



实用热处理操作 技术问答

SHIYONG RECHULI CAOZUO JISHU WENDA

张玉庭 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用热处理操作技术问答

张玉庭 编著

目 录

第一章 热处理基础知识
1. 什么是热处理？
2. 热处理的目的和任务是什么？
3. 热处理工艺参数有哪些？
4. 热处理缺陷有哪些？
5. 热处理的安全操作规程是什么？

图

图 1-1

图 1-2

图 1-3

图 1-4

图 1-5

图 1-6

图 1-7

图 1-8

图 1-9

图 1-10

图 1-11

图 1-12

图

图 1-13

图 1-14

图 1-15

图 1-16

图 1-17

图 1-18

图 1-19

图 1-20

图 1-21

图 1-22

图 1-23



机械工业出版社

北京机械工业出版社

北京机械工业出版社

本书以问答的形式介绍了实用的热处理生产操作技术。

本书内容包括热处理节能、减排和环保的操作；碳素钢的热处理操作；合金结构钢的热处理操作；合金工具钢及钢结硬质合金的热处理操作；钢的表面强化处理操作；热处理设备的安全操作技术；有色金属和铸铁的热处理操作；防治热处理工艺缺陷的操作。

本书的特点是采用问答的形式，内容丰富新颖，实用性强，面向生产实际，与时俱进，介绍了国内外热处理工艺的最新操作技术和方法。

本书适用于广大生产一线的热处理操作者和技术人员，也可供中、高职院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用热处理操作技术问答/张玉庭编著. —北京:机械工业出版社, 2010. 4

ISBN 978-7-111-30139-4

I. ①实… II. ①张… III. ①热处理—问答 IV. ①TG15-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 046533 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何月秋 责任编辑:宋亚东 版式设计:张世琴

责任校对:申春香 封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·404 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30139-4

定价:32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前言

《实用热处理操作技术问答》一书，经过多年的整理、修改，今天终于和读者见面了。改革开放以来，大量先进的热处理技术和操作方法不断被引进。作者以科学发展观作指导，坚持与时俱进，认真收集国内外先进实用的热处理技术，经过整理和加工，将这本书奉献给读者。

在编排顺序上，本书改变过去的旧模式，将节能、减排和环保放在第一章，这和目前国际国内的总趋势是一致的。碳钢是应用最普遍、最多的钢种，所以单独作为一章，详细介绍了其热处理操作。在合金结构钢一章中，按照不同系列钢种，从理论到实际操作作了详细介绍。在合金工具钢中，除介绍我国的工模具钢以外，还介绍了许多国外的钢种，特别是瑞典的塑料模具钢。在表面强化处理一章中，将激光熔覆、真空蒸发镀、QPQ处理等新方法作了重点介绍。对喷丸强化从理论到实际作了详细介绍。对铸铁、有色金属的热处理也作了介绍。最后针对热处理工艺缺陷如何防治从原理上进行分析，找出对策，以供读者分析解决热处理质量问题时参考。

由于作者能力和水平有限，书中难免会有各种错误和不当之处，真诚敬请广大读者批评指正。

张玉庭于南京

目 录

前言

第一章 热处理节能、减排和环保的操作	1
第一节 热处理工艺节能	1
1. 热处理行业提倡节能减排的目的是什么?	1
2. 美国提出热处理节能环保的路线图的具体内容是什么?	1
3. 如何实现热处理节能减排?	1
4. 热处理节能方法有哪些?	2
5. 如何实现热处理设计节能?	2
6. 如何制定节能的热处理工艺路线?	3
7. 如何使热处理能源转化过程最短化? 能源利用效率最佳化?	3
8. 如何实现热处理工艺节能?	4
9. 如何控制加热速度来节能?	4
10. 如何采取缩短保温时间来节能?	5
11. 不同电加热方法产生怎样的节能效果?	5
12. 常用热处理工艺电耗定额有哪些?	6
13. 常用热处理工艺燃料消耗定额有哪些?	6
第二节 热处理加热设备节能	7
14. 热处理设备节能的总要求是什么?	7
15. 热处理设备的节能措施有哪些?	7
16. 降低热损失的有效方法有哪些?	7
17. 盐浴炉如何节能?	8
18. 电阻炉如何节能? 如何对电阻炉进行节能改造?	8
19. 燃料炉如何节能?	9
20. 如何调节燃烧时燃料和空气的比例?	9
21. 工业炉用脉冲燃烧技术有什么优越性?	9
22. 各种热处理炉的能耗分等指标有哪些?	12
23. 各种电阻炉的热效率有什么不同?	12
24. 圆形炉膛和箱形炉膛的电阻炉能耗有什么区别?	12
25. 连续炉和周期炉能耗有什么不同?	13
26. 连续炉和周期炉的各项热损失情况是什么?	13
27. 真空热处理炉的节能效果怎样?	13
28. 利用槽式太阳能中高温技术可进行哪些热处理?	15
29. 各种电阻炉的表面温升规定值是什么?	16
30. 电阻炉和电极盐浴炉的空炉损耗有什么不同?	16
第三节 热处理生产节能管理	17
31. 热处理生产节能管理的目的是什么?	17
32. 生产节能管理的基本要求是什么?	17

