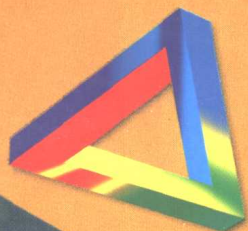
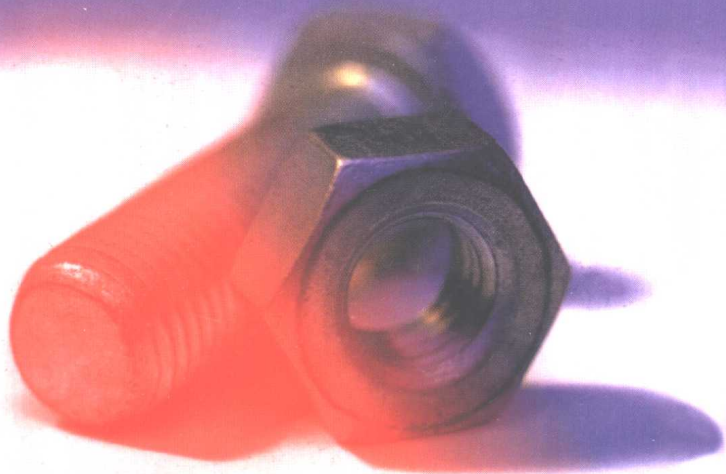


技工系列工具书

徐天祥 樊新民 主编



热处理工



实用技术手册

江苏科学技术出版社

技工系列工具书

热处理工实用技术手册

主 编 徐天祥 樊新民

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

热处理工实用技术手册/徐天祥,樊新民主编. —南京:江苏科学技术出版社,2001.10

(技工系列工具书/温文源主编)

ISBN 7—5345—3384—8

I. 热... II. ①徐... ②樊... ③孔... ④王...
III. 热处理—技术手册 IV. TG15—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001) 第 056034 号

技工系列工具书

热处理工实用技术手册

主 编 徐天祥 樊新民

责任编辑 高志一

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 江苏苏中印刷厂
印 刷 扬州鑫华印刷有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/32
印 张 15.375
字 数 380 000
版 次 2001 年 10 月第 1 版
印 次 2001 年 10 月第 1 次印刷
印 数 1—4 000 册

标准书号 ISBN 7—5345—3384—8/TH·84

定 价 30.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

技工系列工具书
编委会名单

顾 问	金瑞祺				
主 任	温文源				
编 委	孙广能	孙 涛	李集仁	吴国樑	
	孟庆桂	高志一	杨良伟	薄 宵	
秘 书	凌正珠				

前 言

为适应技术工人岗位培训和提高操作技能水平的需要,江苏科学技术出版社委托江苏省机械工程学会科普教育委员会和南京机械工程学会科普教育委员会组织编写《技工系列工具书》。本书是该丛书之一。

现代机械制造业是现代工业的基础,它的发展在很大程度上取决于工艺的进步。制造工艺过程的先进性决定了生产效率、产品质量、材料和能源的节约和无公害化程度,从而直接影响到行业的竞争能力。作为机械制造工艺全过程中的重要环节之一,热处理工艺对产品内在质量有着举足轻重的影响。这就必然要求企业热处理技术工人全面了解并能完整地执行好相关热处理工艺的各个环节,这样才能最后将产品质量保证落到实处。

这本手册以具有高中文化水平,并具备金属材料热处理基本知识的人员为对象。适用于热处理车间现场工人、技工及工艺技术人员,也可供大、中专和技工学校相关专业师生参考。

本手册编写注意以下几方面:

实用性:数据尽量列表明晰表示,注意资料的实用性,并注意资料对于中、小企业的适用性。

先进性:除尽量多地集取先进工艺方法资料和新的工艺标准外,还收入国外主要工业国家的热处理有关指标和工艺资料。

必要的系统性:手册不仅收入生产必需的数据、工艺图表等实用资料,而且注意简明系统地编入必需的基础知识,促进使用者能正确地应用各类实用数据资料。

本手册第一章由徐天祥编写;第二、三、四、十一章及第十章三、四、五节由樊新民编写;第五、六、八、十三章及第十章一、二节

由孔见编写;第七、九和十二章由王建平编写。全书由徐天祥、樊新民主编,南京航空航天大学周建初教授审定,东南大学温文源教授给予了很多宝贵的指正意见。

编写中引用资料、图表繁多,书末所列之参考文献目录未能尽数提及,凡有所遗漏者,作者谨在此一并致以谢意!

