



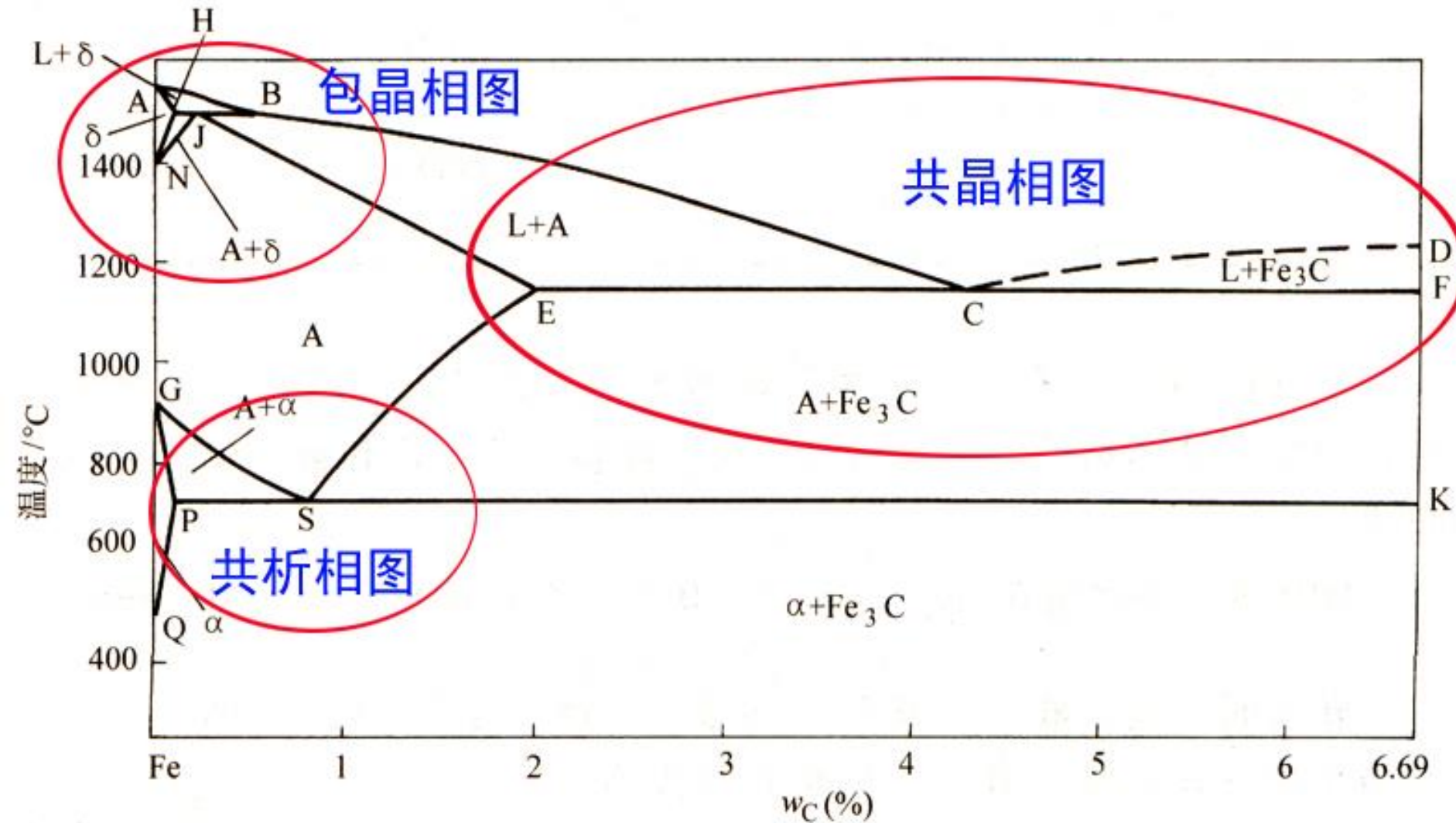
机械工程材料

第4讲 铁碳相图





第4讲 铁碳合金



Fe-Fe₃C 相图

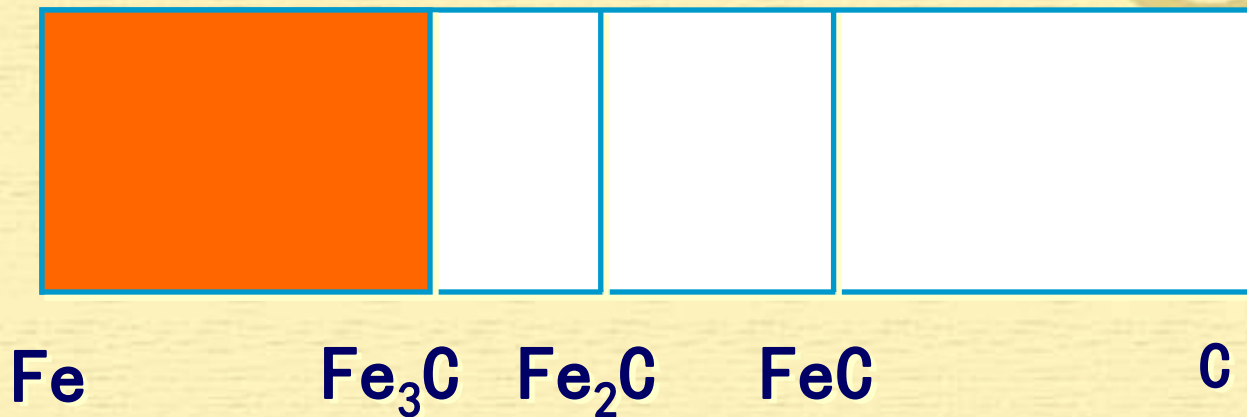




4.1 铁碳相图概述

• 4.1.1 铁碳合金的组元

铁碳合金——是以铁和碳为基本组成元素的合金。





4.1.1 铁碳合金的组元

1、Fe

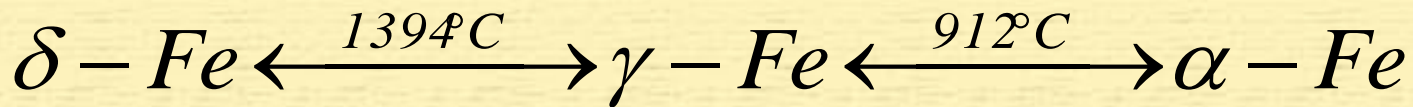
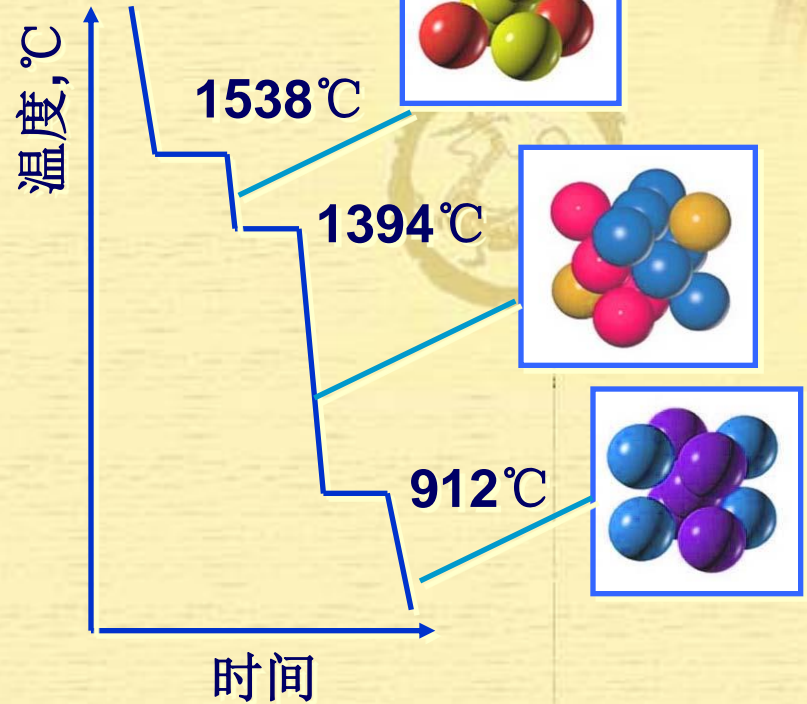
过渡族元素

熔点：1538 ℃

比重：7.84g/cm³ (300K)

冷却时发生同素异晶转变

同素异晶转变——同种金属在固态下发生的晶格类型的转变。

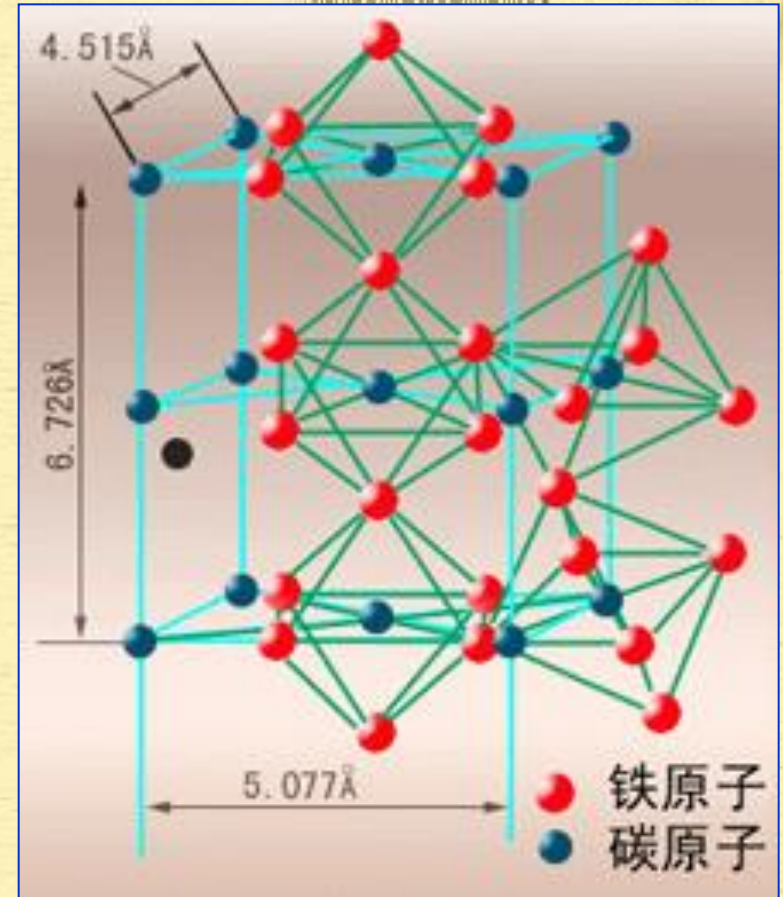




4.1.1 铁碳合金的组元

