



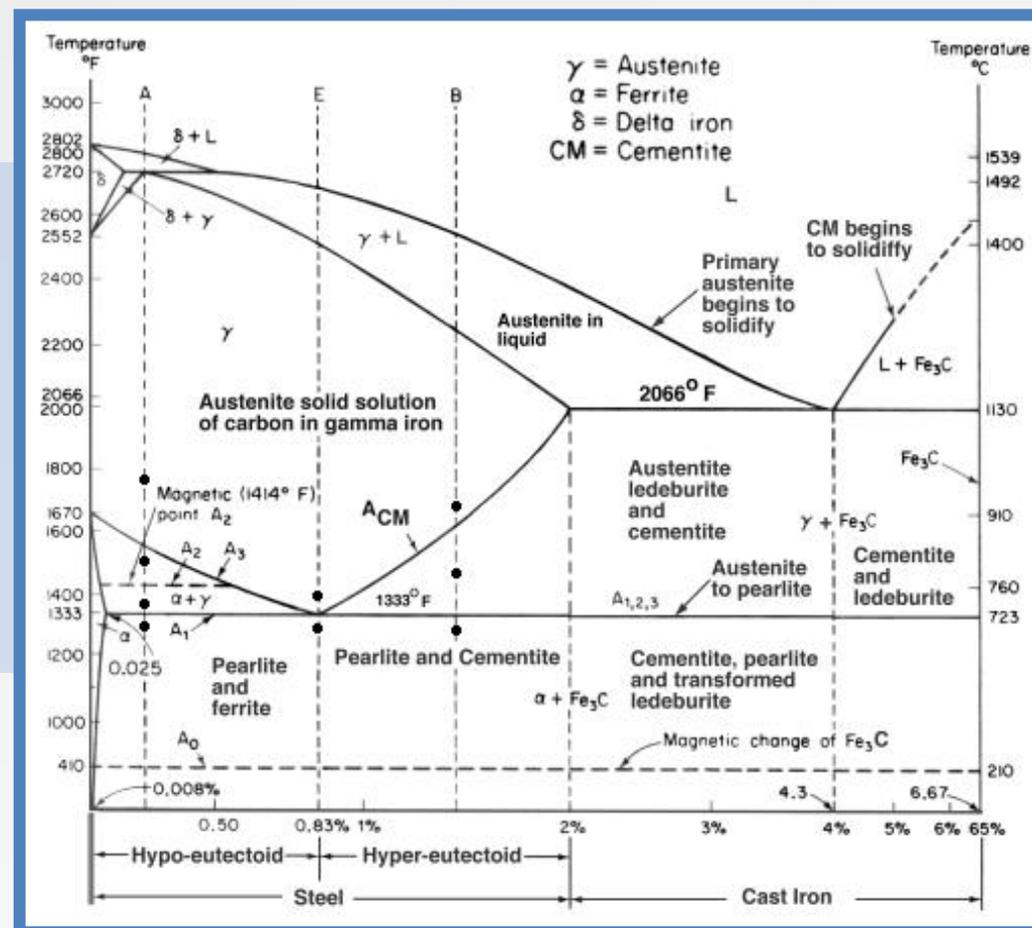
山东交通学院

铁碳合金相图

主讲教师：吕文香

轮机
工程材料

- 铁碳合金—碳钢和铸铁，是工业应用最广的合金。
- 含碳量为0.0218%~2.11%的称钢。
- 含碳量为 2.11%~6.69%的称铸铁。

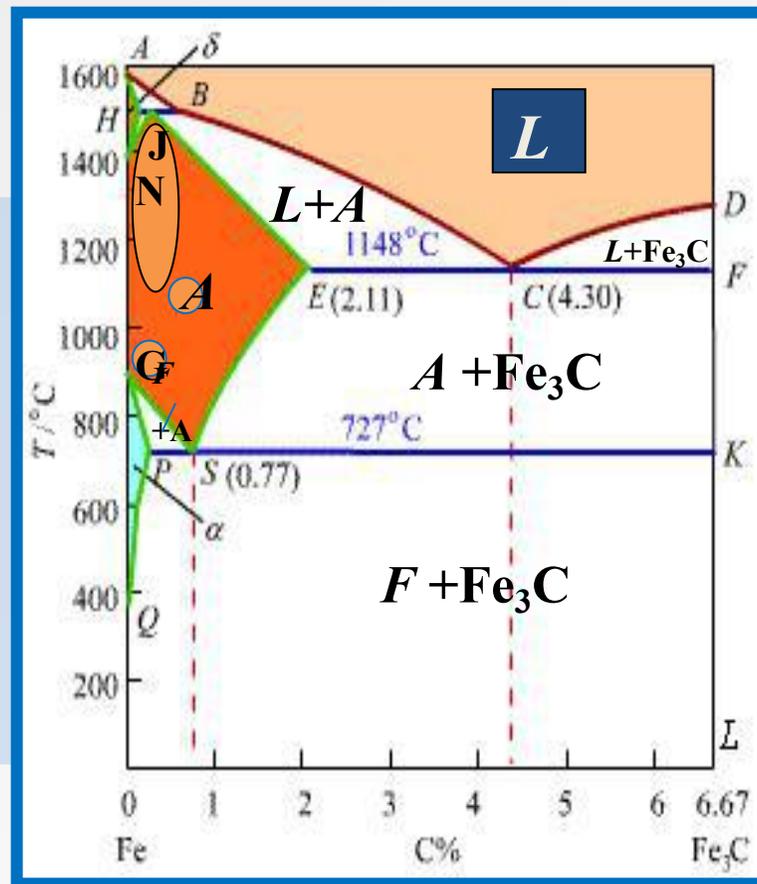


- 铁碳合金相图是研究铁碳合金最基本的工具，是研究碳钢和铸铁的成分、温度、组织及性能之间关系的**理论基础**，是制定热加工、热处理、冶炼和铸造等工艺**依据**。

相图分析

1. 特征点

符号	T/°C	C %	说明
A	1538	0	纯铁的熔点
B	1495	0.53	包晶转变时液相成分
C	1148	4.30	共晶点 L_c $\gamma_E + Fe_3C$
D	1227	6.69	渗碳体的熔点
E	1148	2.11	碳在 γ -Fe 中的最大溶解度
F	1148	6.679	渗碳体的成分
G	912	0	纯铁 α γ 转变温度
H	1495	0.09	碳在 δ -Fe 中的最大溶解度
J	1495	0.17	包晶点 $L_B + \delta_H$ γ_J
K	727	6.69	渗碳体的成分
N	1394	0	纯铁 γ δ 转变温度
P	727	0.0218	碳在 α -Fe 中的最大溶解度
S	727	0.77	共析点 γ_S $\alpha_P + Fe_3C$
Q	室温	0.0008	室温下碳在 α -Fe 中的溶解度



