

实用热处理 节能降耗技术300种

金荣植 编著



- ◆ 成熟性+先进性+可操作性+显著应用效果
- ◆ 节能降耗机理+应用实例+节能降耗效果
- ◆ 提供一些典型零件热处理难题的解决方法



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

实用热处理节能降耗技术 300 种

金荣植 编 著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书较全面地介绍了 300 种实用的热处理节能降耗技术,包括节能降耗机理、应用实例和节能降耗效果。同时,也提供了一些典型零件热处理难题的解决方法。本书主要内容包括节能降耗热处理工艺与方法、节能降耗热处理设备技术、节能降耗热处理材料与应用、热处理节能降耗的管理措施与方法。

本书内容丰富,简明实用,具有成熟性、先进性、可操作性、生产应用效果显著的特点,可供从事热处理生产、设备制造的工程技术人员、工人、管理人员(包括企业能源管理人员)等阅读,同时对从事相关专业的工科院校师生、科研单位人员也有较高的参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

实用热处理节能降耗技术 300 种/金荣植编著. —北京:电子工业出版社, 2015.12
ISBN 978-7-121-25896-1

I. ①实… II. ①金… III. ①热处理 IV. ①TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 080285 号

策划编辑:郭穗娟

责任编辑:郭穗娟 特约编辑:顾慧芳

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:22.25 字数:568 千字

版 次:2015 年 12 月第 1 版

印 次:2015 年 12 月第 1 次印刷

定 价:69.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言

在市场经济社会里，能耗的高低往往直接反映在产品的成本 and 价格上，直接影响着企业产品营销的竞争力，甚至影响着企业的生存和发展。近年来，随着我国经济发展速度的放缓，热处理行业的发展面临瓶颈，热处理行业进入了竞争日趋白热化的阶段，拼质量、拼价格、拼交货期，但归根结底是企业内在成本上的比拼。热处理行业作为水、电、气的能源消耗大户，能源费用占成本中的 50% 左右，其中用电成本又占绝大部分。近年来各有关工厂、企业在节能降耗方面做了大量工作，通过开发、推广应用节能热处理技术和装备技术，不断完善热处理厂（车间）的生产组织和管理以及进行专业化生产，使我国热处理行业的节能降耗工作取得了明显成效，热处理平均单耗已从“十五”期间的 $1000\text{kW} \cdot \text{h/t}$ ，降低到“十一五”期末的 $600\text{kW} \cdot \text{h/t}$ ，但与 20 世纪 70 年代末欧美先进国家及日本相比，这一数据仍高 1.5~2 倍。

与国外工业发达国家相比，造成我国热处理能耗较高原因如下：

① 热处理设备负荷率低，不到 30%。由此造成的电能浪费估计在 40% 以上，也是能源利用率低的主要原因。

② 设备的有效利用率小，低于 30%。由于生产管理不当，加热设备不能连续开动，大量的时间和电能消耗在炉子升温上。

③ 热处理设备陈旧，加热设备的热损失大。

④ 加热过程中的无效消耗多。各种加热炉的夹具、料盘设计尺寸过大，致使约 10%~20% 的电能被浪费。大量的余热、废热没有得到回收利用，热处理返修率和废品率较高，热处理设备的冷却系统大多采用水冷却，导致水资源的浪费。

⑤ 热处理工艺落后，加热和保温时间的计算过于保守，沿袭传统的热处理工艺约占 90% 以上，而使用节能新技术的还不到 10%。

⑥ 操作人员节能意识差，人为浪费能源的现象严重。

⑦ 使用耗能大的落后设备，老式炉子占比仍不小，维修次数频繁，保温性能变差。

⑧ 在管理上忽视了节能工作，缺乏有效的节能措施。以上原因导致不少热处理企业能耗成本升高、利润降低，企业处于保本或亏损状态，市场竞争力处于劣势。

美国热处理行业 2020 年目标：能耗减少 80%，工艺周期缩短 50%，生产成本降低 75%，热处理实现零畸变和最低的质量分散度，加热炉使用寿命增加 9 倍，加热炉价格降低 50%，实现生产的零污染。这些都给我国热处理行业许多很好的启示，使我们认识到热处理节能降耗的潜力是巨大的。

我国是一个能源短缺的国家，但又是世界上第二能源消耗大国，1997 年我国发布了《中华人民共和国节约能源法》，挖掘节能的潜力是实现热处理节能降耗的重要措施。对此，可以从以下四个方面采取措施：一是推广采用节能的热处理工艺，降低能源成本，提高生产效率；二是推广使用高效节能的热处理设备，改造或淘汰能耗高的落后设备；三是采用节能热处理材料；四是实施节能的管理措施等。这不仅可以降低热处理能耗和生产成本，提高产品利润率，而且还可以提高企业市场竞争力。

我国热处理行业“十二五”规划要求规模以上热处理企业“十二五”末平均单位能耗降低到 $450\text{kW} \cdot \text{h/t}$ ；热处理燃料炉比重达到 15%，平均热效率达到 55%，且 80% 的燃料炉都实行空气预热，预热温度在 300°C 以上；热处理电阻炉 50% 以上采用陶瓷纤维炉衬，综合热效率达到 30%；热处理生产电能燃料消耗降到生产成本的 20% 以下；热处理设备寿命在 20 年以上。以上这些都是我国热处理企业通过不断努力要达到的目标。