2、Fe₃C—渗碳体

渗碳体——是由铁和碳组成的一种具有复杂结构的间隙化合物，含碳量为4.49%，用“Fe₃C”或“C_{em}”(Cementite)表示。





4.1.2 铁碳合金中的相

1、**铁素体**——碳在 α -Fe 或 δ -Fe 中的固溶体，用“F”表示。





4.1.2 铁碳合金中的相

特点:

- ① 在727℃有最大溶解度，为0.0218%C；
- ② 强度和硬度低，韧性塑性好。

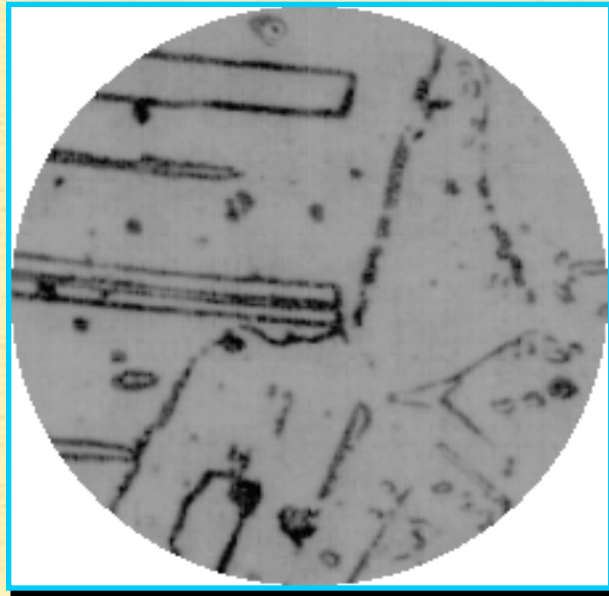
其力学性能为:

σ_b	180~280MN/m ²	ψ	70~80%
$\sigma_{0.2}$	100~170MN/m ²	δ	30~50%
HB	50~80HBS	a_k	1.8~2.5MJ/m ²



4.1.2 铁碳合金中的相

2、**奥氏体**——是碳在 γ -Fe中的固溶体，用“ γ ”或“A”表示。





4.1.2 铁碳合金中的相

特点:

