

热处理设计简明手册

RECHULI
SHEJI
JANMING
SHOUCE

陈天民 吴建平 编

机械工业出版社

热处理设计简明手册

陈天民 吴建平 编



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书分三大部分：第一部分介绍有关热处理工艺、工装设计及质量检查时所需的数据、标准及设计方法；第二部分介绍了几种常规热处理加热设备的设计步骤、数据、旧型号炉的改造及热处理机械化设计的有关资料；第三部分介绍热处理车间设计、技术计算的数据资料。最后对热处理成本核算作了简要介绍。

为了便于快速查阅，本书资料多以表格、图例、公式形式出现，文字简明，数据等全部取自生产、设计实践和近年来新颁布的国家、专业标准。

本书可供大、中专热处理专业师生使用，亦可为初步从事热处理设计的工作者提供最实用、最简捷的服务，也可供从事本专业工作的所有工程、技术人员参考。

热处理设计简明手册

陈天民 吴建平 编

责任编辑：常燕宾 版式设计：王 颖

封面设计：郭景云 责任校对：肖新民

责任印制：路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街1号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 27·字数 665千字

1993年11月北京第1版·1993年11月北京第1次印刷

印数 0 001—6 100·定价：22.00元

ISBN 7-111-03752-9/TG·821

前 言

本书是根据机电部1986~1990年大、中专学校金属热处理教材出版计划,为了满足学生在校的毕业设计、课程设计的需要;为了社会上科技人员的需要;为了广大读者进行有关设计的需要而编写一本既是辅助性的教材,又是一本实用性的工具书。

本书从1988年开始筹编,经过四年的社会调研,搜集了大量生产实践资料,和近年来新颁布的国家、部颁及专业标准。并结合我们多年来教学理论、实践经验而编写的。编写的指导思想:反映国内先进生产实践经验和科研成果,同时吸收国外先进技术,所选用的资料、数据必须具有实用性、可靠性和先进性。

为了使热处理产品走向国际市场,这就要求各行业的热处理产品质量,必须达到国际标准。目前国家制订的热处理标准都是按国际标准制订的。为了使热处理作业规范化,产品质量标准化,必须按国家标准严格要求。因此,本书在内容上,均按国家标准的要求进行编写,并力求做到简明、实用。为了便于读者快速查阅,在编排上力求紧凑精炼,文字简明;资料基本是以表格、图例、公式等形式体现的。

本书所用的专业名词、术语、选材的数据、热处理工艺、热处理质量控制、检验;及设备型号等,都是从近年来新颁布的国家标准、专业标准或部颁标准中选取的。

本书较全面地收集了以下资料:零件选材的有关数据;热处理工艺、工装设计;热处理缺陷分析及其质量控制;常规热处理炉及炉用机械化设计;热处理炉维修改造;热处理车间设计及附录等。

全书共分两大篇和附录。第一篇为热处理工艺、工装设计共十章;第二篇为热处理设备及车间设计共十章。分别为吴建平、陈天民主编。参加编写大纲的讨论及审稿的有:安正昆、汪守朴、王松朋、何致恭、郭林杰、李明珠、熊鼎等同志。本书由郑州工学院楼南金教授主审。广西科学院李勤高工对本书提出了宝贵意见。全书的编写是在教编室常燕宾高工大力支持和关怀下完成的,负责全书的审定工作。此外机械工业部第九、第六设计院、兵器工业总公司内蒙古一、二机厂等提供了设计有关资料,以及我们引用了许多有关文献作者的资料,在此谨向各位表示衷心的感谢。

限于我们水平有限,书中难免出现错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

1992年8月

目 录

前言

第一篇 热处理工艺工装设计

第一章 热处理设计概论	1	七、感应加热设备平面布置及其型号规格	93
一、热处理常用符号、名称及其单位	1	八、火焰淬火工艺设计	94
二、热处理工艺设计常用术语	3	第五章 化学热处理工艺的选择	98
三、热处理工艺分类及代号	5	一、钢的渗碳	98
四、热处理工艺、组织的优化设计	8	二、钢的碳氮共渗	109
五、设计质量的分析	9	三、钢的渗氮	114
六、热处理质量考核内容	10	四、氮碳共渗	121
七、热处理工艺改进与优化	12	第六章 热处理质量检验方法	124
第二章 常用热处理零件的选材	13	一、检验类别	124
一、选择用钢的一般原则	13	二、检验的具体内容及方法	124
二、齿轮材料的选用	15	三、各类热处理质量检验规程	126
三、常用轴类材料的选用	22	四、原材料的进厂检验	135
四、常用渗氮零件材料选用	23	第七章 热处理缺陷分析及其质量控制	138
五、常用弹簧材料的选用	27	一、热处理常见缺陷及其防止措施	138
六、渗碳零件的材料选用	30	二、热处理质量控制	143
七、渗碳钢、调质钢按淬透性值选用	32	第八章 热处理工艺设计方法	149
第三章 整体热处理工艺参数的选择	34	一、金属材料在图样上标注的规定	149
一、加热温度的选择	34	二、金属材料的加工工艺路线	150
二、加热速度的确定	38	三、热处理零件工艺设计技术要求	152
三、加热时间的计算与选择	39	四、热处理对零件结构设计的要求	158
四、可控气氛的选择	52	五、热处理工艺规程的制定	166
五、冷却参数的选择	54	第九章 热处理工装的设计与选用	179
六、回火参数的选择	60	一、工装在生产中的作用	179
七、常用钢的回火曲线	61	二、工装的分类、编号和管理	179
第四章 感应加热淬火与火焰淬火 工艺设计	68	三、工装设计的原则及其程序	181
一、表面淬火零件的一般技术要求	68	四、一般低碳钢、耐热钢工夹具强度的核算	183
二、高中频设备的选择	69	五、各类工夹具与吊具的实例	183
三、加热时间与比功率的选择	72	第十章 热处理工艺新进展	194
四、感应加热淬火热参数的确定	75	一、淬火工艺新进展	194
五、感应加热淬火计算及其编制工艺程序举例	78	二、感应加热淬火新进展	199
六、感应器的设计	82		

