

简明热处理手册

江西省机械工业局技术情报站 编写
江西省热处理情报网

江西人民出版社

TG-1-62
1

简明热处理手册

江西省机械工业局技术情报站 编写
江西省热处理情报网

5755/21



江西人民出版社

A597963

简明热处理手册

江西省机械工业局技术情报站
江西省热处理情报网 **编写**

江西人民出版社出版
(南昌百花洲3号)

江西省新华书店发行 江西新华印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张19 1/8 字数25万

1978年9月第1版 1978年9月江西第1次印刷

印数：1—6,000

统一书号：15110·22 定价：1.51元

编 者 的 话

热处理是机械制造工艺中决定产品质量和使用寿命的关键因素之一，是充分挖掘金属材料潜力、节约金属材料的有效途径。

当前，在英明领袖华主席和党中央的领导下，高举毛主席的伟大旗帜，抓纲治国，大干快上，工农业全面跃进即将来到。工业的迅速发展和实现农业机械化，对机械产品的寿命和质量提出了更多更高的要求。为了满足热处理工人为革命学好技术的需要，加速热处理技术的发展，使之赶上为实现社会主义四个现代化而奋斗的雄伟步伐，我们组织编写了《简明热处理手册》。

“手册”阐述了钢的基本知识和热处理的基本方法，比较系统地介绍了常用金属材料的性能与热处理规范、常用化学热处理及其操作方法，对热处理的常见缺陷、热处理质量检验、火花鉴别、热处理车间设备及新材料、新工艺、新技术、新设备也作了适当介绍。本手册可供机械制造行业热处理工作者使用，也可供其他有关人员参考。

本手册由严玉承、彭坤生、姚开山、刘宗华、熊员众等五同志执笔，并经江西省热处理情报网核心小组审议定稿。书稿在编写过程中，引用和参考了许多工厂、院校和科研单位的有关资料、图片，得到江西汽车制造厂、南昌油泵厂、江西化工石油机械厂、江西工学院、南昌航空工业学院和长林机械厂、南昌柴油机厂的领导同志、工人与技术人员的大力支持和热情帮助，借此机会，谨致诚挚的谢意。

由于编者水平有限，时间仓促，调查研究和征求意见不够，手册中一定存在不少缺点和错误，恳请读者提出宝贵意见。

江西省机械工业局技术情报站

江西省热处理情报网

一九七七年三月

目 录

符号名称对照表.....	(1)
第一章 钢的基础知识.....	(3)
一、金属的机械性能.....	(3)
二、铁碳合金状态图.....	(6)
(一)铁碳合金的组织与性能.....	(7)
(二)铁碳合金状态图中的特性点.....	(11)
(三)铁碳合金状态图中的特性线.....	(11)
(四)热处理常用临界温度符号及说明.....	(12)
三、奥氏体的等温转变图——C曲线.....	(13)
(一)奥氏体等温转变图的建立.....	(13)
(二)奥氏体等温转变的组织与性能.....	(13)
(三)碳及合金元素对奥氏体等温转变图的影响.....	(19)
(四)奥氏体等温转变图的应用.....	(22)
四、钢的淬透性.....	(23)
五、钢的分类和编号.....	(27)
(一)碳钢的分类和编号.....	(27)
(二)合金钢的分类和编号.....	(29)
第二章 热处理的基本方法.....	(33)
一、退火和正火操作规范.....	(33)
二、淬火操作规范.....	(36)
三、回火操作规范.....	(40)
四、加热时间的确定.....	(42)
五、加热时的防氧化脱碳.....	(44)

六、常用淬火介质·····	(48)
七、热处理工艺代号及技术条件的表示方法·····	(58)
第三章 化学热处理·····	(59)
一、渗碳·····	(59)
(一)固体渗碳·····	(62)
(二)液体渗碳·····	(64)
(三)气体渗碳·····	(64)
二、氮化·····	(72)
(一)气体氮化·····	(73)
(二)离子氮化·····	(77)
三、碳氮共渗·····	(85)
(一)三乙醇胺滴入法·····	(85)
(二)煤油加氨法·····	(87)
四、气体软氮化·····	(90)
(一)固体尿素类·····	(92)
(二)有机液体类·····	(94)
(三)通入氨气类·····	(98)
五、渗硼·····	(102)
(一)膏体渗硼·····	(102)
(二)盐浴渗硼·····	(103)
六、碳氮硼三元共渗·····	(106)
七、渗铝·····	(113)
八、渗锌·····	(115)
九、渗铬·····	(117)
十、气相沉积·····	(119)
第四章 表面淬火·····	(121)
一、感应加热表面淬火·····	(121)