- ① 在 1148°C 时有最大溶解度 $2.11\% \text{C}$ ， 727°C 时可固溶 $0.77\% \text{C}$ ；
- ② 其力学性能与含碳量及晶粒大小有关，一般 $170\sim 220\text{HBS}$ 、 $\delta=40\sim 50\%$ ；
- ③ 形变能力好，形变抗力小。





3、Fe₃C—渗碳体

渗碳体的性能特点——硬度高，脆性大。

硬度 HB=800kgf/mm²;

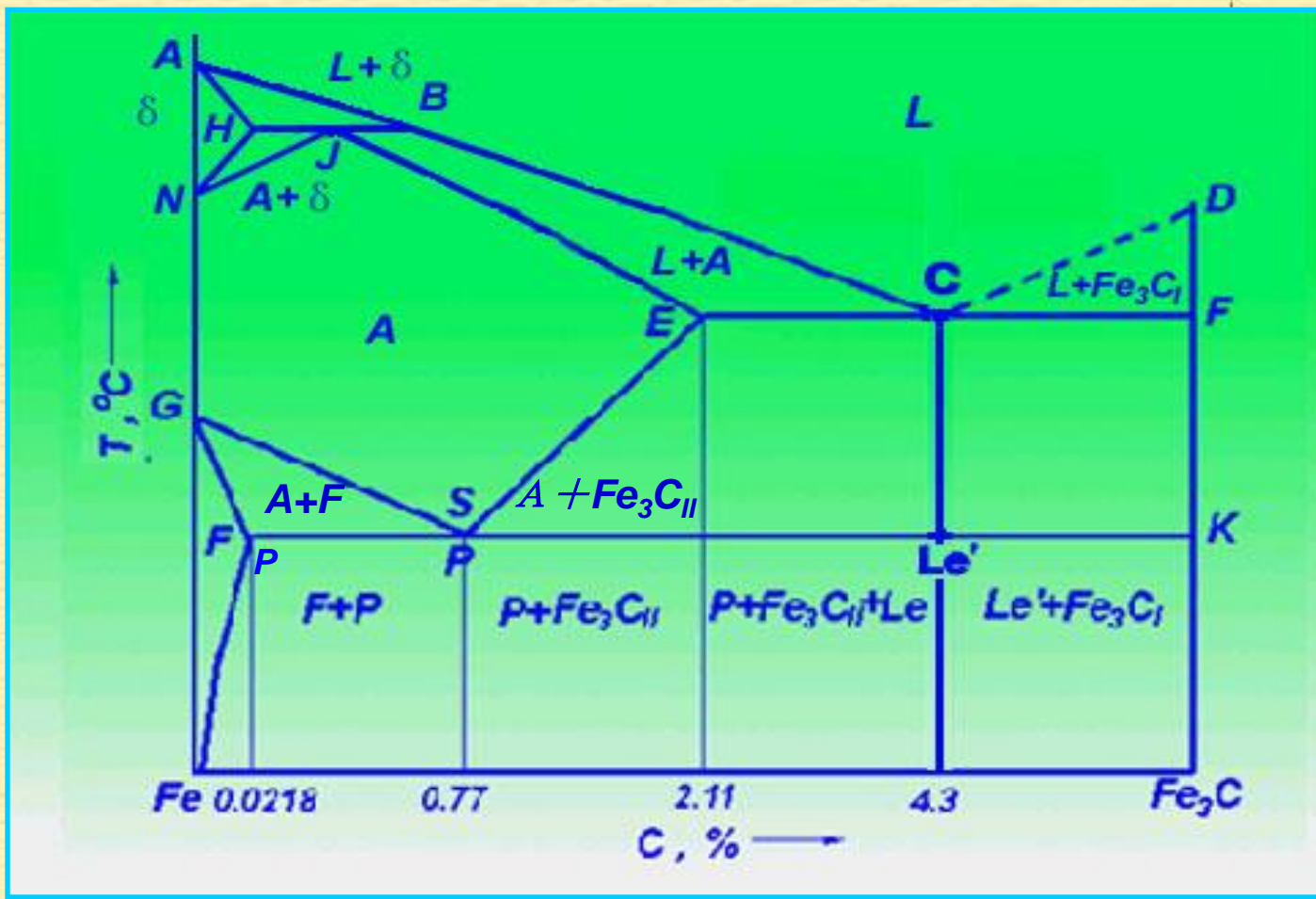
抗拉强度 $\sigma_b = 30\text{MN/m}^2$;

塑性、韧性几乎为零。





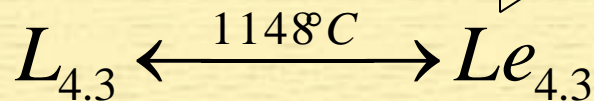
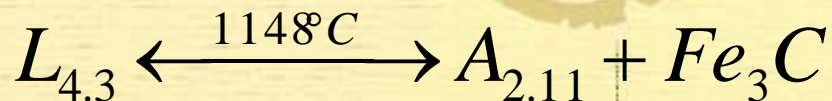
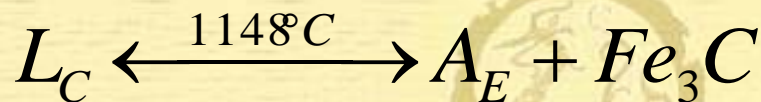
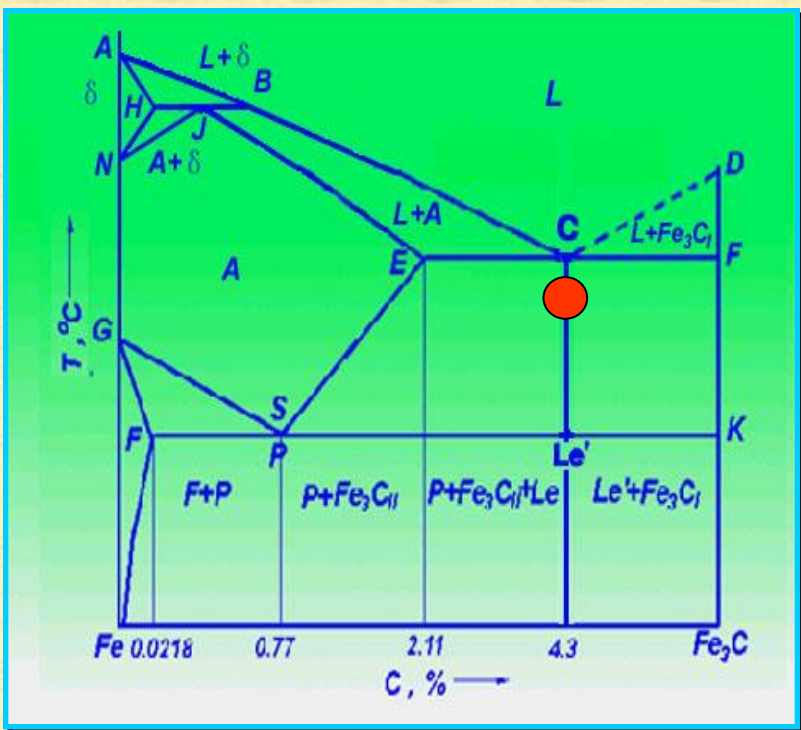
4.1.3 铁碳相图分析