限于编者学识及实际工作水平,缺点和错误在所难免,希望广大读者批评指正。

编 者

2001年4月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 金属材料的性能	1
一、金属材料的力学性能	1
二、金属材料的物理性能	4
三、金属材料的化学性能	5
四、金属材料的工艺性能	6
第二节 铁碳合金状态图	13
第三节 钢材的牌号表示方法、示例及中外常用钢号对照	17
一、钢材产品牌号表示方法及示例	17
二、中外常用钢号对照	19
第二章 钢的热处理原理和基本工艺	35
第一节 钢在加热和冷却过程中的组织和性能转变	35
一、钢在加热时的组织转变	35
二、过冷奥氏体的转变	37
三、钢的淬透性	39
四、回火转变	43
第二节 钢的热处理基本工艺	44
一、退火	44
二、正火	49
三、淬火	50
四、回火	58
五、深冷处理	60

第三节 淬火冷却介质	61
一、淬火冷却介质的冷却能力	61
二、水及无机物水溶液	61
三、有机聚合物水溶液	64
四、油	67
五、等温和分级淬火介质	68
第三章 常用钢热处理工艺参数	72
第一节 结构钢热处理工艺参数	72
一、概述	72
二、热处理工艺参数	73
第二节 弹簧钢热处理工艺参数	86
一、弹簧钢概述	86
二、弹簧钢的热处理工艺	87
第三节 轴承钢热处理工艺参数	91
一、轴承钢的类型	91
二、轴承钢的预处理	92
三、轴承钢的淬火回火	93
第四节 工具钢热处理工艺参数	95
一、工具钢的类型和应用	95
二、工具钢热处理特点	97
三、碳素工具钢的热处理工艺参数	101
四、合金工具钢的热处理工艺参数	105
五、非标准模具钢的热处理工艺参数	119
第五节 高速钢热处理工艺参数	127
一、高速钢热处理特点	127
二、高速钢交货状态的硬度及试样淬火回火硬度	131
三、高速钢退火工艺参数	132
四、高速钢淬火回火工艺参数	134

第四章 表面热处理	137
第一节 感应热处理	137
一、感应热处理方法	137
二、感应器	139
三、感应加热淬火工艺	147
四、感应加热淬火后的回火	151
第二节 火焰加热淬火	153
一、火焰加热淬火的特点	153
二、常用工件火焰加热淬火工艺	157
第三节 高能束热处理	159
一、高能束的类型	159
二、激光热处理	161
三、电子束热处理	164
四、电火花表面强化	165
第五章 钢的化学热处理	167
第一节 化学热处理简介	167
一、常用化学热处理	167
二、化学热处理的基本过程	168
三、加速化学热处理的途径	170
第二节 钢的渗碳及碳氮共渗	170
一、概述	170
二、气体渗碳	172
三、液体渗碳	188
四、固体渗碳	190
五、膏剂渗碳及其他渗碳方法简介	191
六、碳氮共渗	193
七、渗碳、碳氮共渗后工件的热处理	200

第三节 钢的渗氮及氮碳共渗	201
一、渗氮基本原理	201
二、气体渗氮	204
三、离子渗氮	211
四、氮碳共渗	215
第四节 渗硫、硫氮共参与硫氮碳共渗	221
一、基本原理	221
二、渗硫及复合渗	221
三、低温化学热处理工艺方法选择原则	227
第五节 渗硼	230
一、固体渗硼	230
二、盐浴渗硼	233
三、气体渗硼	234
四、渗硼工件的前处理和后处理	234
第六节 渗金属及其复合渗	235
一、渗铝	235
二、渗铬	237
三、渗其他金属	239
四、复合渗	240
第六章 可控气氛与真空热处理	245
第一节 可控气氛热处理	245
一、概述	245
二、可控气氛的分类及用途	245
三、可控气氛的制备及典型成分	246
四、气氛控制方法	250
五、可控气氛热处理炉	251
第二节 真空热处理	252
一、真空热处理的特点和质量影响因素	252

二、真空热处理设备简介	253
三、真空热处理工艺	254
第七章 铸铁与铸钢的热处理	257
第一节 铸铁的热处理	257
一、铸铁热处理的名称及代号	257
二、灰铸铁的热处理	258
三、球墨铸铁的热处理	261
第二节 铸钢的热处理	269
一、铸钢热处理名称及代号	269
二、一般工程用铸造碳钢及合金铸钢的热处理	269
三、高锰铸钢的热处理	280
四、不锈钢的热处理	281
第八章 特殊钢及合金的热处理	282
第一节 不锈钢的热处理	282
第二节 耐热钢的热处理	288
第三节 高温合金热处理	293
第四节 耐磨钢的热处理	296
第五节 磁性材料热处理	297
一、软磁合金热处理	297
二、硬磁合金热处理	301
第六节 粉末冶金件热处理	303
第七节 弹性合金热处理	305
第八节 膨胀合金热处理	307
第九章 有色金属的热处理	310
第一节 铝合金的热处理	310
一、铝的种类及其强化途径	310

