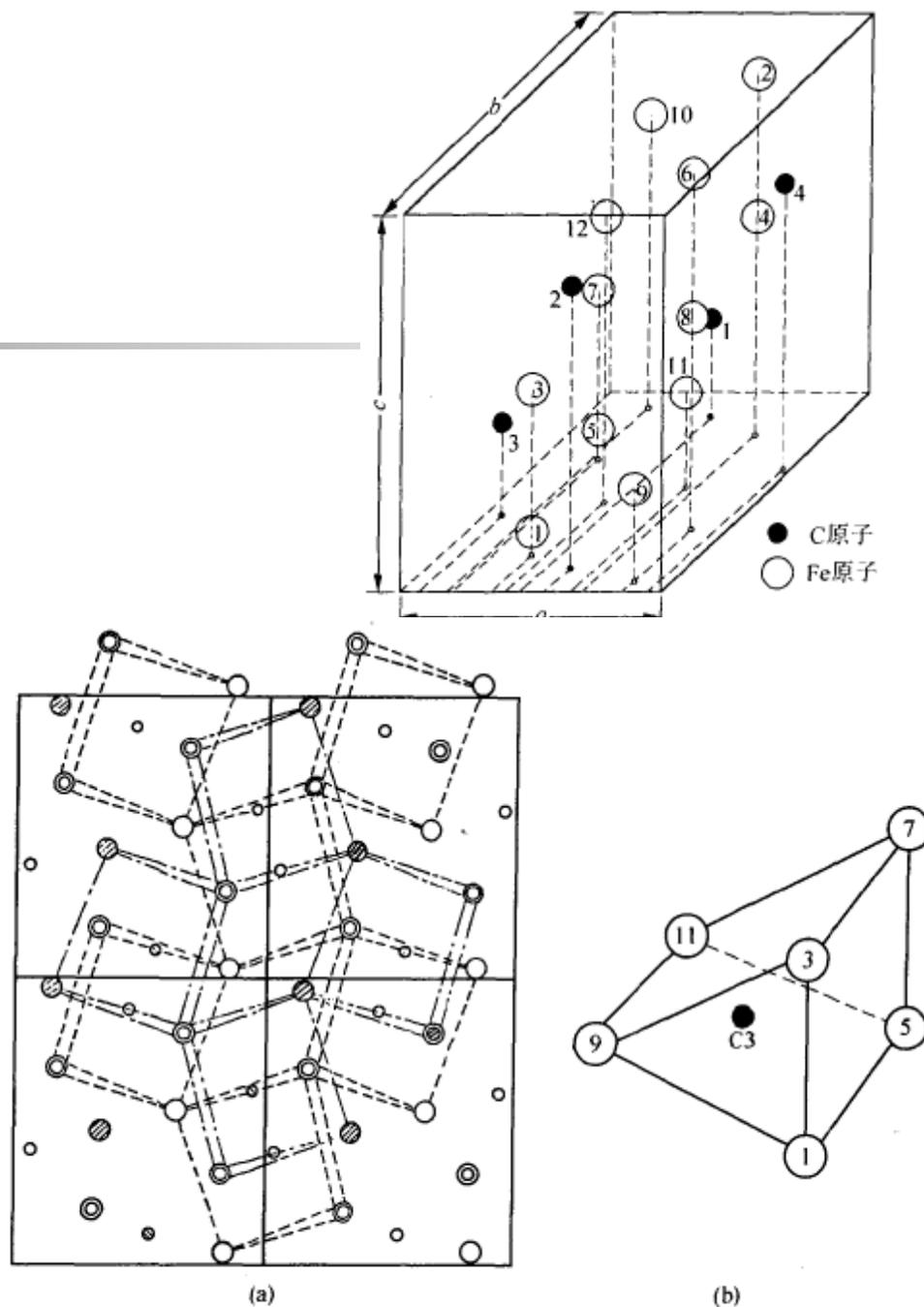
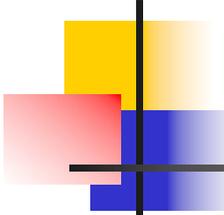


图 4.4 渗碳体晶胞中的三角棱柱



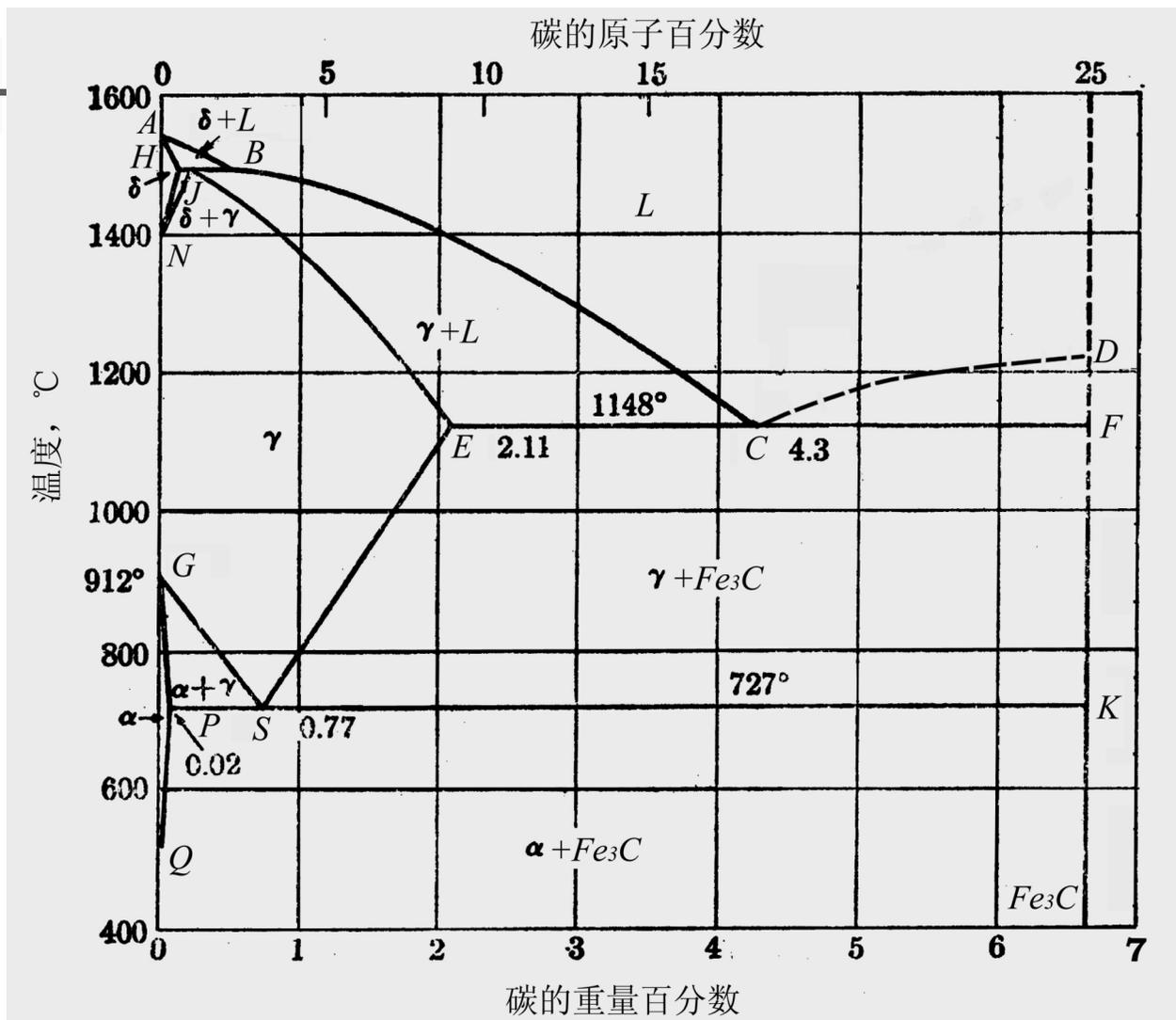
渗碳体的力学性能

- 渗碳体的力学性能特点是硬而脆，大致性能如下：
 - 抗拉强度 (σ_b) **30 MPa**
 - 伸长率 (δ) **0**
 - 断面收缩率 (ψ) **0**
 - 冲击韧度 (α_k) **0**
 - 硬度 (**HB**) **800**

二、基本相

- 1、液相L 液相L是铁与碳的液溶体。
- 2、 δ 相：又称高温铁素体，是碳在 δ —Fe中的间隙固溶体，呈体心立方晶格，在**1394**°C以上存在，在**1495**°C时溶碳量最大，为**0.09%**。
- 3、 α 相：也称铁素体，用符号F或 α 表示，是碳在 α —Fe中的间隙固溶体，呈体心立方晶格，铁素体中碳的固溶度极小，室温时约为**0.008%**，**600**°C时为**0.0057%**，在**727**°C时碳溶量最大，为**0.0218%**。铁素体的性能特点是强度低、硬度低、塑性好，与纯Fe基本相同。
- 4、 γ 相 γ 相常称奥氏体，用符号A或 γ 表示，是碳在 γ —Fe中的间隙固溶体，呈面心立方晶格。奥氏体中碳的固溶度极大，在**1148**°C时碳溶量最大达**2.11%**。奥氏体的强度较低，硬度不高，易于塑性变形。
- 5、Fe₃C相：是一个化合物相，渗碳体根据生成条件不同有条状、网状、片状、粒状等形态，对铁碳合金的力学性能有很大影响。

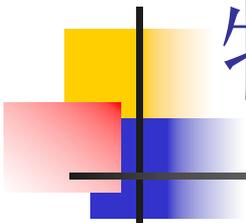
5.2 Fe—Fe₃C相图分析



一、相图中的点、线、区及其意义

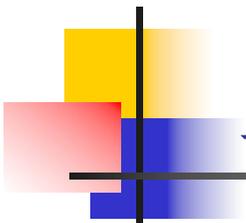
铁碳合金相图中的特性点

符号	温度/°C	Wc(%)	含义	符号	温度/°C	Wc(%)	含义
A	1538	0	纯铁的熔点	J	1495	0.17	包晶点
B	1495	0.53	包晶转变时液态合金的成分	K	727	6.69	渗碳体的成分
C	1148	4.3	共晶点	M	770	0	纯铁磁性转变温度
D	1227	6.69	渗碳体的熔点	N	1394	0	$\gamma\text{-Fe} \leftrightarrow \delta\text{-Fe}$ 转变温度
E	1148	2.11	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的最大溶解度	P	727	0.022	碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的最大溶解度
G	912	0	$\alpha\text{-Fe} \leftrightarrow \gamma\text{-Fe}$ 转变温度	S	727	0.77	共析点
H	1495	0.09	碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的最大溶解度	Q	600	0.006	该温度下碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度