4.1.3 铁碳相图分析

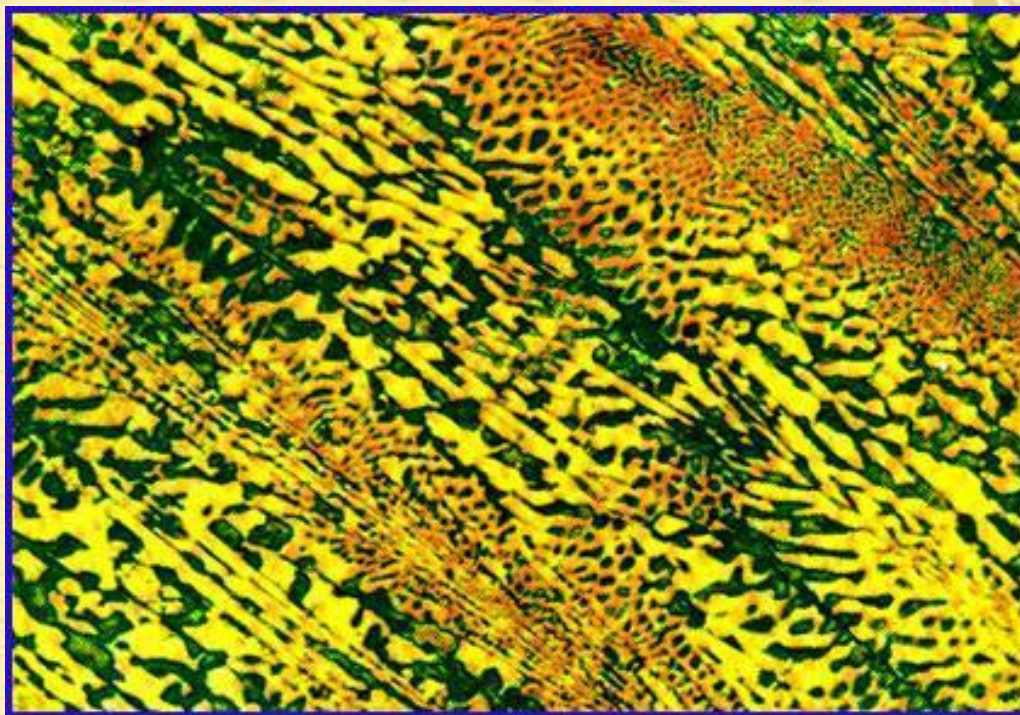
(1) 共晶点-C点





4.1.3 铁碳相图分析

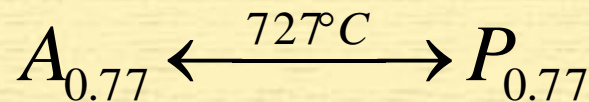
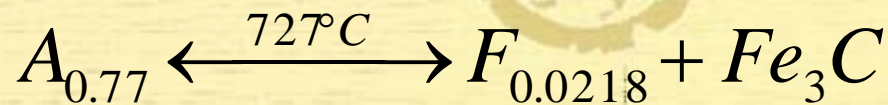
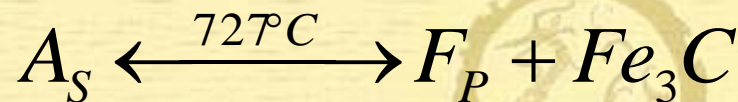
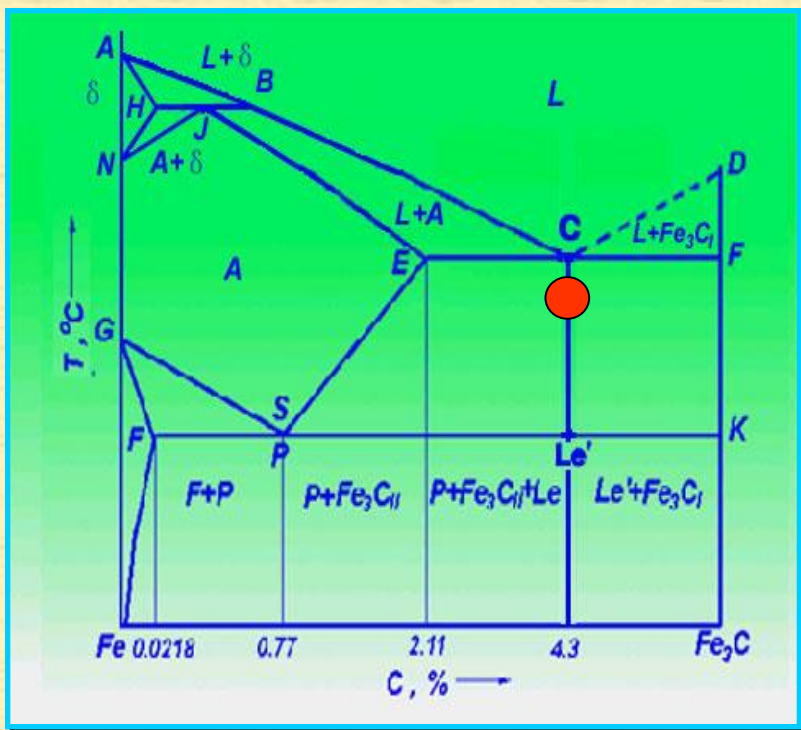
莱氏体 —— 在共晶反应中形成的奥氏体和渗碳体的机械混合物。