33. 生产节能管理的基本做法是什么?	17
第四节 热处理减排	17
34. 国家颁发了哪些减排的标准? 主要内容是什么?	17
35. 热处理生产常见的危险因素有哪些?	17
36. 热处理生产常见的有害因素有哪些?	19
第五节 热处理环保	19
37. 如何减少热处理的污染?	19
38. 热处理生产现场有害物质的限量有哪些?	20
39. 工业废水允许排放的最高浓度是多少?	21
40. 热处理盐浴固体废物浸出毒性的允许量是多少?	21
41. 企业允许的噪声标准是多少?	22
42. 声压和声压级的相对范围是多少?	22
43. 屏蔽热辐射和电磁波辐射的方法是什么?	22
44. 热处理车间内如何防暑降温和防冻保暖?	23
45. 燃煤工业炉的烟尘排放标准是什么?	23
46. 如何控制热处理过程中的二氧化碳排放量?	23
47. 如何治理噪声?	24
48. 如何治理热处理废气和粉尘?	25
第六节 热处理的 6S 管理	25
49. 热处理 6S 管理的主要内容是什么?	25
第二章 碳素钢的热处理操作	27
第一节 低碳钢的热处理	27
1. 低碳钢的退火、正火操作如何进行?	27
2. 如何控制和利用低碳钢的时效硬化现象?	27
3. 怎样控制低碳钢淬火后的组织和性能?	28
4. 如何实现低碳钢的亚温淬火?	28
5. 如何掌握和利用低碳马氏体?	29
6. 如何进行低碳马氏体的淬火操作?	29
7. 如何克服低碳钢的淬火时效现象?	31
8. 如何控制低碳钢钢板的应变时效?	31
9. 低碳马氏体自回火和人工回火时如何分解? 组织如何变化?	32
第二节 中碳钢的热处理	32
10. 中碳钢的用途和热处理特点是什么?	32
11. 如何确定 45 钢的热处理工艺参数?	33
12. 如何制定 35 钢的热处理工艺参数?	36
13. 如何制定 55 钢的热处理工艺参数?	37
第三节 高碳钢的热处理	38
14. 高碳钢和高碳工具钢有什么区别?	38
15. 高碳结构钢热处理的操作要点是什么?	38
16. 碳素工具钢的热处理操作如何进行?	39
17. 碳素工具钢热处理质量控制措施有哪些?	41
第三章 合金结构钢的热处理操作	42

第一节 合金调质钢的热处理	42
1. 40Cr 钢的热处理如何操作?	42
2. 如何进行 45Mn2 钢热处理操作?	44
3. 如何进行 40CrNi、45CrNi 系调质钢的热处理工艺操作?	46
4. 如何进行 35CrMo、42CrMo 等 Cr-Mo 系钢的热处理操作?	47
5. 如何进行 Cr-Si 系列钢的热处理操作?	51
6. 如何进行 Cr-Mn-Mo 系列钢的热处理操作?	54
7. 如何进行 Cr-Ni-Mo 系列钢的热处理操作?	55
8. 如何进行硼钢的热处理操作?	58
9. 如何进行超高强度钢的热处理操作?	59
第二节 合金弹簧钢的热处理操作	62
10. 弹簧钢的热处理特点是什么?	62
11. 如何进行螺旋弹簧的热处理操作?	63
12. 如何进行膜片弹簧的热处理操作?	64
13. 如何进行扭杆弹簧的热处理操作?	65
14. 如何进行板簧的热处理操作?	67
15. 如何控制板簧淬火弧高和喷丸弧高?	68
16. 如何进行弹簧钢丝去应力和稳定化处理?	70
17. 螺旋弹簧回火后的收缩量如何控制?	74
第三节 轴承钢的热处理操作	75
18. 对新标准的高碳铬轴承钢有哪些技术要求?	75
19. 高碳铬钢轴承零件热处理后的技术要求是什么?	77
20. 滚动轴承零件如何进行碳氮共渗操作?	79
21. 滚动轴承材料及热处理的发展方向是什么?	80
22. 轴承零件失效和热处理操作的关系是什么?	81
23. 轴承内外套圈淬火和回火后允许的直径变动量是多少?	82
24. 轴承套圈和滚子有效直径的规定是什么?	84
第四章 合金工具钢及钢结硬质合金的热处理操作	85
第一节 新型冷作模具钢热处理	85
1. 如何进行 65Nb 钢 (65Cr4W3Mo2VNb) 的热处理操作?	85
2. 如何进行 O12Al 钢 (5Cr4Mo3SiMnVAl) 的热处理操作?	86
3. 如何进行 CG2 钢 (6Cr4Mo3Ni2WV) 的热处理操作?	87
4. 如何进行 LD 钢 (7Cr7Mo3V2Si) 的热处理操作?	87
5. 如何进行 CH-1 钢 (7CrSiMnMoV) 的热处理操作?	88
6. 如何进行 GD 钢 (6CrNiSiMnMoV) 的热处理操作?	89
7. 如何进行 GM 钢 (9Cr6W3Mo2V2) 的热处理操作?	90
8. 如何进行 V3N 钢 (W12Mo3Cr4V3N) 的热处理操作?	90
9. 如何进行 ER5 钢 (Cr8MoWV3Si) 的热处理操作?	91
10. 如何进行 Cr2Mn2SiWMoV 钢的热处理操作?	91
11. 如何进行高碳高铬微变形模具钢 (Cr12, Cr12MoV) 的热处理操作?	91
第二节 热作模具钢的热处理	93
12. 新型热作模具钢的成分对性能和热处理有什么影响?	93