相图分析

2. 特征线

□ 液相线—ABCD

□ 固相线—AHJECFD

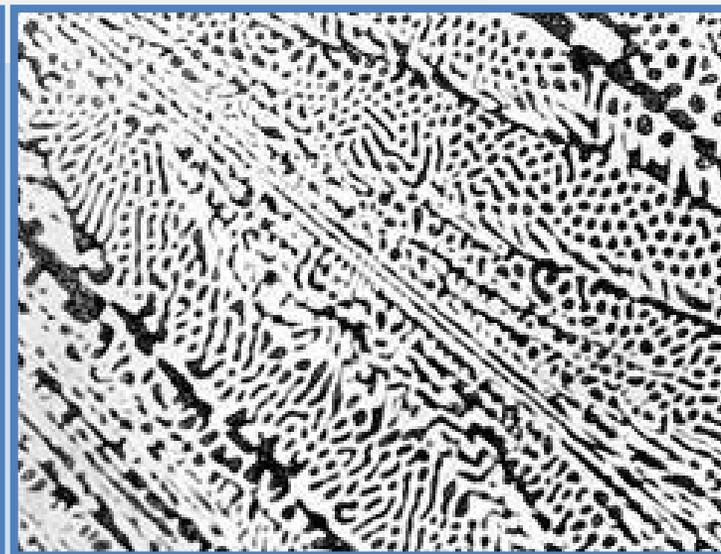
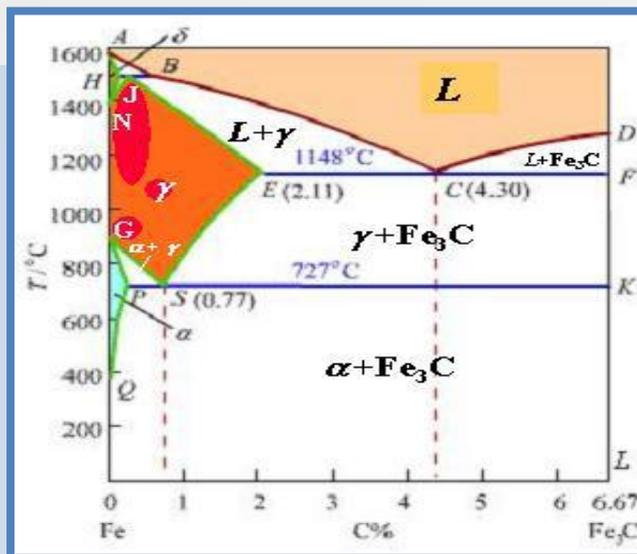
□ 三条水平线：

■ HJB：包晶线 $L_B + \delta_H \rightleftharpoons \gamma_J$

■ ECF：共晶线 $L_C \rightleftharpoons \gamma_E + Fe_3C$

■ 共晶产物是 γ 与 Fe_3C 的机械混合物，称作莱氏体，用 Le 表示。为蜂窝状，以 Fe_3C 为基，性能硬而脆。

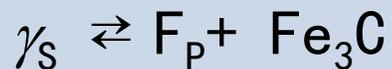
莱氏体



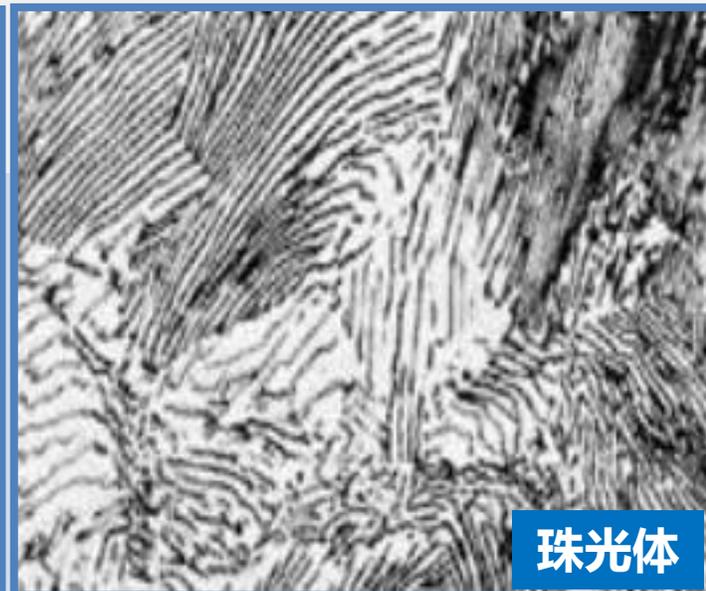
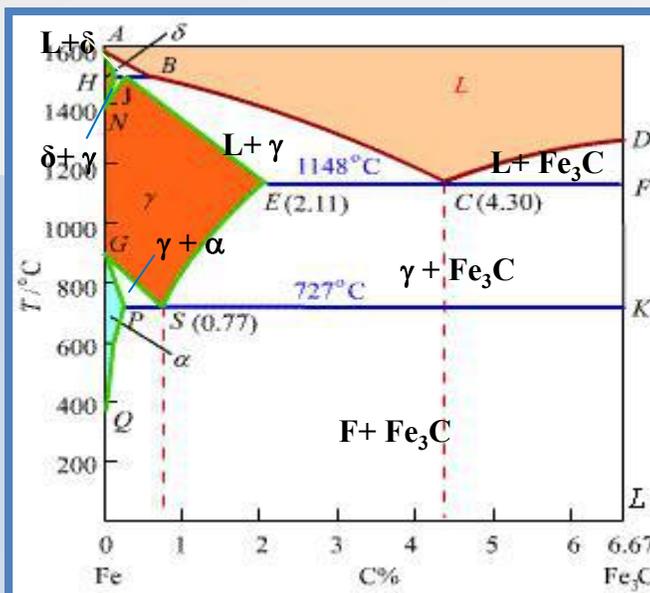
相图分析

2. 特征线

□ PSK: 共析线



□ 共析转变的产物是 α 与 Fe_3C 的机械混合物, 称作珠光体, 用P表示。



珠光体

□ 珠光体的组织特点是两相呈片层相间分布, 性能介于两相之间。 PSK线又称A₁线。

相图分析

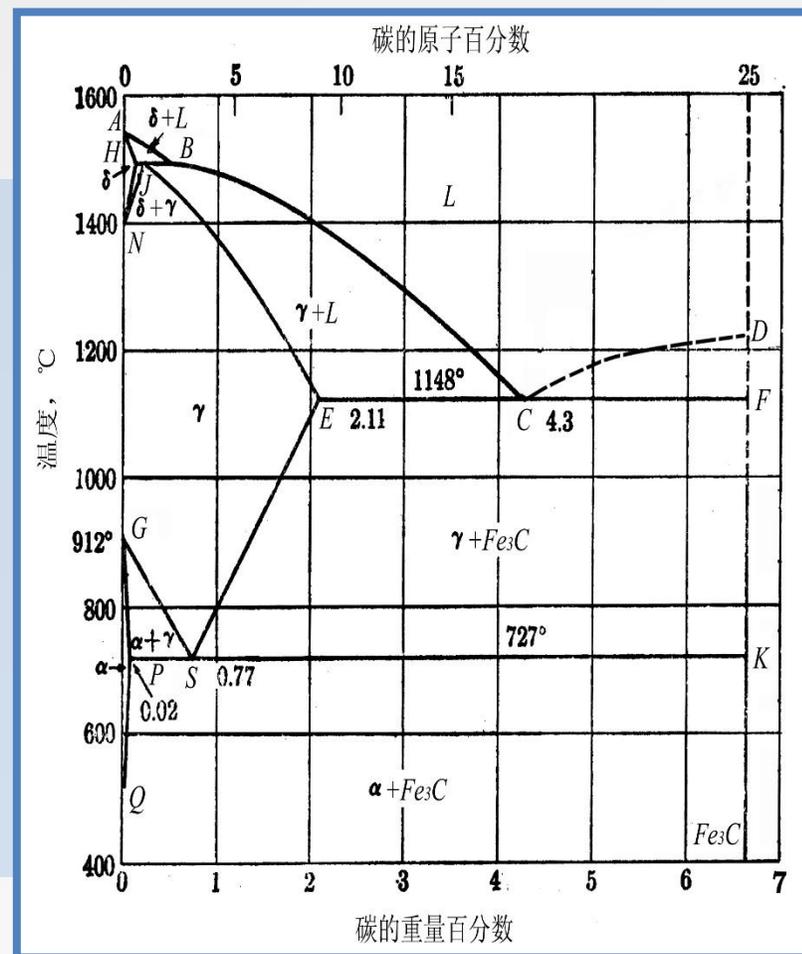
2. 特征线

GS, GP— $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ 固溶体转变线, GS 又称 A_3 线。