特性线

- 相图中的**ABCD**为液相线;
- **AHJECF**为固相线;
- **MO**为**F**的磁性转变线;
- **230°C**虚线为 Fe_3C 的磁性转变线;



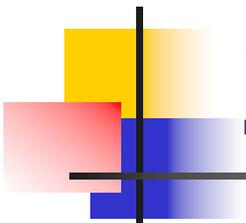
三条水平线

1、包晶转变线：HJB

碳的质量分数**0.09%~0.53%**的铁碳合金在平衡结晶过程中均发生包晶反应。



包晶偏析：铁碳合金不严重，高合金钢严重。

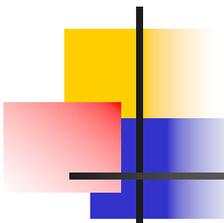


2、共晶转变线

- ▶ 水平线**ECF**为共晶转变线
- ▶ 碳的质量分数在**2.11%~6.69%**之间的铁碳合金，在平衡结晶过程中均发生共晶反应。
- ▶
$$L_C \xrightleftharpoons{1148^\circ\text{C}} \gamma_E + \text{Fe}_3\text{C}$$
- ▶ 凡是在共晶转变形成的奥氏体与渗碳体的混合物，称为莱氏体，以符号**Ld**表示。
- 在莱氏体中，渗碳体是连续分布的相，奥氏体呈颗粒状分布在渗碳体的基底上。由于渗碳体很脆，所以莱氏体是塑性很差的组织。

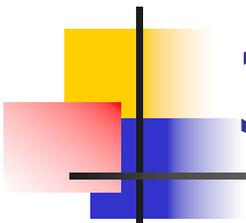
3、共析转变线

- ▶ 水平线**PSK**为共析转变线 $\gamma_s \xrightleftharpoons{727^\circ\text{C}} \alpha_p + \text{Fe}_3\text{C}$
- ▶ 碳的质量分数**0.0218%~6.69%**的铁碳合金，在平衡结晶过程中均发生共析反应。**PSK**线亦称**A1**线。
- ▶ 共析转变的水平线共析转变的产物称为珠光体，用符号**P**表示。经共析转变形成的珠光体是层片状的，其中的铁素体和渗碳体的含量可以用杠杆定律进行计算。



三条重要的特性曲线

- ▶ **GS线** 是合金冷却时自**A**中开始析出**F**的临界温度线，通常称**A₃**线。
- ▶ **ES线** 是碳在**A**中的固溶线，通常叫做**A_{cm}**线。碳的质量分数大于**0.77%**的铁碳合金自**1148°C**冷至**727°C**的过程中，将从**A**中析出**Fe₃C**，称为二次渗碳体（**Fe₃C_{II}**）。
- ▶ **PQ线** 是碳在**F**中固溶线。铁碳合金自**727°C**冷至室温的过程中，将从**F**中析出**Fe₃C**，称为三次渗碳体（**Fe₃C_{III}**）。**Fe₃C_{III}**数量极少，往往予以忽略。



3、相区

- 五个单相区：L、 δ 、 γ (A)、 α (F)、 Fe_3C
- 七个两相区
- $L + \delta$ 、 $L + \gamma$ 、 $L + \text{Fe}_3\text{C}$ 、 $\delta + \gamma$ 、 $\gamma + \alpha$ 、 $\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$ 及 $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$
- 三个三相区，即三条水平线

5.3 铁碳合金的平衡结晶过程及组织

根据Fe—Fe₃C相图，铁碳合金可分为三类：

1) 工业纯铁 [$w_c \leq 0.0218\%$]

2) 钢 [$0.0218\% < w_c \leq 2.11\%$]

{ 亚共析钢 ($0.0218\% < w_c < 0.77\%$)
共析钢 ($w_c = 0.77\%$)
过共析钢 ($0.77\% < w_c \leq 2.11\%$)

3) 白口铸铁 [$2.11\% < w_c < 6.69\%$]

{ 亚共晶白口铸铁 ($2.11\% < w_c < 4.3\%$)
共晶白口铸铁 ($w_c = 4.3\%$)
过共晶白口铸铁 ($4.3\% < w_c < 6.69\%$)

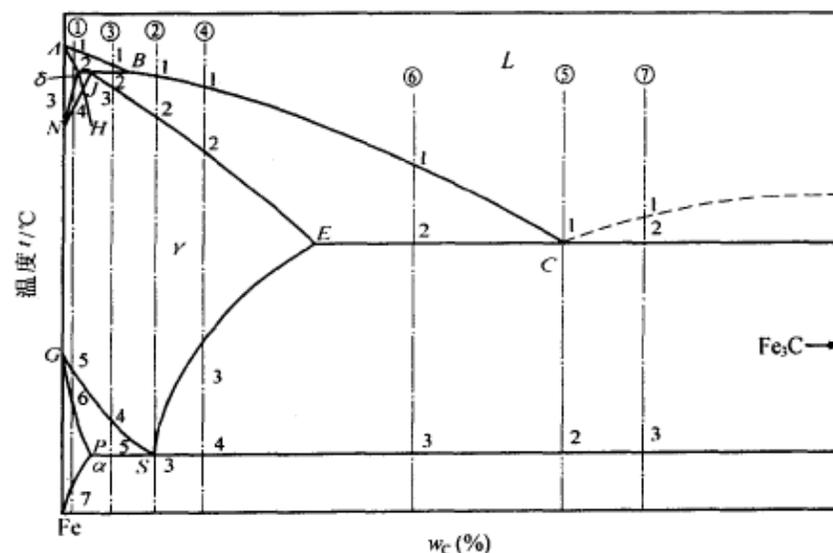


图 4.7 典型铁碳合金冷却时的组织转变过程分析

一、 $W_c=0.01\%$ 的工业纯铁

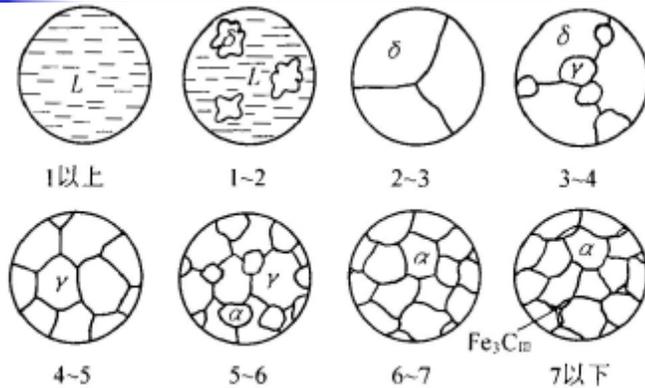
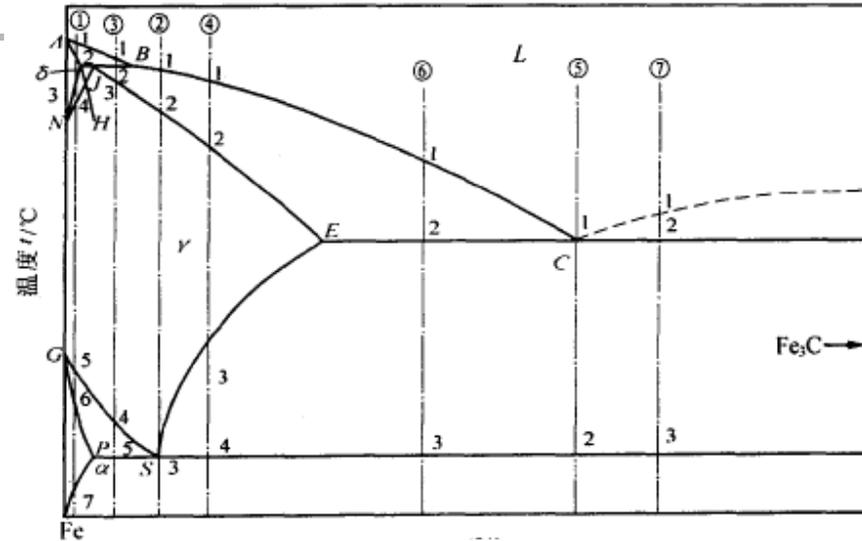


图 4.8 含碳量为 0.01% 的工业纯铁结晶过程示意图



- ◆ 室温组织: $\alpha + Fe_3C_{III}$
- ◆ 在室温下, 析出三次渗碳体量最多的是含碳量为 **0.0218%** 的铁碳合金, 其含量可用杠杆定律求出

$$w_{Fe_3C_{III}} = \frac{0.0218}{6.69} \times 100\% = 0.33\%$$

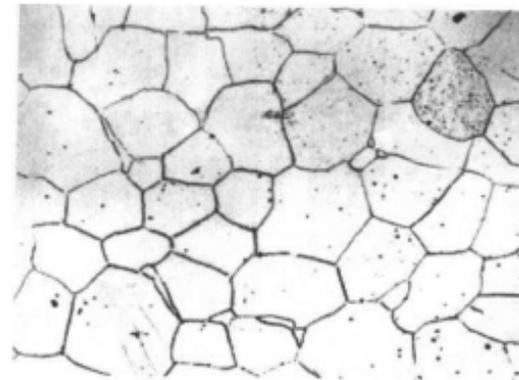
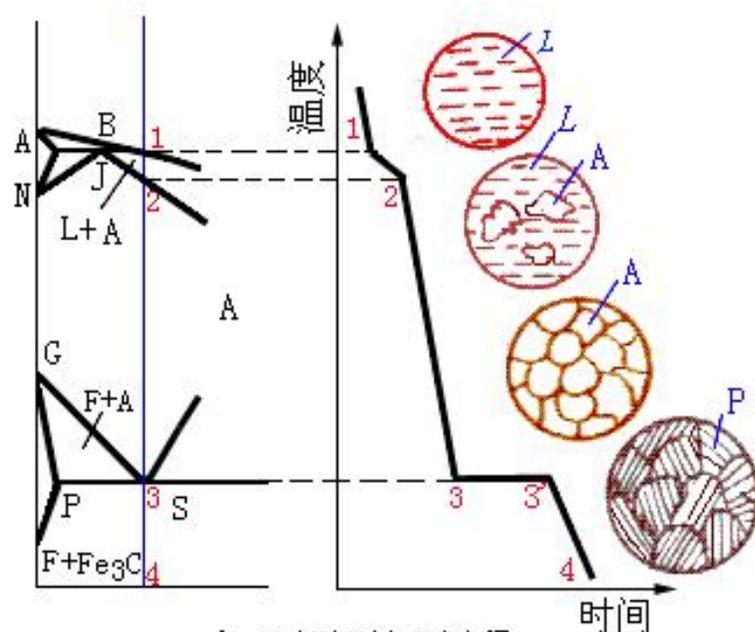