13. 如何进行 H13 钢 (4Cr5MoV1Si) 的热处理操作?	93
14. 如何进行 HM3 钢 (3Cr3Mo3VNb) 的热处理操作?	94
15. 如何进行 ER8 钢 (4Cr3Mo2MnVB) 的热处理操作?	94
16. 如何进行 Y10 钢 (4Cr5Mo2MnVSi) 的热处理操作?	95
17. 如何进行 Y4 钢 (4Cr3Mo2NiVNbB) 的热处理操作?	95
第三节 各种塑料模具用钢的热处理	97
18. 如何进行 P20 钢 (3Cr2Mo) 的热处理操作?	97
19. 如何进行 8Cr2S 钢 (8Cr2MnWMoVS) 的热处理操作?	97
20. 如何进行 SM1 钢 (5CrNiMnMoVS) 的热处理操作?	98
21. 如何进行 4NiSCa 钢 (4CrNiMnMoVSCa) 和 5NiSCa 钢 (5CrNiMnMoVSCa) 的热处理操作?	98
22. 如何进行 PMS 钢 (1Ni3Mn2CuAlMo) 的热处理操作?	99
23. 如何进行 SM2 钢 (Y20CrNi3AlMnMo) 的热处理操作?	99
24. 如何进行其他塑料模具钢的热处理操作?	99
25. 如何进行瑞典-胜百 (ASSAB) 模具钢的热处理操作?	102
第四节 钢结硬质合金模具的热处理	105
26. 钢结硬质合金的冶金特点对热处理操作有什么影响?	105
27. 如何进行 GT35 钢结硬质合金的热处理操作?	106
28. 如何进行 D1、T1 钢结硬质合金的热处理操作?	106
29. 如何进行 R5 和 R8 钢结硬质合金的热处理操作?	107
30. 如何进行 TM52、TM60 钢结硬质合金的热处理操作?	108
31. 如何进行 TLMW50、GW50、GJW50 钢结硬质合金的热处理操作?	108
32. 如何进行 DT 钢结硬质合金的热处理操作?	109
第五节 高速钢刀具的热处理	109
33. M2 (W6Mo5Cr4V2) 高速钢制不同刀具的热处理工艺有什么区别?	109
34. 如何进行粉末高速钢的热处理操作?	110
35. 如何防治高速钢刀具的热处理裂纹?	112
第五章 钢的表面强化处理操作	115
第一节 渗碳	115
1. 如何进行气体渗碳的操作?	115
2. 气体渗碳的工艺操作要点是什么?	116
3. 如何进行真空气体渗碳的工艺操作?	118
4. 如何进行直式式气体渗碳操作?	120
5. 如何控制气体渗碳时的炉气碳势?	122
6. 如何进行高浓度渗碳和深层渗碳操作?	125
第二节 碳氮共渗	129
7. 如何进行轴承零件的气体碳氮共渗操作?	129
8. 影响气体碳氮共渗件质量的因素有哪些?	131
9. 如何防止碳氮共渗件产生黑色组织?	132
第三节 渗氮和氮碳共渗	133
10. 如何正确运用三个不同阶段的渗氮性?	133
11. 气体渗氮的操作过程是什么?	135
12. 离子渗氮操作中应注意哪些问题?	135