HN, JN— $\delta \rightleftharpoons \gamma$ 固溶体转变线。

ES—碳在 γ -Fe 中的固溶线。又称 A_{cm} 线。

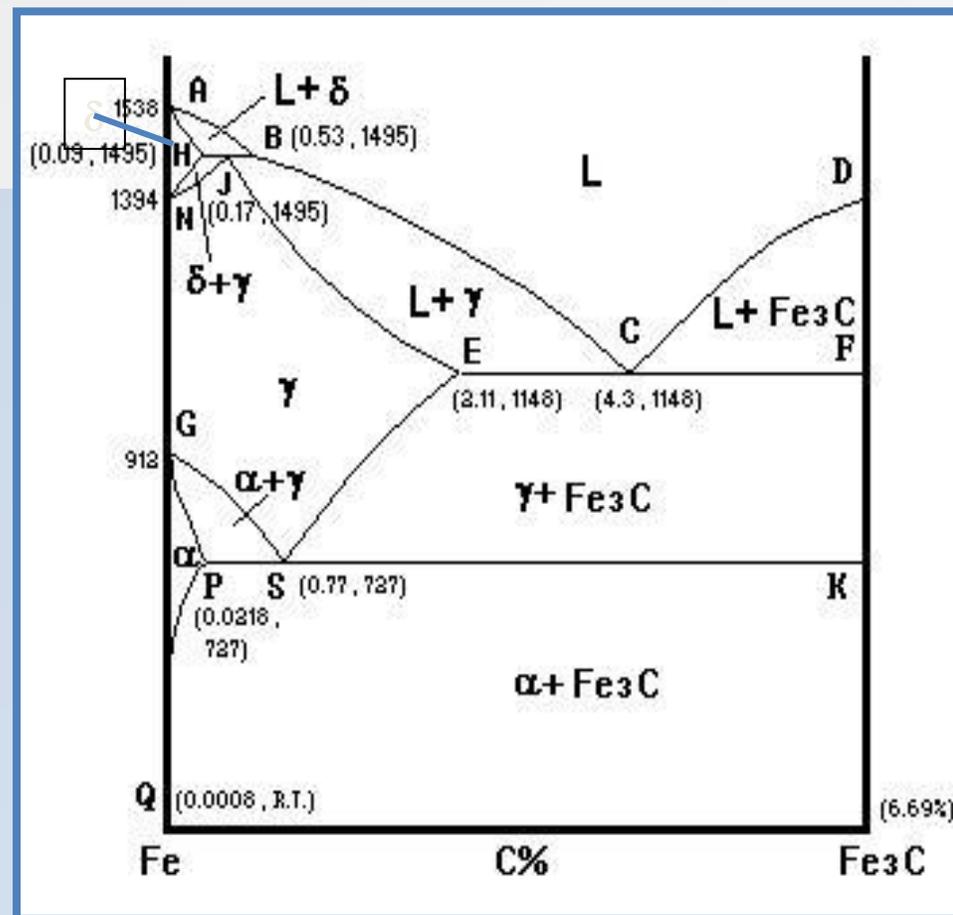
PQ—碳在 α -Fe 中的固溶线。



相图分析

3. 相区

- 五个单相区: L 、 δ 、 γ 、 α 、 Fe_3C 。
- 七个两相区: $L+\delta$ 、 $L+\gamma$ 、 $L+Fe_3C$ 、 $\delta+\gamma$ 、 $\gamma+Fe_3C$ 、 $\gamma+\alpha$ 、 $\alpha+Fe_3C$
- 三个三相区: 即 HJB ($L+\delta+\gamma$)、 ECF ($L+\gamma+Fe_3C$)、 PSK ($\gamma+\alpha+Fe_3C$) 三条水平线。



☑ 典型铁碳合金的结晶过程

铁碳相图上的合金，按成分可分为三类：

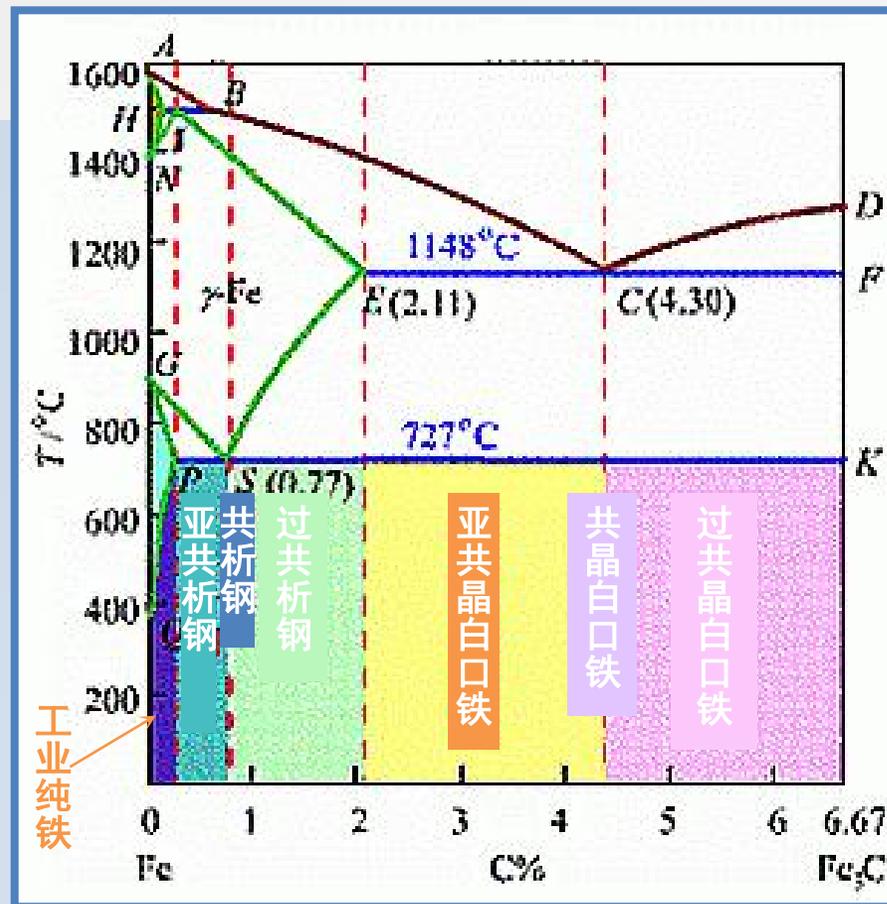
(1) 工业纯铁 ($<0.0218\% \text{ C}$) —— 组织为单相铁素体。