图 4.9 工业纯铁的室温组织

二、共析钢



a) 共析钢结晶过程

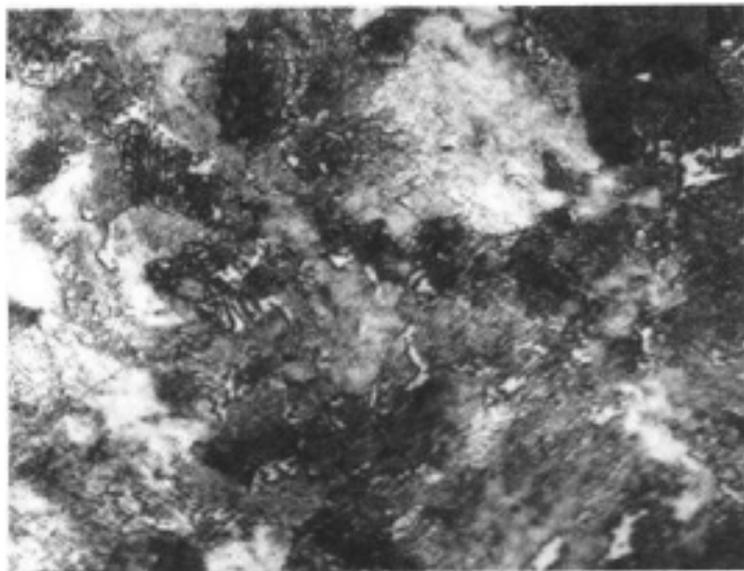
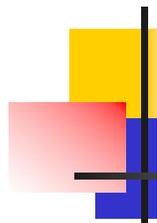


b) 共析钢显微组织

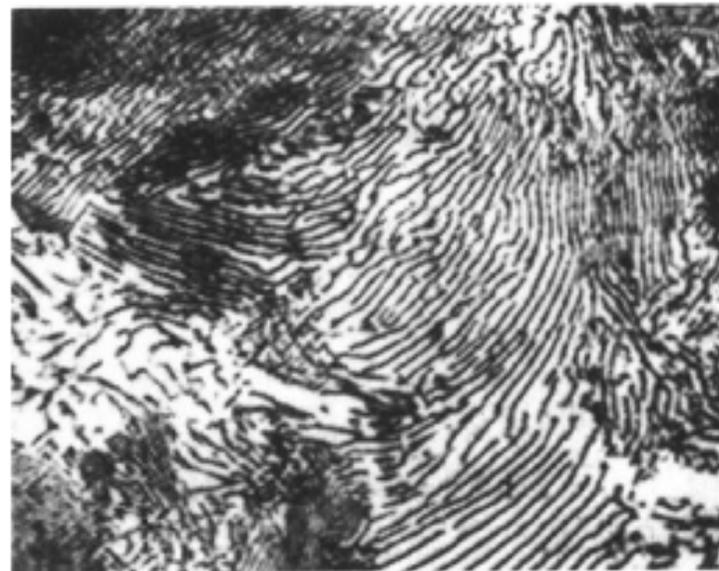
共析钢的室温组织组成物全部是**P**，而组成相为**F**和**Fe₃C**，它们的质量分数为：

$$w_F = \frac{SK}{PK} = \frac{6.69 - 0.77}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = 88.7\%$$

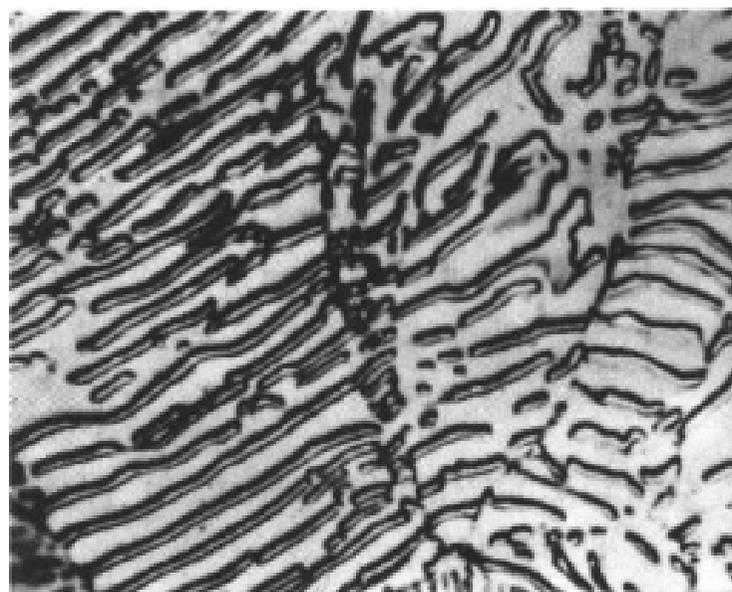
$$w_{Fe_3C} = 100\% - w_F = 11.3\%$$



(a)500 ×



(b)1 000 ×



(c)6000 ×

图 4.6 不同放大倍数下的珠光体

三、亚共析钢 [$0.0218\% < w_c < 0.77\%$]

以碳质量分数为0.4%的铁碳合金为例(如右图) ;含0.4%的亚共析钢的组织组成物为F和P, 它们的质量分数为:

$$w_a = \frac{0.77 - 0.40}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 49.5\%$$

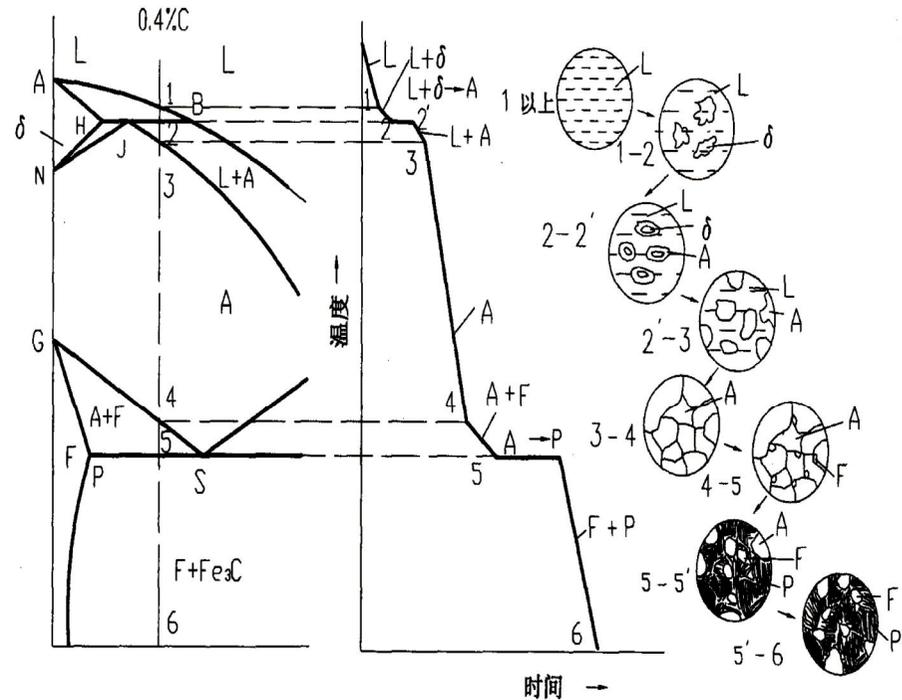
$$w_p = 1 - 49.5\% = 50.5\%$$

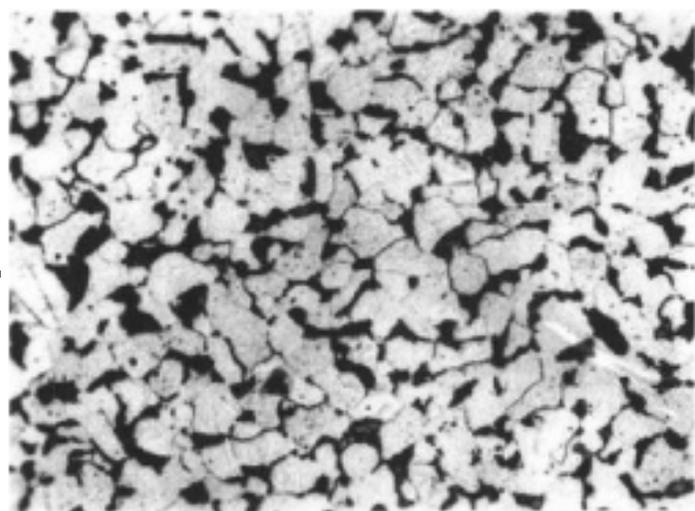
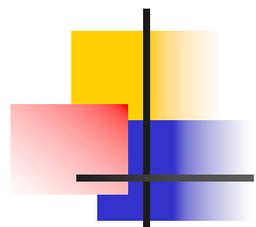
此种钢的组成物为F和 Fe_3C , 它们的质量分数为:

$$w_a = \frac{6.69 - 0.40}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = 94.3\%$$