13. 气体氮碳共渗的操作注意事项有哪些?	137
第四节 钢铁零件热浸渗铝 (液体渗铝)	139
14. 如何进行渗铝工艺操作?	139
15. 如何控制热浸渗铝的质量?	140
第五节 蒸发式气相沉积处理	142
16. 气相沉积技术可运用在哪些方面?	142
17. 什么是真空蒸发镀膜?	142
18. 电阻加热蒸发源 (坩埚) 的形状和特性是什么?	143
19. 蒸发材料和蒸发源 (坩埚) 的材料如何匹配?	144
20. 真空蒸发镀膜层的生长规律是什么?	145
21. 电阻加热式蒸发镀膜设备的技术要求和基本参数是什么?	146
22. 真空蒸发镀膜设备的构造和工艺操作规程是什么?	146
23. 镀膜层如何进行质量测试?	148
第六节 激光熔覆热处理操作	149
24. 激光熔覆处理的特点是什么?	149
25. 激光表面熔覆的工艺操作是什么?	149
26. 激光表面熔覆层的组织和性能怎样?	150
第七节 QPQ 盐浴复合处理	151
27. QPQ 盐浴复合处理的原理和过程如何?	151
28. QPQ 处理有什么优越性?	152
第八节 感应加热表面淬火	152
29. 在节能方面如何改造老式电子管高频感应加热装置?	152
30. 目前国内外有哪些先进的感应淬火技术?	153
31. 如何实现合金铸铁凸轮轴感应加热淬火操作?	154
第九节 喷丸表面强化	155
32. 什么是喷丸强化?	155
33. 喷丸的用途有哪些?	155
34. 喷丸强化的机理是什么?	155
35. 丸粒特性是什么?	157
36. 简述喷丸工艺参数的确定原则?	158
37. 喷丸设备的操作注意事项是什么?	162
38. 喷丸与相变和疲劳的关系是什么?	163
第十节 火焰加热淬火	165
39. 什么是火焰加热淬火? 有什么优越性?	165
40. 火焰加热淬火的具体工艺参数有哪些?	165
41. 钢铁零件火焰淬火后其硬度如何?	166
第六章 热处理设备的安全操作技术	168
1. 如何进行电阻炉的安全操作?	168
2. 如何对电阻炉的炉体和炉门进行修理维护?	168
3. 如何对加热元件进行日常维修?	170
4. 电热体焊接过程中的注意事项有哪些?	171
5. 热处理电阻炉的日常维护和保养的内容有哪些?	171

6. 如何对可控气氛热处理电阻炉进行烧炭黑?	172
7. 如何自制吸热式发生装置催化剂?	173
8. 如何选用和匹配热处理电热元件?	173
9. 如何进行直接电阻加热淬火?	176
10. 如何绕制露点仪的露点头?	176
11. 露点仪如何进行工作?	177
12. 如何进行热处理盐浴炉的安全操作?	177
13. 燃料炉的安全操作注意事项是什么?	178
14. 高频和中频感应加热淬火操作的注意事项是什么?	179
15. 化学热处理操作的注意事项是什么?	179
16. 火焰淬火操作的注意事项是什么?	180
17. 氧探头的工作原理是什么?	180
18. 如何安装、使用和维护氧探头?	182
19. 如何制造高频感应加热淬火导磁体感应器?	183
第七章 有色金属和铸铁的热处理操作	185
第一节 变形铝合金的热处理	185
1. 不能进行热处理强化的铝合金常用哪几种热处理方法?	185
2. 可以进行热处理强化的铝合金主要有哪几种热处理操作方法?	185
3. 怎样进行变形铝合金的固溶(淬火)处理?	186
4. 什么是铝合金的时效析出强化?	190
5. 如何进行变形铝合金的时效操作?	191
第二节 铸造铝合金的热处理	198
6. 铸造铝合金的热处理状态代号是什么?	198
7. 怎样进行铸造铝合金的固溶处理和时效处理?	200
8. 铸造铝合金有哪些热处理缺陷?	202
第三节 铜合金的热处理	203
9. 如何进行青铜的热处理操作?	203
10. 如何进行黄铜的热处理操作?	204
11. 常用铜及铜合金的热处理缺陷防治方法有哪些?	205
12. 如何进行铜合金弹簧的热处理?	205
第四节 铸铁的热处理	206
13. 如何进行铸铁件的去应力处理?	207
14. 如何进行石墨化退火处理?	207
15. 如何进行铸铁件的正火操作?	208
16. 如何进行抗磨白口铸铁的淬火、回火操作?	210
17. 如何进行球墨铸铁的等温淬火操作?	210
18. 如何控制灰铸铁件(汽车制动鼓和制动盘)的热处理质量?	212
19. 球墨铸铁件用不同热处理方法所获得的组织和性能有何区别?	213
20. 如何进行合金球墨铸铁轧辊的热处理操作?	214
第八章 防治热处理工艺缺陷的操作	219
第一节 防治退火正火缺陷	219
1. 如何防治退火、正火的过热、过烧缺陷?	219