本书作者根据近 30 年来一线生产所积累的实践经验，以及与高校、大厂合作的科研成果，并参考国内外有关热处理节能降耗方面的新技术、新工艺与新方法，从节能工艺、节能设备、节能材料和节能管理等方面，以条块形式介绍 300 余例热处理节能降耗技术，以期为广大读者在热处理节能降耗方面提供更多、更有实用价值的手段与方法，为企业创造更高的经济效益。

金荣植

目 录

第 1 章 节能降耗热处理工艺与方法	1
1.1 缩短加热时间方法	1
1.1.1 零保温淬火与正火	2
技术 1 45 钢锥齿轮零保温淬火	2
技术 2 稀土镁球墨铸铁曲轴零保温正火、不回火工艺	3
1.1.2 减小加热时间计算系数方法	3
技术 3 加热时间的节能算法	3
技术 4 30CrMnSiA 钢筒形零件加热淬火节能工艺	6
技术 5 45 钢制轴头调质节能工艺	7
技术 6 热处理加热保温时间的“369”节能法则	8
技术 7 利用黄金数字缩短钢的淬火加热时间方法	9
技术 8 ZG310-570 钢内燃机零件的节能正火工艺	11
1.1.3 提高炉温的快速加热方法	12
技术 9 Cr12MoV 钢矫直辊高温盐浴快速加热淬火工艺	13
技术 10 16Mn 钢吊钩高温短时加热淬火强韧化工艺	14
1.1.4 高温渗碳、碳氮共渗工艺	15
技术 11 20CrNi2Mo 钢齿轮轴的高温快速渗碳工艺	16
技术 12 高温可控气氛循环渗碳工艺	16
技术 13 20CrMnTi 钢齿轮轴高温可控气氛渗碳工艺	18
技术 14 SCM415 钢高温渗碳工艺	18
技术 15 东风汽车公司 20CrMnTiH 钢行星轮轴高温渗碳工艺	19
技术 16 东风汽车公司 SCM420 钢中桥齿轮的高温渗碳工艺	20
1.1.5 高温快速渗氮工艺	21
技术 17 42CrMo 钢大型内齿圈高温渗氮工艺	21
技术 18 25Cr2MoVA 钢汽轮机组零件高温快速渗氮工艺	22
1.1.6 低压真空渗碳工艺	22
技术 19 齿轮的低压真空高温渗碳工艺	23
1.1.7 等离子化学热处理	24
技术 20 20Cr2Ni4A 钢大型轴承滚柱等离子渗碳工艺	24
技术 21 20CrMnTi 钢齿轮高温离子渗碳工艺	25
技术 22 20CrMnTi 钢载货汽车后桥从动齿轮离子碳氮共渗工艺	26
技术 23 SCM415 钢制大马力推土机履带销套离子渗碳工艺	26

技术 24	38CrMoAlA 钢薄壁缸套离子渗氮工艺	27
技术 25	20Cr2Ni4 钢齿轮离子渗碳工艺	27
1.1.8	化学催化渗氮、氮碳共渗工艺	28
技术 26	NH ₄ Cl 催渗气体氮碳共渗工艺	28
1.1.9	氧催化渗氮工艺	29
技术 27	38CrMoAl、40Cr 和 42CrMo 钢零件预氧化快速渗氮工艺	29
技术 28	40Cr 钢零件预氧化多段变温循环快速气体渗氮工艺	30
1.1.10	稀土催渗方法	31
技术 29	载货汽车后桥齿轮在连续式渗碳炉上采用稀土快速渗碳工艺	32
技术 30	20CrNiMo 钢矿用牙轮钻头的牙爪零件稀土快速渗碳工艺	33
技术 31	20CrMnTi 钢齿轮稀土快速碳氮共渗工艺	34
技术 32	38CrMoAl、40Cr 钢风电增速箱内齿圈稀土快速渗氮催渗工艺	35
技术 33	天然气压缩机、空压机活塞杆和曲轴的稀土快速氮碳共渗工艺	35
1.1.11	BH 催渗方法	36
技术 34	TS 半轴齿轮连续式渗碳炉快速 BH 催渗工艺	37
技术 35	G20CrNiMo 钢轴承零件 BH 催渗快速渗碳工艺在连续式渗碳炉上的应用	38
技术 36	20CrMo 钢汽车半轴齿轮 BH 催渗工艺	39
1.1.12	机械能助渗节能新技术	39
技术 37	机械能助渗技术种类及其应用效果	40
技术 38	电厂及各类锅炉钢管表面机械能助渗铝技术	41
技术 39	W6Mo5Cr4V2 高速钢钻头机械能助渗碳氮共渗技术	42
1.1.13	电解气相催渗化学热处理	42
技术 40	15Cr11MoV 钢汽轮机主汽门阀杆、阀碟电解气相催渗渗氮工艺	43
1.1.14	德国电解质气相离子催化渗碳技术	44
技术 41	德国 ECA 催渗剂在多用炉上的催渗碳应用	44
技术 42	电解质气相离子催渗技术在连续式渗碳炉上的应用	45
1.1.15	快速回火方法	46
技术 43	采用德国快速回火装置回火方法	47
技术 44	淬火钢的高温快速回火工艺	47
技术 45	快速回火方法	48
1.1.16	轴承钢、工具钢、高速钢高温短时快速退火工艺	49
技术 46	高速钢快速球化退火	49
技术 47	Cr12 模具钢高温快速预冷球化退火工艺	50
技术 48	T10A 钢模具快速球化退火工艺	51
技术 49	3Cr3Mo3VNb (HM3) 钢制铝合金压铸模的快速均匀球化退火组织预处理	52
技术 50	GCr15 轴承钢快速球化退火	53
1.1.17	快速压力渗碳、渗氮工艺	54
技术 51	20CrMnTi 钢农机变速齿轮快速压力渗碳工艺	54
1.1.18	低真空变压快速化学热处理技术	55
技术 52	38CrMoAl 钢主驱动齿轮低真空变压快速气体渗氮工艺	56
技术 53	40Cr 钢齿轮低真空变压快速氮碳共渗工艺	56
1.1.19	快速深层离子渗氮技术	57
技术 54	25Cr2MoVA 钢石油钻机齿轮快速深层离子渗氮工艺	57
1.1.20	增压气体快速氮碳共渗工艺	58