(2) 钢 ($0.0218 \sim 2.11\% \text{ C}$) —— 高温组织为单相 γ 。

亚共析钢 ($0.0218 \sim 0.77\% \text{ C}$)

共析钢 ($0.77\% \text{ C}$)

过共析钢 ($0.77 \sim 2.11\% \text{ C}$)



☑ 典型铁碳合金的结晶过程

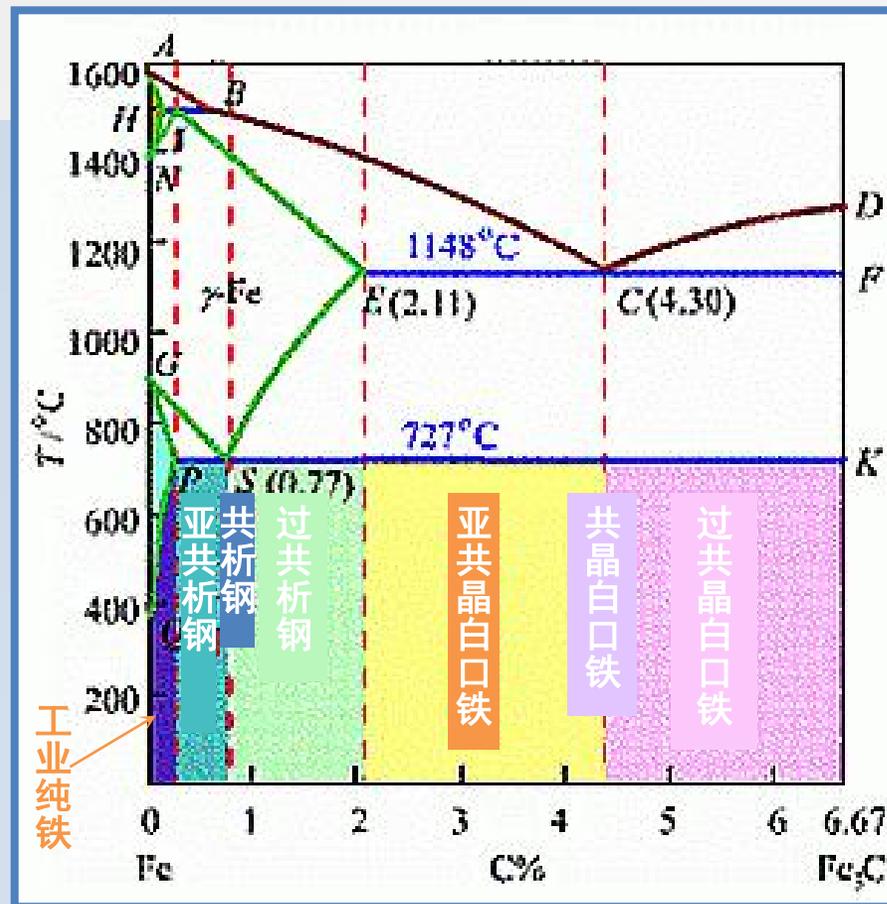
铁碳相图上的合金，按成分可分为三类：

(3) 白口铸铁 (2.11~6.69%C) —— 铸造性能好，硬而脆。

亚共晶白口铸铁 (2.11~4.3%C)

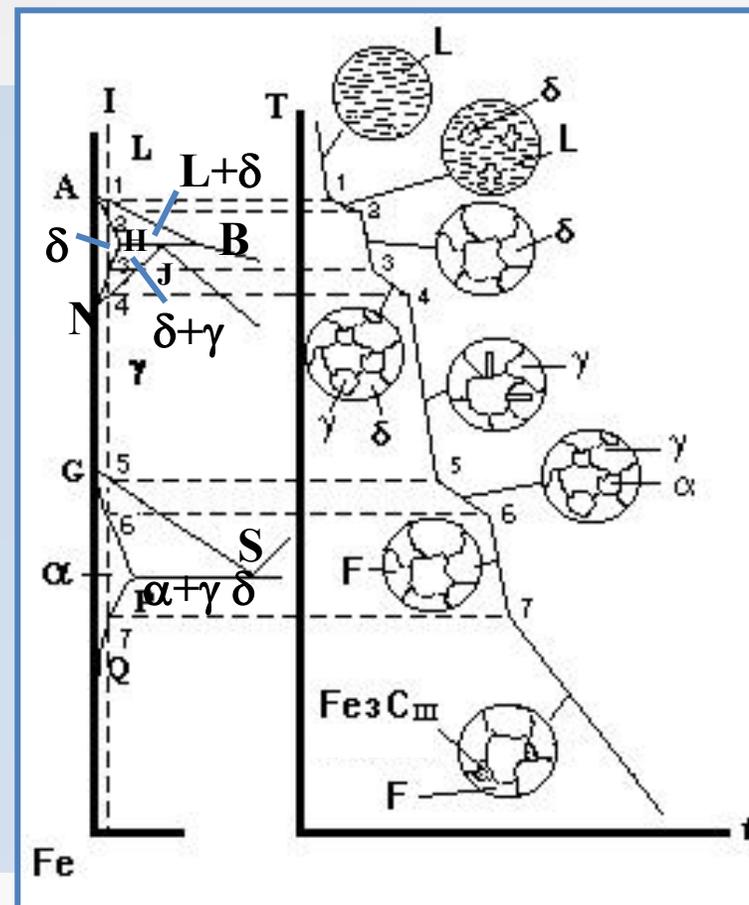
共晶白口铸铁 (4.3%C)

过共晶白口铸铁 (4.3~6.69%C)

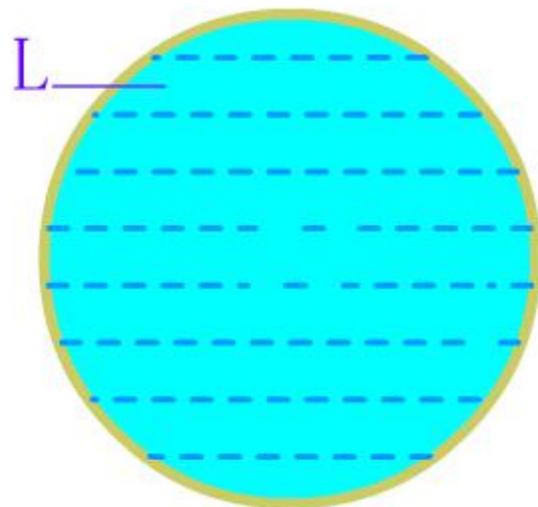
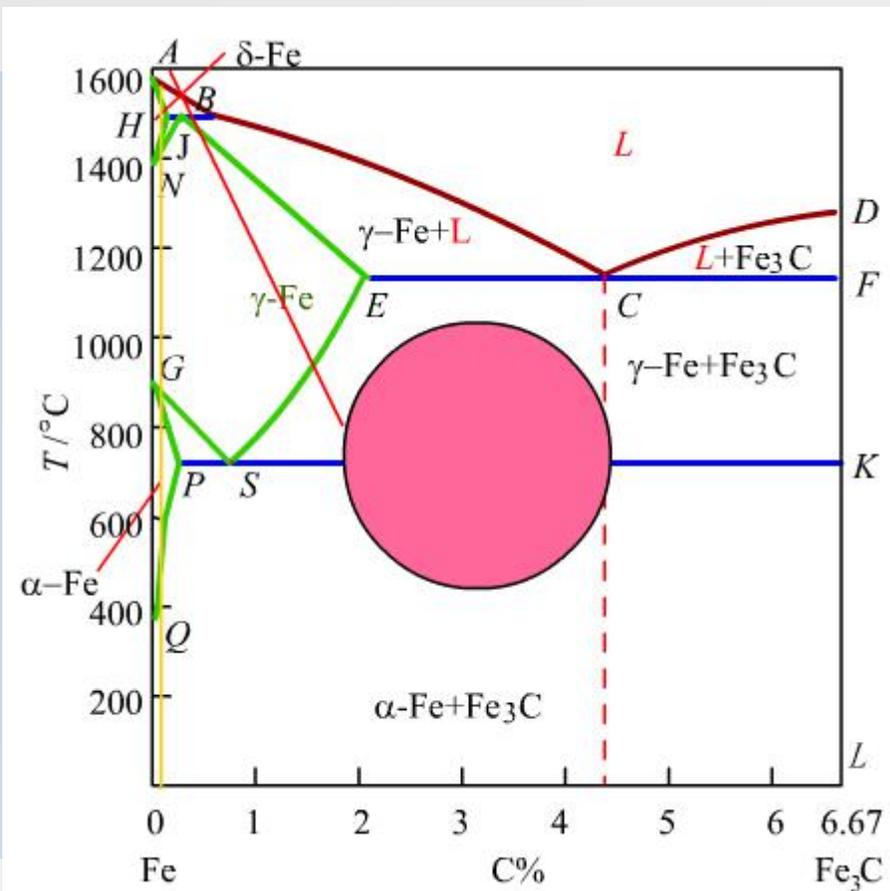