2. 如何防治零件退火及正火后硬度过高或过低?	219
3. 如何防治退火形成的黑色组织?	219
4. 如何防治正火、退火后出现反常组织?	220
5. 如何防治退火时出现魏氏组织?	220
6. 如何防治球化退火时球化不均匀?	221
7. 如何防治网状组织(网状铁素体和网状渗碳体)?	221
8. 如何防治退火、正火时脱碳缺陷?	222
9. 如何防治零件退火时变形?	222
10. 如何用退火来消除大锻件、模块中的白点(氢脆)?	223
11. 如何消除带状组织?	223
12. 如何防治高速钢热处理后的蔡状断口?	224
第二节 防治淬火(含固溶)缺陷	225
13. 如何防治淬火加热时过热过烧缺陷?	225
14. 如何防治零件热处理后硬度偏低?	225
15. 如何防治淬火软点软块缺陷?	227
16. 零件淬火时热应力和组织怎样变化?	227
17. 淬火零件变形的特征是什么?	227
18. 钢中组织组成物的比体积是多少?	227
19. 马氏体转变时体积如何变化?	227
20. 影响淬火变形的因素有哪些?	227
21. 淬火变形后的零件如何矫正?	230
22. 如何控制 40Cr 钢套类零件淬火后的变形量?	231
23. 如何控制 40Cr 钢轴类零件淬火畸变量?	231
24. 如何控制 35 钢和 45 钢套类零件淬火畸变量?	231
25. 如何控制 45 钢和 55 钢短轴类零件淬火畸变量?	232
26. 淬火介质温度对 45 钢淬火变形有什么影响?	233
27. 常见淬火裂纹的类型和形成条件是什么?	233
28. 如何控制淬火裂纹的形成?	233
29. 淬火裂纹形成的原因有哪些?	234
30. 如何控制淬火操作时工件在空气中预冷的时间和温度?	236
31. 如何防治淬火件氧化脱碳?	237
32. 如何防治残留奥氏体量过多?	238
33. 如何防治奥氏体不锈钢固溶处理时碳化物析出?	238
34. 如何防治奥氏体不锈钢的 σ 相?	239
35. 如何防治铁素体不锈钢的热处理脆性?	239
36. 如何防治真空淬火缺陷?	240
第三节 防治回火缺陷	240
37. 如何防治第一类回火脆性(不可逆回火脆性)?	240
38. 如何防治第二类回火脆性(可逆回火脆性)?	241
39. 如何防治零件回火后硬度不合格?	243
第四节 防治有色金属热处理缺陷	243
40. 铝合金淬火变形、开裂的原因有哪些?	243

41. 如何防治铝合金的过烧?	244
42. 如何防治铝合金热处理后出现晶粒粗大缺陷?	244
43. 铝合金热处理后力学性能不合格的原因有哪些?	245
44. 怎样防治腐蚀和高温氧化?	246
45. 如何防止硝酸盐浴对铝合金热处理的破坏?	247
46. 如何控制铝合金热处理时炉温的均匀性?	247
47. 应如何掌握变形铝合金的淬火转移时间?	247
48. 变形铝合金的过时效和分级时效注意事项是什么?	247
49. 如何防治铜板材热轧制时出现多边浪的现象?	248
50. 如何防止铸铜件热处理后出现翘曲和变形缺陷?	248
51. 为什么铸造铜合金固溶时效处理后硬度较低?	248
52. 铜制品退火时为什么表面会出现起皮和起刺?	248
53. 纯铜退火产生氢病的原因是什么?	248
54. 锡青铜退火时容易过热过烧的原因是什么?	249
55. 铝青铜热处理时有哪些注意事项?	249
56. 铍青铜热处理时有哪些注意事项?	249
参考文献	250

第一章 热处理节能、减排和环保的操作

第一节 热处理工艺节能

1. 热处理行业提倡节能减排的目的是什么？

答 热处理行业是机械工业的用电大户，占机械工业用电总量的近 30%，热处理行业的节能主要是节电。目前全国金属热处理的加热设备以 60kW 的标准台计，约有 20 万台，装机总容量 1200 万 kW，年用电约 100 亿 kW·h，折合 350 万 t 标准煤。因此，热处理行业的节能潜力是巨大的。

热处理行业现服役的加热设备多以空气作为主要的加热介质。箱式、井式、台车式加热炉和部分盐浴炉构成当前机械制造和冶金等行业的热加工主力装备。

近年来，国内研制和引进了具有先进水平的少、无氧化加热炉，如真空炉、保护气氛炉、可控气氛炉、离子渗氮炉等，但比例不足 20%。因此，对热处理加热炉技术改造势在必行。需要推广新技术、开发新工艺材料、培训职工、提高行业员工素质。在推广采用新型的真空加热设备和保护气氛、可控气氛加热设备的同时，对传统的现役老旧加热设备进行技术改造同样重要。选择切实可行的实用方案和技术改造措施，加以推广，可为企业和国家创造可观的经济效益。

能源是热处理设备节能要考虑的首要问题。热处理的能源一般可分为电能和燃料两大类。用何种燃料取决于生产成本、能源供应条件、操作与控制的难易程度、可靠性等，同时受热处理工艺的特性和对生态环境影响等综合因素的影响。

总之，节能减排的目的是节约资源，保护环境，持续发展，提高效益。我国要求全国总能耗下降 20%，污染物减少 10%。中国热处理协会要求热处理行业能耗下降 30%，污染物减少 15%。这些目标主要通过管理，生产工艺改进和优化，设备改造，革新挖潜，政策推动等各种措施来保证。

2. 美国提出热处理节能环保的路线图的具体内容是什么？

答 美国在 2004 年提出了热处理节能环保的路线图，该路线图提出了到 2020 年热处理生产技术的发展实现下列目标：能源消耗减少 80%，工艺周期缩短 50%，生产成本降低 75%，热处理零件淬火畸变率为零，热处理件质量分散度为零，热处理加热炉寿命提高 10 倍，热处理炉价格降低 50%，热处理生产对环境的影响为零。其目的就是降低能耗，减少污染，减少废品和返修品，控制生产成本。