(一)感应加热基本原理.....	(121)
(二)高频表面淬火工艺.....	(123)
(三)高中频加热表面淬火感应器的设计与制造.....	(129)
二、电接触加热表面淬火.....	(146)
(一)基本原理.....	(146)
(二)电石墨棒式电极的手工操作.....	(146)
(三)滚轮式电极机械化操作.....	(147)
三、火焰加热表面淬火.....	(150)
(一)热源及设备.....	(150)
(二)工艺及操作.....	(152)
第五章 常用金属材料的性能及热处理.....	(156)
一、渗碳钢.....	(156)
15 20 16Mn 20Mn2 15Cr 20Cr	
20CrMnTi 15CrMnMo 20CrMnMo 20Mn2B	
20MnTiB 15MnVB 20MnVB 20SiMnVB	
20CrNi 12CrNi2 12CrNi3 12Cr2Ni4	
20CrMnB 25MnTiBR	
二、调质钢.....	(194)
35 40 45 30Cr 40Cr 40Mn2 45Mn2	
40MnB 35CrMo 40CrMnMo 30CrMnSi	
37SiMn2MoWV 40MnVB 35CrMn2 40CrNi	
40CrNiMoA 38CrMoAlA 55DTi 60DTi	
三、弹簧钢.....	(242)
65 65Mn 55Si2Mn 60Si2Mn 50CrMn	
50CrVA 55SiMnMoV 55SiMnMoVNb	
55SiMnVB	
四、轴承钢.....	(265)
GCr6 GCr9 GCr15 GCr15SiMn 无铬轴承钢	
(GSiMnV、GSiMnMoV、GMnMoVR)	

渗碳轴承钢 (20Cr2Ni4A 20Cr2Mn2MoA)	
五、碳素工具钢.....	(286)
T7、T7A T8、T8A T10、T12A T12、T12A	
六、合金工具钢.....	(306)
9Mn2 9Mn2V 9SiCr CrMn CrWMn	
Cr6WV Cr12 Cr12V Cr12MoV	
120Cr4W2MoV 6W6Mo5Cr4V 5CrMnMo	
5CrNiMo 3Cr2W8V 5SiMnMoV	
七、高速工具钢.....	(364)
W18Cr4V W9Cr4V2 W6Mo5Cr4V2	
W6Mo5Cr4V2Al	
八、不锈耐酸钢.....	(383)
1Cr13 2Cr13 3Cr13 4Cr13 Cr17Ni2 9Cr18	
1Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni11Nb Cr18Ni12Mo2Ti	
4Cr9Si2 4Cr10Si2Mo	
九、铸铁.....	(402)
灰口铸铁 球墨铸铁	
十、有色金属.....	(414)
铝和铝合金(铸造铝合金)	
铜和铜合金(黄铜、青铜)	
第六章 热处理质量检查与钢号鉴别.....	(430)
一、检查的内容和方法.....	(430)
二、检查项目及要求.....	(440)
(一)退火、正火件检查.....	(440)
(二)调质件检查.....	(440)
(三)淬火件检查.....	(441)
(四)渗碳和碳氮共渗件检查.....	(442)
(五)氮化件检查(38CrMoAlA零件)	(444)

(六) 稳定处理和低温时效零件的检查·····	(445)
(七) 高频淬火件检查·····	(445)
(八) 火焰淬火件检查·····	(450)
(九) 铸件时效质量检查·····	(451)
三、钢的火花鉴别·····	(451)
(一) 工作条件和火花名称·····	(451)
(二) 碳素钢的火花鉴别·····	(454)
(三) 合金结构钢的火花鉴别·····	(457)
(四) 合金工具钢的火花鉴别·····	(459)
(五) 高速工具钢的火花鉴别·····	(462)
(六) 弹簧钢的火花鉴别·····	(463)
(七) 滚动轴承钢的火花鉴别·····	(464)
(八) 不锈钢和耐热钢的火花鉴别·····	(465)
四、钢材的涂色标志·····	(468)
第七章 热处理常见缺陷分析·····	(471)
一、缺陷分析的步骤和方法·····	(471)
二、正火和退火的缺陷分析·····	(472)
三、淬火的缺陷分析·····	(473)
四、回火的缺陷分析·····	(477)
五、表面淬火的缺陷分析·····	(478)
(一) 高频淬火·····	(478)
(二) 电接触加热表面淬火·····	(479)
六、化学热处理的缺陷分析·····	(481)
(一) 渗碳·····	(481)
(二) 气体氮化·····	(484)
(三) 气体软氮化·····	(487)
(四) 气体碳氮共渗·····	(488)