4.1.3 铁碳相图分析

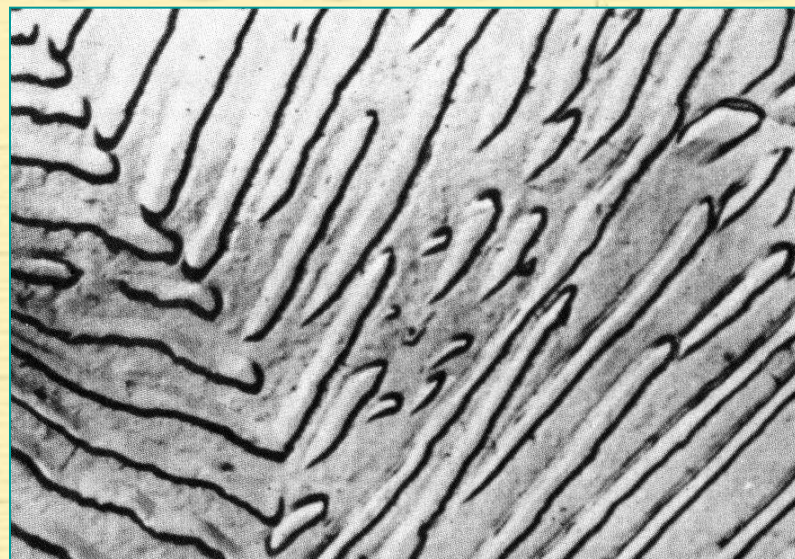
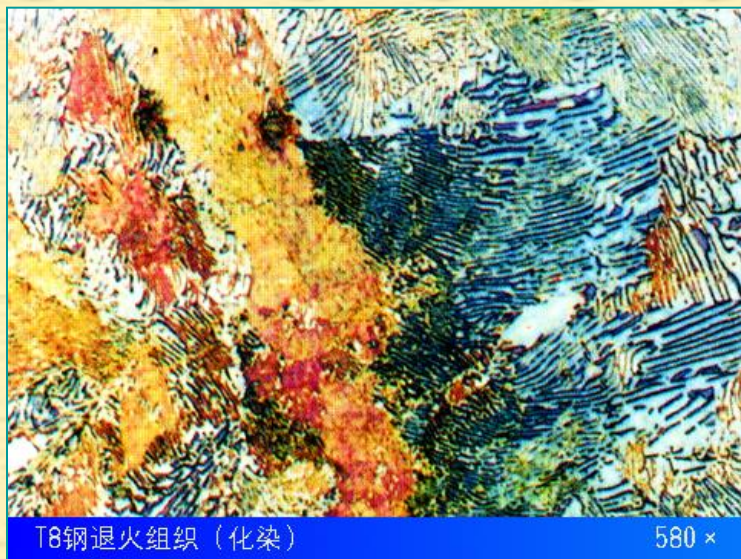
(2) 共析点-S点