三、快速表面局部淬火	202
四、化学热处理进展	204

五、80年代热处理技术的重要成就	207
------------------------	-----

第二篇 热处理设备及车间设计

第十一章 筑炉材料	209	五、燃烧装置的选择	281
一、耐火材料	209	六、燃料消耗量的计算	285
二、保温材料	218	七、烧嘴及烟道位置的布置	286
三、耐热金属材料	218	八、常用燃料炉的技术数据和材料用量	288
四、其他金属材料	220	第十六章 热处理炉的修理改造	291
第十二章 电阻炉设计	221	一、热处理炉的大修周期及维修内容	291
一、炉型选择	221	二、旧式热处理炉的改造	293
二、炉膛尺寸的确定	222	三、旧式井式气体渗碳炉的改造	298
三、炉衬结构及其尺寸的确定	223	四、旧式井式电阻炉的改造	301
四、炉子功率的确定	234	五、旧式电阻炉电气控制线路的改造	302
五、电阻炉功率的分配	235	六、常用电阻炉大修前耐火材料的准备	304
六、电热元件材料的选用及尺寸的确定	236	第十七章 炉用机械化设计	305
七、常用电阻炉的型号及技术指标	240	一、通用机械零件的设计	305
八、硅碳棒的计算与安装	246	二、减速器	324
九、电热元件的连接方法	250	三、推杆式运送机构	325
十、电热元件在炉内的安装方法	254	四、振底式运送机构	328
第十三章 电极盐浴炉设计	256	五、输送带式运送	333
一、炉型选择	256	六、台车式运送	335
二、电极盐浴炉炉体结构及其尺寸的确定	257	七、热处理用机械手	344
三、电极盐浴炉功率的确定	259	第十八章 热处理车间设计	347
四、电极设计	259	一、热处理车间设计的步骤与内容	347
五、电极柄的设计	265	二、车间生产纲领的确定	347
六、电极的使用寿命	265	三、热处理工艺分析	350
七、启动电极的设计	266	四、车间工作制度	351
八、汇流排的选用	266	五、车间工作时间	351
九、电极盐浴炉用变压器的选择	267	六、车间设备的选择及数量的确定	352
十、电极盐浴炉的抽风装置	268	七、车间的组织与人员的确定	361
第十四章 硝盐炉设计	270	八、车间厂房建筑	363
一、外热式硝盐炉设计要点	270	九、热处理车间面积的划分及确定	366
二、内热式硝盐坩埚炉设计	271	十、车间平面布置	368
三、搅拌器的设计	274	十一、车间管道布置	379
四、常用硝盐坩埚炉的型号及技术规格	275	十二、车间采暖、通风、采光	380
第十五章 燃料炉设计	276	第十九章 热处理车间的技术计算	382
一、燃料炉炉型的选择	276	一、车间用电计算	382
二、炉膛尺寸的确定	277	二、车间燃料消耗计算	383
三、炉衬组成及其尺寸的确定	278	三、车间用水计算	384
四、燃料的燃烧计算	280	四、车间生产用蒸汽消耗计算	386
		五、车间压缩空气消耗量计算	387

六、车间乙炔、氧气消耗量计算	390	附录 C 热处理质量检验标准号与标准	
七、车间辅助材料消耗量计算	390	名称	404
第二十章 热处理车间的成本核算	391	附录 D 热处理采用的主要材料和辅助材	
一、成本的组成及计算方法	391	料的消耗定额	409
二、热处理车间基本建设投资估算	394	附录 E 常用热处理温控装置技术规格	414
三、热处理车间主要技术经济指标	397	附录 F 常用热电偶保护套管及补偿	
四、投资的经济效果评价	398	导线	416
五、工艺方案的评价标准简介	400	附录 G 常用感应加热装置技术规格	417
附录	402	附录 H 工业“三废”综合利用	421
附录 A 国内外常用标准代号	402	附录 I 热处理易燃易爆品技术要求	422
附录 B 钢产品标准号与标准名称	403	参考文献	424