七、变形校正方法·····	(490)
第八章 热处理车间设备·····	(492)
一、加热设备·····	(492)
(一)加热介质·····	(493)
(二)加热元件·····	(506)
(三)常用耐火材料和隔热材料的性能和使用·····	(509)
(四)加热器的设计和安装·····	(512)
(五)埋入式电极盐浴炉的设计和制造·····	(524)
(六)常用热处理炉的型号和规格·····	(532)
二、测温 and 控温设备·····	(539)
(一)感温元件·····	(540)
(二)显示仪表·····	(550)
三、检验设备·····	(553)
四、其他设备·····	(554)
五、热处理车间设备和仪表的使用·····	(556)
附 录	
附录一、黑色金属硬度及强度换算表·····	(564)
附录二、热处理常用化学药品的技术要求·····	(575)
附录三、热处理各种介质的分析方法·····	(577)
附录四、轴、杆、楔条类零件外园热处理的磨 削余量表·····	(579)
附录五、轴、套、环类零件内孔热处理时磨削余 量表·····	(580)
附录六、不同截面钢制件淬火后的硬度值·····	(581)
附录七、常用热电偶分度值·····	(582)
附录八、W18Cr4V钢奥氏体晶粒度参考图·····	(586)
附录九、常用盐炉脱氧剂·····	(589)

符 号 名 称 对 照 表

拉丁文 符 号	希腊文 符 号	名 称	单 位
A	γ	奥氏体	
F	α, δ	铁素体	
C		碳化物	
M		马氏体	
B		贝氏体	
P		珠光体	
L		液态相	
A_K		冲击功	KG·m
a_K		冲击值	KG·m/Cm ^{3/2}
	$\sigma_{0.2}$	永久变形量为0.2%时的屈服强度	KG/mm ²
	σ_{bb}	抗弯强度	KG/mm ²
	σ_b	抗拉强度	KG/mm ²
	σ_{bc}	抗压强度	KG/mm ²
	σ_e	弹性极限	KG/mm ²
	σ_N	循环周次为N的疲劳强度	KG/mm ²
	σ_P	比例极限	KG/mm ²
	σ_S	屈服点, 如不特殊标明, 应认为 是上屈服点 σ_{su}	KG/mm ²
	σ_{SL}	下屈服点	KG/mm ²
	σ_{su}	上屈服点	KG/mm ²
	τ	切应力	KG/mm ²

(续 1)

拉丁文 符 号	希腊文 符 号	名 称	单 位
	ψ	断面收缩率	%
δ		延伸率	
HB		布氏硬度值	
HRA		洛氏 A 标度硬度值	
HRB		洛氏 B 标度硬度值	
HRC		洛氏 C 标度硬度值	
HS		肖氏硬度值	
Hv		维氏硬度值	
Kic		断裂韧性值	公斤/毫米 ^{3/2}
Ms		马氏体转变开始温度	
Mz		马氏体转变终了温度	
T		温度	力的单位
τ		时间	质量单位
KG		公斤力	质量单位
Kg		公斤 (千克)	长度单位
mg		毫克	长度单位
mm		毫米	体积单位
cm		厘米	
ml		毫升	

第一章 钢 的 基 础 知 识

一、金属的机械性能

金属的机械性能是指金属材料在承受各种机械负荷时所表现出来的抵抗能力。由于外力的性质、作用形式和作用时的条件不同，金属材料就表现出不同的抵抗能力。金属的机械性能可按下列特征主要分为：