工业纯铁的结晶过程

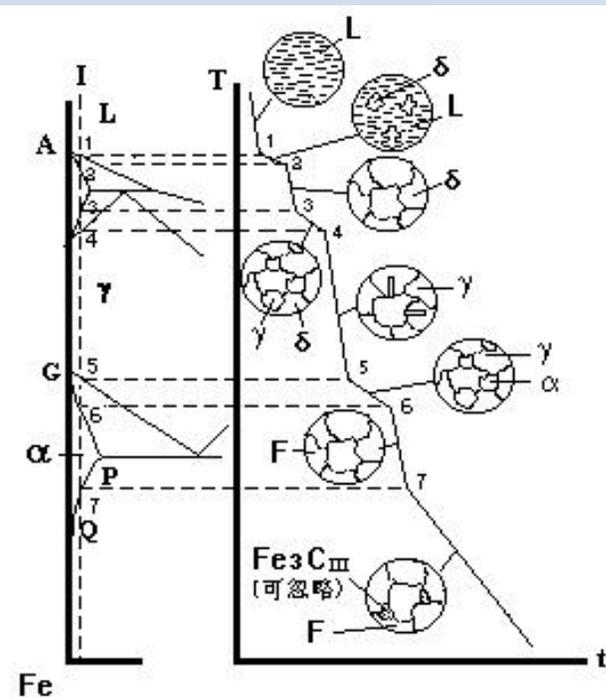
合金液体在1-2点间转变为 δ ，3-4点间 $\delta \rightarrow \gamma$ ，5-6点间 $\gamma \rightarrow \alpha$ 。到7点，从 α 中析出 Fe_3C 。



工业纯铁的结晶过程

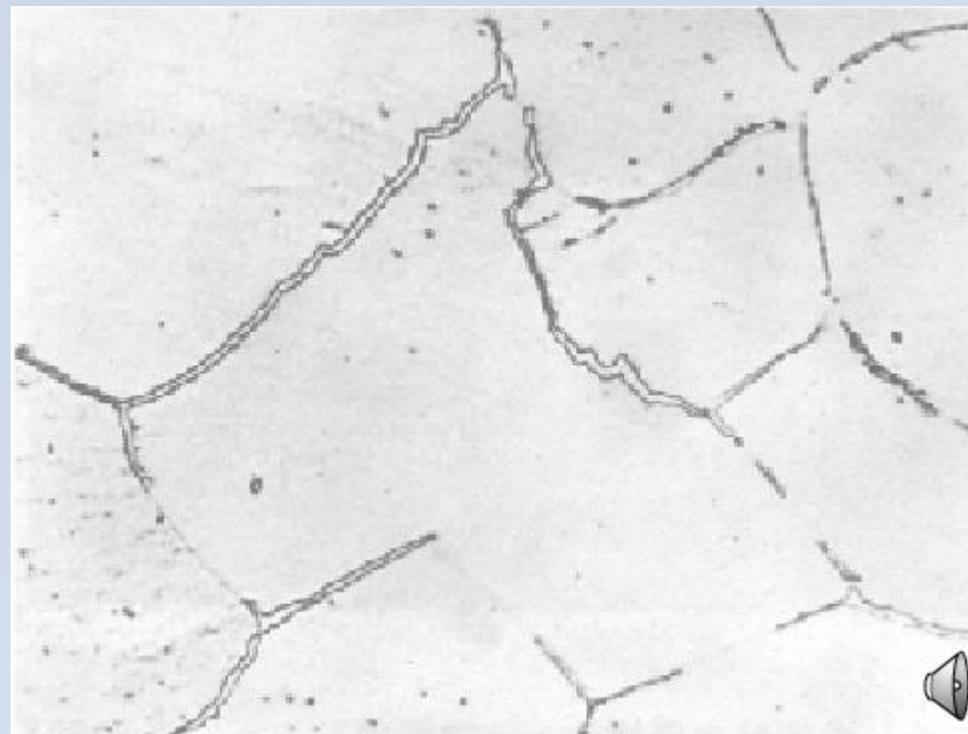


1以上: 液体L
1—2: $L \rightarrow \delta + L$



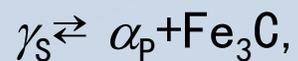
工业纯铁的结晶过程

- 从 α 铁素体中析出的渗碳体称三次渗碳体，用 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ 表示。 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ 以不连续网状或片状分布于晶界。
- 随温度下降， $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ 量不断增加。
- 合金的室温下组织为 $\text{F} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ 。