技术 55	45 钢、40Cr 钢增压气体快速氮碳共渗工艺	58
1.1.21	高压快速气体渗碳法	59
技术 56	20 钢发动机摇臂轴采用高压、大剂量滴注式快速气体渗碳 (HG) 技术	59
1.1.22	流态炉高温渗碳 (碳氮共渗) 方法及流态炉渗氮工艺	60
技术 57	流态粒子渗碳及流态炉渗氮工艺及其节能效果	61
技术 58	20CrMnTi 和 20Cr 钢工件石墨粒子流态炉高温碳氮共渗	61
技术 59	滚珠丝杆螺母的流态炉加热淬火	61
1.1.23	用短时加热低碳马氏体淬火代替渗碳、碳氮共渗淬火	62
技术 60	低碳钢件的低碳马氏体淬火代替渗碳、碳氮共渗工艺	63
1.1.24	用低碳钢短时加热低碳马氏体淬火代替中碳钢调质处理	63
技术 61	20Cr 钢低碳马氏体淬火代替 40Cr 钢调质处理	63
技术 62	20 钢低碳马氏体淬火代替 45 钢方套调质处理	64
1.1.25	管材、棒材和型材的感应加热快速热处理技术	64
技术 63	奥氏体不锈钢板材感应加热固溶处理	66
技术 64	42CrMnMo 钢厚壁钢管感应加热调质工艺	67
技术 65	35CrMo 钢管中频感应加热调质技术	68
1.1.26	感应穿透加热处理代替电阻炉加热处理技术	69
技术 66	抽油杆中频感应穿透加热正火代替电阻炉加热正火	69
技术 67	40Cr 钢农用运输车半轴、齿坯感应加热调质处理	70
技术 68	40Cr、42CrMo 钢活塞杆坯料感应透热加热调质处理工艺	71
技术 69	20CrMo 钢渗碳零件感应透热加热淬火工艺	72
技术 70	铝合金零件感应加热取代电阻炉加热的节能方法	73
1.1.27	形状简单零件 (管件、棒件) 直接通电快速加热处理法	73
技术 71	60Si2MnA 钢扭力轴直接通电快速加热淬火工艺	74
技术 72	淬火钢棒、线材等通电快速加热回火工艺	74
技术 73	Q235A 钢棒件直接通电快速加热粉末渗铝工艺	75
技术 74	弹簧钢通电快速加热淬火工艺	75
技术 75	T9 钢细丝通电加热淬火工艺	76
1.1.28	以氮碳共渗、硫氮碳、氧氮碳共渗代替渗氮	77
技术 76	GD 钢制易拉罐凸模离子硫氮碳共渗工艺	77
技术 77	高速钢的氧氮碳共渗工艺	78
1.1.29	其他缩短加热时间的工艺方法	79
技术 78	一汽公司载货汽车半轴改变感应加热方式降低能耗方法	79
技术 79	汽车半轴由连续加热改为同时加热感应淬火节能方法	79
技术 80	利用相变诱发塑性矫直代替热矫直	80
技术 81	深层渗碳工艺——缓冲渗碳节能工艺	82
技术 82	采用高碳势工艺缩短深层渗碳时间的方法	83
技术 83	一种缩短气体渗氮排气时间的方法	85
技术 84	低碳钢座体的快速碳氮共渗	86
技术 85	精密控制渗碳技术	87
1.2	降低加热温度方法	90
1.2.1	亚温加热淬火	90
技术 86	亚温淬火工艺及其应用效果	90
技术 87	40Cr 钢制“亚星-奔驰”客车转向节臂亚温淬火工艺	91

