

齿轮热处理 实用技术 500问

金荣植 编著



化学工业出版社

齿轮热处理 实用技术 500问

金荣植 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以目前成熟的齿轮材料及其热处理工艺方法为基础,结合当前国内外一些实用的齿轮新材料、新工艺、新装备及新检测方法,通过大量实例,以问答的形式,介绍了典型齿轮材料及其热处理工艺方法(包括齿轮的淬火冷却与畸变、节能减排、延寿等最新技术)、质量控制、检测等实用技术诀窍,理论阐述明了,易于操作,应用效果显著。适用于从事热处理及相关行业的技术人员及工人阅读,也可供设计、检验人员及高等院校、科研等人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

齿轮热处理实用技术 500 问/金荣植编著. —北京:
化学工业出版社, 2011.9
ISBN 978-7-122-11725-0

I. 齿… II. 金… III. 齿轮加工-热处理-问题解答
IV. TG61-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 129947 号

责任编辑:王清颢
责任校对:洪雅姝

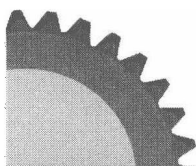
装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 23½ 字数 631 千字 2012 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究



前言

齿轮传动几乎是所有成套机械装备的主要传动部件，齿轮传动产品包括车辆齿轮传动系（主要为汽车、工程及农机等配套）、工业齿轮传动及变速箱（主要包括工业通用变速箱及为冶金、矿山、石油、水泥、船用、铁路等配套的专用齿轮箱）。

齿轮质量的优劣直接影响到各种机械装备使用的可靠性、安全性和经济性。高精度、低噪声、长寿命等一直是齿轮制造业的发展方向。作为制造业大国，我国的齿轮工业在最近几十年里已取得了很大的发展，在一定程度上，满足了装备制造业的需求。然而，较大部分齿轮传动与变速箱（齿轮箱）产品，由于齿轮热处理质量等原因，在振动噪声与疲劳寿命方面距国际先进水平还有明显差距。而且，由于齿轮使用寿命偏低，导致钢材损失巨大，并且热处理耗能较大、成本较高、污染较严重，因此急需改进和提高。从热处理角度考虑要提高齿轮的质量和使用寿命，就要合理地选用齿轮用钢，正确地制定齿轮热处理工艺，防止齿轮在热处理过程中出现缺陷和在工作中受到损伤。本书针对以上问题通过问答形式简明地加以叙述。

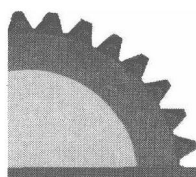
本书内容包括：齿轮热处理基础知识；典型齿轮材料及其热处理强化技术；齿轮的热处理装备与材料；齿轮热处理常见问题及其对策；齿轮的先进热处理技术；齿轮热处理安全防火、防爆（炸）及环保控制技术；齿轮热处理检测技术。本书还重点介绍了齿轮的失效形式及其对策、当前典型的齿轮材料及其主流的渗碳（碳氮共渗）热处理工艺、当前齿轮的热处理装备与材料、齿轮的先进热处理技术、节能环保技术、齿轮的热处理畸变控制技术等。

本书集齿轮热处理工艺、设备、材料及检验技术为一体，从多方位介绍国内外成熟与先进的齿轮热处理工艺方法、设备、材料及检验技术等，具有一定的理论性、实用性和操作性。

在本书编写过程中，得到了哈尔滨工业大学刘志儒教授的大力支持，在此表示感谢。

由于齿轮使用范围十分广阔，小到仪表用的微型齿轮，大到直径几米、质量达几十吨的超大型齿轮，齿轮制造（包括热加工）内容十分广泛而且复杂，本书仅仅涉及一部分内容，因此只是起到一个抛砖引玉的作用。由于作者水平有限，难免出现一些疏漏，敬请广大读者和专家批评指正。