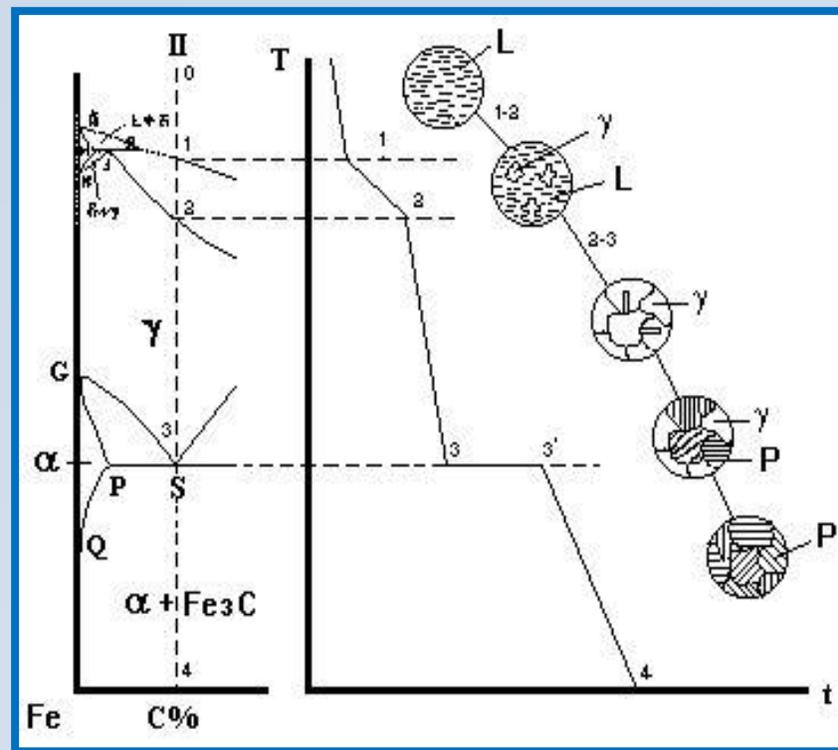


☑ 共析钢的结晶过程

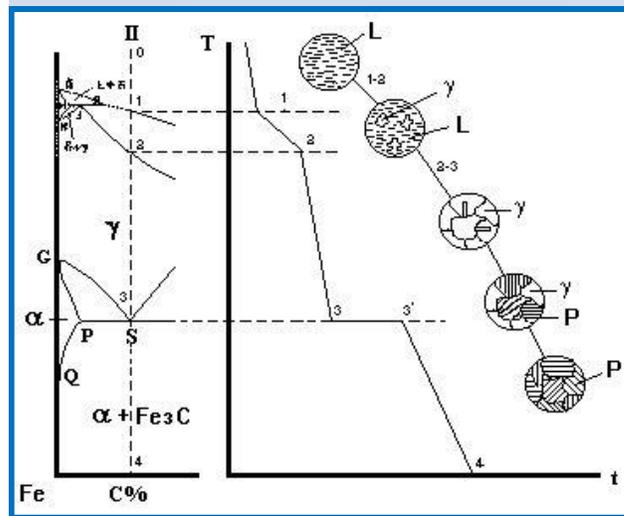
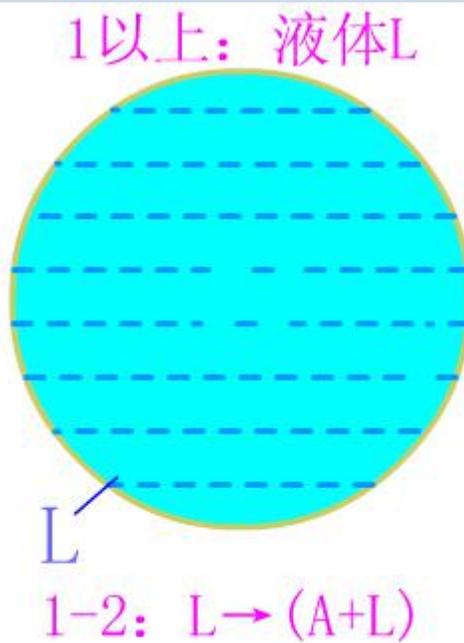
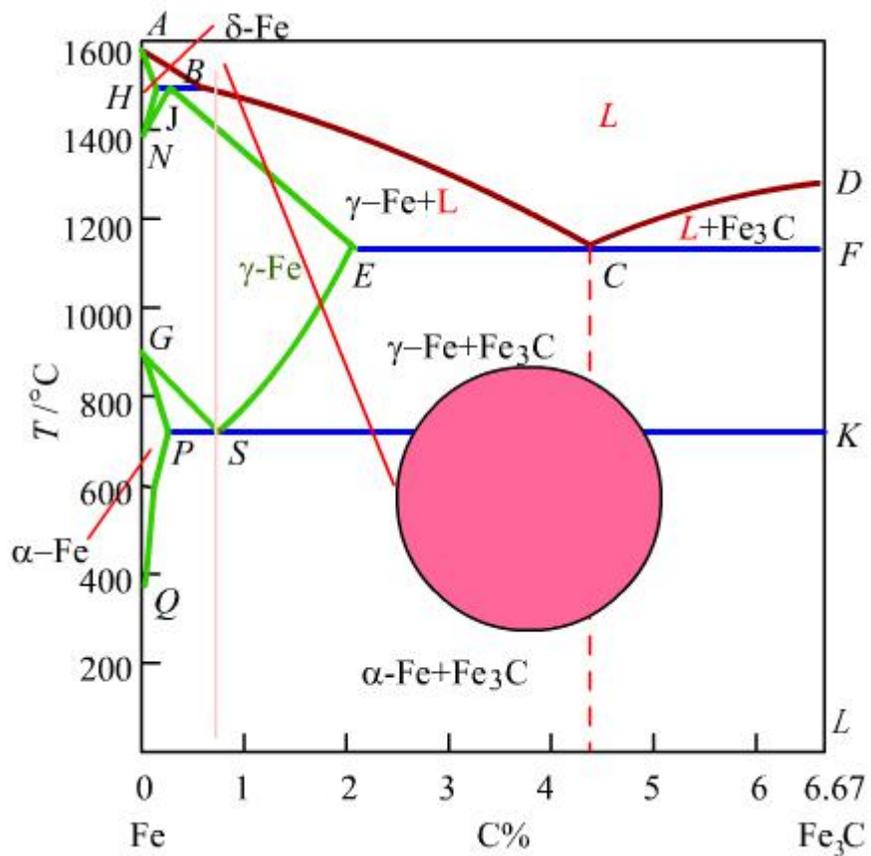
□ 合金液体在1-2点间转变为 γ 。到S点发生共析转变：



γ 全部转变为珠光体P。



☑ 共析钢的结晶过程

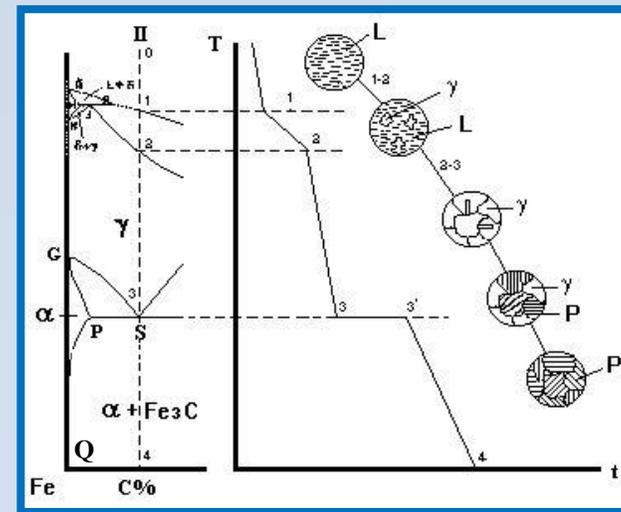
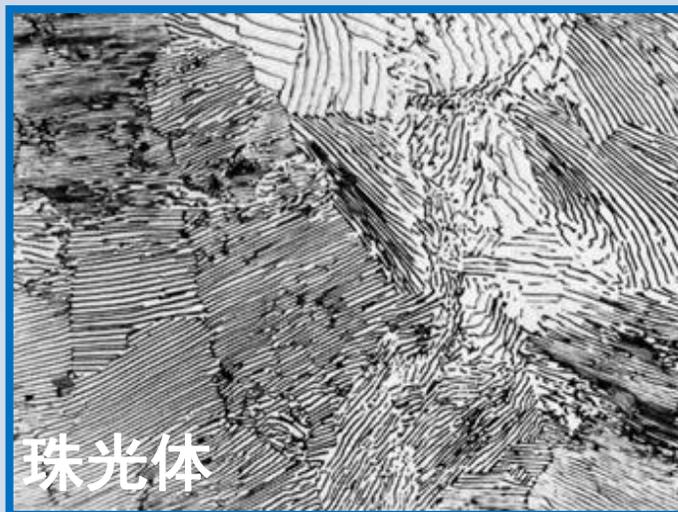


