模具热处理

工艺选择及缺陷防止

2.4

山东科学技术出版社

TG162.4
5

模具热处理

工艺选择及缺陷防止

山东省机械工业厅科学技术情报站编

山东科学技术出版社
一九八三年·济南

B 103691

责任编辑　　原式溶

模具热处理
工艺选择及缺陷防止
山东省机械工业厅科学技术情报站编

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本　13.25印张　206千字
1983年12月第1版　　1983年12月第1次印
印数：　1—6,500
书号　15195·135　定价1.20元

前　言

模具是机械、电子、轻工、国防等工业部门的重要工艺装备，其技术水平的高低，直接影响生产效率、产品质量、成本、产品的改型换代及产品在市场上的竞争能力。正确掌握模具热处理工艺，充分发挥材料潜力，延长模具的使用寿命，是生产中急需解决的关键。为了提高模具热处理的技术水平，我们在多次举办模具热处理学习班的基础上，结合生产实践的需要，编写了《模具热处理——工艺选择及缺陷防止》一书。

本书讲述了模具热处理基础知识，常用模具材料及其锻造，冷塑性加工模具、热塑性加工模具、成型模具和压铸模具的热处理工艺选用，介绍了模具经常出现的缺陷及应采取的预防措施，附录中还列举了大量的模具热处理实例。

本书可供从事模具热处理的技术员、工人参考，也可作为大、中专学校有关专业师生的参考读物。

本书由山东工学院彭其凤、山东省机械设计研究院张文仁编写，山东工学院孟繁杰教授审阅并修改。书中收集了国内兄弟单位的大量生产实例、图表和数据，在此表示感谢。

编　者

一九八二年九月

目　录

第一章　热处理基础知识 …… 1
第一节　铁碳平衡图 …… 1
第二节　奥氏体等温转变图（S 曲线） …… 8
第三节　奥氏体连续冷却转变 …… 13
第四节　钢中合金元素的影响 …… 15
第五节　热处理的加热与冷却 …… 24
第六节　淬火加热温度与加热时间 …… 28
第七节　淬火介质 …… 34
第八节　淬透性 …… 44
第九节　热处理操作 …… 44
第二章　模具材料及锻造 …… 62
第一节　常用模具材料 …… 62
第二节　模具的锻造 …… 110
第三章　冷塑性加工模具热处理 …… 116
第一节　冷塑性加工模具的工作条件与性能要求 …… 116
第二节　冷塑性加工模具材料的选用 …… 125
第三节　冷塑性加工模具的制造工艺路线 …… 129
第四节　冷塑性加工模具的热处理 …… 131
第五节　冷塑性加工模具热处理实例 …… 148
第四章　成型模具热处理 …… 182
第一节　成型模具的工作条件与性能要求 …… 183

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第二节　成型模具材料的选用 ……185
第三节　成型模具的制造工艺路线 ……187
第四节　成型模具的热处理 ……190
第五节　成型模具热处理实例 ……199
第五章　热塑性加工模具热处理 ……207
第一节　热塑性加工模具的工作条件与性能要求 ……207
第二节　热塑性加工模具材料的选用 ……212
第三节　热塑性加工模具的制造工艺路线 ……213
第四节　热塑性加工模具的热处理 ……214
第五节　热塑性加工模具热处理实例 ……222
第六章　压铸模具热处理 ……231
第一节　压铸模具的工作条件与性能要求 ……231
第二节　压铸模具材料的选用 ……234
第三节　压铸模具的制造工艺路线 ……234
第四节　压铸模具的热处理 ……235
第五节　压铸模具热处理实例 ……240
第七章　模具热处理的变形和开裂 ……243
第一节　模具热处理变形 ……243
第二节　模具热处理裂纹 ……286
第八章　模具热处理的缺陷及防止 ……302
第一节　模具热处理的缺陷及防止方法 ……302
第二节　冷塑性加工模具热处理缺陷及使用事故实例 ……307
第三节　热塑性加工模具热处理缺陷及使用事故实例 ……310
第四节　压铸模具热处理缺陷及使用事故实例 ……313
第九章　提高模具寿命的热处理工艺 ……315
第一节　强韧化处理 ……315