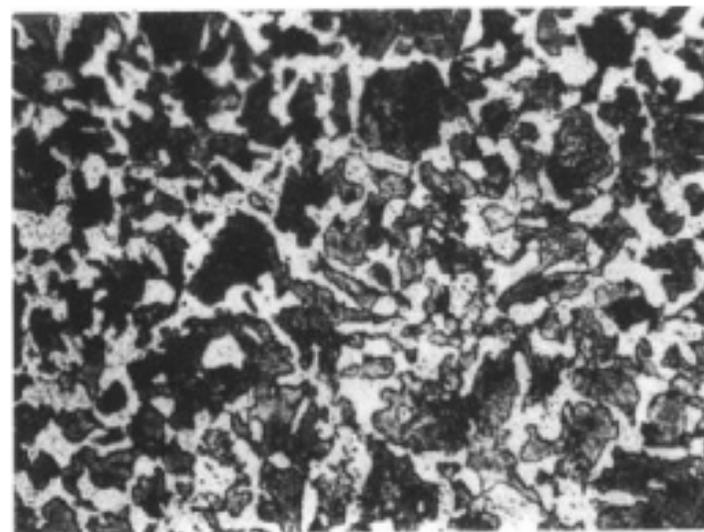
$$w_{Fe_3C} = 1 - 94.3\% = 5.7\%$$

亚共析钢的碳含量可由其室温平衡组织来估算。若将F中的碳含量忽略不计, 则钢中的碳含量全部在P中, 因此由钢中P的含量可求出钢中碳的质量分数: $w_c = P\% \times 0.8\%$

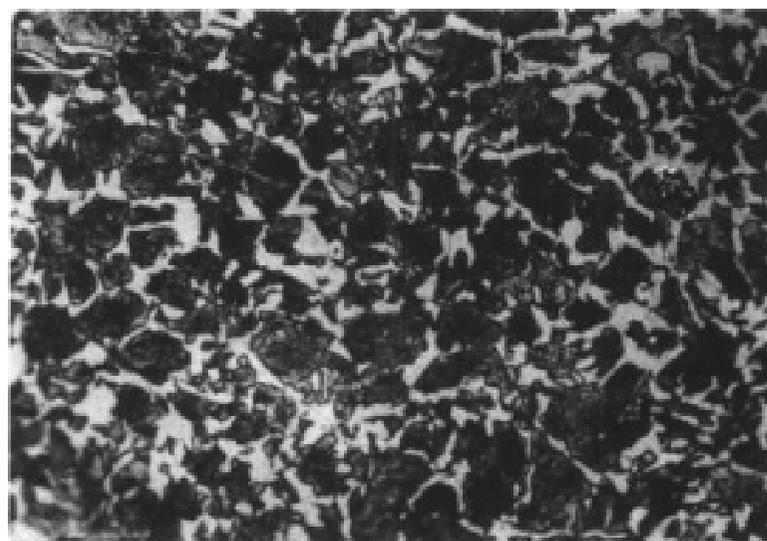




(a) $w_C 0.20\%$



(b) $w_C 0.40\%$



(c) $w_C 0.60\%$

图 4.12 亚共析钢的室温组织 200x

四、过共析钢

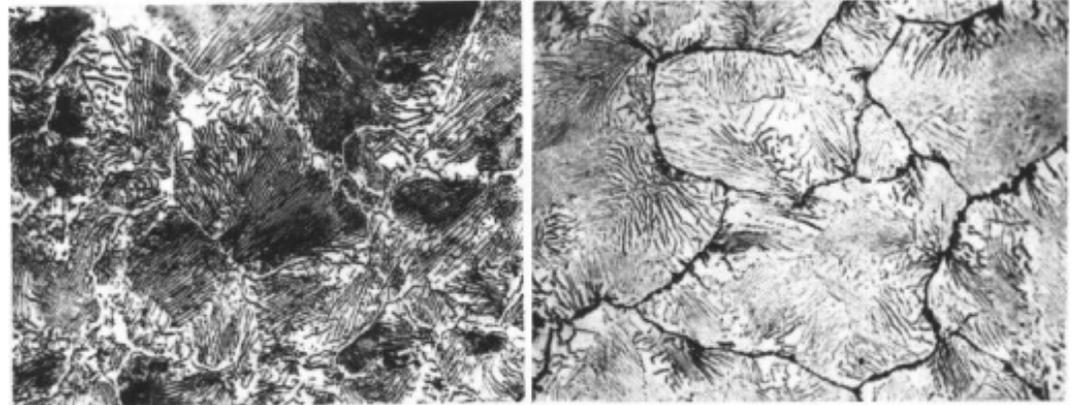
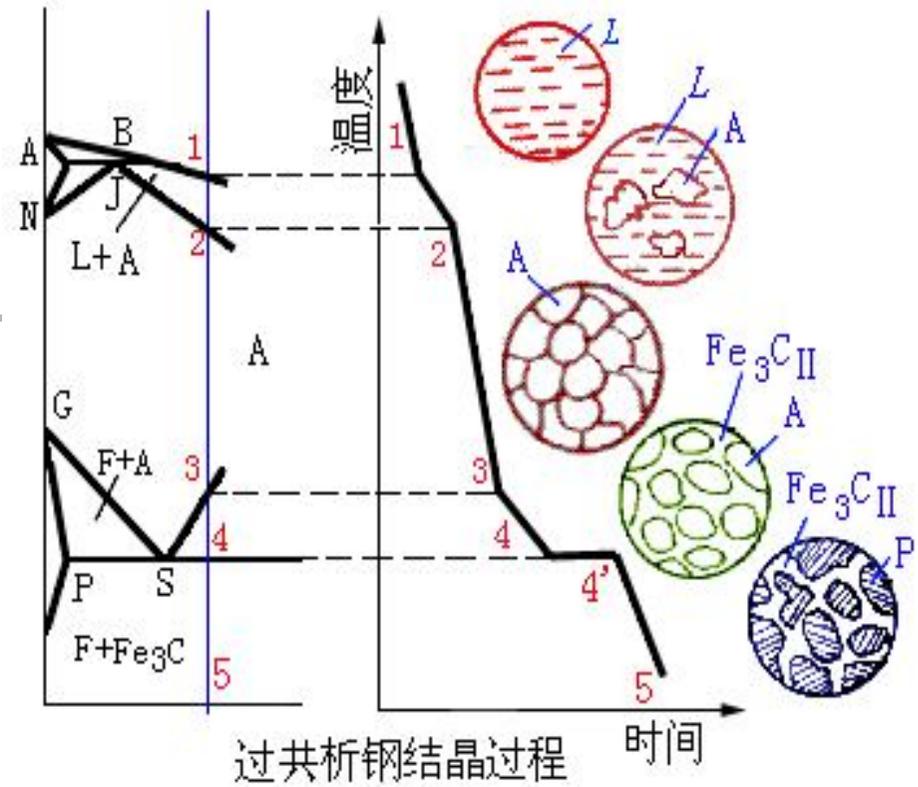
含 w_c 1.2%的过共析钢的组成物为F和 Fe_3C ；组织组成物为 Fe_3C_{II} 和P，它们的质量分数为：

$$Fe_3C_{II}(\%) = \frac{1.2 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 7\%$$