二、铸造铝合金的热处理	310
三、变形铝合金的热处理	315
第二节 铜及铜合金的热处理	321
一、铜和加工铜合金的热处理	321
二、铸造铜合金的热处理	331
第三节 钛及钛合金的热处理	333
一、钛及钛合金的退火	333
二、钛及钛合金的强化热处理	336
三、注意事项	337
第十章 典型零件热处理	339
第一节 齿轮热处理	339
一、齿轮用钢	339
二、齿轮热处理实例	342
第二节 主轴热处理	343
一、主轴用钢	343
二、主轴热处理实例	345
第三节 模具热处理实例	348
一、冷作模具热处理	348
二、热作模具热处理	358
三、塑料模具热处理	364
四、高强韧模具材料的热处理工艺及应用	374
五、模具强韧化处理实例	376
六、模具表面强化的应用	377
第四节 工具的热处理	378
一、合金工具钢的热处理	378
二、高速钢工具的热处理	380
三、工具热处理实例	383
四、工具真空热处理实例	387

第五节 农机具零件的热处理	388
一、耕作机械典型零件的热处理	388
二、收割机刀片热处理	389
三、粉碎机零件热处理	390
四、小农具热处理工艺	391
第十一章 计算机在热处理中的应用	392
第一节 基础知识	392
一、计算机的基本构成	392
二、热处理中常用计算机类型	392
第二节 计算机在热处理工艺控制中的应用	393
一、计算机在热处理中的应用概况	393
二、计算机在热处理工艺控制中的应用	394
三、计算机碳势检测方法	394
四、气体渗碳炉的微机控制	396
第三节 计算机在热处理工艺优化中的应用	397
一、热处理加热与冷却过程的模拟与计算	397
二、热处理工艺专家系统	399
第十二章 热处理产品的质量检验与控制	401
第一节 热处理常见缺陷及防止措施	401
一、裂纹	401
二、残余内应力与变形	406
三、减少变形和防止开裂的措施	406
四、变形的校正	406
五、组织不合格	413
六、耐腐蚀性不合格	416
七、力学性能不合格	418
八、化学热处理不合格	419

第二节 热处理质量与性能检验方法	423
一、成分分析	423
二、组织分析	429
三、无损检测	438
第十三章 热处理主要设备及安全技术	439
第一节 电阻炉	439
第二节 真空热处理炉	453
第三节 浴炉	457
一、常用浴炉	457
二、常用溶剂	459
三、盐浴脱氧	462
第四节 热工仪表	465
一、热电偶	465
二、热电阻	466
三、测温仪表	467
第五节 热处理安全知识	468
附 录	470
附录 1 碳钢及合金钢硬度换算值	470
附录 2 低碳钢硬度与强度换算值	474
主要参考文献	478

第一章 基础知识

第一节 金属材料的性能

一、金属材料的力学性能

金属材料力学性能的符号及其名称和涵义见表 1.1-1。

表 1.1-1 金属材料力学性能的符号及其名称和涵义

符 号	名 称	单 位	涵 义 说 明
E	正弹性模数	MPa	金属在弹性范围内,外力和变形成比例地增长,即应力与应变成正比例关系时(符合虎克定律),这个比例系数就称为弹性模数或弹性模量。根据应力、应变的性质通常又分为:正弹性模数(E)和剪切弹性模数(G)。弹性模数的大小,相当于引起物体单位变形时所需应力之大小,所以,它在工程技术上是衡量材料刚度的指标,弹性模数愈大,刚度也愈大,亦即在一定应力作用下,发生的弹性变形愈小。任何机器零件,在使用过程中,大多处于弹性状态,对于要求弹性变形较小的零件,必须选用弹性模数大的材料。材料的弹性模数只与材料的成分、原子结构、温度、加工硬化度有关,材料热处理对其影响不大
G	剪切弹性模数	MPa	
σ_p	规定非比例伸长应力	MPa	试样标距部分的非比例伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。 $\sigma_{p0.01}$ 、 $\sigma_{p0.05}$ 、 $\sigma_{p0.2}$ 分别表示规定非比例伸长率为 0.01%、0.05% 和 0.2% 时的应力
σ_t	规定总伸长应力	MPa	试样标距部分的总伸长(弹性伸长加塑性伸长)达到规定的原始标距百分比时的应力。 $\sigma_{t0.5}$ 表示规定总伸长率为 0.5% 时的应力