第二节　表面强化处理 ……326
附录一　黑色金属硬度换算表……364
附录二　模具钢的火花鉴别……367
附录三　模具热处理工艺规程……373
附录四　模具热处理实例……387
附录五　国内外常用模具材料牌号对照表……411

第一章　热处理基础知识

热处理是模具制造中的关键工艺之一，它对模具质量与寿命起决定性的作用。

第一节　铁碳平衡图

钢铁材料是应用最广泛的模具材料，用铁碳平衡图可表示钢铁材料中铁碳合金的成分、组织与温度之间的关系，铁碳平衡图是研究钢铁材料的重要依据。

铁碳平衡图如图1—1所示。图中，横轴表示合金中碳含量(C%)，纵轴表示温度(°C)。图左边

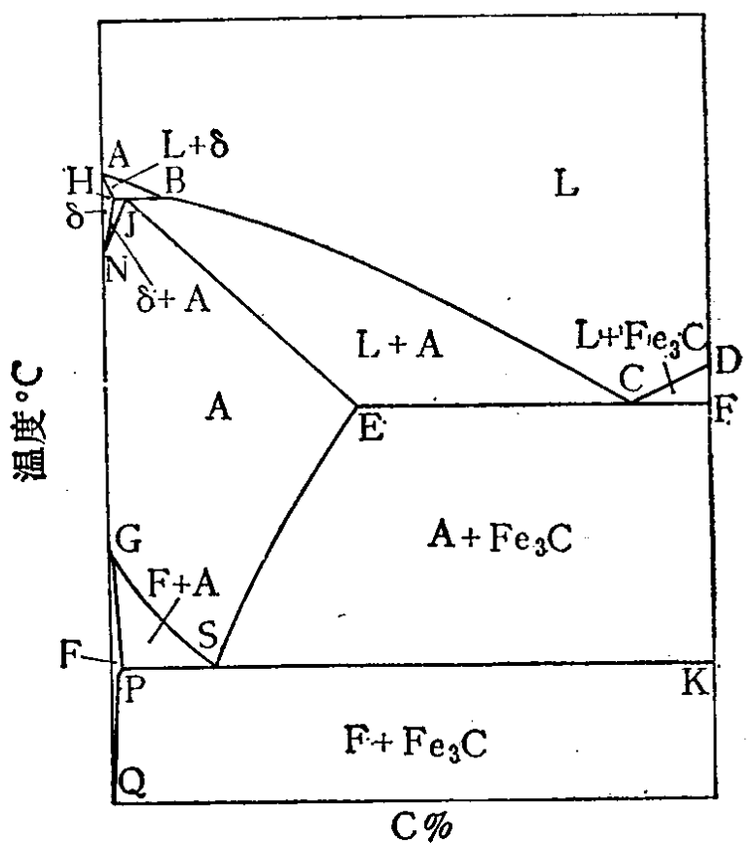

图1—1　铁碳平衡图

的组元为纯铁，右边的组元为碳，自左向右表示碳含量逐渐增多。当碳含量达6.69%时，即全部为渗碳体。常用的铁碳平衡图，实际上是铁—渗碳体平衡图。

一、铁碳平衡图分析

1.铁碳平衡图中的相

铁碳平衡图中的相，见表1—1。

表1—1　　铁碳平衡图中的相

符　号	名　称	含　　义	晶格类型	C(%)
α	铁素体	碳在α-Fe中的固溶体	体心立方晶格	0～0.0218
γ	奥氏体	碳在γ-Fe中的固溶体	面心立方晶格	0～2.11
δ	高温铁素体	碳在δ-Fe中的固溶体	体心立方晶格	0～0.09
Fe_3C	渗碳体	铁与碳的金属化合物	复杂类型晶格	6.69
L	液　体			0～6.69

2.铁碳平衡图中的特性点

铁碳平衡图中的特性点见表1—2。

表1—2　　铁碳平衡图中的特性点

符　号	名　　称	温度(°C)	C(%)	意　　义
A	纯铁的熔点	1538	0	$L \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} \delta$
B		1495	0.53	包晶反应时液态合金的成分