3. 如何实现热处理节能减排？

答 “十一五”期间，党中央、国务院把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的重大举措，摆在更加突出的位置。热处理人应坚决贯彻落实节能减排的总体目标，制定和明确节能减排工作意义和责任。明确专门领导抓节能减排工作，按照“十一五”节能降耗总指标，开展声势浩大的节能减排宣传动员，使职工牢固树立节能减排的意识。提高节能减排

的自觉性，随时随地不多用一滴水、一度电、一粒盐、一升气。强化节能减排规划和能源结构的调整，编制热处理车间能源发展和节能规划，优化能源结构。积极争取增加天然气等清洁能源的供应。淘汰落后产能，促进能耗降低。积极开展合同能源管理，该管理是国际上一种先进的能源管理模式，是节能市场化运作的新机制。把节能减排的任务和责任落实到每一个职工，并和经济收入挂钩。还应认识到节能减排是一项长期复杂的艰巨任务、需要完善节能减排激励机制，增加节能减排改造的资金投入，增加企业节能减排的内在动力。加强能源统计和计量等基础性工作和能源审计工作，建立节能减排工作的长效机制，进一步加强节能减排和挖潜增效。尽快建立落后产能退出机制，支持节能减排技术革新，采用市场机制的办法推进节能减排工作。

4. 热处理节能方法有哪些？

答 各类热处理加热方法所能达到的能量密度及转换效率见表 1-1。

表 1-1 各种热处理加热方法的能量密度及转换效率

类 型	能量密度/(W/cm ²)	能量转换效率(%)
电阻加热	10	33~34
盐浴,流动粒子加热	200	
感应加热	500~1000	55~90
电子束加热	10 ⁸	75~90
激光加热	10 ⁸ ~10 ¹¹	7~15

5. 如何实现热处理设计节能？

答 产品设计人员在产品零件的性能要求中，要根据零件的受力状况和工作环境以及失效形式，来确定是否需要热处理强化。可以不进行热处理的坚决取消热处理要求，如选用不需要热处理的钢，选用油淬火、回火的弹簧钢丝，选用高强度钢板制造需要热处理的零件等。热处理节能技术图示如图 1-1 所示。

选用非金属材料的零件代替需要热处理的金属零件，典型的例子有塑料轴承、各种防尘罩、挡块、用耐磨聚甲醛代替磨损小的化学热处理件、用塑料紧固件代替热处理紧固件、用塑料和粉末冶金齿轮代替热处理齿轮等。用低温热处理代替中、高温热处理，如用渗氮、氮碳共渗代替渗碳和碳氮共渗。用离子轰击和气相沉积处理代替表面化学热处理。以镀代渗，以锰磷化、镀硬铬代替表面需要耐磨化学热处理。

用局部热处理代替整体热处理，不需要整体热处理的零件用局部感应淬火、火焰淬火、局部热喷涂等工艺处理。

用表面加热代替透烧加热，根据零件的热处理尺寸效应，一般直径大于 50mm 以上的零件应选用表面加热淬火，特大齿轮应选用逐齿表面淬火。

简化热处理工艺流程，减少热处理工序。预先热处理能用正火的不用退火，谨慎选用均匀化退火和等温退火。能用正火的不用调质处理。

正确选用热处理方法，合理提出热处理技术要求，产品设计者必须熟悉各种热处理方法适用的性能要求和将产生的失效模式，认真准确选用热处理方法。如承受扭转和弯曲载荷的轴类零件常选用中频加热淬火。而齿面接触磨损较小、齿根抗弯强度较低的中碳钢机床齿轮常选用硬化层较浅的高频加热淬火。