编者



目 录

第一章 齿轮热处理基础知识 1

一、齿轮类别及其性能要求	1
1. 齿轮受力状态、齿轮类别及其性能要求是什么?	1
2. 大直径重载齿轮性能有哪些基本要求?	2
3. 大型齿轮是如何分类的? 其渗碳齿轮要求的特性是什么?	2
4. 齿轮的疲劳强度及硬化层深度是如何设计的?	2
5. 如何根据齿轮的服役条件选择适宜的化学热处理方法?	3
二、齿轮的失效形式、原因及其对策	4
6. 齿面疲劳失效的主要形式及其对策是什么?	4
7. 渗碳齿轮的主要失效形式是什么? 有哪些相应对策?	4
8. 汽车齿轮常见失效形式及产生原因是什么?	6
9. 齿轮的接触疲劳失效原因及形式是什么? 有哪些影响接触疲劳强度的因素?	7
10. 齿轮弯曲疲劳失效原因是什么? 影响齿轮弯曲疲劳强度的因素有哪些?	7
11. 影响齿轮疲劳强度的因素有哪些? 最佳控制参数是什么?	8
12. 材料冶金特性对齿轮性能有哪些影响?	9
13. 感应淬火齿轮失效原因及工作条件对硬化层深度的要求是什么?	10
14. 大小齿轮表面硬度如何匹配才能对提高齿轮使用寿命有利?	11
15. 防止齿轮点蚀的措施有哪些?	11
16. 防止渗碳齿轮胶合、剥落、折断齿的措施有哪些?	11
17. 如何通过增加渗层深度、提高心部强度的方法提高齿轮渗层接触疲劳剥落抗力?	12
18. 怎样采用硫化处理方法提高齿轮抗点蚀和剥落能力?	12
19. 如何采用等温淬火工艺来提高球墨铸铁齿轮高强韧性?	13
20. 如何优化热处理工艺设计解决螺旋锥齿轮断齿失效问题?	13
21. 45 钢齿轮断裂失效原因是什么? 有什么对策?	14
22. 重型载货汽车后桥主动锥齿轮断裂失效原因是什么? 有哪些改进措施?	14
23. 机车牵引主动齿轮断裂失效原因是什么? 有哪些对策?	15
24. 42CrMo 钢齿轮轴断裂失效原因是什么?	15
25. 变速箱总成二轴螺纹与花键连接处断裂原因是什么? 有什么改进措施?	16
26. 18Cr2Ni4WA 钢渗碳齿轮轴纵向裂纹原因是什么? 有哪些改进措施?	16
27. 变速器中间轴断裂失效原因是什么?	17
28. C616 车床变速箱传动齿轮失效原因是什么? 有哪些改进措施?	17
29. 载重汽车后桥圆锥齿轮早期失效原因是什么? 有哪些改进措施?	18

30. 汽车后桥主动锥齿轮失效原因是什么？有哪些改进措施？	18
31. 20CrMnTi 钢齿轮表面剥落失效原因是什么？有什么解决方法？	19
32. 摩托车启动电机齿轮轴早期失效原因是什么？有哪些改进措施？	19

三、齿轮的台架试验

20

33. 载重汽车驱动桥总成试验机及其技术参数、特点是什么？	20
34. 载重汽车齿轮的台架试验参数是什么？	20
35. 如何进行齿轮轮齿弯曲疲劳试验、汽车变速箱齿轮的台架试验及驱动桥齿轮的疲劳强度试验？	20
36. 20CrMo 齿轮接触疲劳性能试验采用什么设备？试验规范及试验结果如何？	21
37. 螺旋锥齿轮技术要求及其疲劳寿命试验要求有哪些？	21
38. 怎样从热处理角度采取措施提高弧齿锥齿轮台架疲劳试验寿命？	22
39. 采取哪些措施可以提高重型汽车驱动桥齿轮台架试验疲劳性能？	22
40. 怎样提高重载驱动桥齿轮抗弯曲疲劳台架寿命？	24
41. 怎样采用氮碳共渗工艺减小汽车变速器内齿轮畸变提高台架试验寿命？	25
42. 13t 单级减速器驱动桥总成疲劳试验是如何进行的？	25