$$P(\%) = 1 - 7\% = 93\%$$

含 w_c 2.11%的过共析钢 Fe_3C_{II} 含量最高

$$w_{P+Fe_3C} = \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 22.6\%$$



(a) 硝酸酒精浸蚀，白色网状相为二次渗碳体，暗黑色为珠光体

(b) 苦味酸钠的浸蚀，黑色为二次渗碳体，浅白色为珠光体

图 4.14 $w_c 1.2\%$ 的过共析碳钢缓冷后的组织 500x

五、共晶白口铁

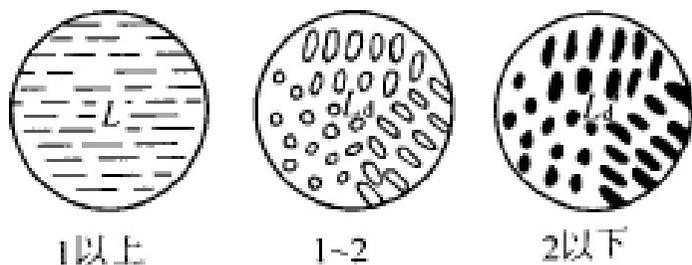


图 4.15 共晶白口铁的结晶过程示意图

- 共晶白口铸铁室温平衡组织为 Ld' ，由黑色条状或粒状 P 和白色 Fe_3C 基体组成，而组成相还是 F 和 Fe_3C 。

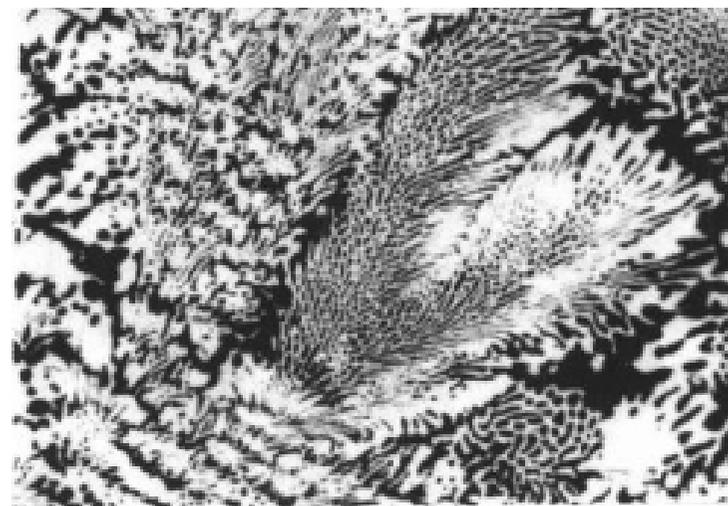
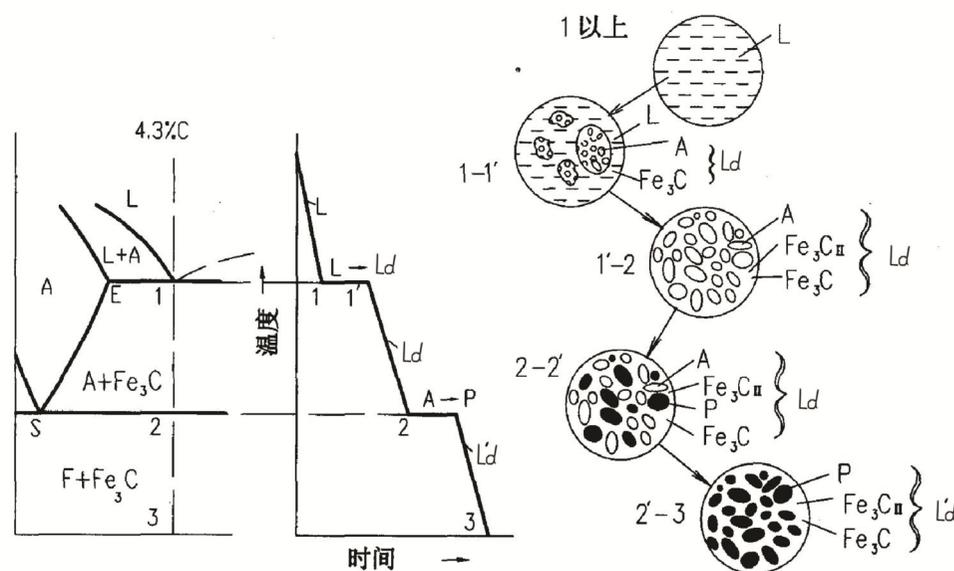
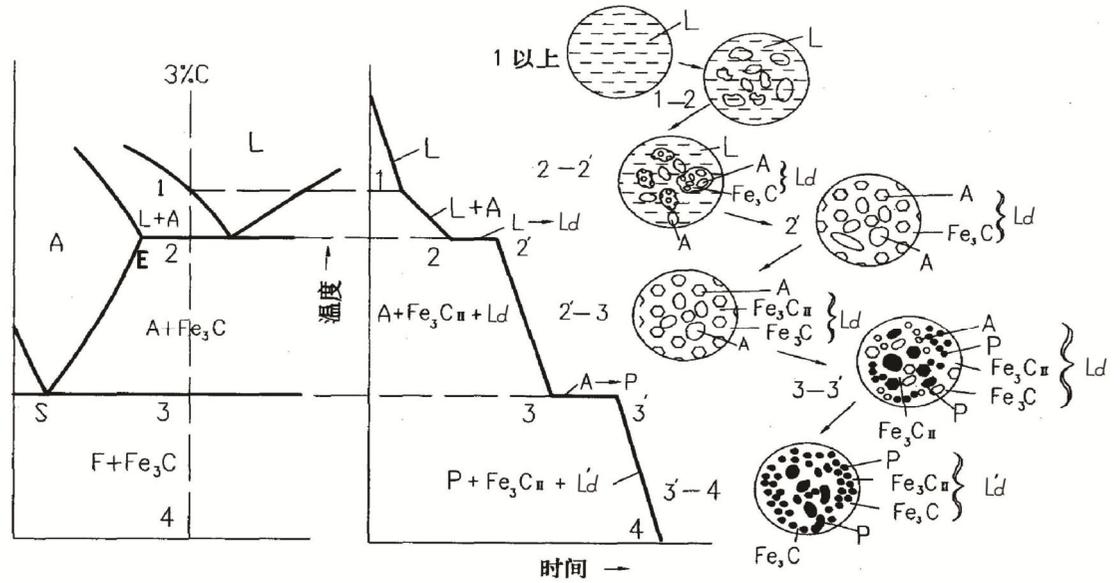


图 4.16 共晶白口铁的室温组织

六、亚共晶白口铁

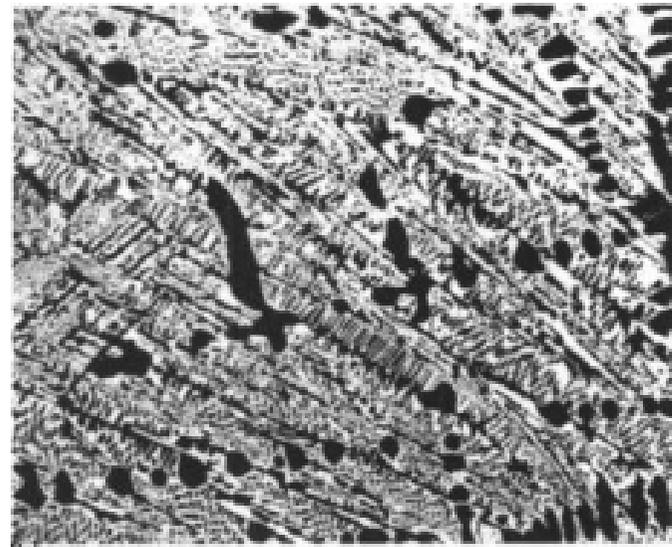
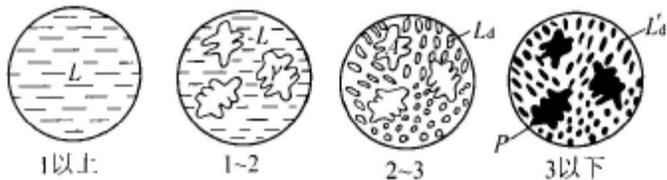
- 亚共晶白口铸铁的室温平衡组织为 **P + Fe₃C_{II} + Ld'**。



$$w_{\gamma} = \frac{4.3 - 3.0}{4.3 - 2.11} \times 100\% = 59.4\%$$

$$w_{L_d} = \frac{3.0 - 2.11}{4.3 - 2.11} \times 100\% = 40.6\%$$

$$w_{Fe_3C_{II}} = \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times 59.4 = 13.4\%$$



4.18 亚共晶白口铁的室温组织

图 4.17 $w_c 3.0\%$ 的白口铁结晶过程示意图

七、过共晶白口铁

过共晶白口铸铁的
室温平衡组织为

$\text{Fe}_3\text{C I} + \text{Ld}'$ 。 **$\text{Fe}_3\text{C I}$** 呈长条状。
白口铸铁室温平衡组织中含有莱氏体
(**Ld'**)，硬度高、脆性大，应用较少。

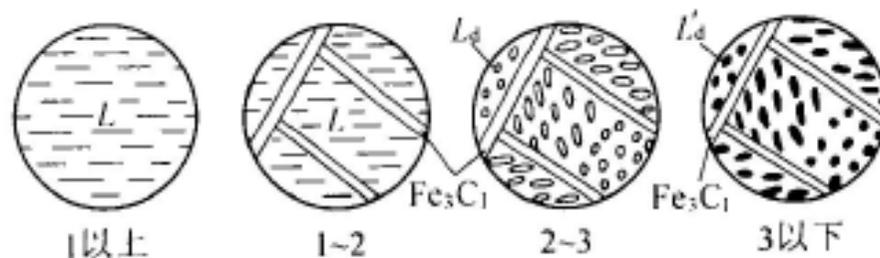


图 4.19 过共晶白口铁结晶过程示意图

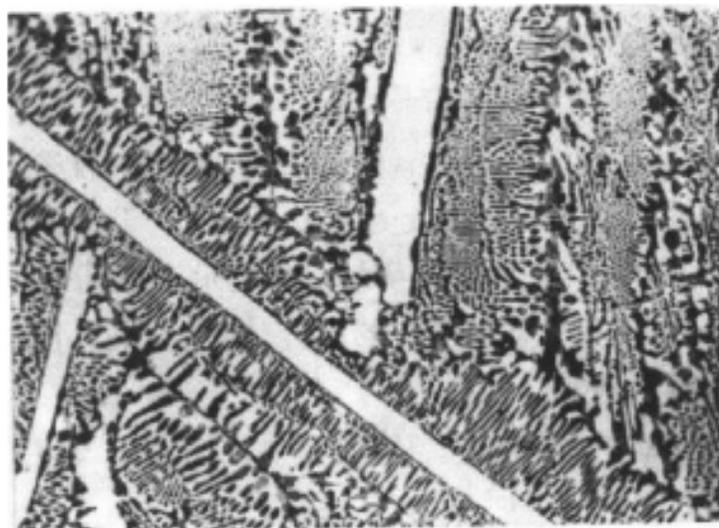


图 4.20 过共晶白口铁的室温组织

按组织分区的铁碳相图

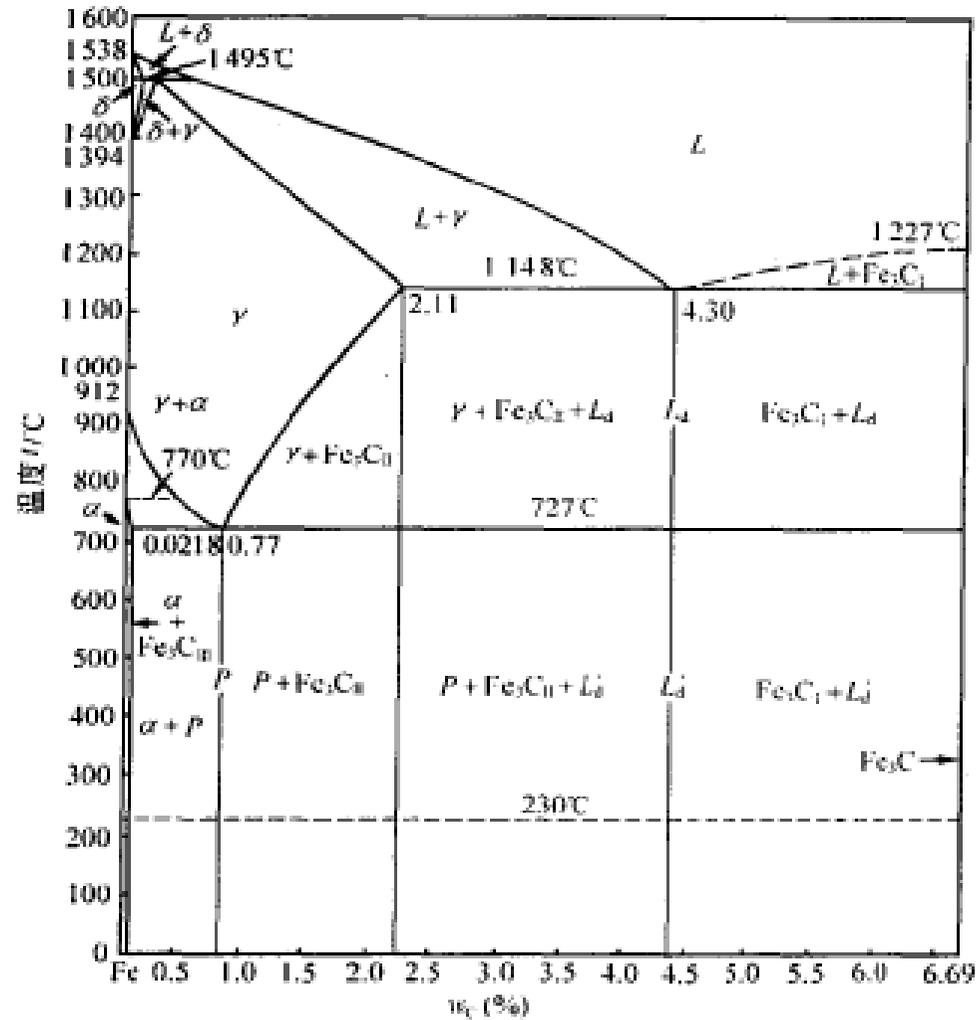
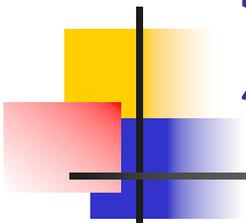