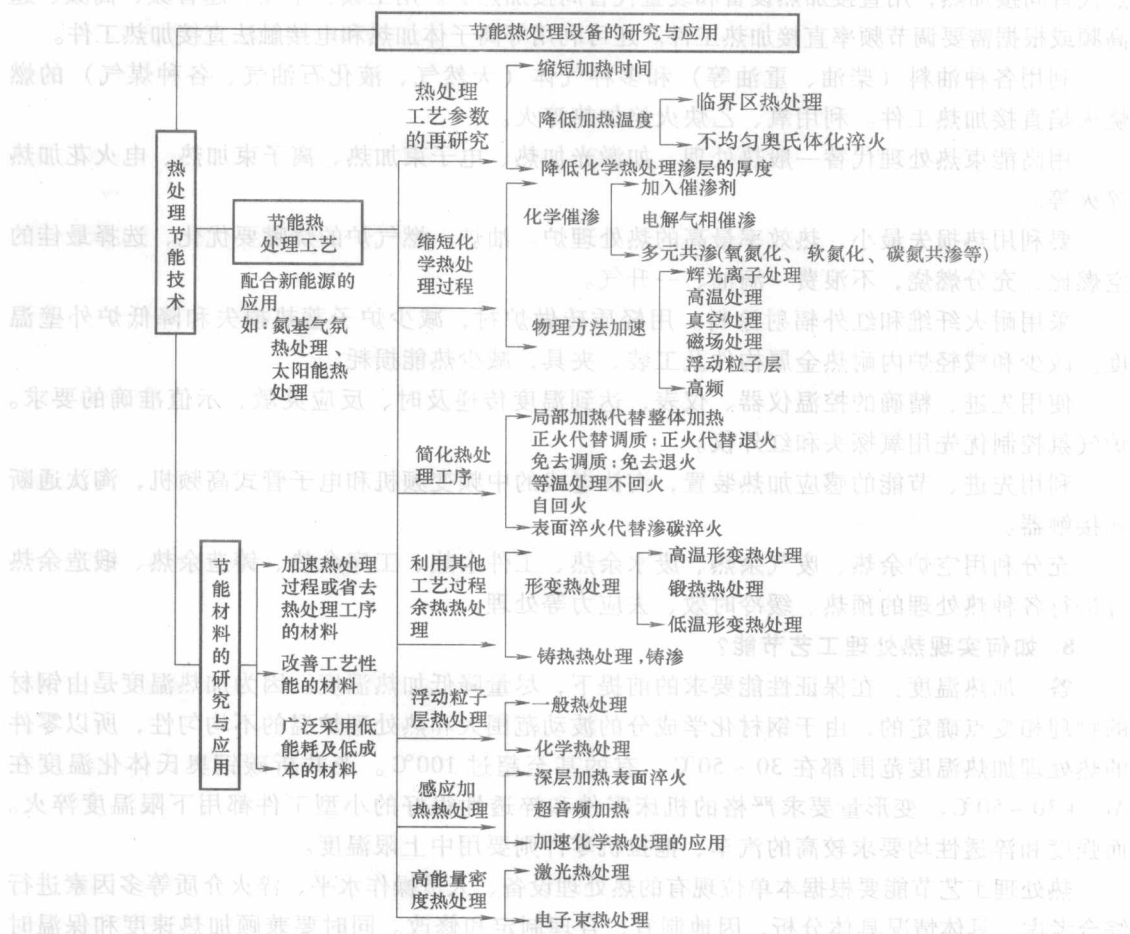


图 1-1 热处理节能技术图示

选材的原则是在保证性能的前提下,以铁代钢,以铸代锻,以碳钢代替合金钢,以非调质钢代替调质钢,以普通碳钢代替优质碳钢,以铁素体球铁代替可锻铸铁,以非金属材料代替金属材料。

6. 如何制定节能的热处理工艺路线?

答 零件的热处理技术要求由产品设计师确定, 热处理工程师应该重新认真分析产品零件服役条件、受力状况、失效模式, 审查选材的正确性和热处理技术要求的合理性、可行性。对表面处理零件应该进行热处理技术要求的工艺转化。预先热处理的位置安排应恰当, 尽量用一次预先热处理。最好用低温或者去应力退火。预先热处理的目的是保证切削加工质量和为后续热处理做好组织准备。最终热处理次数不要重复, 如中频淬火后镀硬铬, 中频淬火后再进行软氮化处理, 激冷铸铁再渗氮等。

热处理工程师应根据零件形状、尺寸和材料的各种物理参数,通过现场的工艺试验,优化工艺参数,制定出节能可行、质量稳定的热处理工艺路线。

7. 如何使热处理能源转化过程最短化? 能源利用效率最佳化?

答 防止热能在加热工件过程中的能量损失,就必须直接利用能源加热工件。即用直接加

热代替间接加热,用直接加热设备和装置代替间接加热炉。用工频、中频、超音频、高频、超高频或根据需要调节频率直接加热工件。还可利用等离子体加热和电接触法直接加热工件。

利用各种油料(柴油、重油等)和多种气体(天然气、液化石油气、各种煤气)的燃烧火焰直接加热工件。利用氧、乙炔火焰加热淬火。

用高能束热处理代替一般热处理,如激光加热、电子束加热、离子束加热、电火花加热淬火等。

要利用热损失最小、热效率最高的热处理炉。油炉、燃气炉的烧嘴要优化,选择最佳的空燃比,充分燃烧,不浪费一滴油、一升气。

采用耐火纤维和红外辐射涂料。用轻质砖做炉衬,减少炉子蓄热损失和降低炉外壁温度。减少和减轻炉内耐热金属构件及工装、夹具,减少热能损耗。

使用先进、精确的控温仪器、仪表,达到温度传递及时、反应灵敏、示值准确的要求。炉气氛控制优先用氧探头和红外仪。

利用先进、节能的感应加热装置,淘汰老式的中频变频机和电子管式高频机,淘汰通断式接触器。

充分利用空炉余热、废气余热、废水余热、工件余热、工序余热、铸造余热、锻造余热等进行各种热处理的预热、缓冷时效、去应力等处理。

8. 如何实现热处理工艺节能?