第一篇 热处理工艺工装设计

第一章 热处理设计概论

一、热处理常用符号、名称及其单位

见表1-1。

表1-1 热处理常用符号、名称及其单位对照表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
A	奥氏体		c_V	定容比热容	$J/(kg \cdot K)$
a	① 面积 ② 晶格常数 ③ 裂纹长度 ④ 试样厚度 ⑤ 热扩散率	mm^2, cm^2 $\text{\AA} (1\text{\AA} = 10^{-8}cm)$ $\mu m, mm$ mm, cm $m^2/h \left(a = \frac{\lambda}{c\rho} \right)$	COD	裂纹尖端张开位移	mm
a_B	溶质B的相对活度		a_K	夏比V型缺口冲击韧度	J/cm^2
Ac_1	加热下临界温度	$^{\circ}C$	D	① 外径 ② 扩散系数	mm, cm s^{-1}, cm^{-1}
Ac_3	(亚)加热上临界温度	$^{\circ}C$	D_i	理想临界直径	mm
Ac_{cm}	(过)加热上临界温度	$^{\circ}C$	D_0	临界直径	mm
A_K	冲击功	$J (\approx 0.1kgf \cdot m)$	D^I	碳氮共渗淬火	
a_K	冲击韧度(U型缺口)	$J \cdot cm^{-2}$	d_B	布氏硬度压痕直径	mm
Ar_1	冷却下临界温度	$^{\circ}C$	E	弹性模量	MPa
Ar_3	冷却上临界温度	$^{\circ}C$	F	铁素体	
atm	标准大气压	Pa	F_M	淬透性系数	
B	① 贝氏体 ② 磁感应强度	T	f	① 摩擦系数 ② 电流频率 ③ 挠度	Hz mm
B_s	贝氏体转变开始温度	$^{\circ}C$	f_B	物质B的活度系数	
$B_{\perp}$	上贝氏体		G	① 切变模量 ② 石墨 ③ 高频淬火	MPa
$B_{\overline{\Gamma}}$	下贝氏体		H	① 磁场强度 ② 淬火烈度	$A/m \left(\approx \frac{4\pi}{1000} Oe \right)$ m^{-1}
C	① 碳化物 ② 比热容 ③ 某物质浓度	$J/(kg \cdot K)$ mol/L	HBS	布氏硬度	
v	④ 比容 (比体积)	m^3/kg	H_e	矫顽力	$A/m \left(\approx \frac{4\pi}{1000} Oe \right)$
c_p	定压比热容	$J/(kg \cdot K)$			

(续)

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
H_m	达到饱和磁感应强度时的磁场强度	$A/m \left(\approx \frac{4\pi}{1000} Oe \right)$	P	① 珠光体 ② 功率 ③ 外加载荷	kW N($\approx 0.1kgf$)
HM	显微硬度		P	压强	MPa
HK	努氏硬度值		P_W	工件表面吸收功率	W
HRA	洛氏 A 标度硬度值		Q	扩散激活能	$J \cdot mol^{-1}$
HRB	洛氏 B 标度硬度值		q	热流密度或热通量	W/m^2
HRC	洛氏 C 标度硬度值		R	电阻	Ω
HRN	表面硬度		r	半径	mm, cm
HS	肖氏硬度值		r_B 或 $r(B)$	溶质 B 的摩尔比 $r_C \approx 0.1\%$ 即含碳原子百分数是 0.1%	
HV	维氏硬度值		RE	稀土族元素	
(HV) $_{HL}$	表面淬火时极限硬度		S	① 面积 ② 索氏体(淬火索氏体) ③ 真实应力	mm ² , cm ² , m ² MPa
(HV) $_{MS}$	表面淬火时零件要求的最低表面硬度		S_K	真实断裂应力	MPa
I	磁化强度	$A/m \left(\approx \frac{4\pi}{1000} Oe \right)$	T	① 托氏体(屈氏体) ② 温度 ③ 扭矩	K N·m
I_f	涡流强度	A/m	t	时间	h, min, s
I_s	饱和磁化强度	A/m	U	① 电压 ② 体积, 容积	V cm ³ , m ³ , L
J_{Ic}	I 型裂纹临界 J 积分		v	加热速度	°C/s
$J \frac{HRC}{d}$	淬透性值, 式中 d 为至水冷端的距离, HRC 为该处的洛氏硬度值		v_c	① 临界淬火冷速 ② 蠕变速度	°C/s %/h
K	应力强度因子	MPa·mm ^{-3/2}	W_B 或 $W(B)$	溶质 B 的质量分数 $W_C = 0.1\%$ 即含碳重量百分数是 0.1%	
K_{Ic}	平面应力断裂韧度	MPa·mm ^{-3/2}	α	① α 相 ② 给热系数	W/(m ² ·°C)
K_{Ic}	平面应变断裂韧度	MPa·mm ^{-3/2}	α_t	线膨胀系数	K ⁻¹
L	① 液态相 ② 长度	mm, cm	β	① β 相 ② β 射线	
M	马氏体		γ	① γ 相 ② γ 射线	
m	质量	kg			
M_d	形变诱发马氏体转变开始温度	°C			
M_e	金属元素				
M_f	(马氏体转变终止温度)	°C			
M_s	(马氏体转变开始温度)	°C			
N	循环次数				
n	转速	r/min, r/s, r/h			