C	共晶点	1148	4.3	$L_C \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} A_E + Fe_3C$
D	渗碳体的熔点	1227	6.69	$L \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} Fe_3C$
E		1148	2.11	碳在γ-Fe中的最大溶解度
F		1148	6.69	Fe_3C
G	A_3点	912	0	$\gamma\text{-Fe} \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} \alpha\text{-Fe}$
H		1495	0.09	碳在δ-Fe中的最大溶解度
J	包晶点	1495	0.17	$L_B + \delta_H \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} A_J$
K		727	6.69	Fe_3C
N	A_4点	1394	0	$\delta\text{-Fe} \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} \gamma\text{-Fe}$
P		727	0.0218	碳在α-Fe中的最大溶解度
S	共析点或A_1点	727	0.77	$A_S \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} F_P + Fe_3C$
Q		20	0.0008	室温下碳在α-Fe中的最大溶解度

3.铁碳平衡图中的特性线

铁碳平衡图中各条特性线及其意义见表1—3。

表1—3　铁碳平衡图中各条特性线及其意义

符号	名称	温度范围(°C)	C(%)	特征	意义
ABCD	液相线		0～6.69	曲折线	冷却时液相析出固相的开始温度
AHJECFD	固相线		0～6.69	曲折线	冷却时液相析出固相的终了温度
AH		1538～1495	0～0.09	倾斜线	冷却时液相析出高温铁素体的终了温度
HJB	包晶线	1495	0.09～0.53	水平线	$L_B+\delta_H \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} A_J$
HN		1495～1394	0～0.09	倾斜线	高温铁素体析出奥氏体的开始温度
JN		1495～1394	0～0.17	倾斜线	高温铁素体析出奥氏体的终了温度

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

ECF	共晶线	1148	2.11～6.69	水平线	$L_C \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} A_E + Fe_3C$
ES	Acm线	1148～727	0.77～2.11	倾斜线	冷却时奥氏体析出渗碳体的温度
GS	A_3线	912～727	0～0.77	倾斜线	奥氏体析出铁素体的开始温度
GP		912～727	0～0.0218	倾斜线	奥氏体析出铁素体的终了温度
PSK	共析线 或A_1线	727	0.0218～6.69	水平线	$A_S \underset{\text{加热}}{\overset{\text{冷却}}{\rightleftharpoons}} F_P + Fe_3C$
PQ		727～20	0.0008～0.0218	倾斜线	冷却时铁素体析出渗碳体的温度

4.铁碳平衡图中的反应

（1） 包晶反应：

$$L+\delta \xrightarrow{1495^\circ C} A$$

即液体与高温铁素体在1495°C时发生反应，反应产物是奥氏体，这个反应称为包晶反应。当铁碳合金的碳含量为0.09～0.53%，其由液体冷却到1495°C时，都要发生包晶反应。

（2） 共晶反应：

$$L \xrightarrow{1148^\circ C} A+Fe_3C$$

即液体冷却到1148°C时，就分解为奥氏体与渗碳体，这个反应称为共晶反应。当铁碳合金的碳含量为2.11～6.69%，其由液体冷却到1148°C时，都要发生共晶反应。共晶反应的产物是奥氏体与渗碳体的机械混合物，这种组织称为莱氏体。

（3） 共析反应：

$$A \xrightarrow{727^\circ C} F+Fe_3C$$

即奥氏体冷却到727°C时，就分解为铁素体与渗碳体，这个反应称为共析反应。当铁碳合金的碳含量为0.0218～6.69%，其由奥氏体冷却到727°C时，都要发生共析反应。共析反应的产物是铁素体与渗碳体的机械混合物，这种组织称为珠光体，通常用P表示。