技术 88	W6Mo5Cr4V2 钢制轴承套圈冷辗芯辊亚温淬火工艺	91
技术 89	Q275 U 形钢亚温淬火及自回火工艺	92
技术 90	42CrMo 钢压刀板的亚温淬火工艺	93
技术 91	45 钢电渣熔铸曲轴的亚温热处理工艺	94
1.2.2	以碳氮共渗代替薄层渗碳	94
技术 92	机车变速箱齿轮气体碳氮共渗代替渗碳工艺	94
1.2.3	用低温氮碳共渗、硫氮碳共渗和氧氮共渗代替薄层渗碳和碳氮共渗	95
技术 93	高速钢刀具的低温氧氮共渗处理	96
技术 94	W18Cr4V 钢工模具低温离子硫氮碳最佳工艺	96
技术 95	4Cr10Si2Mo 钢摩托车气阀低温盐浴氮碳共渗工艺	97
技术 96	一汽公司 40Cr 和 42CrMoA 钢的曲轴氮碳共渗工艺	98
技术 97	摩托车启动电机轴气体氮碳共渗替代碳氮共渗	99
1.2.4	气体多元共渗技术	99
技术 98	硼碳氮三元共渗新技术	100
1.2.5	QPQ 盐浴复合处理技术	101
技术 99	机车内燃机气门 QPQ 工艺 (盐浴渗氮工艺)	102
技术 100	W8Co3N 钢制内六角冲头 QPQ 表面处理代替 TiN 涂镀处理	102
1.2.6	镍-磷化学镀和刷镀	103
技术 101	桑塔纳轿车发动机活塞环化学镀 Ni-P 覆层方法	105
技术 102	Cr12MoV 钢制圆筒件拉深模的化学镀镍磷技术	106
技术 103	CrWMn 钢模具型腔的电刷镀修复技术	106
技术 104	东风汽车公司双金属衬套无镀层烧结节能降耗新工艺	107
技术 105	钢铁常温发蓝工艺	108
技术 106	耐氟电机硅钢片蒸汽发蓝节能技术	110
技术 107	常温快速磷化工艺	111
技术 108	钢铁件低中温发黑工艺	112
1.3	以局部加热代替整体加热方法	112
1.3.1	感应加热表面热处理	113
技术 109	感应热处理的节能途径及技术	114
技术 110	8Cr3 钢切边模局部高频淬火代替整体淬火	115
技术 111	Cr12MoV 钢制工作辊感应淬火代替整体淬火	116
技术 112	45 钢拖拉机转向节主销中频淬火代替整体加热淬火	117
技术 113	大平面零件表面连续感应淬火代替整体加热淬火	117
技术 114	20 钢高驱动推土机尾套中频淬火代替整体淬火工艺	118
技术 115	30Si2CrMoB 钢推土机刀片感应淬火代替盐浴淬火	119
技术 116	齿轮同步双频感应淬火技术 (SDF)	121
技术 117	HT250 灰铸铁机床导轨的超音频感应加热淬火	121
1.3.2	采用渗碳后感应淬火及感应渗碳技术	122
技术 118	美国拖拉机齿轮渗碳后感应淬火工艺	123
技术 119	20CrNi2MoA 钢齿轮轴渗碳后感应淬火工艺	123
技术 120	20CrNi2MoA 钢花键齿轮轴渗碳后感应淬火工艺	124
技术 121	感应加热气体渗碳技术	125
1.3.3	用感应加热表面淬火代替渗碳淬火及氮碳共渗	126
技术 122	40Cr 钢差速器十字轴感应淬火和自回火代替 20MnVB 钢渗碳淬火	127

技术 123	60Ti 钢中频淬火取代 20MnVB 钢渗碳制造十字轴	127
技术 124	鼓形齿轴与齿轮座侧内齿圈采用“中碳钢调质 + 感应淬火” 代替渗碳淬火	128
技术 125	一拖集团公司拖拉机前桥销轴的高频淬火工艺代替渗碳淬火工艺	129
技术 126	45 钢重型载货汽车柴油机曲轴的感应淬火代替氮碳共渗处理	130
1.3.4	高频脉冲电流感应加热淬火	131
技术 127	T12 钢电动剃须刀片的高频脉冲电流感应加热表面淬火	131
1.3.5	高频感应电阻加热表面淬火	131
技术 128	45 钢齿条齿面高频感应电阻加热表面淬火	132
1.3.6	火焰加热表面淬火	133
技术 129	汽车发动机挺杆的火焰淬火工艺	134
技术 130	7CrSiMnMoV 钢冲制弹簧片凸模火焰淬火	135
技术 131	20 钢筒体扳手两端头局部火焰淬火	135
技术 132	高压管件内表面火焰淬火	135
1.3.7	激光加热表面热处理	137
技术 133	40Cr 钢高压空气压缩机曲轴的激光表面淬火	138
技术 134	HT250 灰铸铁汽油机缸体的激光淬火	139
技术 135	齿轮激光淬火工艺	139
技术 136	用 QT600-2 球墨铸铁模具激光淬火代替 Cr12MoV 钢普通淬火	140
1.3.8	电子束加热表面热处理	141
技术 137	Cr12 钢热变形模具电子束表面淬火	142
1.3.9	离子镀 TiN 涂层技术	142
技术 138	二汽公司离子镀 TiN 涂层在冲孔模上的应用	143
1.3.10	电接触加热表面淬火	143
技术 139	灰铸铁机床床身导轨接触电阻加热淬火	144
1.3.11	离子注入技术	144
技术 140	W6Mo5Cr4V2 钢制螺母孔冲头的离子注入处理工艺	145
1.4	简化或取消热处理工序方法	145
1.4.1	省去渗碳后重新加热的淬火	146
技术 141	坦克车齿轮碳氮共渗直接淬火代替渗碳 + 二次加热淬火工艺	146
技术 142	20Cr 钢内燃机活塞销稀土渗碳直接淬火工艺	147
技术 143	20Cr2Ni4 钢稀土低温气体渗碳直接淬火工艺	148
1.4.2	渗碳后高压气冷淬火	148
技术 144	高压气淬密封箱式炉和高压气淬推杆式炉气体渗碳生产线与工艺	148
技术 145	27MnS 钢曲轴凸轮轴的低压真空渗碳高压气淬技术	149
1.4.3	振动时效代替热时效	150
技术 146	机床座及其他铸铁件用振动时效代替热时效	151
1.4.4	取消回火工艺	151
技术 147	20Cr 钢活塞销渗碳淬火后取消回火工艺	152
技术 148	东方红-75 型拖拉机第二轴齿轮渗碳、淬火后取消回火工艺	153
技术 149	北京 212 型汽车变速器齿轮轴中频淬火后取消回火工艺	154
技术 150	40Mn 钢链板淬火后直接发蓝取消回火工艺	154
技术 151	球墨铸铁曲轴取消正火后的回火	155