图 4.21 按组织区分的铁碳合金相图

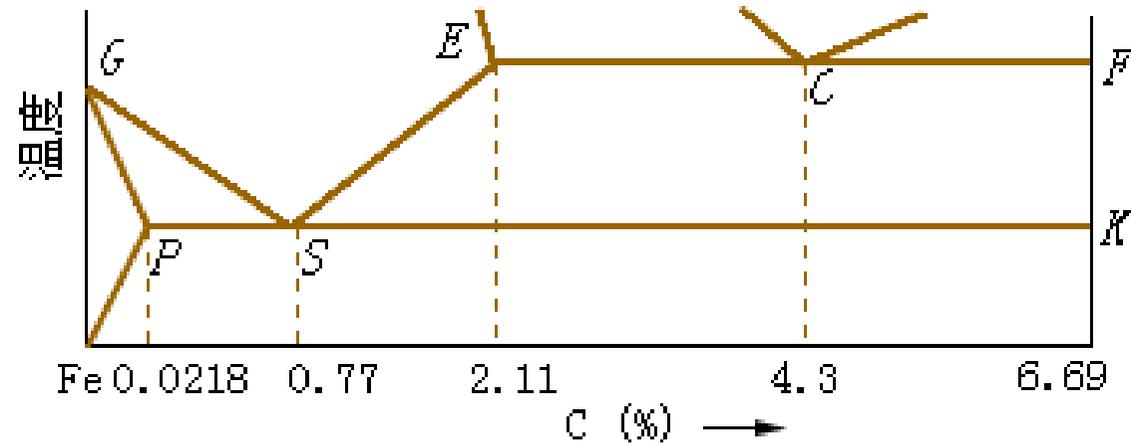
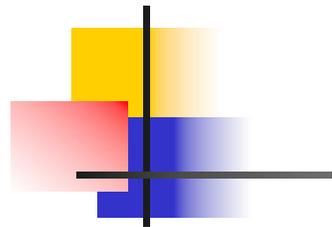


5.4 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响

一、对平衡组织的影响

- 铁碳合金在室温下的组织皆由**F**和**Fe₃C**两相组成。随碳含量的增加，**F**的含量逐渐减少，由**100%**按直线关系减少到**0%**，**Fe₃C**的含量则由**0%**增加到**100%**。
- 铁碳合金碳含量增加，组织按下列顺序变化：
- **F、F+P、P、P+Fe₃C II、P+ Fe₃C II + Ld'、Ld'、Ld'+ Fe₃C I、Fe₃C**

铁碳合金的性能与成分的关系如图所示。



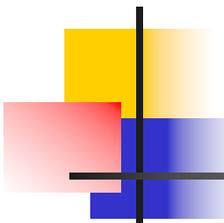
项目 \ 钢的分类	工业纯铁	钢		白口铸铁	
		亚共析钢	过共析钢	亚共晶白口铁	过共晶白口铁
		共析钢		共晶白口铁	
组织特征	高温固态为单相固溶体		固态组织中有莱氏体		
相组成物 相对量×%					
组织组成物 相对量×%					

铁碳合金的成分与组织的关系

组织、相和相的形态

同一种组成相，由于生成条件的不同，虽然相的本质未变，但其形态可以有很大的差异。

- 例如，从奥氏体中析出的铁素体一般呈块状，而经共析反应生成的珠光体中的铁素体，由于同渗碳体要相互制约，呈交替层片状。
- 又如渗碳体，由于生成条件的不同，使其形态变得十分复杂，铁碳合金的上述组织变化主要是由它引起的。当含碳量低于0.0218%时，三次渗碳体从铁素体中析出，沿晶界呈小片状分布。共析渗碳体是经共析反应生成的，与铁素体呈交替层片状，而从奥氏体中析出的二次渗碳体，则以网络状分布于奥氏体的晶界。共晶渗碳体是与奥氏体相关形成的，在莱氏体中为连续的基体，比较粗大，有时呈鱼骨状。一次渗碳体是从液体中直接形成的，呈规则的长条状。
- 由此可见，成分的变化，不仅引起相的相对含量的变化，而且引起组织的变化，对铁碳合金的性能产生很大影响。



二、对力学性能的影响

- 铁素体是软韧性，渗碳体是硬脆相。珠光体由铁素体和渗碳体所组成，渗碳体以细片状分散地分布在铁素体的基体上，起了强化作用。因此珠光体有较高的强度和硬度，但塑性较差。珠光体内的层片越细，则强度越高。在平衡结晶条件下，珠光体的力学性能大体是：

抗拉强度 σ_b : 1 000 MPa

屈服强度 $\sigma_{0.2}$: 600 MPa

延伸率 δ : 10%

断面收缩率 ψ : 12% ~ 15%

硬度 HB: 241

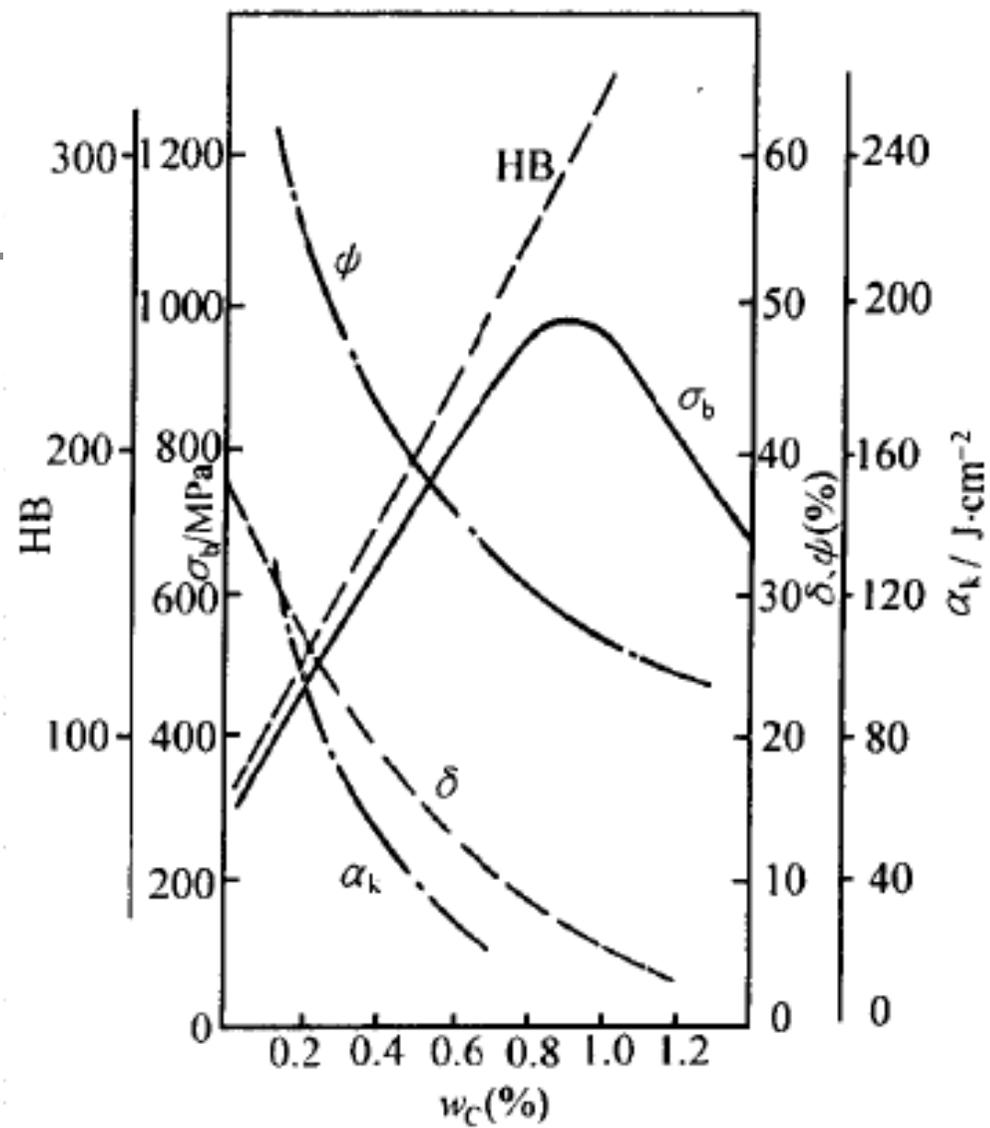
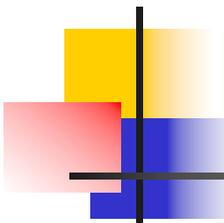
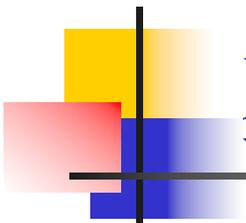


图 4.23 含碳量对平衡状态下碳钢机械性能的影响



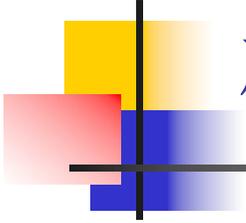
强度与 W_c

- 在亚共析钢中，随着图含碳量的增加，珠光体逐渐增多，强度、硬度升高，而塑性、韧性下降。当含碳量达到0.77%其性能就是珠光体的性能。
- 在过共析钢中，含碳量在接近1%时其强度达到最高值，含碳量继续增加，强度下降。这是由于脆性的二次渗碳体在含碳量高于1%时于晶界形成连续的网，使钢的脆性大大增加。因此在用拉伸试验测定其强度时，会在脆性的二次渗碳体处出现早期裂纹，并发展至断裂，使抗拉强度下降。
- 在白口铁中，由于含有大量渗碳体，故脆性很大，强度很低。



