

# 铁碳合金相图的分析

刘晓婷

(西安航专机械系, 西安 710077)

**摘 要:**本文对 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图进行了全面分析,特别是用简而易懂的方法对典型成分的铁碳合金结晶过程进行了详细的分析,为更深刻的研究和应用钢铁材料,掌握铁碳合金的成分—组织—性能之间的关系打下坚实的基础。

**关键词:**相图;组织;结晶过程

钢和铸铁是工业上应用最多,用途最广的金属材料,它们都是铁碳合金,而铁碳合金相图则是钢和铸铁的重要理论基础,用 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图对典型成分的铁碳合金结晶过程进行分析,可进一步掌握铁碳合金成分—组织—性能之间的关系,进行合理的选材以及制定热处理、冷热加工工艺。

## 一、铁碳相图简介

目前应用的铁碳合金相图的含碳量不是 0~100% 的完整图形,因为含碳量大于 6.69% 的铁碳合金工业上无实用价值。而是只研究 0~6.69% C 的一部分,即以 Fe 作为一组元,含碳量 6.69% 的 Fe<sub>3</sub>C 作为另一组元的 Fe—Fe<sub>3</sub>C 二元合金相图。Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图是经过长期多次实验得到的,图形已基本确定,图上所有特性点的符号已全部得到学术界公认和肯定。结合实际生产,目前应掌握的 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图是简化后的 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图。

## 二、Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图分析

### 主要特性点

特性点	温度 ℃	含碳量 %	含 义
A	1538 (1535)	0	纯 Fe 的熔点
D	1227 (1600)	6.69	Fe <sub>3</sub> C 的熔点
C	1148 (1147)	4.3	共晶点、共晶反应
E	1148 (1147)	2.11(2.06)	碳在 A 中最大溶解度,钢铁分界点
G	912 (910)	0	纯 Fe 同素异晶转变点
P	727 (723)	0.0218(0.02)	碳在 α-Fe 中最大溶解度
S	727 (723)	0.77 (0.8)	共析点,共析反应

(注:括号内注明数据以资参考)

主要特性线

特性线	含 义
ACD 线	液相线
AE 线	钢的固相线
GS 线( $A_3$ 线)	同素异晶转变开始线
ES 线( $A_{cm}$ 线)	碳在 A 中溶解度曲线
ECF 线	共晶线,共晶反应 $L_{4.3} \xrightarrow{1148^{\circ}\text{C}} (A_{2.11} + \text{Fe}_3\text{C})\text{Ld}$
PSK 线( $A_1$ 线)	共析线 共析反应 $A_{0.77} \xrightarrow{727^{\circ}\text{C}} (\text{F}_{0.0218} + \text{Fe}_3\text{C})\text{P}$

主要相区

存在的相	范围	相区
L	ACD 线以上	单相区
A	AESGA	单相区
A+L	AEC	二相区
$\text{F}_3\text{C}+\text{L}$	DEC	二相区
A+F	GSP	二相区
$\text{A}+\text{Fe}_3\text{C}$	ESKF	二相区
$\text{F}+\text{Fe}_3\text{C}$	PSK 线以下	二相区