(续)

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
δ	① δ 相		σ_b	抗拉强度	MPa
	② 伸长率	(%)	σ_{bb}	抗弯强度	MPa
	③ 厚度	mm、cm	σ_{bc}	抗压强度	MPa
δ_5	5 倍试样的伸长率	(%)	σ_e	弹性极限	MPa
δ_{10}	10 倍试样的伸长率	(%)	σ_N	循环周次为 N 时的疲 劳强度	MPa
Δ	电流透入深度	mm	σ_p	比例极限	MPa
Δp	比功率	$\text{kW} \cdot \text{cm}^{-2}$	σ_s	屈服点	MPa
ϵ	① ϵ 相		σ_{10^5}	100000 h 的持久强度	MPa
	② 真应变	mm/mm (%)	$\sigma_{1/10^5}$	条件蠕变极限 $\sigma_{-1}/10^5$ 指在 100000 h 内引起的总变形量为 1% 的应力	MPa
	③ 相对伸长率	(%)			
λ	① 热导率 (导热系 数)	$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$	τ	① 切应力	MPa
	② 波长	$\text{\AA}, \mu\text{m}$		② 时间	h、min、s
μ	磁导率	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$	τ_{-1}	光滑试样对称循环扭 转疲劳极限	MPa
μ_0	真空磁导率	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$	τ_{-N}	缺口试样对称循环扭 转疲劳极限	MPa
ρ	① 电阻率 (电阻系 数)	$\Omega \cdot \text{m}$	ϕ	直径	mm
	② 密度	$\text{g}/\text{cm}^3, \text{kg}/\text{m}^3$	φ	角度 (平面角 rad、 球面角 sr)	($^\circ$)、弧度
ν	泊松比		ψ	断面收缩率	(%)
σ	① σ 相				
	② 应力	MPa			
σ_{-1}	对称应力循环下的弯 曲疲劳极限	MPa			
$\sigma_{0.2}$	永久变形为 0.2% 时 的屈服点	MPa			

二、热处理工艺设计常用术语

热处理工艺是机械制造工艺中的一个组成部分, 因此, 机械制造工艺中一些通用术语的概念同样适用于热处理工艺。为了统一规定, 下面将容易混淆的一些术语作简要的阐述。见表 1-2。

表 1-2 热处理工艺设计常用术语

序号	术语名称	涵 义
1	热处理工序	单个或多个 (或一批) 零件, 一个或几个工人 (一组), 在同一工作地, 连续完成零件的部分或全部热处理工艺过程叫做热处理工序。简称工序

(续)