1.4.5	以正火代替调质工艺	156
	技术 152 ZG35CrMo 钢大齿轮粗开齿正火代替调质工艺	156
1.4.6	用等温淬火取代淬火、回火	158
	技术 153 40Cr 钢纺织机械零件等温淬火代替调质处理	158
1.4.7	以普通热处理代替化学热处理	159
	技术 154 45Cr 钢加热淬火代替 12CrNi3 钢升降器提升杆渗碳淬火	159
1.4.8	以高温回火代替调质处理	160
	技术 155 20Cr13 钢阀门用高温回火代替调质的工艺方法	160
1.4.9	拉拔硬化成形方法替代调质的应用	161
	技术 156 20 钢汽车环形制动器用立柱的拉拔硬化成形工艺替代调质处理	161
	技术 157 40Cr 钢重型车桥半轴取消调质的中频淬火工艺	162
1.4.10	自回火、感应回火取代普通炉回火	164
	技术 158 高强度接头螺栓感应加热亚温淬火及自回火工艺	165
	技术 159 利用自回火优化轧辊热处理工艺	166
	技术 160 一拖公司 35CrMo 钢拖拉机驱动轮轴中频淬火自回火工艺	167
	技术 161 45 钢制 2105 柴油机曲轴自行回火工艺	167
	技术 162 武汉理工大学“擦油水冷”双液淬火节能方法	168
1.5	余热热处理工艺	168
1.5.1	锻造余热热处理	168
	技术 163 42CrMo 钢斯太尔重载汽车平衡轴锻造余热淬火工艺	169
	技术 164 35 钢摩托车磁电机轮套热挤压余热淬火技术	170
	技术 165 Cr12MoV 钢冷作模具锻造余热低温淬火工艺	171
	技术 166 40Cr 钢连杆锻件锻造余热淬火工艺	172
	技术 167 45 钢弓形卸扣锻造余热淬火工艺	173
	技术 168 弹条的余热淬火工艺	175
	技术 169 齿轮锻件锻造余热等温退火工艺	177
	技术 170 一汽公司齿轮锻件锻造余热等温退火工艺	177
	技术 171 日本齿轮锻造余热退火技术	178
	技术 172 45 和 40Cr 钢摩托车发动机曲柄锻造余热调质工艺	180
	技术 173 06Cr19Ni (旧牌号 0Cr18Ni9) 不锈钢的锻造余热固溶处理	181
1.5.2	铸造余热热处理	182
	技术 174 铸渗合金方法	182
	技术 175 QT600-2 球墨铸铁汽车曲轴的铸造余热正火工艺	183
	技术 176 高锰钢的铸造余热水韧处理工艺	183
	技术 177 ZL101 铝合金齿轮泵铸造余热淬火	184
	技术 178 铝活塞铸态淬火工艺	184
1.5.3	轧后余热热处理	185
	技术 179 轧热淬火工艺	185
	技术 180 20MnSi 螺纹钢钢筋轧后余热热处理	185
1.5.4	其他余热热处理	186
	技术 181 20Cr 钢差速器齿轮轴淬火油余热回火工艺	186
	技术 182 齿轮利用炉膛余热回火方法	187
1.6	其他节能降耗热处理工艺与方法	187
1.6.1	表面有效硬化层深度的合理规定	187

技术 183	渗碳淬火硬化层深度的确定	188
技术 184	渗氮层深度的确定	188
技术 185	感应淬硬层的设计与选择	189
技术 186	汽车齿轮硬化层深的设计	190
1.6.2	用离子渗氮技术替代传统的气体渗氮工艺	191
技术 187	5Ni12Mn5Cr3Mo 钢离子渗氮替代气体渗氮工艺	191
1.6.3	高效节能退火新工艺	191
技术 188	大型锻件去氢退火节能新工艺	191
技术 189	42CrMo 钢大锻件去氢退火节能工艺	192
1.6.4	节能复合热处理技术	192
技术 190	20CrMnMo 钢大型重载齿轮高效节能渗碳复合热处理工艺	193
技术 191	石墨流态粒子炉发蓝淬火复合工艺	193
技术 192	20MnVB、20MnTiB 钢制矿用高强韧性扁平接链环的复合热处理工艺	194
技术 193	回火及表面氧化复合处理工艺	195
1.6.5	采用计算机模拟、智能化及软件技术节能降耗	196
技术 194	计算机模拟、智能化及软件技术在节能降耗中的应用	197
技术 195	以计算机模拟为基础的气体渗碳(渗氮)智能控制技术	197
技术 196	节省能源的低压真空渗碳高压气淬控制系统——美国 赛科/沃克 FineCarbTM 工艺	198
技术 197	法国 ECM 公司 Infracarb 工艺软件脉冲渗碳工艺	199
1.6.6	零部件的修复热处理技术	200
技术 198	几种再制造工程与自动化表面工程技术应用	200
技术 199	英国飞机发动机高压叶片激光修复技术	202
技术 200	综合量规 TiN 涂层修复处理技术	202
技术 201	模具的激光修复	203
1.6.7	先进的热处理节能技术	204
技术 202	易普森(Ipsen)公司工艺气体消耗近于零的气体渗碳法	204