三、典型合金的平衡结晶过程分析

铁碳合金按碳的质量分数的不同可分为三大类

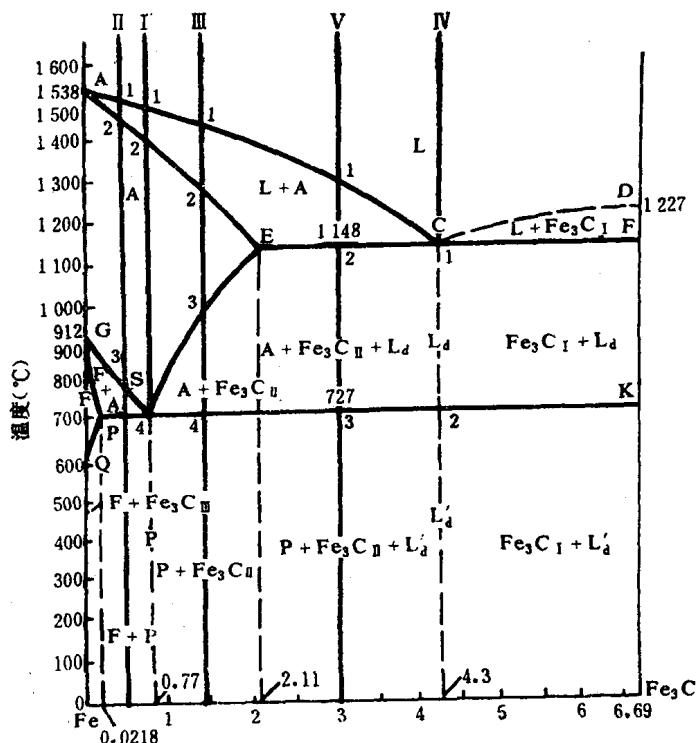
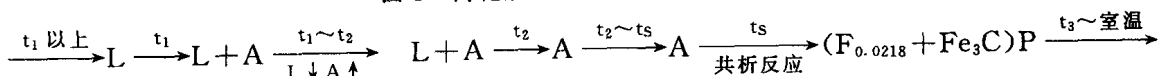
铁碳合金	工业纯铁 $\text{C}<0.0218\%$	
	钢	亚共析钢 $0.0218\% \leq \text{C} < 0.77\%$
		共析钢 $\text{C}=0.77\%$
		过共析钢 $0.77\% < \text{C} \leq 2.11\%$
	白口铁	亚共晶铁 $2.11\% < \text{C} < 4.3\%$
		共晶铁 $\text{C}=4.3\%$
		过共晶铁 $4.3\% < \text{C} < 6.69\%$

经过多年的 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图教学实践,证明用简便的结晶组织变化表达方法去分析不同成分的铁碳合金结晶过程是非常行之有效的。简化后的 Fe—Fe<sub>3</sub>C 相图如图 1 所示。对五种不同成分的典型铁碳合金进行结晶组织变化分析。

(一)共析钢(0.77%C)

合金成分线如图 1 中 I 所示,与相图相交三个点,温度分别用  $t_1, t_2, t_3$  表示。结晶组织变化过程为:

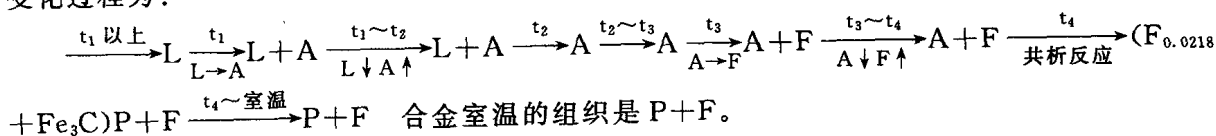
万方数据

图1 简化后的 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图

P 合金室温的组织是 P。

(二) 亚共析钢 (以 0.45% C 合金为例)

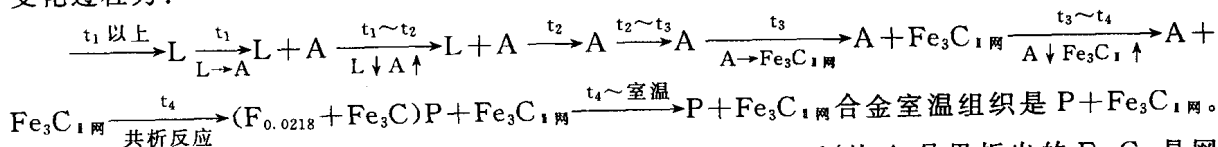
合金成分线如图 1 中 II 所示, 与相图相交四个点, 温度分别用  $t_1, t_2, t_3, t_4$  表示。结晶组织变化过程为:



合金室温的组织是 P + F。

(三) 过共析钢 (以 1.2% C 合金为例)

合金成分线如图 1 中 III 所示, 与相图相交四个点, 温度分别用  $t_1, t_2, t_3, t_4$  表示。结晶组织变化过程为:



合金室温组织是 P + Fe<sub>3</sub>C<sub>I 网</sub>。如果  $C < 0.9\%$  从 A 晶界析出的 Fe<sub>3</sub>C<sub>I</sub> 是断续的网状,  $C > 0.9\%$  从 A 晶界析出的 Fe<sub>3</sub>C<sub>I</sub> 是网状。