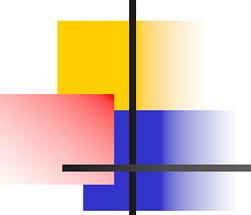
塑性 W_c

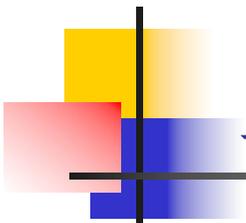
- 渗碳体的硬度很高，但是极脆，不能使合金的塑性提高，合金的塑性变形主要由铁素体来提供。因此，合金中含碳量增加而使铁素体减少时，铁碳合金的塑性不断降低。当组织中出现以渗碳体为基体的莱氏体时，塑性降低到接近零值。



硬度与 W_c

- 硬度是对组织或组成相的形态不十分敏感的性能，它的大小主要决定于组成相的数量和硬度。因此，随着含碳量的增加、高硬度渗碳体的增多、低硬度铁素体的减少，铁碳合金的硬度呈直线升高。

- 
- 为了保证工业上使用的铁碳合金具有适当的塑性和韧性，合金中渗碳体相的数量不应过多。对碳素钢及普通低中合金钢而言，其含碳量一般不超过1.3%。
 - 对于应用最广的结构材料亚共析钢，合金的硬度、强度和塑性可根据成分或组织作如下估算：
 - 硬度 $\approx 80 \times F\% + 180 \times P\%$ (HB)
 - 或硬度 $\approx 80 \times F\% + 800 \times Fe_3C\%$ (HB)
 - 强度 $\approx 230 \times F\% + 770 \times P\%$ (MPa)
 - 延伸率 (δ) $\approx 50 \times F\% + 20 \times P\%$ (%)

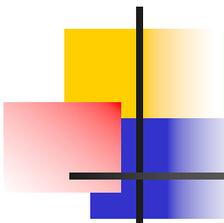


三、对工艺性能的影响

1、可加工性（切削加工性能）

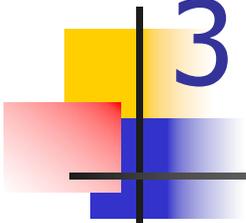
- 钢的含碳量，中碳
- 钢的导热性
- 钢的晶粒尺寸
- 珠光体的渗碳体形态

200HBW，最好。



2、可锻性

- 金属的可锻性是指金属在压力加工时，能改变形状而不产生裂纹的性能。
- 钢的可锻性首先与含碳量有关。低碳钢的可锻性较好。随着含碳量的增加，可锻性逐渐变差。
- 奥氏体具有良好的塑性，易于塑性变形。钢加热到高温可获得单相奥氏体组织，具有良好的可锻性。因此钢材的始轧或始锻温度一般在固相线以下**100-200** °C范围内。终锻温度不能过低，以免钢材因温度过低而使塑性变差，导致产生裂纹。一般对亚共析钢终锻温度控制在**GS**线以上较近处，对过共析钢控制在**PSK**线以上较近处。
- 白口铸铁无论在低温或高温，其组织都是以硬而脆的渗碳体为基体，其可锻性很差。



3、铸造性

- 流动性

最主要的是化学成分 W_c 和浇注温度的影响

- 收缩性

影响碳钢收缩性的主要因素是化学成分和浇注温度等

- 液态收缩

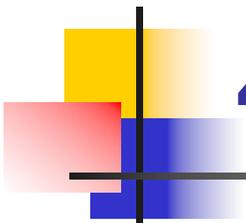
- 凝固收缩

- 固态收缩

- 液态收缩和凝固收缩表现为合金体积的缩小，其收缩量用体积分数表示，称为体收缩。它们是铸件产生缩孔、缩松缺陷的基本原因。合金的固态收缩虽然也是体积变化，但它只引起铸件外部尺寸的变化，其收缩量通常用长度百分数表示，称为线收缩。它是铸件产生内应力、变形和裂纹等缺陷的基本原因。

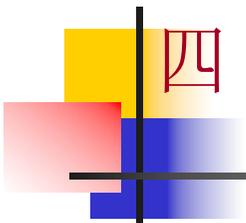
- 枝晶偏析

- 固相线和液相线的水平距离和垂直距离越大，枝晶偏析越严重



4、焊接性

- 通常，含碳量越低，钢的焊接性能越好，所以低碳钢比高碳钢更容易焊接。



四 Fe-Fe₃C相图的应用

1) 在钢铁材料选用方面的应用

- 建筑结构和各种型钢需用塑性、韧性好的材料，因此选用碳含量较低的钢材。
- 各种机械零件需用强度、塑性及韧性都较好的材料。应选用碳含量适中的中碳钢。各种工具需用硬度高和耐磨性好的材料，则选碳含量高的钢种。
- 纯铁磁导率高，矫顽力低，可作软磁材料使用，例如做电磁铁的铁心等。
- 白口铸铁硬度高、脆性大，不能切削加工，也不能锻造，但其耐磨性好，铸造性能优良，适用于作要求耐磨、不受冲击、形状复杂的铸件，例如拔丝模、冷轧辊、货车轮、犁铧、球磨机的磨球等。

2) 在铸造工艺方面的应用

根据Fe—Fe₃C相图可以确定合金的浇注温度。浇注温度一般在液相线以上50~100℃。

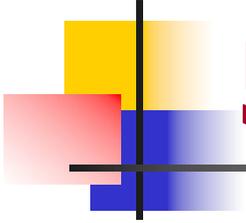
3) 在热锻、热轧工艺方面的应用

锻造或轧制选在单相奥氏体区内进行。一般始锻、始轧温度控制在固相线以下100~200℃范围内，终锻、终轧温度不能过低。亚共析钢热加工终止温度多控制在GS线以上一点，过共析钢变形终止温度应控制在PSK线以上一点，一般始锻温度为1150~1250℃，终锻温度为800~850℃。

4) 在焊接生产上的应用

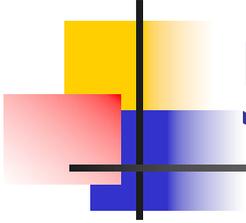
可焊性的判断

焊接时，由于局部区域被快速加热，从焊缝到母材各处的温度都不相同，铁碳相图为其提供了重要的理论依据。



5) 在热处理工艺方面的应用

- **Fe—Fe₃C**相图对于制订热处理工艺有着特别重要的意义。一些热处理工艺如退火、正火、淬火的加热温度都是依据**Fe—Fe₃C**相图确定的。
- 在运用**Fe—Fe₃C**相图时应注意以下两点：
 - ①**Fe—Fe₃C**相图只反映铁碳二元合金中相的平衡状态，如含有其它元素，相图将发生变化。
 - ②**Fe—Fe₃C**相图反映的是平衡条件下铁碳合金中相的状态，若冷却或加热速度较快时，其组织转变就不能只用相图来分析了。

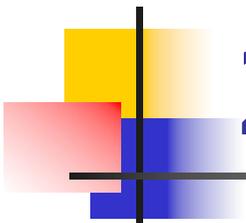


5.5钢中的杂质元素及钢锭组织

一、钢中的杂质元素及其影响

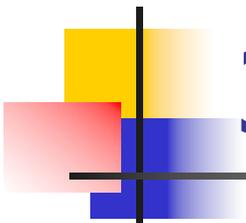
1、锰和硅的影响：有益元素

- 脱氧剂
- 提高铁素体的强度
- Mn还可以脱S



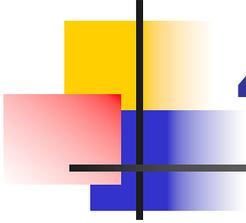
2、硫的影响

- 硫是钢中的有害元素，它是在炼钢时由矿石和燃料带到钢中来的杂质。
- 硫的最大危害是引起钢在热加工时开裂，这种现象称为热脆。造成热脆的原因是由于FeO的严重偏析
- 防止热脆的方法是往钢中加入适量的锰
Mn/S比
- 含硫量高时，热裂纹、气孔、缩松
- 硫能提高钢的切削加工性能



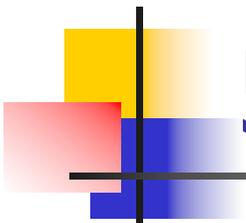
3、磷的影响

- 一般说来，磷是有害的杂质元素，它是由矿石和生铁等炼钢原料带入的
- 钢中的磷都固溶于铁中。磷具有很强的固溶强化作用，它使钢的强度、硬度显著提高，但剧烈地降低钢的韧性，尤其是低温韧性，称为冷脆，磷的有害影响主要就在于此。
- 磷还具有严重的偏析倾向
- 在一定条件下磷也具有一定的有益作用：切削加工性能和耐蚀性



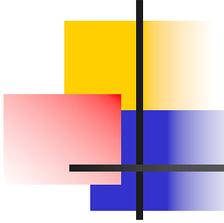
4、氮的影响

- 一般认为，钢中的氮是有害元素，但是氮作为钢中合金元素的应用，已日益受到重视
- 氮的有害作用主要是通过淬火时效和应变时效造成的
- 解决的方法是往钢中加入足够数量的铝



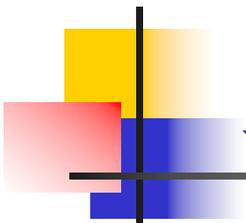
5、氢的影响

- 钢中的氢是由锈蚀含水的炉料或从含有水蒸气的炉气中吸入的。此外，在含氢的还原性气氛中加热钢材、酸洗和电镀等，氢均可被钢件吸收，并通过扩散进入钢内。
- 氢对钢的危害是很大的。一是引起氢脆二是导致钢材内部产生大量细微裂纹缺陷——白点



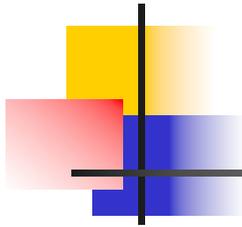
6、氧及其它非金属夹杂物的影响

- 氧在钢中的溶解度非常小，几乎全部以氧化物夹杂的形式存在于钢中
- 非金属夹杂物破坏了钢的基体的连续性
- 它们的性质、大小、数量及分布状态不同程度地影响着钢的各种性能，尤其是对钢的塑性、韧性、疲劳强度和抗腐蚀性能等危害很大。因此，对非金属夹杂物应严加控制。在要求高质量的钢材时，炼钢生产中应用真空技术、渣洗技术、惰性气体净化、电渣重溶等炉外精炼手段，可以卓有成效地减少钢中气体和非金属夹杂物。