5.铁碳平衡图中得到的组织

按铁碳平衡图有无共晶反应，将铁碳合金区分为碳钢与铸铁，即碳含量小于2.11%的为碳钢，大于2.11%的为铸铁（白口铸铁）。

根据碳含量不同，铁碳合金可有七种类型组织：

（1） 碳含量<0.0218%时，其组织为铁素体，俗称工业纯铁。

（2） 碳含量在0.0218～0.77%之间，其组织为铁素体＋珠光体，称为亚共析钢。

（3） 碳含量为0.77%时，其组织为珠光体，称为共析钢。

（4） 碳含量在0.77～2.11%之间，其组织为珠光体＋渗碳体，称为过共析钢。

（5） 碳含量在2.11～4.3%之间，其组织为珠光体＋渗碳体＋莱氏体，称为亚共晶白口铸铁。

（6） 碳含量为4.3%时，其组织为莱氏体，称为共晶白口铸铁。

（7） 碳含量在4.3～6.69%之间，其组织为莱氏体＋渗碳体，称为过共晶白口铸铁。

二、铁碳平衡图的实用意义

借助于铁碳平衡图，不仅可以了解铁碳合金在不同温度下的组织结构、缓慢加热与冷却过程中的相变，而且还可确定钢铁在实际生产工艺过程中的许多重要参数：

1. 提供铸造、压力加工制定工艺的依据，如浇注温度、始锻温度、终锻温度等。

2. 提供制订热处理工艺加热温度的依据，如低碳钢渗碳需加热到较高温度的奥氏体区才能加快进行，因为奥氏体的溶碳量大，能使钢表面加速渗碳；又如亚共析钢淬火或完全退火需要加热到哪一个温度范围，都可粗略地根据铁碳平衡图中A_3线大体加以确定。

3. 铁碳平衡图可用来判定钢在缓慢冷却的热处理过程中所能得到的组织。例如，45钢退火后的组织为珠光体＋铁素体；$T12$钢退火后的组织为珠光体＋渗碳体。

第二节　奥氏体等温转变图（S曲线）

将奥氏体过冷至A_1(727°C)以下的不同温度进行等温转变时，得到的转变曲线，称为奥氏体等温转变图。由于其形状如字母“S”，又称S曲线。图1—2为共析碳钢(T8)的奥氏体等温转变图。