(四) 共晶白口铁 (4.3% C)

合金成分线与相图相交二个点, 如图 1 中 IV 所示, 温度分别用  $t_c, t_2$  表示。结晶组织变化过程为:

$\xrightarrow{t_c \text{ 以上}} L \xrightarrow[t_c]{\text{共晶反应}} (A_{2.11} + Fe_3C)Ld \xrightarrow[t_c \sim t_2]{} (A + Fe_3C)Ld \xrightarrow{t_2} (P + Fe_3C)L'd \xrightarrow[t_2 \sim \text{室温}]{} L'd$   
合金室温组织是  $L'd$ 。

(五)亚共晶白口铁 (以 3%C 为例)

合金成分线如图 1 中 V 所示,与相图相交三个点,温度分别用  $t_1, t_2, t_3$  表示。结晶组织变化过程为:

$\xrightarrow{t_1 \text{ 以上}} L \xrightarrow[t_1]{L \rightarrow A} L + A \xrightarrow[t_1 \sim t_2]{L \downarrow A \uparrow} L + A \xrightarrow[t_2]{\text{共晶反应}} (A_{2.11} + Fe_3C)Ld + A_{2.11} \xrightarrow[t_2 \sim t_3]{} (A + Fe_3C)Ld + A + Fe_3C_I \xrightarrow[t_3]{\text{共析反应}} (P + Fe_3C)L'd + P + Fe_3C_I \xrightarrow[t_3 \sim \text{室温}]{} L'd + P + Fe_3C_I$  合金室温组织是  $L'd + P + Fe_3C_I$ 。

从结晶过程分析可知,铁碳合金的平衡组织,随温度及含碳量的变化而变化,为了得到一个全面的、系统的、形象的概念,用图 2 及对应的表格,作为对  $Fe-Fe_3C$  相图的总结。

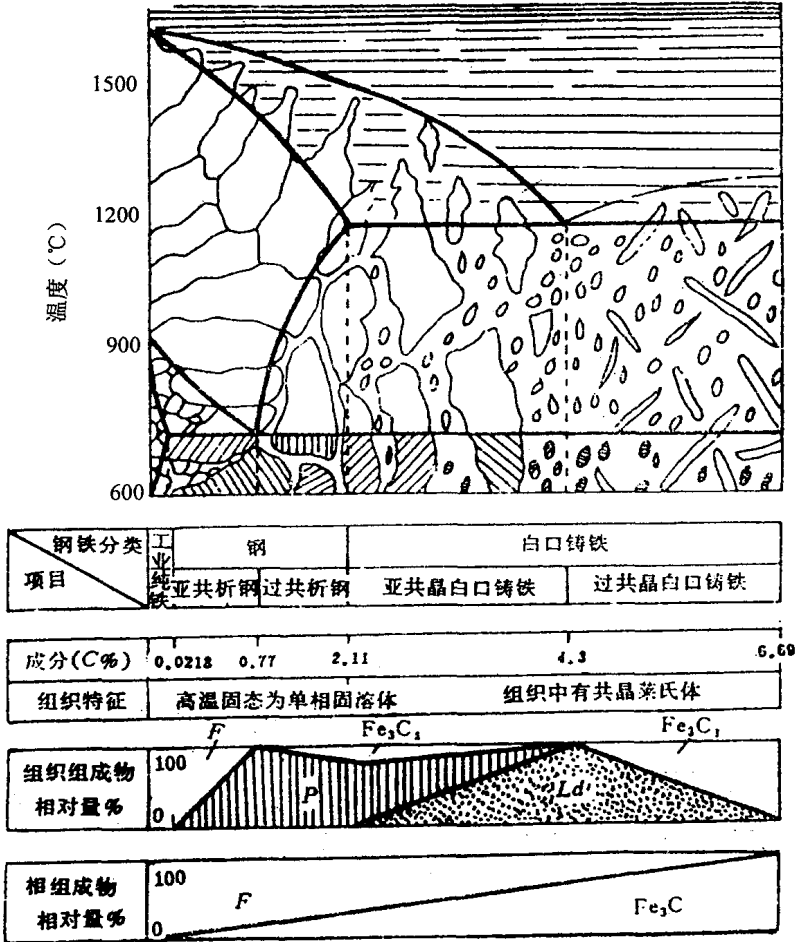


图 2  $Fe-Fe_3C$  相图中组成物分布示意图

四、 $Fe-Fe_3C$  相图的用途及局限性

(一)铁碳合金相图的用途

(下转第 64 页)