二、钢锭的组织及其宏观缺陷

- 根据钢中的含氧量和凝固时放出一氧化碳的程度，可将钢锭分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢三类。下面简单介绍镇静钢和沸腾钢两类钢锭的组织。
 - 1、镇静钢
- 钢液在浇注前用锰铁、硅铁和铅进行充分脱氧，使所含的氧不超过**0.01%**（一般常在**0.002-0.003%**），以使钢液在凝固时不析出一氧化碳，得到成分比较均匀、组织比较致密的钢锭，这种钢叫做镇静钢。



- 镇静钢锭的宏观组织与纯金属铸锭基本相同，也是由表层细晶区、柱状晶区和中心等轴晶区所组成。所不同的是，在镇静钢锭的下部还有一个由等轴晶粒组成的致密的沉积锥体，这是镇静钢锭的组织特点。

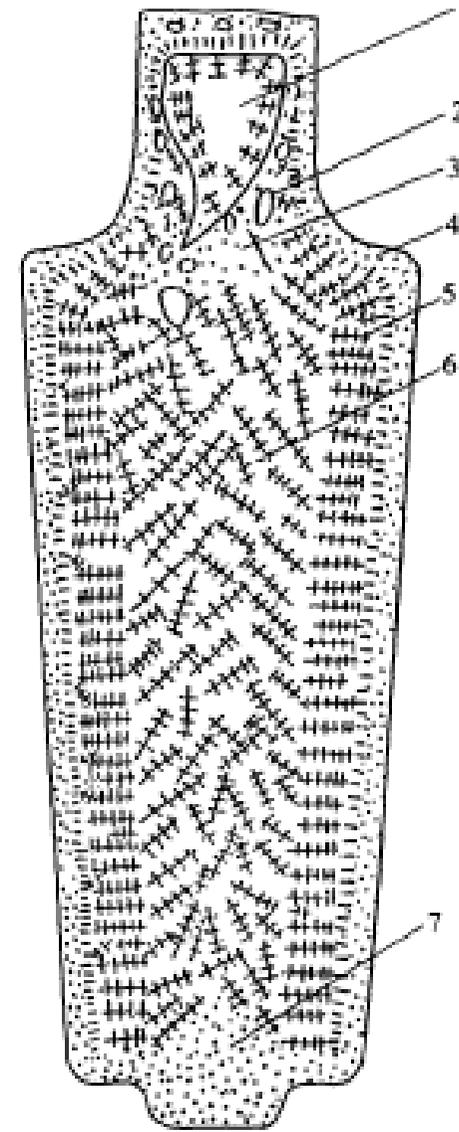


图 4.27 镇静钢锭宏观组织示意图
1—细晶; 2—气泡; 3—缩松; 4—表层细晶粒区; 5—柱状晶粒区; 6—中心等轴晶粒区; 7—下部锥体

镇静钢锭的缺陷

缩孔及缩孔残余

- 缩松
- 偏析
- 气泡（气孔）

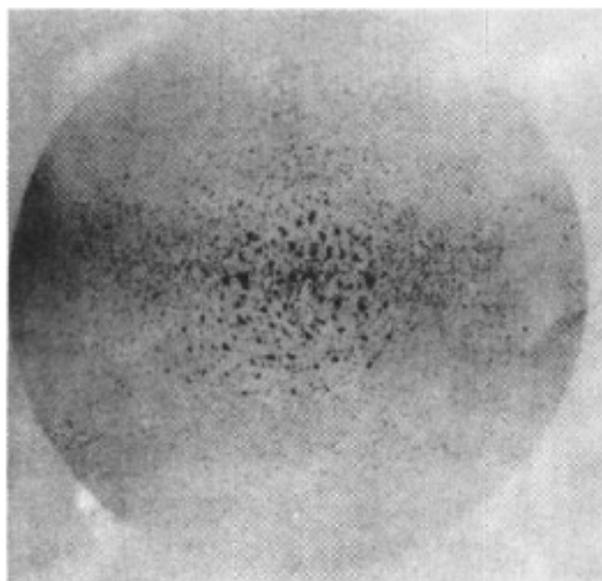


图 4.28 20 钢圆坯上的中心缩松 0.5x

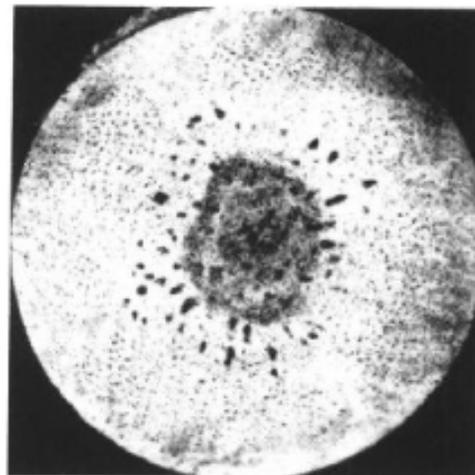


图 4.31 点状偏析 0.5x

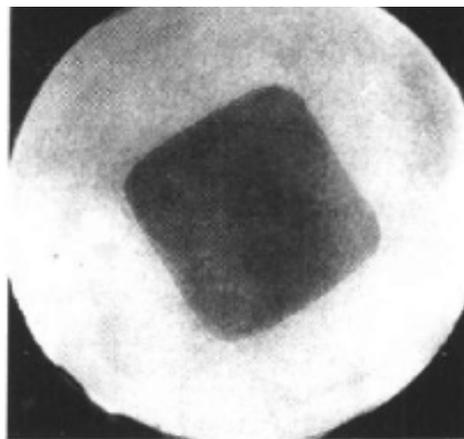


图 4.29 方框形偏析 0.5x

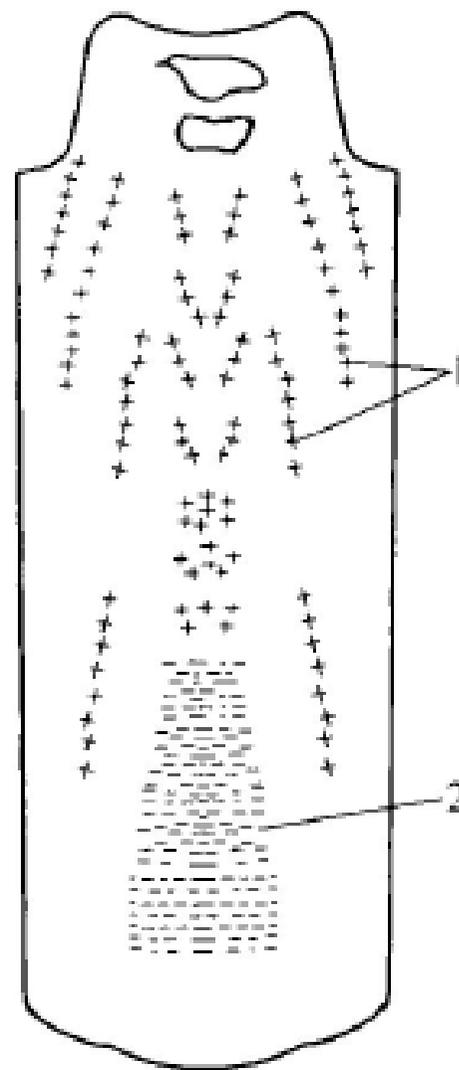


图 4.30 镇静钢锭的偏析带
1—正偏析；2—反偏析

2、沸腾钢

- 沸腾钢是脱氧不完全的钢
- 沸腾钢的结晶过程与镇静钢基本相同，但是由于钢液沸腾，使其宏观组织具有与镇静钢锭不同的特点。沸腾钢锭纵剖面的宏观组织示意图。从表面至心部由五个带组成：坚壳带、蜂窝气泡带、中心坚固带、二次气泡带和锭心带。

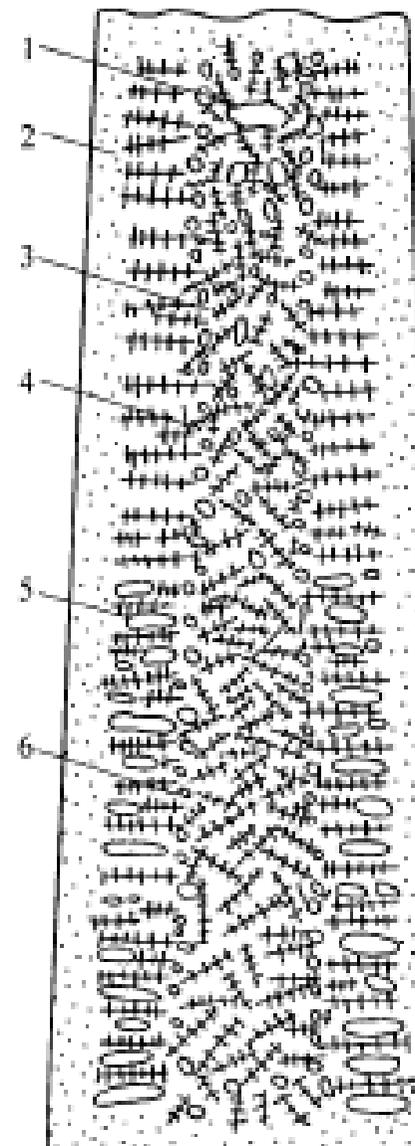
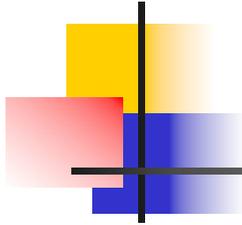


图 4.32 沸腾钢锭宏观组织示意图
1—头部大气泡；2—坚壳带；3—锭心带；4—中心坚固带；5—蜂窝气泡带；6—二次气泡带



- 沸腾钢的成分偏析较大
- 沸腾钢通常为低碳钢，含Si很低。这些都使沸腾钢具有良好的塑性和焊接性能。它的成材率高，成本低，又由于表层有一定厚度的致密细晶带，轧成的钢板表面质量好，宜于轧制成薄钢板，在机器制造中的许多冷冲压件。**08F**
- 但是，沸腾钢的成分偏析大，组织不致密，机械性能不均匀，冲击韧性值较低，时效倾向较大，所以对机械性能要求较高的零件，需要采用镇静钢。