☑ 共析钢的结晶过程

□ 共析钢结晶的室温组织：珠光体在光镜下呈指纹状。

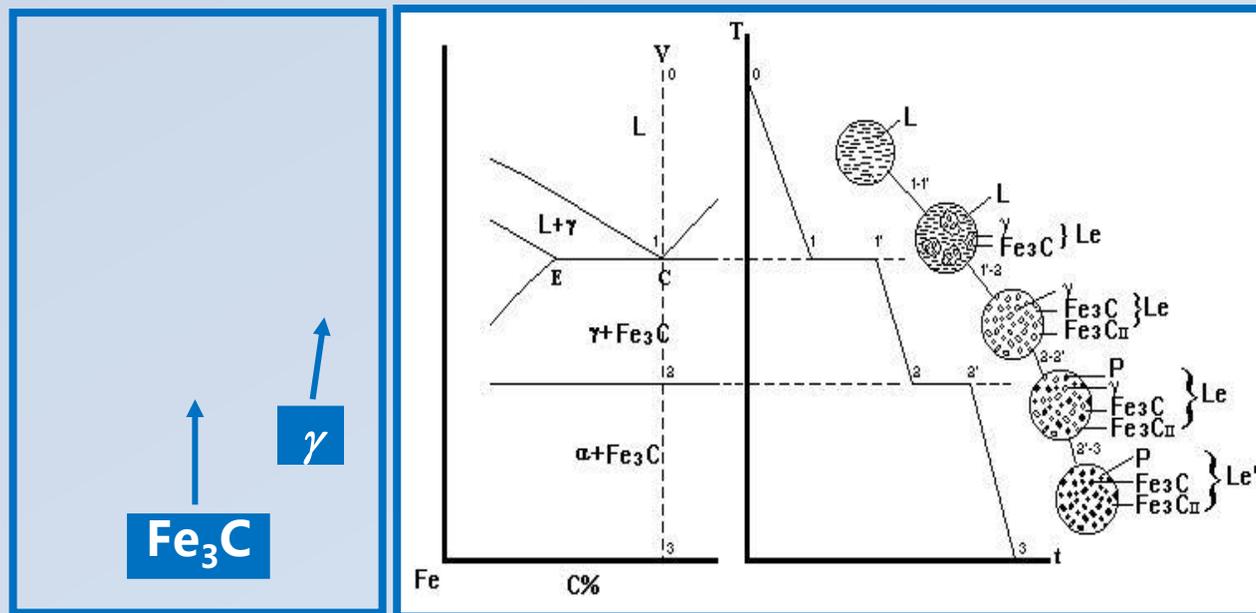
□ 珠光体中的渗碳体称共析渗碳体。

□ S点以下，从 α 中析出 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ ，与共析 Fe_3C 不易分辨。室温组织为P。

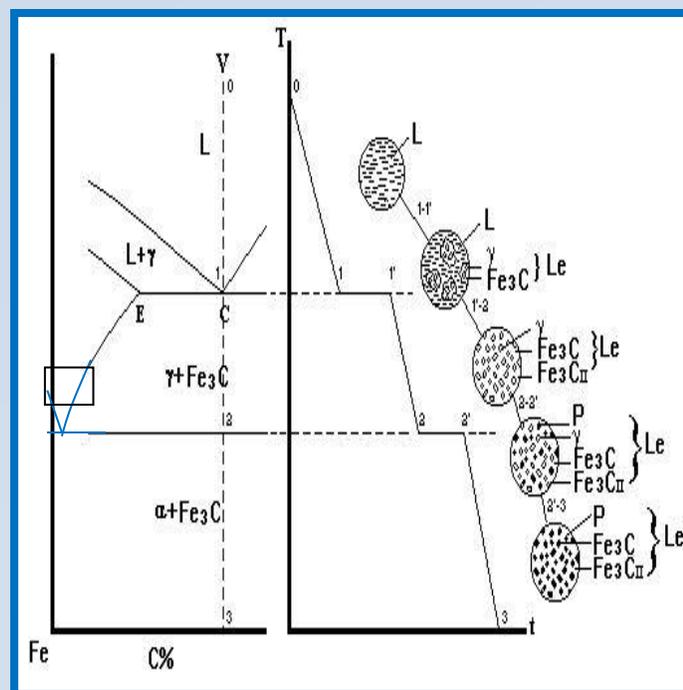
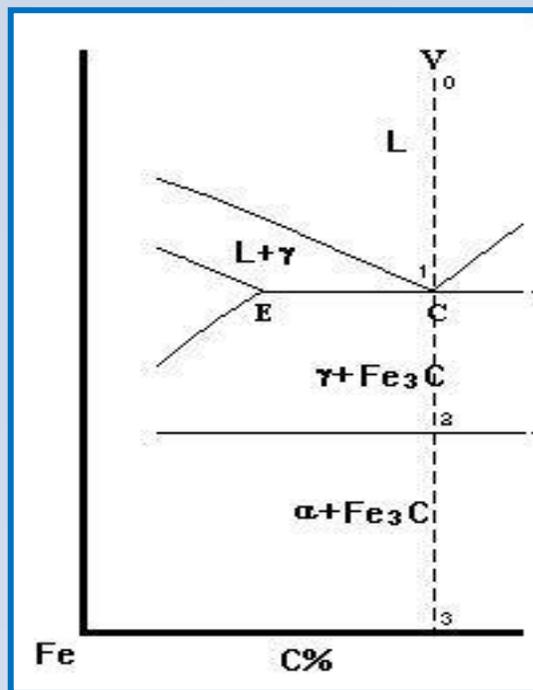
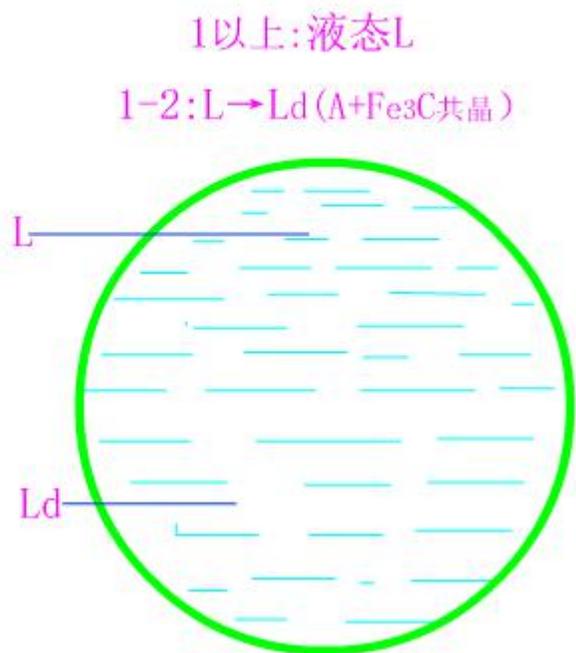