可判断出(X+1)号触发电路不能发出主脉冲,只能发辅助脉冲。(由于每个晶闸管的触发脉冲是先加主脉冲,隔  $60^\circ$  再加辅助脉冲)。因此,根据脉冲波形就能判断出存在问题的触发电路。

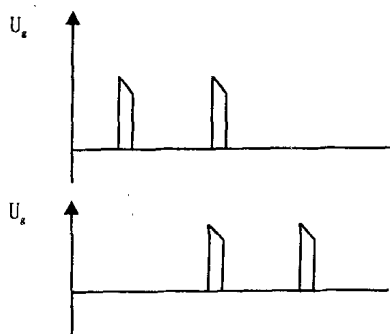


图 5-1

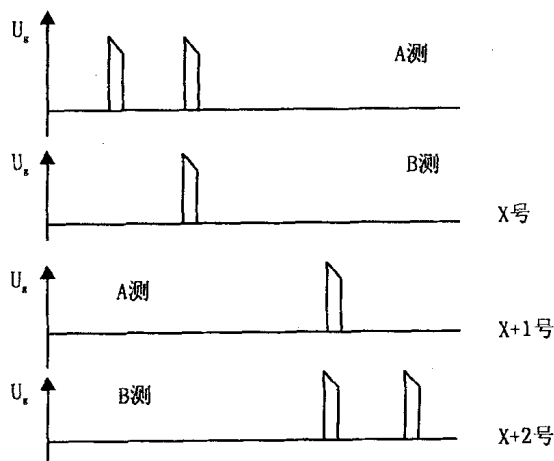


图 5-2

综上所述,利用  $u_d$ 、 $u_T$  判断整流装置所在,前提条件是要搞清楚整流装置的原理及正常情况下的波形,才能对不同的  $u_d$ 、 $u_T$  故障波形作出准确的判断。

(上接第 53 页)

(1)不同成分的铁碳合金,在不同温度下的状态——是铸造、锻造、焊接和热处理等加工方法正确地制订加工工艺的理论基础。

(2)不同成分的铁碳合金在常温下的组织——决定了合金的性能,用途和加方法。并可依据显微组织判定材料的成分,合理的选材。

(二)铁碳合金相图的局限性。

(1)相图只反映了铁与碳两种元素的成分与组织的关系,而工业上应用的钢和铸铁,在冶炼过程中不可避免存在着多种杂质,这些杂质均在不同程度上影响着合金的组织与性能。

(2)相图是平衡条件下绘制的,在生产实践中对钢和铸铁的加热、冷却都具有一定的速度,因此结晶温度及产物均有变化。

## 参 考 文 献

- [1] 陆漱逸,王于林编. 航空金属材料学. 国防工业出版社,1981.
- [2] 陆漱逸,王于林编. 工程材料学. 航空工业出版社,1987.
- [3] 胡赓祥,钱苗根主编. 金属学. 上海科学技术出版社,1983.
- [4] 黄孟域主编. 金属工艺学.

# 铁碳合金相图的分析

作者: [刘晓婷](#)  
作者单位: [西安航专机械系, 西安, 710077](#)  
刊名: [西安航空技术高等专科学校学报](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF XI' AN AEROTECHNICAL COLLEGE](#)  
年, 卷(期): 2001, 19(1)

## 参考文献(4条)

1. [黄孟域](#) [金属工艺学](#)
2. [胡庚祥; 钱苗根](#) [金属学](#) 1983
3. [陆漱逸; 王于林](#) [工程材料学](#) 1987
4. [陆漱逸; 王于林](#) [航空金属材料学](#) 1981

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xahkjsgdzkxxxb200101015.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xahkjsgdzkxxxb200101015.aspx)