第 2 章 节能降耗热处理设备技术 208

2.1	合理选择热处理能源	209
2.1.1	采用天然气热处理技术	210
技术 203	一汽公司利用天然气进行渗碳及碳氮共渗技术	210
技术 204	井式炉应用天然气的渗碳工艺	213
2.1.2	利用太阳能热处理技术	214
技术 205	W6Mo5Cr4V2 钢刀片刃口太阳能加热强韧化处理	214
技术 206	40Cr13 不锈钢游标卡尺太阳能加热淬火	215
2.2	合理选择热处理炉型	215
技术 207	热处理炉型选择原则与方法	216
2.3	减少热损失方法	217
2.3.1	减少炉壁散热和蓄热方法	217
技术 208	减少炉壁散热和蓄热方法与途径	217
技术 209	优化炉衬结构节省能源消耗	220
技术 210	热处理网带炉炉衬节能改造技术	220
2.3.2	减轻工卡具重量以减少热损失方法	222
技术 211	东风汽车公司改进热处理工装提高行星轮轴装炉量方法	223

技术 212	东风汽车公司改进工装提高中桥齿轮装炉量的方法	224
技术 213	用石墨板代替耐热钢制成真空气淬料筐降低成本方法	225
技术 214	东风汽车公司对热处理工装进行标准化降低成本方法	225
技术 215	美国用碳/碳复合材料代替耐热钢制作料架和栅格减轻其重量方法	226
技术 216	用碳/碳复合材料代替耐热钢制造真空钎焊炉料盘减轻重量方法	227
技术 217	用碳/碳复合材料制造渗碳淬火料盘减轻重量方法	227
2.4	选择合理的燃烧节能技术	228
技术 218	控制燃烧空(气)/燃(气)比及精确控制节能技术	228
2.5	利用燃烧废热节能技术	230
技术 219	燃气废气预热空气节能方法	231
技术 220	高效热交换器的应用与节能效果	232
技术 221	节能燃烧器的使用	233
技术 222	节能辐射管的应用	234
技术 223	自预热式燃气烧嘴在大型箱式调质生产线的应用	236
技术 224	燃烧脱脂炉	237
技术 225	热能多次综合利用的渗碳淬火生产线	238
技术 226	日本产多次利用废热的连续式渗碳、淬火、清洗和回火生产线	238
2.6	热处理炉的节能技术改造	239
技术 227	新型节能炉衬的应用	239
技术 228	箱式炉应用高温远红外涂料的节能技术	240
技术 229	新型筑炉材料在台车式电阻炉上的应用	242
技术 230	强辐射传热节能技术	243
技术 231	热处理电阻炉的节电技术	245
2.7	盐浴炉快速启动与停电加盖保温节能方法	247
技术 232	简便实用的并联双螺旋启动电极快速启动法	247
技术 233	适用于任何盐浴炉的自激快速启动技术	248
技术 234	盐浴炉停电保温节能方法	249
技术 235	盐浴炉加盖减少辐射热损失的办法	249
2.8	感应热处理设备的节能改造	250
技术 236	一汽四缸汽油机凸轮轴改进感应器匝数节能方法	250
2.9	推广节能降耗的热处理设备	251
技术 237	推荐节能热处理设备目录	251
技术 238	底装料立式多用炉的节能降耗技术	254
技术 239	高温可控气氛多用炉	256
技术 240	活性屏离子渗氮设备与技术	257
技术 241	精密控制智能型可控气氛箱式渗氮炉	259
技术 242	BBHG-5000型燃气式大型预抽真空多用炉生产线	260
技术 243	淬火介质和感应加热设备用空气冷却器节能降耗技术	262
2.10	其他节能降耗热处理设备	263
技术 244	1000K小型太阳能热处理炉	263
技术 245	德国 Ipsen 公司 TQA 型盐浴等温、分级淬火生产线及 爱协林贝氏体等温淬火生产线	265
技术 246	多用辊底式淬火、回火节能生产线	266
技术 247	飞轮齿环正火校正中频感应加热生产线	267