序号	术语名称	涵 义
2	基本工序	为了达到零件热处理的目的所必须进行的基本工作单元。如退火、正火、淬火、回火、渗氮等
3	辅助工序	为保证基本工序更好地实现,所进行的辅助操作,如清洗、酸洗、校直、喷砂(喷丸)、零件装夹等工序
4	复合工序	二个或二个以上工序合并一次完成的叫复合工序。如形变热处理、渗碳后直接淬火等
5	检验工序	为检验零件质量而必需的操作。如对硬度、变形及裂纹等的检验
6	工步	工序中工艺参数保持不变的部分。如淬火工序是由加热和冷却两个工步组成。工步可以分得很细,如加热可以分为预热、加热、保温;冷却可以分为降温、等温、冷却等
7	复合工步	由两个或两个以上工步合并一次完成的叫复合工步。如电接触淬火、轴类零件感应连续淬火等
8	生产周期	是指热处理零件自送到热处理车间起到热处理完成,并经检验合格的这段时间。生产周期可以是一道热处理工序,也可以包括若干道热处理工序
9	热处理工艺路线(操作程序)	热处理生产工艺的一个周期中,所有基本工序、辅助工序和检验工序操作的先后次序。如调质半轴最后热处理工艺路线是:淬火—回火—喷丸—检验—校直—检验
10	热处理工艺规程	把热处理工艺过程的各工序的每项内容(零件的基本状况、工艺参数、工艺装备、操作要领及注意事项、质量要求等)写成能指导热处理生产的技术文件,即工艺卡或工艺卡片
11	热处理工艺装备(简称工装)	凡是为了满足热处理生产要求,保证热处理质量,保证生产安全的一切工夹具及辅助装置都称工艺装备。它包括专用工装(感应器、定形回火夹具、心轴、压板等)、通用工装(篮筐、钩子、垫铁、通用吊具、料盘等)以及标准工装(标准件组合的工装、标准的吊钩等)等
12	工艺参数	是控制工艺过程正常进行的必要的一种或数种物理量。如温度、时间、流量、压力、电流强度、电压和气氛的露点等是具体数值或范围
13	加热参量	是控制加热参数的物理量。它与加热参数有着密切的关系。调节加热参量可以改变加热参数,如用调节燃料的单位消耗,改变输出比功率,变换工件在加热区的运动速度,调整电加热装置的功率因数等来控制 and 改变加热参数
14	热处理工艺过程	是指零件从原材料或毛坯到成品的整个生产过程中所有热处理的加热、保温及冷却工序的总和。热处理工艺过程一般分两部分,即预备热处理、最终热处理。必要时还有补充热处理
15	预备热处理	为达到工件最终热处理的要求,取得需要的预备组织所进行的预先热处理
16	最终热处理	为获得零件所需要的性能,全面地满足零件的技术要求的热处理工序
17	补充热处理	是在最终热处理之后,为了进一步提高零件的性能或延长零件的使用寿命,提高零件和工件的精度而附加的热处理工序
18	有效厚度	工件各部位的壁厚不同时,若按某处壁厚确定加热时间可保证热处理质量,则该处的壁厚即称为工件的有效厚度。一般是指在最快加热方向上的截面厚度
19	炉温均匀性	在正常工作条件和额定温度(或考核温度)下,在热稳定状态时,同一时刻在规定的测温区域内最高与最低炉温的偏差
20	有效加热区	炉膛内炉温均匀性符合热处理工艺要求的装料区域。有效加热区的确定按JB2251—78规定
21	有效渗碳硬化层深度	渗碳淬火后的工件由其表面测定到规定硬度(通常为550HV)处的垂直距离,称为有效渗碳硬化层深度
22	有效渗氮层深度	从渗氮件表面向内到规定硬度的那一层的垂直距离称为有效渗氮层深度

(续)

序号	术语名称	涵 义
23	极限硬度 (HV _{HL}) (表面淬火)	零件表面所要求的最低硬度 (HV) 的函数, 由下式求出: $HV_{HL} = 0.8 \times HV_{MS}$ (式中 HV _{HL} 为极限硬度; HV _{MS} 为零件表面所要求的最低硬度)
24	有效硬化层深度 (DS)(表面淬火用)	从零件表面到维氏硬度等于极限硬度的那一层之间的距离。深层单位 mm
25	有效渗铬层厚度	工件表面经扩散而形成 (Cr、Fe) ₂₃ C ₆ 、(Cr、Fe) ₇ C ₃ 、(Cr、Fe) ₃ C 等碳化物的整个渗层厚度
26	硼化物层总厚度	工件表面经渗硼而形成 Fe ₂ B 或 FeB + Fe ₂ B 的硼化物层的整个层厚度
27	渗钒层总深度	工件表面经渗钒而形成 VC、V ₄ C ₂ 、V ₈ C ₇ 等碳化物层的整个渗层厚度
28	热处理变形	由热处理引起的工件形状或尺寸的偏差。垂直于长度方向上的变形叫弯曲。引起形状变化的叫翘曲

注: 本术语参照 GB7232—87 中的规定及其它有关资料汇集而成。

三、热处理工艺分类及代号

1. 常用热处理工艺及代号

见表 1-3。

表 1-3 常用热处理工艺及代号

工 艺	代 号	工 艺	代 号
热处理	5000	空冷淬火	5131 a
感应热处理	5002	油冷淬火	5131 e
火焰热处理	5003	水冷淬火	5131 w
激光热处理	5005	盐水淬火	5131 b
电子束热处理	5006	有机水溶液淬火	5131 J
离子热处理	5007	盐浴淬火	5131 s
真空热处理	5000 V	压力淬火	5131 P
保护气氛热处理	5000 P	双液淬火	5131 d
可控气氛热处理	5000 C	分级淬火	5131 m
流态床热处理	5000 F	等温淬火	5131 n
整体热处理	5100	形变淬火	5131 f
退火	5111	淬火及冷处理	5131 z
去应力退火	5111 e	感应加热淬火	5132
扩散退火	5111 d	真空加热淬火	5131 V
再结晶退火	5111 r	保护气氛加热淬火	5131 P
石墨化退火	5111 g	可控气氛加热淬火	5131 C
去氢退火	5111 h	流态床加热淬火	5131 F
球化退火	5111 s	盐浴加热淬火	5131 L
等温退火	5111 n	盐浴加热分级淬火	5131 Lm
正火	5121	盐浴加热盐浴分级淬火	5131 Lstm
淬火	5131	淬火和回火	5141

(续)