按外力性质分 { 静力性能（强度、硬度）
 { 动力性能（冲击韧性）
 { 循环外力性能（抗疲劳性）

按作用形式分 { 抗拉
 { 抗剪
 { 抗弯

按作用条件分 { 常温性能
 { 高温性能（抗蠕变性）
 { 低温性能

金属材料的机械性能主要有：强度、硬度、弹性、塑性、冲击韧性、抗疲性等，下面以表 1—1 介绍之。

表 1 — 1 金属材料机械性能的符号及名词意义

符 号	单 位	名 称	意 义
HB	公斤/毫米 ²	布氏硬度	硬度是指金属材料抵抗坚硬物质压陷的能力。布氏硬度是以单位压痕面积上的抗力大小表示。
R _A R _B R _C		洛氏硬度	洛氏硬度是用顶角为120°的金刚石锥体或直径1.58毫米的淬火钢压球，入金属表面，以压痕深度表示硬度值。 R _A 测量硬质合金、表面淬火或渗碳件。 R _C 应用很广，可测 HB 210~700 之间的各种材料。 R _B 测量 HB 小于 HB217 的软金属材料。
H _V	公斤/毫米 ²	维氏硬度	以单位压痕面积上的抗力大小表示维氏硬度值。常用于测量硬而薄的材料。
σ _b σ _{bc} σ _{bb}	公斤/毫米 ²	抗拉强度极限 抗压强度极限 抗弯强度极限	强度是指金属材料在外力作用下，抵抗产生塑性变形与破坏的能力。强度极限是金属材料抵抗外力破坏的最大能力。受的外力是拉力者称抗拉强度极限；是压力者称为抗压强度极限；是弯力者称抗弯强度极限。
σ _s σ _{0.2}	公斤/毫米 ²	塑性材料的屈服强度极限 脆性材料的屈服强度极限	屈服强度极限是指金属材料抵抗外力产生微量塑性变形的能力。塑性材料在受外力到一定程度时，变形就不与外力成正比而产生明显的塑性变形开始点，此时的应力大小就称为屈服强度极限，以 σ _s 表示。对脆性材料在受外力时，不产生明显的塑性变形点，故以塑性变形标长为 0.2% 时的应力称为屈服强度极限，用 σ _{0.2} 表示。
δ	%	延伸率	金属的塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。 衡量塑性的指标有延伸率 (δ) 和断面收缩率 (ψ)。

(续)

符 号	单 位	名 称	意 义
δ	%	延 伸 率	延伸率是指试样拉断后的总伸长量同原始标距长度之比值的百分率。 δ_5 表示试样的标距长度是直径的五倍。 δ_{10} 表示试样的标距长度是直径的十倍。
ψ	%	断面收缩率	断面收缩率是试样断裂后的断口面积的缩减量与原始断面面积之比值的百分率。
α_k	公斤·米/厘米 ²	冲击韧性(大能量一次冲击) 小能量多次冲击	冲击韧性是指金属材料抵抗冲击外力破坏的能力。冲击韧性值的大小是以材料试样在承受冲击试验时,冲断试样所消耗的功(公斤·米)与断口处断面积(厘米 ²)之比值来衡量。 实际上,在动负荷作用下的构件和零件,很少受一次超负荷冲击而破坏的,不少情况下所承受的冲击负荷是属于小能量的多次重复冲击负荷,这时用冲击值 α_k 来衡量其抗力就很不合适了。在能量不大的情况下,材料承受多次重复冲击负荷的能力,主要决定于强度,而不是冲击值。
α_{-1}	公斤/毫米 ²	疲劳强度	金属材料在交变负荷的作用下而产生的破断称为疲劳。金属材料在无限多次交变负荷的作用下,而不致引起破断的最大应力叫疲劳强度或疲劳极限。 按我国国家标准,钢的疲劳强度相当于 10^7 次交变负荷的作用下不发生破断的最大应力;对于有色金属一般规定应力的循环次数在 10^8 或更多周次才能确定其疲劳强度。

二、铁碳合金状态图

铁与碳可形成一系列的化合物，如 Fe_3C 、 Fe_2C 、 FeC 等，但是有实用价值的，在 $\text{Fe}-\text{C}$ 状态图中只有 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 这一部分(Fe_3C 可当做一个独立组元)。 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图是研究铁碳合金的基础，它是表示在平衡或接近平衡状态下不同成分的铁碳合金，在不同的温度所具有的状态或组织的一种图形。通常所说的铁碳状态图就是指的 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图。