技术 248	大型支承辊感应加热差温立式(节能)淬火机床	268
技术 249	振动时效设备的简易制造方法	270
技术 250	游标卡尺振动时效装置及其应用	270
技术 251	70m/min PC 钢棒感应淬火回火生产线	271
技术 252	德国敞开式加热井式气体渗碳炉	273
技术 253	法国 ECM 公司 ICBPH600TG 低压真空渗碳高压气淬生产线	274
技术 254	一汽公司锻坯余热等温正火自动生产线	275
技术 255	燃气加热网带炉与电加热网带炉的能耗比较	276
技术 256	美国产制备快速渗碳气氛节约燃料的吸热式气氛发生器	278
技术 257	德国易普森公司产改进型吸热式发生器	279
技术 258	节能型微机可控渗氮炉	280
技术 259	节能型深炉膛三相六极侧埋式电极盐浴炉	281
2.11	热处理余热回收技术与应用	283
技术 260	煤气钢瓶调质炉余热回收技术	283
技术 261	热回收型连续正火炉	285
技术 262	轴承锻件节能型双层连续等温退火炉	286
技术 263	推杆式燃气等温正火生产线及其应用	287
技术 264	热回收型连续等温球化退火炉	289
第 3 章	节能降耗热处理材料与应用	291
3.1	各种催渗剂及其应用	291
3.1.1	稀土催渗剂的制备与应用	291
技术 265	稀土催渗剂在塞柱渗氮处理上的应用	292
3.1.2	BH 催渗剂及其应用	293
技术 266	BH 催渗剂在箱式多用炉上的应用	294
3.2	乙炔渗碳剂及其应用	295
技术 267	乙炔渗碳剂及真空低压乙炔渗碳节能技术	295
3.3	氨基气氛及其应用	297
技术 268	泥浆泵阀体类氨基气氛可控渗碳	299
技术 269	氮-甲醇和吸热式渗碳气氛的应用和比较	300
技术 270	小齿轮氮-甲醇气氛碳氮共渗工艺	301
技术 271	氮-甲醇气氛在双排连续式渗碳炉上的应用	302
3.4	直生式气氛及其应用技术	303
技术 272	直生式渗碳气氛在多用炉上的应用	303
技术 273	一汽集团公司连续炉丙烷+空气直生式气氛渗碳工艺	305
技术 274	多用炉用丙酮+空气直生式可控气氛渗碳工艺	306
3.5	(取代淬火油) 聚合物淬火介质及其应用	308
技术 275	以 PAG 聚合物淬火介质代替淬火油在差速器壳调质上的应用	308
技术 276	精锻渗碳齿轮用 UCON E 聚合物淬火介质代替油淬的方法	309
技术 277	模具钢用水溶性淬火介质代替淬火油的方法	310
3.6	表面成膜淬火油	311
3.7	热处理节能钢材及其应用	311
3.7.1	非调质钢及其应用	312
技术 278	非调质钢 12Mn2VBS 在汽车前轴上的应用	312
技术 279	38MnVTi 非调质钢在汽车半轴上的应用	314

技术 280 中碳微合金非调质钢的正火及应用	315
3.7.2 高温渗碳钢、快速渗碳钢及其应用	317
技术 281 日本所采用的快速渗碳钢及其节能效果	318
3.7.3 奥贝球墨铸铁 (ADI) 及其应用	318
技术 282 球墨铸铁热处理工艺及其应用效果	318
技术 283 奥贝球墨铸铁齿轮的等温淬火	320
3.7.4 火焰淬火钢及其应用	320
技术 284 火焰淬火钢 7CrSiMnMoV 在模具上的应用	321
3.8 以低成本材料代替高成本材料	321
技术 285 用球墨铸铁代替 Cr12MoV 合金模具钢制造轧辊套淬火	321
技术 286 用 17Cr2Mn2TiH 钢替代 17CrNiMo6H、22CrMoH 钢锥齿轮渗碳淬火	322
技术 287 QT500-10 球墨铸铁衬套淬火代替 20CrMnTi 钢渗碳淬火	324
技术 288 用 20Cr 钢替代 16MnCr 5 钢凸轮轴渗碳淬火	325
3.9 热处理节能保护涂料、钢箔包装, 减少钢材损耗和后续加工方法	326
技术 289 零件局部防渗并直接淬火工艺	327
技术 290 采用 QW-F1 型钢铁加热保护剂实现少无氧化加热技术	327
技术 291 减少氧化脱碳的钢箔包装热处理技术	329
3.10 淬火油的再生处理技术	330
技术 292 淬火油的再生处理方法	330
第 4 章 热处理节能降耗的管理措施与方法	333
4.1 保证热处理质量减少返修	333
技术 293 保证热处理质量减少返修的措施	334
技术 294 节能降耗工艺管理措施	334
4.2 进行连续性生产和设备的满负荷运转节能降耗	335
技术 295 热处理节电措施	335
4.3 建立能源管理制度	336
技术 296 坚持设备能耗测量、数据记录与分析的方法	336
技术 297 采用合同能源管理模式节能	337
4.4 做好热处理设备的维护保养工作降低故障率的措施	337
技术 298 热处理设备的维护保养和节能改造的基本措施	337
4.5 严格执行热处理能源利用的标准	338
4.6 热处理节能教育与考核	338
4.7 热处理生产管理的改进和计算机应用	340
技术 299 热处理生产节能计算机管理系统的应用	340
4.8 热处理生产节能的组织与管理方法	340
技术 300 热处理生产节能降耗的管理方法	341
参 考 文 献	342

第 1 章 节能降耗热处理工艺与方法

热处理工艺节能潜力巨大，投入相对较小，具有事半功倍的效果。热处理工艺的制订必须实现产品的图样技术要求、能充分发挥材料的潜力、工艺简单易行、能源与辅料消耗少、经济效果好。