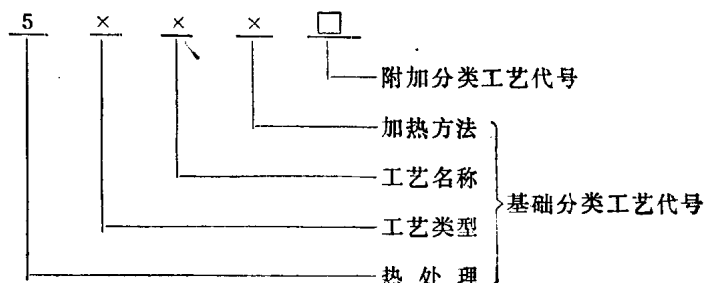
工 艺	代 号	工 艺	代 号
调质	5151	渗氮	5330
稳定化处理	5161	液体渗氮	5331L
固溶处理, 水韧处理	5171	气体渗氮	5331G
固溶处理和时效	5181	离子渗氮	5337
表面热处理	5200	流态床渗氮	5331F
表面淬火和回火	5210	氮碳共渗	5340
感应淬火和回火	5212	渗其它非金属	5350
火焰淬火和回火	5213	渗硼	5350(B)
电接触淬火和回火	5214	固体渗硼	5351(B)S
激光淬火和回火	5215	液体渗硼	5351(B)L
电子束淬火和回火	5216	离子渗硼	5357
物理气相沉积	5228	渗硅	5350(Si)
化学气相沉积	5238	渗硫	5350(S)
等离子体化学气相沉积	5248	渗金属	5360
化学热处理	5300	渗铝	5360(Al)
渗碳	5310	渗铬	5360(Cr)
固体渗碳	5311S	渗锌	5360(Zn)
液体渗碳	5311L	渗钒	5360(V)
气体渗碳	5311G	多元共渗	5370
真空渗碳	5311V	硫氮共渗	5370(S-N)
可控气氛渗碳	5311C	铬硼共渗	5370(Cr-B)
流态床渗碳	5311F	钒硼共渗	5370(V-B)
离子渗碳	5317	铬硅共渗	5370(Cr-Si)
渗碳及直接淬火	5311g	硫氮碳共渗	5370(S-N-C)
气体渗碳及直接淬火	5311Gg	铬铝硅共渗	5370(Cr-Al-Si)
渗碳及一次加热淬火	5311r	熔渗	5380
渗碳及二次加热淬火	5311t	激光熔渗	5385
渗碳及表面淬火	5311h	电子束熔渗	5386
碳氮共渗	5320		

注: 1. 本表根据GB/T 12603—90。

2. 表中代号说明见表1-4、表1-5、表1-6、表1-7、表1-8。

2. 热处理工艺代号说明

(1) 热处理工艺代号标记规定如下:



(2) 基础分类工艺代号 见表1-4。

表1-4 基础分类工艺代号

工艺总称	代 号	工艺类型	代 号	工 艺 名 称	代 号	加热方法	代号
热处理	5	整体热处理	1	退火	1	加 热 炉	1
				正火	2		
				淬火	3		
				淬火和回火	4	感 应	2
				调质	5		
				稳定化处理	6		
				固溶处理、水韧处理	7	火 焰	3
				固溶处理和时效	8		
		表面热处理	2	表面淬火和回火	1	电 阻	4
				物理气相沉积	2		
				化学气相沉积	3	激 光	5
				等离子体化学气相沉积	4		
		化学热处理	3	渗碳	1	电 子 束	6
				碳氮共渗	2		
				渗氮	3		
				氮碳共渗	4	等 离 子 体	7
				渗其它非金属	5		
				渗金属	6		
				多元共渗	7	其 它	8
				熔渗	8		

3. 附加分类工艺代号

见表1-5、表1-6、表1-7、表1-8。

表1-5 加热介质及代号

加热介质	固 体	液 体	气 体	真 空	保护气体	可控气氛	液 态 床
代 号	S	L	G	V	P	C	F

表1-6 退火工艺及代号

退火工艺	去应力退火	扩散退火	再结晶退火	石墨化退火	去氢退火	球化退火	等温退火
代 号	e	d	r	g	h	s	n

表1-7 淬火冷却介质和冷却方法及代号

冷却介质和方法	空气	油	水	盐水	有机水溶液	盐浴	压力淬火	双液淬火	分级淬火	等温淬火	形变淬火	冷处理
代 号	a	e	w	b	y	s	p	d	m	n	f	z

表1-8 渗碳、碳氮共渗后冷却方法及代号

冷却方法	直接淬火	一次加热淬火	二次加热淬火	表面淬火
代 号	g	r	t	h

四、热处理工艺、组织的优化设计

1. 热处理工艺优化设计

当前热处理优化设计的趋势是使典型的热处理工艺流程程序化，建立起材料—热处理工艺参数—性能之间的数学模型，从而借助电子计算机来进行热处理工艺规范的优选，图1-1是热处理优化设计的典型程序。