答 加热温度:在保证性能要求的前提下,尽量降低加热温度。因为加热温度是由钢材的物理相变点确定的,由于钢材化学成分的波动范围大和热处理炉温的不均匀性,所以零件的热处理加热温度范围都在 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$,有的甚至超过 100°C 。亚共析碳钢奥氏体化温度在 $\text{Ac}_3 + 30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。变形量要求严格的机床零件和淬透性很好的小型工件都用下限温度淬火。而强度和淬透性均要求较高的汽车、拖拉机零件则要用中上限温度。

热处理工艺节能要根据本单位现有的热处理设备、人员操作水平、淬火介质等多因素进行综合考虑,具体情况具体分析,因地制宜,合理制定和修改。同时要兼顾加热速度和保温时间,如果因为温度下降了,但保温时间长了,结果导致晶粒长大,性能变坏,这是不可取的。

当零件的性能允许有一部分铁素体存在时,亚共析钢可以用亚温淬火。温度控制在 $\text{Ac}_1 \sim \text{Ac}_3$ 之间。因为铁素体不发生同素异构转变,淬火到室温时会析出三次渗碳体。

对承受接触磨损较小、冲击韧度要求不高的机床齿轮,用中碳钢或中碳低合金钢进行中频和超音频加热淬火,代替低碳钢和低碳低合金钢的渗碳淬火;对承受冲击载荷不大和齿根抗弯强度要求不高的齿轮,也可以用中碳低合金钢 850°C 碳氮共渗代替 920°C 渗碳处理;渗碳层深要求 0.6mm 以下。渗层硬度梯度降低要求不严的零件,可以用 850°C 碳氮共渗代替 920°C 渗碳处理。

快速加热淬火:对高碳钢和高碳低合金钢模具,由于淬透性较差,可以高于正常淬火温度 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$,预先应确定保温时间,或表面完全奥氏体化,或模具和炉膛同样的温度时即可出炉淬火。由于缩短时间达 $40\% \sim 50\%$,节能效果明显。

9. 如何控制加热速度来节能?

答 由于低中碳钢、低碳低合金钢及球墨铸铁有先共析相,不易过热,可以热进炉,加快升温速度,缩短升温时间,表 1-2 是直径 100mm 的钢件在不同温度下的加热系数。从表中可以看出,温度越高,单位尺寸工件升温时间就越少,节能越显著。

表 1-2 直径 100mm 的钢件在不同温度下的加热系数

炉温/℃	300	500	600	800	900	1000	1100	1200
加热系数 β /(min/mm)	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3

含合金元素较多的高合金钢、硬质合金、共析碳钢等，由于其合金碳化物多，热导率小，或没有先共析相，容易过热，应该阶梯升温，不可提高加热速度。同时因装炉量大，工件之间距离小，热空气对流不畅，也不宜加热速度过快。

另外，提高连续炉升温加热段的温度，在炉内壁喷涂高红外辐射效率的涂料，提高炉内壁的辐射性能，不但缩短升温时间，而且可节能 6% ~ 10%。注意涂料和炉壁应有较强的黏着力，涂料在高温下应有很高的辐射系数和很长的稳定寿命。

为了提高激光加热的热效力，零件表面应经过黑化处理，即表面涂黑墨或黑磷化，可提高对热辐射的吸收。

10. 如何采取缩短保温时间来节能？

答 保温时间的作用是保证零件里外热透和充分奥氏体化，保证淬透性、淬硬性和金相组织的均匀性。对小五金零件、钟表零件、薄壁管状零件、各种片弹簧等都可以实行零保温淬火。

用离子渗氮代替普通渗氮，用空冷微变形模具钢的火焰淬火代替普通淬火、回火处理。低淬透性钢齿轮用感应加热淬火比渗碳钢齿轮渗碳处理可节能 60%，感应加热气体渗氮和软氮化具有渗速快、渗层质量好、脆性低、公害小、耗能少等优点。

预先热处理能用正火处理尽量用正火处理，因为退火时间很长，能量消耗多，但高碳钢和高合金工具钢不能用正火代替退火，否则硬度太高，无法进行切削加工。

充分利用化学热处理的各种催化剂、稀土等缩短强渗时间。

保温时间长短与零件有效尺寸有关，同时与装炉量及零件间的介质对流循环状况有关。缩短加热时间必须以通过工艺验证合格为前提，节能必须在保证热处理质量的前提下进行，既要满腔热情又要慎重、稳妥、有序。

重新审核热处理老工艺卡片的保温时间，能缩短的毫不留情更改。

大力提倡感应加热淬火、低电压大电流的电阻直接加热淬火和气相沉积处理，用燃气火焰直接加热工件等，会收到明显的节能效果。

11. 不同电加热方法产生怎样的节能效果？

答 感应加热、电接触加热、电阻炉加热等不同电加热方法产生的节能效果见表 1-3。

表 1-3 感应加热、电接触加热、电阻炉加热等不同电加热方法产生的节能效果

项 目	加热方法及效果			
	电接触加热	感应加热		电阻炉加热
		工频	中频	
零件直径/mm	10 ~ 70	> 150	> 150	不限
零件长度/mm	> 100	不限	不限	不限
每吨零件电耗/[(kW · h)/t]	300 ~ 350	400 ~ 500	450 ~ 600	600 ~ 700
每千瓦电的相对价格	1.2	0.8	1.7	1
加热每吨零件的相对价格	0.7	0.8	0.9	1

注：加热温度 1250℃。