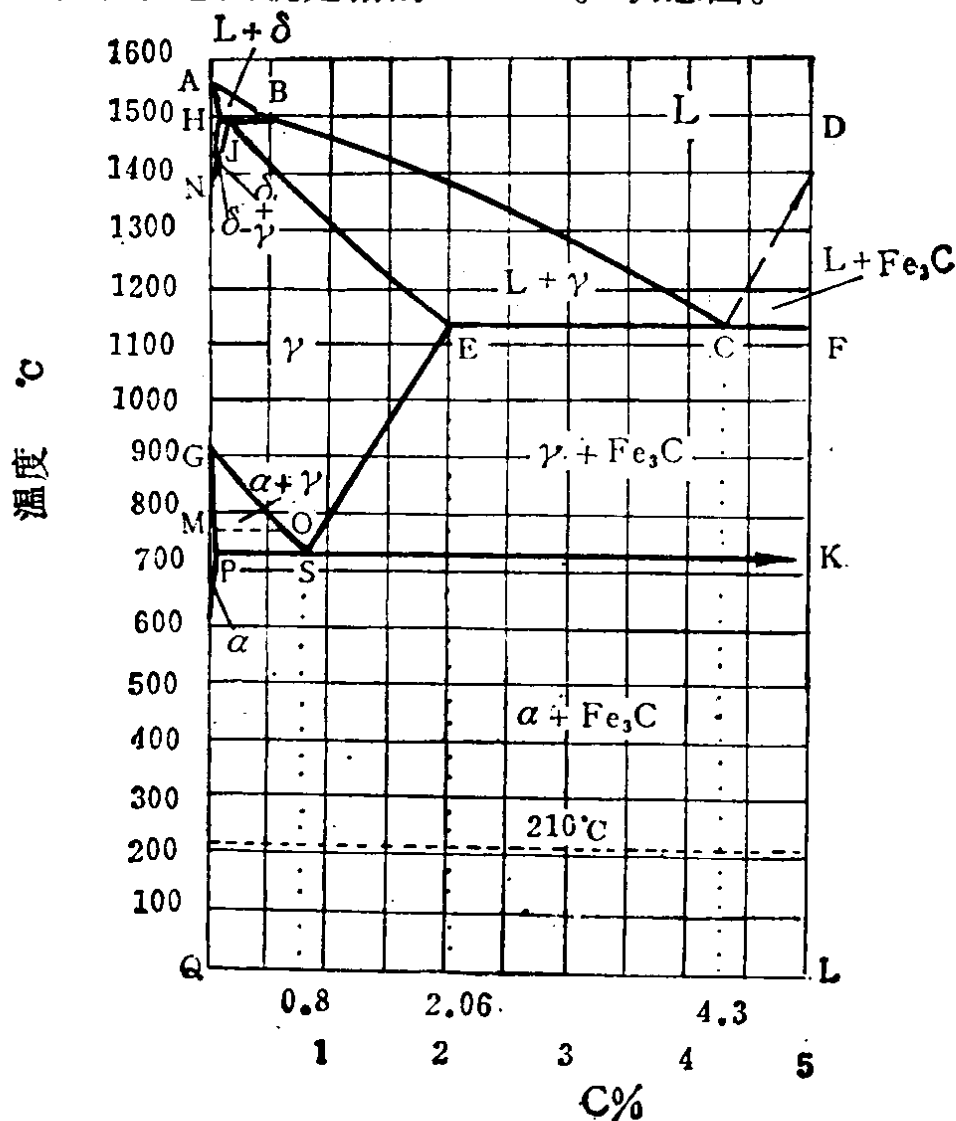


图 1—1 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 状态图

(一) 铁碳合金的组织与性能

铁碳合金中的基本组织有铁素体、奥氏体及渗碳体。

1、铁素体：铁素体是碳在 α -Fe 中的固溶体，碳在 α -Fe 中的溶解量很低，最多不超过 0.02%。铁素体很软，强度也低，而塑性、韧性很好。铁素体在居里点（769℃）以下具有铁磁性，769℃以上为顺磁性。其显微组织如图 1—2 所示。

2、渗碳体：渗碳体是铁和碳的化合物，可用化学分子式 Fe_3C 来表示。其含碳量为 6.67%，熔点约为 1600℃。渗碳体有极高的硬度，很脆，塑性几乎等于零。渗碳体在 210℃以下具有铁磁性。

3、奥氏体：奥氏体是碳在 γ -Fe 中的固溶体，奥氏体中的溶碳量最多可达 2.06%。奥氏体富有塑性，强度不大，没有磁性。奥氏体晶粒呈多面体形，其显微组织如图 1—3 所示。

表 1—2 铁碳合金基本组织的机械性能

名 称	符 号	σ_b 公斤/毫米 ²	HB	δ %	a_K 公斤·米/厘米 ²
铁素体	F 或 α	25	80	50	30
渗碳体	Fe_3C	3	800	≈ 0	≈ 0
奥氏体	A 或 γ	—	170—220	40—50	—

在室温下铁碳状态图中的基本组织是由铁素体和渗碳体按不同形式组成，根据含碳量的不同，铁碳合金在室温下的平衡组织如表 1—3 所列。

不同含碳量的铁碳合金的平衡组织图如图 1—4～9 所示。