图1-1说明了产品（零部件）设计、材料选择至工艺流程、工艺规范的优选及最终评定的相互关系。初步评价是根据采用的工艺流程和方案；对零部件进行初步而又全面的技术和经济分析的比较，如果不满足要求，则重新从选材上考虑是否需要改变。关于组织、性能、残余应力、尺寸变化的预测，可以根据生产实践中积累的经验 and 试验加以解决。对最终评价，则必须坚持通过小批的中间试验、组织与性能的实验观测和寿命试验加以确定。

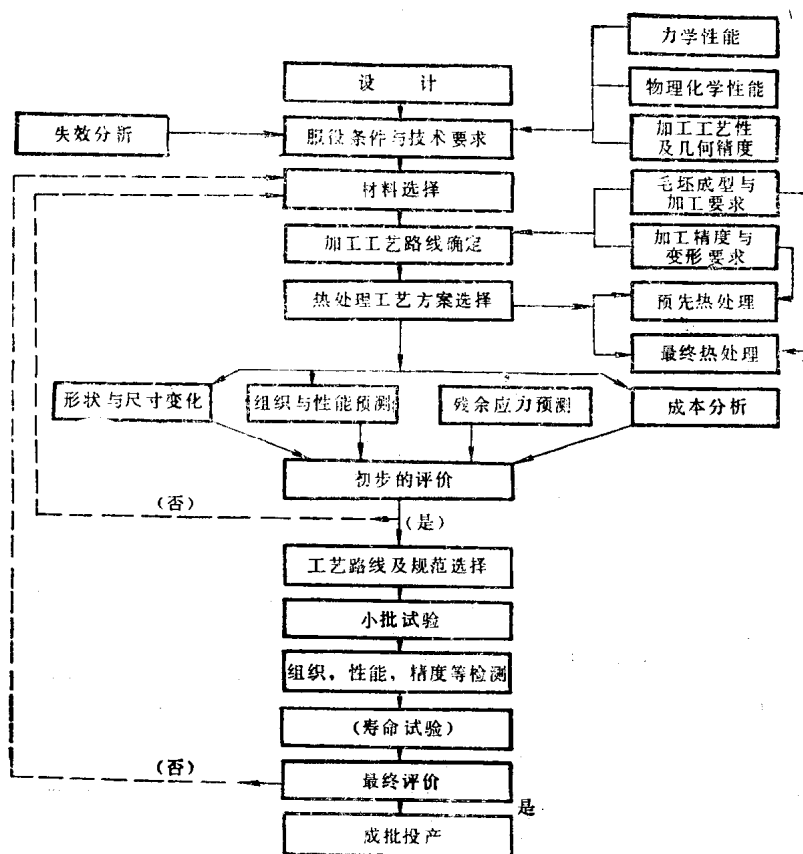


图1-1 热处理工艺优化设计的程序

2. 组织的优化设计

由于零件的使用性能各异, 针对某一种具体零件所编制的热处理工艺规程, 应该使零件具有能最大限度地满足使用性能要求的组织结构状态。这就存在一个组织优化设计问题。下面以抗断裂的组织设计为例提出一些看法。

(1) 对非马氏体组织的看法 传统观念希望淬火后基体为马氏体组织, 不希望出现其他组织。有资料表明, 当基体中的马氏体从100%减少到50%后, 弯曲疲劳强度下降20%。然而, 由于研究工作的不断深入, 对非马氏体组织的影响问题应该辩证地分析。例如, 魏氏组织、夹杂物和蔡状组织在钢中都认为是有害的。可是近年来的研究表明, 如魏氏组织以交叉细针状形态存在, 夹杂物以硫化物包围脆性氧化物或硅酸盐等的形态存在, 在一定条件下, 它们对性能产生的影响不大。目前也有应用含有蔡状组织的刀具的报道。又如, 传统的看法认为上贝氏体的性能不好。但是, 有一种奥贝球墨铸铁, 在380℃等温后获得的上贝氏体, 强韧性均好 ($\sigma_b = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$, $\delta = 8\% \sim 12\%$)。

(2) 使沿晶断转化为穿晶断的组织设计 沿晶断是低能断裂, 受控于裂纹萌生, 一旦产生裂纹就失稳扩展, 这是很危险的。如回火脆性、低温脆断、疲劳断裂、应力腐蚀、氢脆、冲击和蠕变等均存在沿晶断。因此, 要从组织设计上采取控制措施, 使沿晶断转化为穿晶断。

① 球化或消除沿晶界连续分布的脆性相。例如, T10A钢经碳化物微细球化处理和短时加热淬火。

② 减少杂质元素 (Sn、As、Sb、P等) 的晶界偏聚。如采用两相区淬火, 和加微量硼或稀土元素使晶界净化。

③ 细化晶粒或使之产生锯齿形晶界。如将渗碳钢 20CrMnTi改为碳氮共渗, 可以减小晶粒尺寸。在一定条件下, 锻后余热淬火可产生锯齿形晶界。

④ 晶界析出软性第二相等。

(3) 穿晶断及组织优化设计 断裂能量(应力表示)与有效晶粒尺寸之间有反比关系: 即晶粒直径 d_p 越小, 断裂所需能量 σ_f 越大, 故从组织角度应设法尽量减小 d_p 。