符 号	名 称	单 位	涵 义 说 明		
σ_r	规定残余伸长应力	MPa	试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。 $\sigma_{r0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2%时的应力		
σ_s	屈服点	MPa	金属受载荷时,当载荷不再增加,但金属本身的变形却继续增加的现象称为屈服。呈现屈服现象的金属材料,试样在试验过程中力不增加(保持恒定)仍能继续伸长时的应力称为屈服点		
σ_b	抗拉强度	MPa	指外力是拉力时,断裂前单位面积上所能承受的最大载荷。它是衡量金属材料强度的主要性能指标		
σ_{bc}	抗压强度	MPa	指外力是压力时,断裂前单位面积上所能承受的最大载荷。压缩试验主要适用于低塑性材料,如铸铁、木材、塑料等		
τ_b	抗扭强度	MPa	指外力是扭力时,断裂前单位面积上所能承受的最大载荷		
σ'_r	持久强度极限	MPa	指金属试样在一定的高温条件下,达到规定时间而不发生断裂的最大应力		
HBS HBW	布氏硬度	kgf/mm ²	用淬硬小钢球或硬质合金球,以相应的试验压力压入金属表面,经规定保持时间后,以其压痕面积除加在钢球上的载荷所得之商,即为金属的布氏硬度数值。使用钢球测定硬度小于 450HBS。使用硬质合金球测定硬度小于等于 650HBW		
洛氏硬度	硬度符号		压头类型	总试验力 F	洛氏硬度范围
	HRA		金刚石圆锥	588.4N	20 ~ 88HRA
	HRB		1.587 5mm 钢球	980.7N	20 ~ 100HRB
	HRC		金刚石圆锥	1.471kN	20 ~ 70HRC
	HRD		金刚石圆锥	980.7N	40 ~ 77HRD
	HRE		3.175mm 钢球	980.7N	70 ~ 100HRE
	HRF		1.587 5mm 钢球	588.4N	60 ~ 100HRF
	HRG		1.587 5mm 钢球	1.471kN	30 ~ 94HRG
	HRH		3.175mm 钢球	588.4N	80 ~ 100HRH
	HRK		3.175mm 钢球	1.471kN	40 ~ 100HRK

符 号	名 称	单 位	涵 义 说 明
维氏硬度	HV	MPa	用 49.03 ~ 980.7N 以内的载荷,将顶角为 136° 的金刚石四棱角锥体压头压入金属的表面,以其压痕面积除载荷所得之商,即为维氏硬度值。HV 能用于测定很薄(0.3 ~ 0.5mm)的金属材料,或厚度为 0.003 ~ 0.05mm 的零件表面硬化层(如镀铬、渗碳、氮化、碳氮共渗层等)的硬度。维氏硬度计测得的压痕,轮廓清晰,数值比较准确。
δ 、 δ_5 、 δ_{10}	伸长率	%	金属受外力作用被拉断以后,在标距内总伸长长度同原来标距长度相比的百分数,称为伸长率或延伸率。根据试样长度的不同,通常用符号 δ_5 或 δ_{10} 来表示。 δ_5 是试样标距长度为其直径 5 倍时的伸长率, δ_{10} 是试样标距长度为其直径 10 倍时的伸长率。 δ_5 与 δ_{10} 不能进行比较。
ψ	断面收缩率	%	金属受外力作用被拉断以后,其横截面积的缩小量与原横截面积相比的百分数称为断面收缩率。
a_{KU} 或 a_{KV}	冲击韧性	J/cm ²	冲击韧度是评定金属材料在动载荷下承受冲击抗力的力学性能指标,通常都是以大能量的一次冲击值(a_{KU} 或 a_{KV})作为标准的。它是采用一定尺寸和形状的标准试样,在摆锤式一次冲击试验机上进行试验。试验结果,以冲断试样上所消耗的功(A_{KU} 或 A_{KV})与断口处横截面积(F)之比值大小来衡量。由于 a_K 值的大小不仅取决于材料本身,同时还随试样尺寸、形状的改变而改变,因而是一个相对指标。目前多采用冲击功 A_K 作为冲击韧度的指标。
A_{KU} 或 A_{KV}	冲击吸收功	J	
σ_{-1} 或 σ_{-1n}	疲劳极限	MPa	金属材料在交变负荷的作用下,经过无限次应力循环而不致引起断裂的最大循环应力,称为疲劳极限或称极限疲劳强度。 σ_{-1} ——表示光滑试样的对称弯曲疲劳极限 σ_{-1n} ——表示缺口试样的对称弯曲疲劳极限
K_{IC}	平面应变断裂韧度	N/mm ^{3/2}	断裂韧性是衡量金属材料在裂纹存在情况下抵抗脆性开裂能力的指标,它是现代断裂力学在分析高强度材料使用过程中,发生一系列技术事故的基础上而提出的一个新的重要的力学性能指标。根据材料的断裂韧性和无损探伤方法确定的内部缺陷存在的情况,可以预知零件在工作过程中有无脆性断裂的危险,从而采取合金化与热处理等措施,以满足适用性能的要求。
K_O	条件断裂韧度		