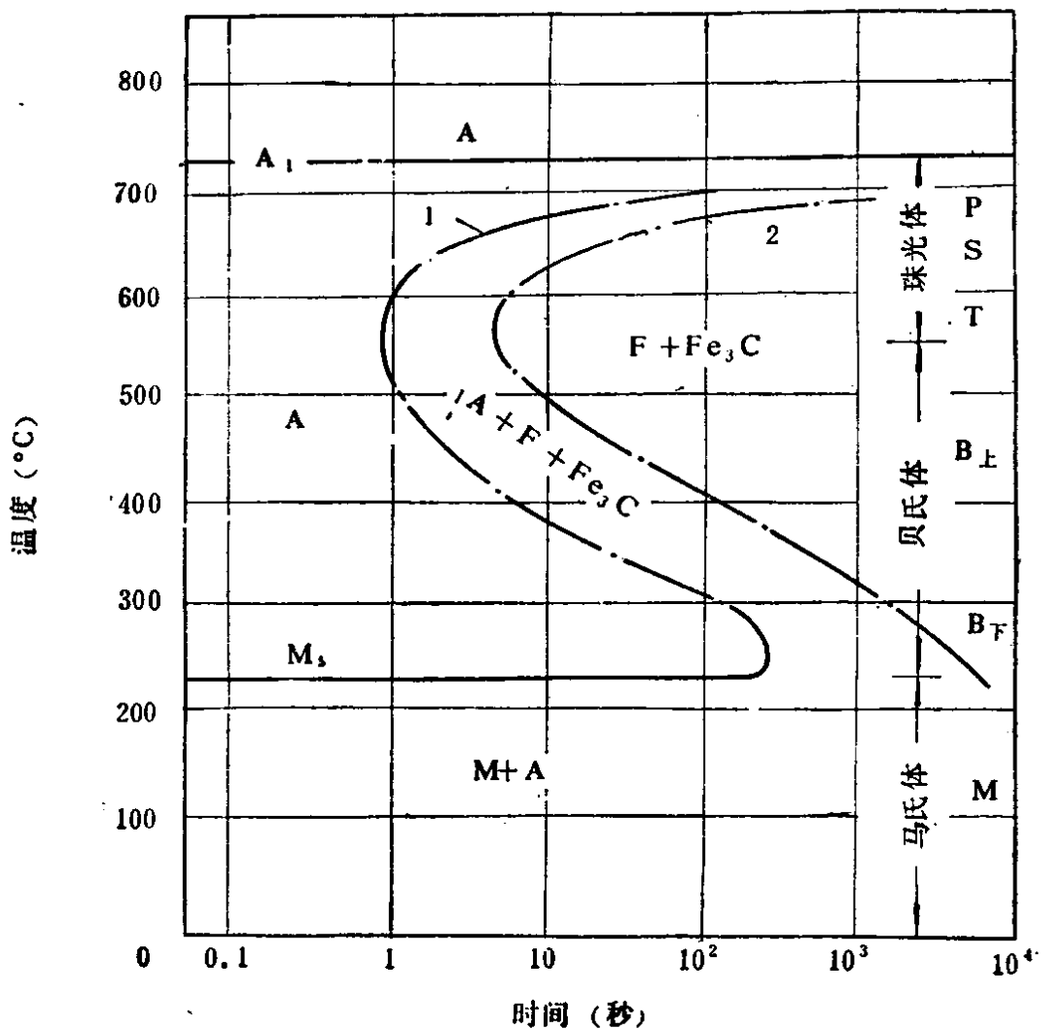

图1—2　共析钢(T8)奥氏体等温转变图

一、奥氏体等温转变图分析

1. 线

曲线1为奥氏体转变开始线，表示奥氏体在不同过冷度下开始转变为铁素体＋渗碳体混合物所需的时间，即奥氏体转变时的孕育期，也可作为奥氏体不稳定性的尺度，通常用曲线上任意一点到温度轴之间的水平距离表示。在500～600°C时，曲线的水平距离最短，表示奥氏体在此区域内最不稳定。共析碳钢(T8)约在550°C（即在曲线鼻部）最不稳定。

曲线2为奥氏体转变终了线，表示奥氏体全部转变为铁素体＋渗碳体混合物所需的时间。它与曲线1相似，在550°C时间最短。

A_1线（水平线）表示钢可能发生转变的最低加热温度，碳钢为727°C。

M_S线表示奥氏体转变为马氏体的开始温度，共析碳钢(T8)约为230°C（钢还有M_f线，即马氏体转变终了温度，对大部分工具钢，其M_f线在室温以下，一般S曲线中不予表示）。这种转变与形成铁素体＋渗碳体混合组织完全不同，在模具热处理中极为重要，凡模具钢淬火大多要出现这种转变。

2. 区

（1） A_1线以上是稳定的奥氏体区。

（2） 曲线1以左、A_1线以下是不稳定的过冷奥氏体区。

（3） 曲线1以右是铁素体与渗碳体的混合区。

（4） 曲线1与曲线2之间是奥氏体、铁素体与渗碳体

的共存区。

（5） M_s线以下是马氏体与残余奥氏体区。

3. 三种基本类型的组织转变（以共析碳钢为例）

（1） 珠光体转变（奥氏体⟶珠光体）：

它是在S曲线上部区域，即A_1～鼻部（727～550°C）内进行的转变，这种转变也称为高温转变，它所形成的组织是珠光体，因此称为珠光体转变。

随转变温度的不同，珠光体转变所得到的组织也不同：

在727～675°C范围内得到的是粗片状渗碳体与铁素体的机械混合物（即珠光体），其硬度为HB170～230。

在675～600°C范围内得到的是细片状渗碳体与铁素体的机械混合物，此组织称为索氏体，用符号S表示，其硬度为HB270～320。

在600～550°C范围内得到的是极细片状渗碳体与铁素体的机械混合物，此组织称为屈氏体，用符号T表示，其硬度为HB 330～400。

珠光体、索氏体、屈氏体是一个类型的组织，即片层状组织，故称为珠光体型组织。

（2） 贝氏体转变（奥氏体⟶贝氏体）：

它是在S曲线中部区域，即鼻尖～M_s（550～230°C）内进行的转变，这种转变也称为中温转变。它所形成的组织是铁素体与渗碳体的混合组织，其组织形态有羽毛状或黑针状，这种组织称为贝氏体组织。因此，奥氏体在中温区域内的转变，称为贝氏体转变。

随转变温度不同，贝氏体转变所得到的组织也不同：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com