通过热处理工艺优化和创新，达到节能的目的，是现代热处理节能最有效手段之一。在满足工件技术要求且不添置设备的情况下，充分挖掘热处理时的节能潜力，可大大地缩短生产时间，提高生产能力，又获得较大经济效益。

热处理工艺优化就是在保证获得所需性能的前提下，通过改变加热温度、保温时间及冷却方式等工艺参数，达到节能降耗、缩短生产周期、获得最大经济效益的方法。

图 1-1 为加热工艺的主要节能途径。



图 1-1 加热工艺的主要节能途径

1.1 缩短加热时间方法

热处理加热温度和加热保温时间是一般热处理最重要的工艺参数。在保证工件质量的前提下，若能将加热时间缩短，则是一个明显的节能措施。

缩短加热时间的途径有以下几种：

- ① 采取零保温淬火与正火方法；
- ② 快速加热缩短时间；
- ③ 减少和取消一些不必要的预热、分段加热的工艺过程；
- ④ 尽量不采用随炉升温加热方式；
- ⑤ 减少工装夹具和料盘的重量，使工件本身的加热时间缩短；
- ⑥ 提高设备利用率，尽可能采用连续生产方式，使工件基本上保持在炉体稳定蓄热期间工作；

⑦ 对工艺长的化学热处理采用催渗方法;

⑧ 充分利用感应加热、激光、电子束等快速加热方式, 缩短加热时间。

以上缩短加热时间方法将在下面陆续加以叙述。

需要注意的是, 对于缩短加热时间, 应根据钢种、工件尺寸、装炉量等情况通过实验确定, 经优化后的工艺参数一旦确定后要认真执行, 只有这样才能取得显著的节能降耗效果。

1.1.1 零保温淬火与正火

在工件热处理时, 由于加热电炉功率大、保温时间长, 在整个过程中, 能源消耗巨大, 在相当长的一段时间里, 热处理时如何节约能源一直都是一道难题。直到 20 世纪 70 年代, 日本学者大和重雄提出了结构钢淬火加热的保温时间可以为零的设想, 才使节能问题有了重大突破。

所谓“零保温”淬火, 就是指工件加热时, 其表面和心部达到淬火加热温度后, 不需保温, 立即淬火冷却的热处理工艺。传统的奥氏体理论认为, 工件在加热过程中必须有较长的保温时间, 以便完成奥氏体晶粒的形核、长大、剩余渗碳体的溶解和奥氏体的均匀化。现行钢件的淬火加热工艺, 都是在这一理论指导下产生的。与现行的淬火工艺相比, “零保温”淬火省去了奥氏体组织的均匀化所需要的保温时间, 不仅能节约能源 20%~30%、提高生产效率 20%~30%, 而且还可以减少或消除工件在保温过程中产生的氧化、脱碳、变形等缺陷, 有利于产品质量的提高。

碳素钢和低合金结构钢在加热到 A_{c1} 或 A_{c3} 以上时, 奥氏体的均匀化过程和珠光体中碳化物溶解都比较快。当钢件尺寸属于薄件范围时, 在计算加热时间时无须考虑保温, 即实现零保温淬火。例如 45 钢工件直径或厚度不大于 100mm 时, 在空气炉中加热, 其表面和心部的温度是几乎同时达到的, 因而其均匀时间可以不予考虑, 与采用大加热系数 (α) 的传统生产工艺 ($\tau = \alpha D$) 相比, 可缩短近 20%~25% 淬火加热时间。

相关理论分析及试验结果表明, 结构钢淬火及正火加热采用“零保温”是完全可行的。特别是 45、45Mn2 碳素结构钢或单元素合金结构钢, 采用“零保温”工艺可以保证其力学性能要求; 45、35CrMo、GCr15 等结构钢工件, 采用“零保温”加热比传统加热可节约加热时间 50% 左右, 总节约电能 10%~15%, 提高工效 20%~30%, 同时“零保温”淬火工艺有助于细化晶粒, 提高强度。

技术 1 45 钢锥齿轮零保温淬火

锥齿轮, 外形尺寸为 $\phi 32.93\text{mm} \times 20\text{mm}$, 内孔直径 $\phi 10\text{mm}$, 材料为 45 钢, 要求调质硬度 220~250HBW, 齿部高频淬火硬度 40~46HRC。

(1) 原加工工艺路线。锻坯→正火→粗车→调质→机加工→高频淬火→磨削内孔。由于加工工序繁多, 能耗大, 成本高, 生产效率低。

(2) 零保温淬火工艺。取消正火和调质工序, 以及感应加热淬火工序, 采取零保温淬火工艺。即采用箱式电阻炉 $(840 \pm 10)^\circ\text{C}$ 加热, 保温 2min, 水淬油冷; $(320 \pm 10)^\circ\text{C}$ 保温 1h 回火。

(3) 检验结果。经检查齿部硬度 41~44HRC, 经磁粉探伤检查, 未发现淬火裂纹, 这是由于齿轮在 $(840 \pm 10)^\circ\text{C}$ 加热时, 齿表面快速升温, 齿心部还处于相变点以下, 这时淬火避开了 45 钢淬火裂纹的危险的相变点, 且齿轮变形减小。其次, 水淬油冷淬火方式, 减小