抗断裂的组织设计:

① 希望 d_p (有效) 小。钢中组织按 d_p 由小到大一般依次为:

下贝氏体→回火马氏体→低碳马氏体→上贝氏体→珠光体。

② 细化晶粒或亚晶, 如低碳马氏体的板束细化。

③ 第二相分割基体, 如下贝氏体分割马氏体, 魏氏针状铁素体交叉等。

④ 基体加均匀布软性第二相, 如马氏体加点状的 $\alpha\text{-Fe}$ 、马氏体加残余奥氏体、奥贝球墨铸铁 (上贝氏体加残余奥氏体) 等。

⑤ 基体加均匀分布细小的硬性第二相, 马氏体加碳化物、球墨铸铁中基体铁素体加石墨球。

⑥ 脆性相外包软性相, 如硅酸盐夹杂外包硫化物、破碎状铁素体包石墨球等。

五、设计质量的分析

1. 设计质量、成本和销售额的关系

设计质量与成本的关系曲线见图1-2 a 中的曲线c, 质量与销售额的关系如曲线s所示。

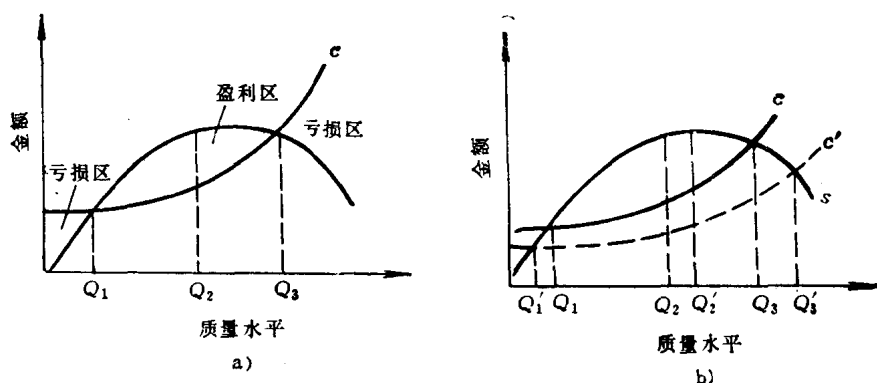


图1-2 质量与成本及销售额的关系

a) 一般情况下关系曲线 b) 改进后关系曲线

由图可知，只有将质量水平保持在 Q_1 和 Q_3 之间才能获利，最好在最大盈利的质量水平 Q_2 处。

设计上的周密考虑和生产技术上的进步会降低生产成本曲线，如图1-2b所示。当改进后的成本曲线为 C' 时，盈利区就会由 $Q_1 \sim Q_3$ 扩展到 $Q'_1 \sim Q'_3$ ，并使能获得最大利润的质量水平，由 Q_2 提高到 Q'_2 。由此可见，设计过程又直接影响制造过程中生产技术水平和管理水平的提高，而生产技术水平和管理水平的提高，对提高产品质量、增加盈利又起着促进作用。

2. 零件设计、材料选择和热处理对质量的贡献

机械零件失效以疲劳损坏所占比例最大。下面以疲劳强度为例，说明零件设计—材料选择—热处理三者的优劣对零件质量（性能）的影响。

通过图1-3的比较，可见三者结合的重要性。研究者指出，三种因素对齿轮变形影响的数量是：设计占50%~60%，表面淬火钢选择占20%~30%，表面淬火工艺参数影响占5%~15%（仅从淬火速度控制方面考虑）。

总之，优秀的设计、恰当的选材和良好的热处理工艺的配合将带来最大的经济效益。

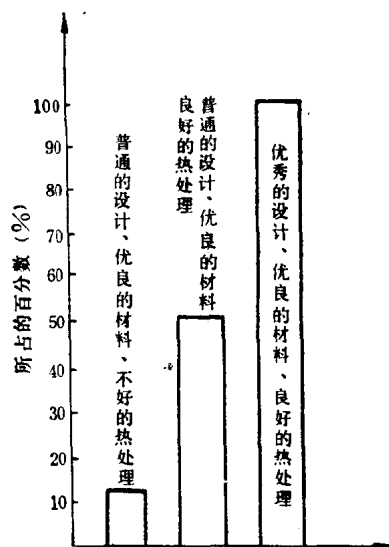


图1-3 零件设计、选材和热处理对疲劳强度的贡献

六、热处理质量考核内容

为了提高热处理质量，必须使用良好的热处理设备和合理的辅助材料，严格进行质量检验，同时还必须不断提高热处理生产水平和技术水平。为了实现这一要求，应该对工艺水平、热处理设备、辅助材料和管理水平进行认真的考核。各项考核的内容见表1-9~表1-12。