4.1.3 铁碳相图分析

珠光体 —— 在共析反应中形成的铁素体和渗碳体的机械混合物称为珠光体，一般用P 来表示。珠光体中的渗碳体称为共析渗碳体。珠光体通常呈片层状。





4.1.3 铁碳相图分析

珠光体的性能特点：

强度较高；塑性、韧性和硬度介于铁素体和渗碳体之间。

性能参数： $\sigma_b = 770 \text{ MN/m}^2$

$a_k = 30 \sim 45 \text{ J/cm}^2$

$\delta = 20 \sim 35 \%$

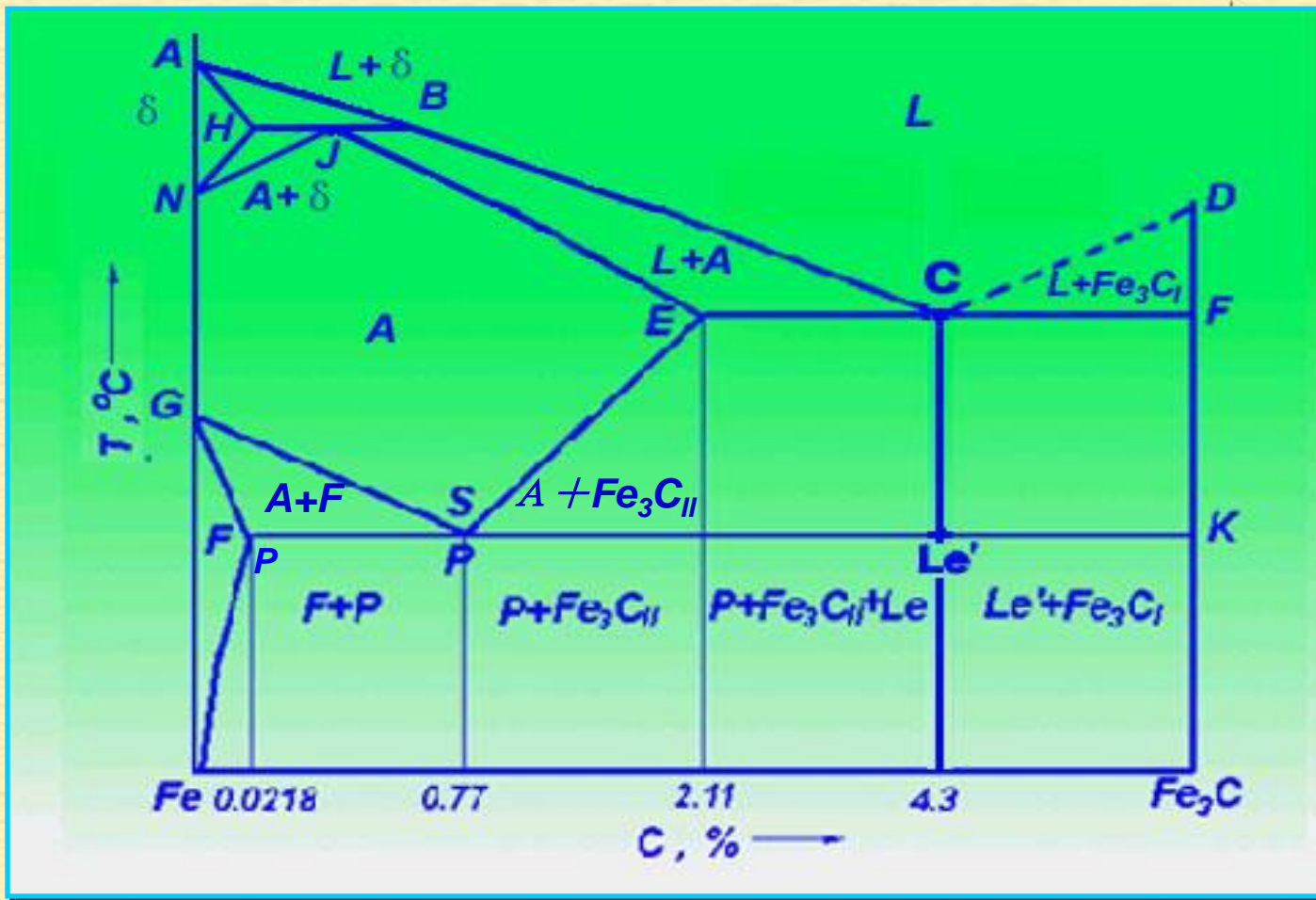
$\text{HB} = 180 \text{ kgf/mm}^2$





4.1.3 铁碳相图分析

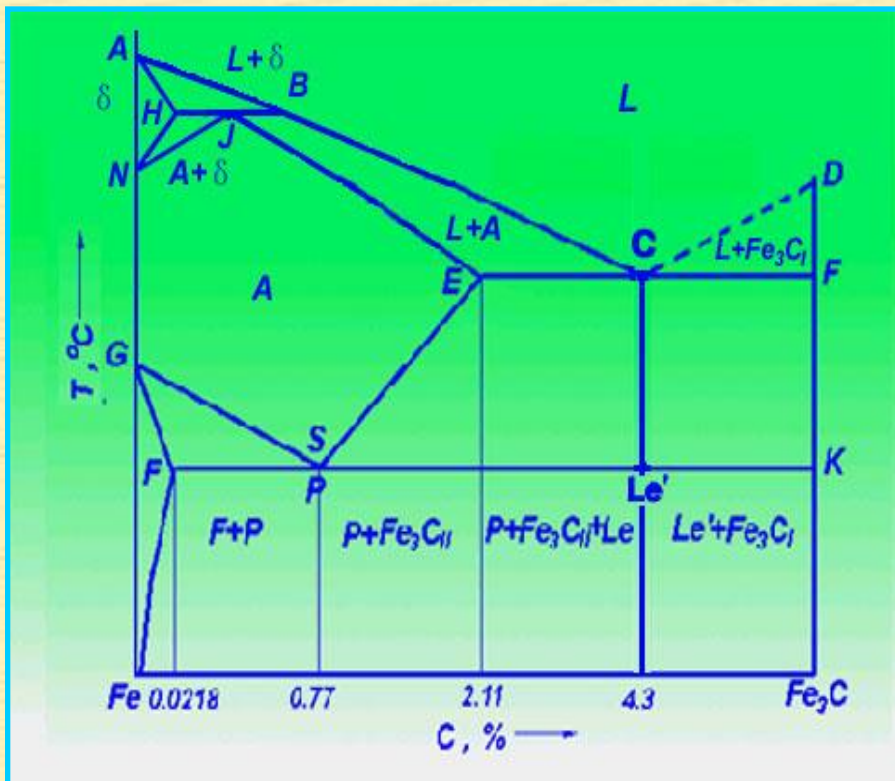
(3) 其它重要的点: A、D、E、G、P





4.1.3 铁碳相图分析

2. 相图中重要的线



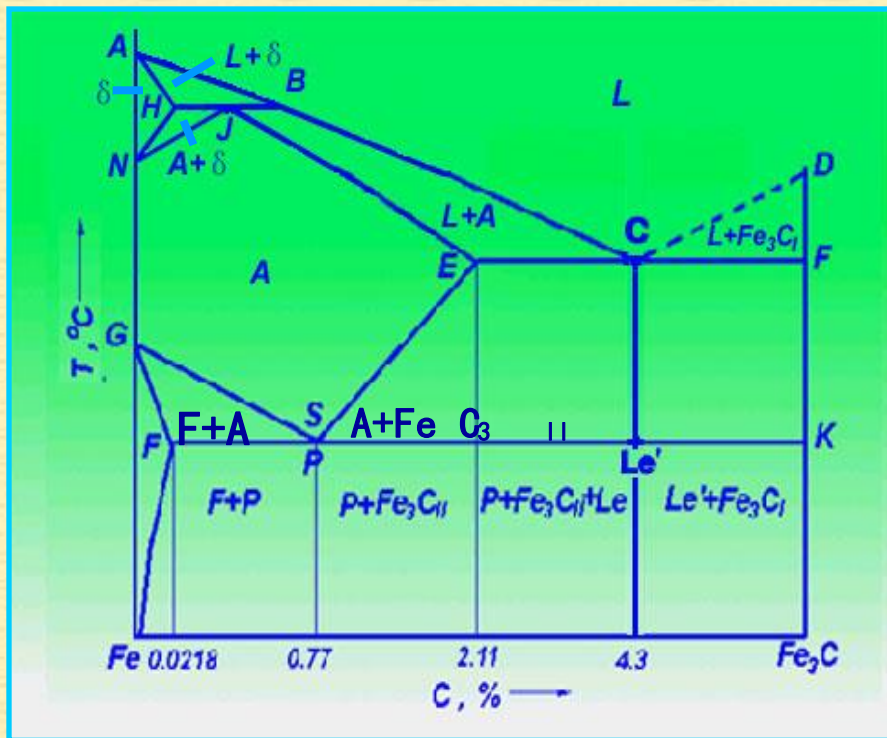
- ① 液相线——?
- ② 固相线——?
- ③ 共晶反应线——?
- ④ 共析反应线——?
- ⑤ A₃ (GS) 线——?
- ⑥ A_{cm} (ES) 线——?



4.1.3 铁碳相图分析



3. 铁碳相图中重要的相区



5个单相区:

L相区

δ相区

A相区

F相区

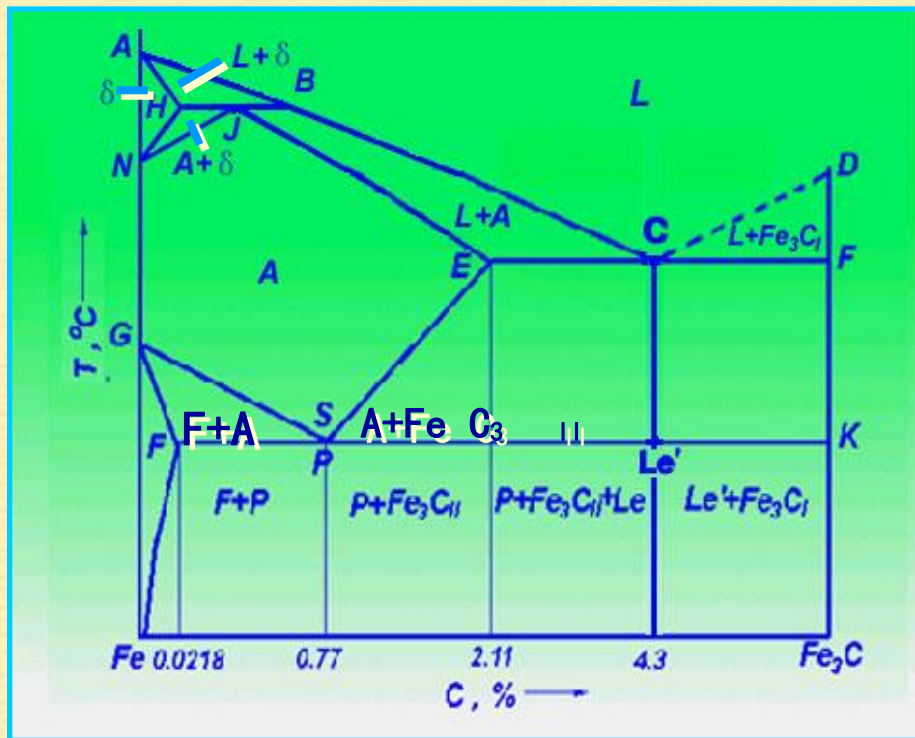
Fe₃C相区





4.1.3 铁碳相图分析

3. 铁碳相图中重要的相区



5个重要双相区:

L+A相区

L+ Fe₃C_I相区

A+F相区

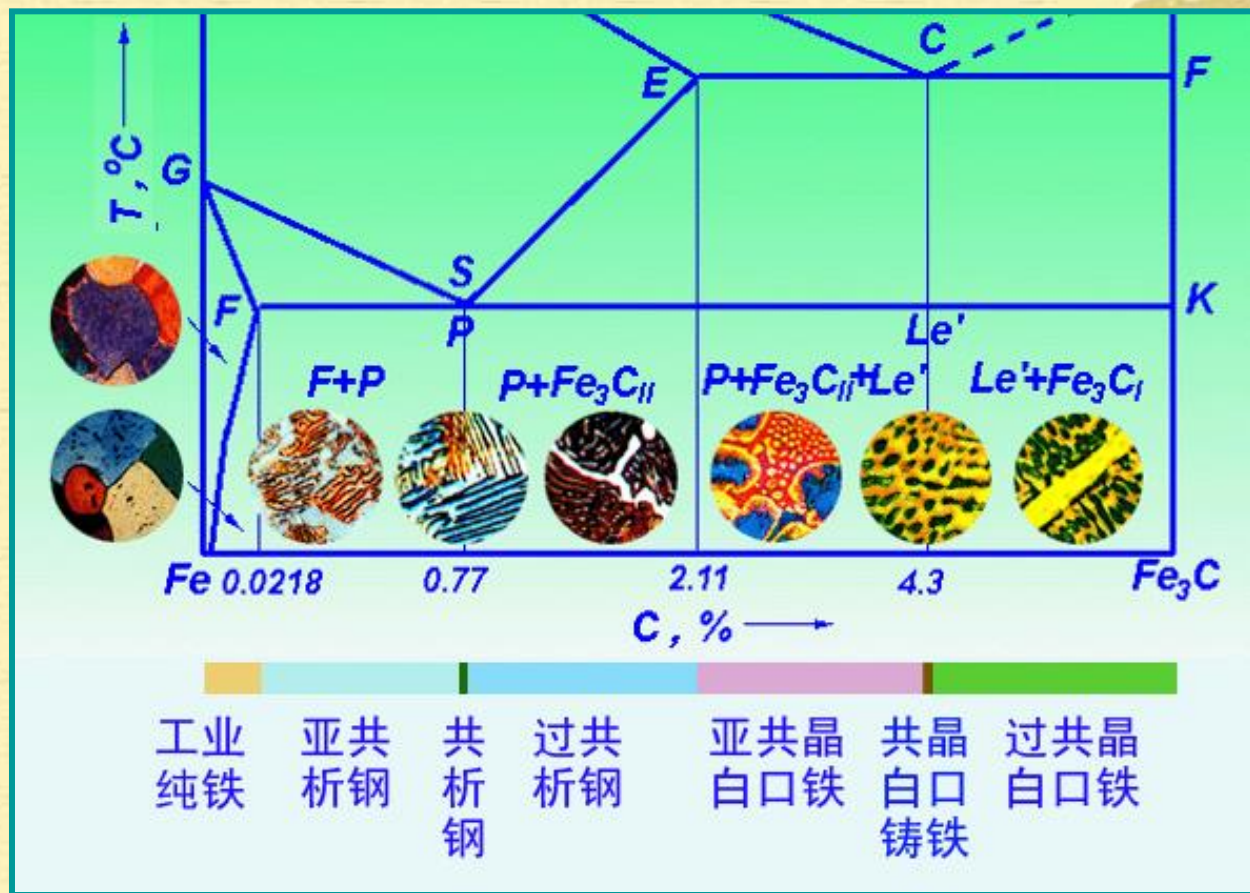
A+Fe₃C_{II}相区

F+Fe₃C相区



4.2 典型合金的结晶过程

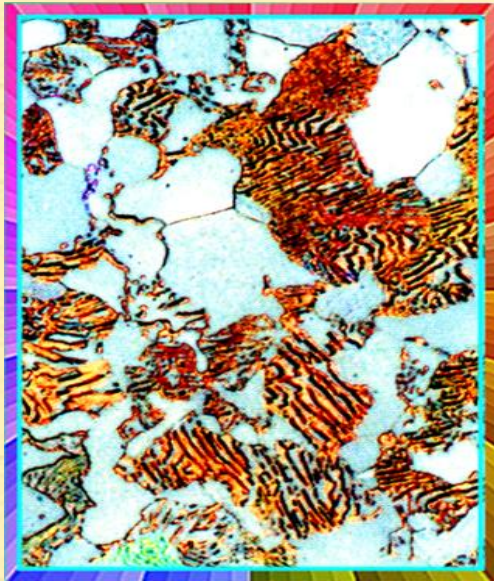
按照相图给铁碳合金分类





4.2 典型合金的结晶过程

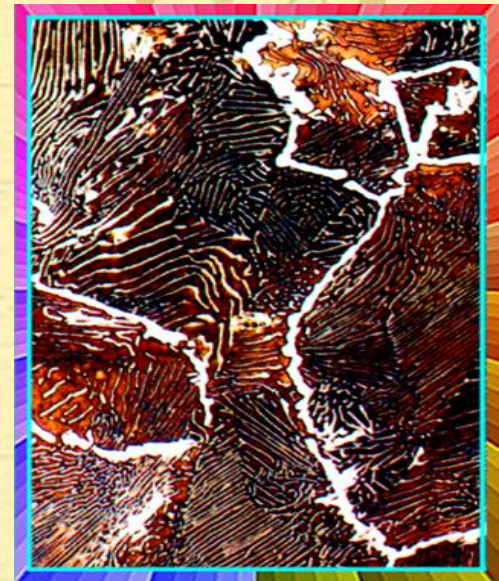
三类碳钢显微组织的比较



亚共析钢



共析钢



过共析钢



4.3 例题与习题



3. 画出 Fe-Fe₃C 相图中的钢部分相图，并进行以下分析：

(1) 标注出相图中空白区域的组织组分与相组分；

(2) 分析 $w_C=0.4\%$ 的亚共析钢的结晶过程及其在室温下组织组分与相组分的相对量；

(3) 指出 $w_C=0.2\%$ 、 $w_C=0.6\%$ 、 $w_C=1.2\%$ 的钢在 1400℃、1100℃、800℃ 时奥氏体中碳的质量分数。

解题准备：

- 1、熟悉铁碳合金相图；
- 2、明白什么是组织组分和相组分；
- 3、学会用杆杆定律进行计算。



4.3 例题与习题



3、解：

(1) 画出铁碳合金相图中钢部分的简化相图，并标明空白区域的组织组分和相组分；

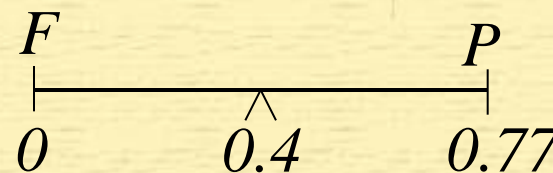
(2) 分析 $w_c=0.4\%$ 亚共析钢的结晶过程：



$w_c=0.4\%$ 钢的组织组分 F 和 P 的相对量：

$$w_F = \frac{0.77 - 0.4}{0.77} \times 100\% \approx 50\%$$

$$w_P = \frac{0.4}{0.77} \times 100\% \approx 50\%$$





4.3 例题与习题

$w_c=0.4\%$ 钢的相组分 F 和 Fe_3C 的相对量:



$$w_F = \frac{6.69 - 0.4}{6.69} \times 100\% \approx 94.0\%$$

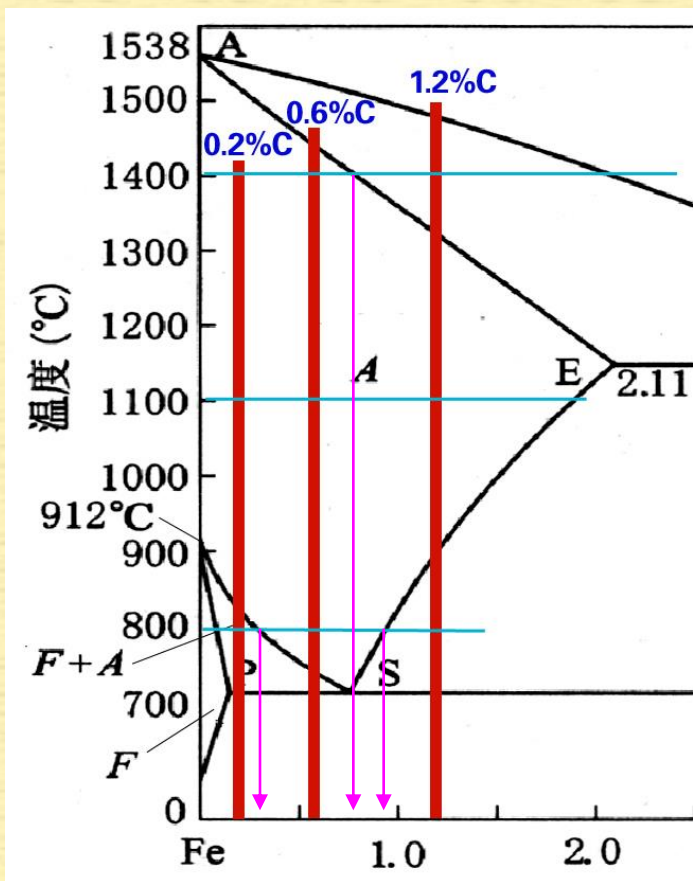
$$w_{Fe_3C} = \frac{0.4}{6.69} \times 100\% \approx 6.0\%$$

或: $Fe_3C\% = 1 - F\% = 6.0\%$



4.3 例题与习题

(3) 指出不同成分钢在不同温度时奥氏体中碳的质量分数：



不同温度下奥氏体中碳的质量分数

	0.2% C	0.4% C	1.2% C
1400 °C	0.2%	0.4%	0.8%
1100 °C	0.2%	0.4%	1.2%
800°C	0.3%	0.4%	0.9%



本讲小结：

- 1、铁碳合金相图的组元
- 2、铁碳合金中的基本相
- 3、铁碳合金相图中各种点、线、区的含义
- 4、典型铁碳合金的结晶过程

重点难点：

- 1、重点：本讲内容都是重点
- 2、难点：铁碳合金的结晶过程





基本要求:

- 1、要求能默画出铁碳相图，记住重要的点、线相区的意义；
- 2、弄清铁碳合金中各种相的本质和特征，正确标出各组织组成物，熟悉各种组织的特征；
- 3、能够运用铁碳相图，分析典型成分的铁碳合金的结晶过程，计算室温平衡组织中组成相及组织组成物的相对重量；



- 作业题目:
- **1** 默画出铁碳相图，标明**C、S、P、E、F**点的碳的质量分数及**ECF、PSK**线的温度，标明各相区。
- **2** 说明铁碳合金中各相的本质，指出 **α -Fe**与 **α 相**、 **γ -Fe**与 **γ 相**的区别。
- **3** 写出相图中**C、S**两点进行相变的反应式，指出各是什么反应，说明其相变特点以及**ECF、PSK、ES、GS**各线的意义。
- **4** 用冷却曲线表示碳质量分数为**0.4%**铁碳合金的结晶过程，画出室温平衡组织示意图(标明各组织组成物)，计算相组分和组织组分的相对量。



作业

- 课堂讨论方法:
- **(1)** 课前写出各题的详细发言提纲(作业本上);
- **(2)** 一名同学在黑板上默画出简化铁碳相图, 一名同学在黑板上做第4题;
- **(3)** 组织学生补充完善铁碳相图, 并讨论上述前3个问题, 检查第4题;
- **(4)** 由教师进行总结。