☑ 共晶白口铁的结晶过程

□合金冷却到C点发生共晶反应全部转变为莱氏体 (Le), 莱氏体是共晶 γ 与共晶 Fe_3C 的机械混合物, 呈蜂窝状。

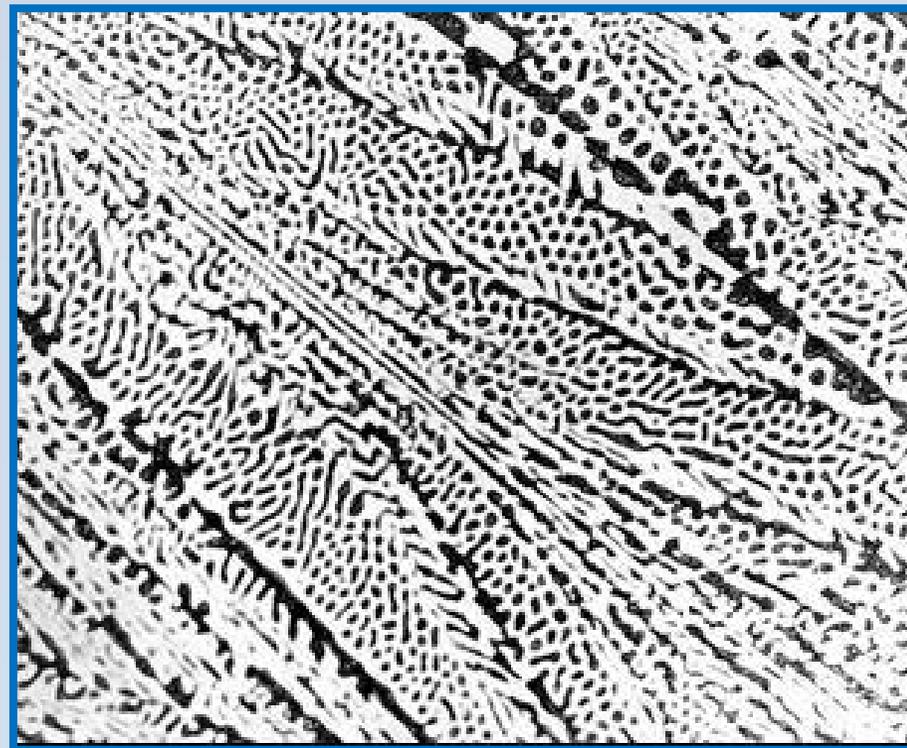


☑ 共晶白口铁的结晶过程



☑ 共晶白口铁的结晶过程

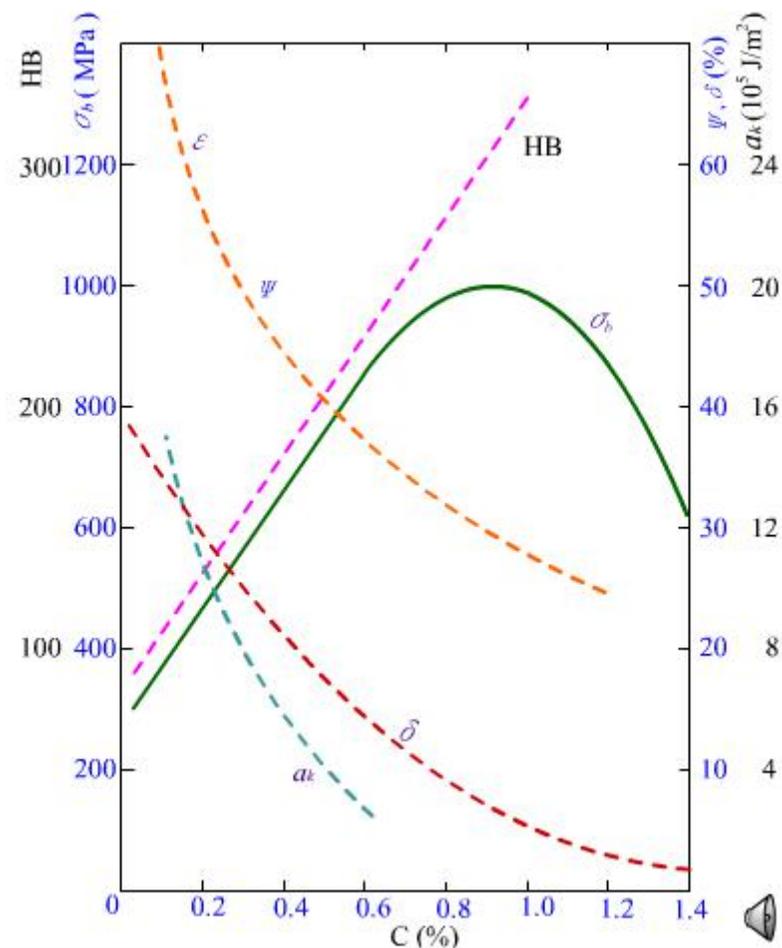
□ 共晶白口铸铁室温组织为 Le' ($P + Fe_3C$)，它保留了共晶转变产物的形态特征。



铁碳合金相图的应用

含碳量对力学性能的影响

- 亚共析钢随含碳量增加，P 量增加，钢的强度、硬度升高，塑性、韧性下降。
- 0.77%C时，组织为100% P， 钢的性能即P的性能。
- $>0.9\%C$ ， Fe_3C_{II} 为晶界连续网状，强度下降， 但硬度仍上升。
- $>2.11\%C$ ，组织中有以 Fe_3C 为基的 Le' ，合金太脆。



铁碳合金相图的应用

含碳量对工艺性能的影响

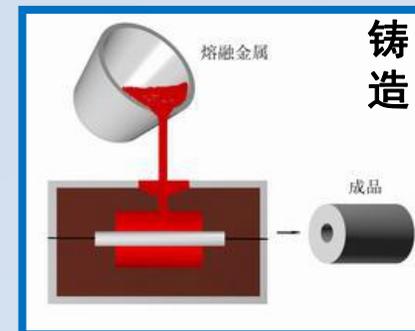
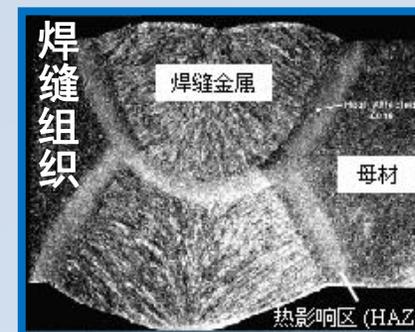
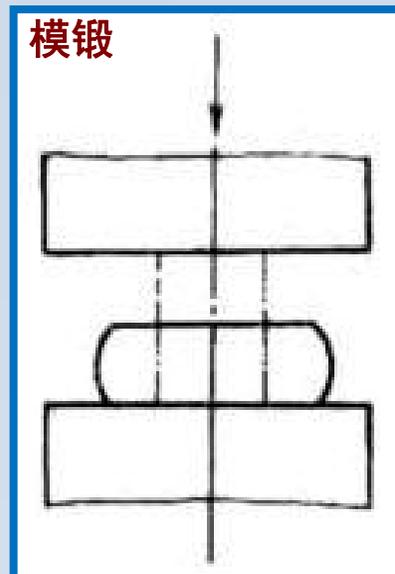
切削性能：中碳钢合适。

可锻性能：低碳钢好。

焊接性能：低碳钢好。

铸造性能：共晶合金好。

热处理性能：第六章介绍。





山东交通学院

谢谢观看

Thanks for watching!

轮机
工程材料