第二章 典型齿轮材料及其热处理强化技术 26

一、典型齿轮材料及其热处理方法

26

43. 常用齿轮材料的工作条件如何？怎样根据齿轮材料工作条件进行热处理？	26
44. 几类典型齿轮的工作条件是什么？其材料与热处理要求如何选择与制定？	27
45. 机床齿轮常用钢材有哪些？其热处理工艺是什么？	28
46. 车辆齿轮常用钢材有哪些？其主要化学成分是多少？	29
47. 重型汽车驱动桥锥齿轮材料常采用哪些钢种？其钢种特点怎样？	30
48. 低速载重及高速齿轮常用的渗碳钢有哪些？其有何主要用途？	31
49. 高速、重载及有冲击重要齿轮的材料有哪些？采用什么热处理工艺？	32
50. 国内外汽车齿轮渗碳钢有哪些钢种？其相关标准有哪些？	32
51. 国内外常用汽车齿轮材料有哪些？其应用情况如何？	33
52. 高精度高寿命渗碳齿轮对钢材有什么要求？钢材标准的质量是如何分类的？	35
53. 常用齿轮渗氮钢有哪些？其用途是什么？	35
54. 国内外机车牵引齿轮用钢有哪些？其采用什么热处理工艺？	36
55. 风电机齿轮箱齿轮采用哪些先进材料及热处理技术？	37
56. 风力发电机变速箱齿轮热处理设备及热处理工艺有哪些？	37
57. 齿轮铸件材料的选择原则是什么？齿轮用铸铁材料及其特点、用途是什么？铸造毛坯采用什么 预处理工艺？	38
58. 齿轮常用铸铁牌号有哪些种？其力学性能如何？	38
59. 球墨铸铁齿轮的常用热处理工艺有哪些？	39
60. 齿轮用铸钢的牌号、特性与用途有哪些？	40
61. 国内外齿轮调质钢有哪些种？	41
62. 奥贝球墨铸铁（ADI）齿轮新材料及热处理新工艺是什么？有哪些应用？	42
63. 采用什么热处理方法可以提高灰口铸铁齿轮的表面硬度和耐磨性？	42
64. 为提高载货汽车变速器齿轮使用寿命，应从哪些方面控制钢材质量？	43
65. 日本齿轮材料有哪些？其热处理方法是什么？	43
66. 38CrMoAlA 钢有哪些常用热处理工艺？	44
67. 齿轮用 18CrNiMo7-6 和 20CrNi2Mo 钢主要用途是什么？其渗碳工艺参数如何制定？	44
68. 34CrNi3Mo 钢大型齿轮轴快速加热淬火工艺是什么？	45

69. 18Cr2Ni4WA 钢锥齿轮固体渗碳马氏体等温淬火工艺是什么？	45
70. 严格控制精度的 12Cr2Ni4A 钢圆锥齿轮三段渗碳淬火工艺是什么？	45
71. 如何设计 21NiCrMo5 钢依维柯汽车齿轮的热处理强化工艺？	46
72. 如何设计 17Cr2Ni2Mo 钢齿轮热处理工艺？	46
73. 怎样制定 17CrNi2MoA 齿轮轴稀土渗碳新工艺？	47
74. 45 钢齿轮热处理性能、特点是什么？如何选择合理的热处理工艺方法？	47
75. 常用合金钢的合金系数是多少？	48
76. 如何设计低碳贝氏体钢渗碳工艺？其在轿车齿轮上有什么应用？	48
77. 农用车后桥齿圈齿轮如何采用贝氏体球墨铸铁代替 20CrMnTi 进行热处理？	49
二、齿轮的调质热处理技术	50
78. 如何制定常用调质钢的调质处理工艺？	50
79. 大件调质工艺的设计应考虑哪些因素？	50
80. 调质齿轮的硬度如何确定？常用变速箱调质齿轮副的硬度是怎样进行匹配的？	51
81. 如何编制 45 钢大模数齿轮齿面硬化工艺？	52
82. 如何制定 42CrMoA 钢内齿圈调质工艺？	52
83. 如何设计 42CrMo 钢大模数重载齿轮调质淬火连续冷却工艺？	52
84. 调质处理后的 20CrNi3、20CrMo、20Cr、20CrMnTi 及 22CrMoH 钢力学性能如何？	52
85. 如何改进 45 钢大齿圈调质处理工艺解决硬度偏低问题？	53
86. 调质齿轮的常见缺陷有哪些？其对策如何？	53
三、齿轮的感应加热淬火热处理技术	53
87. 感应加热齿轮常用哪些种钢材？	53
88. 如何编制感应加热淬火工艺？	54
89. 怎样设计低淬透性钢齿轮的感应淬火工艺？	55
90. 感应加热淬火方法有哪几种？感应加热淬火时的冷却方法及冷却介质有哪些？	55
91. 国内外大模数齿轮表面淬火工艺及感应热处理设备有哪些？	56
92. 电流频率选择的原则是什么？如何选取齿轮感应加热的电流频率？	58
93. 如何选择全齿回转感应加热电流频率？怎样设计感应加热器？	58
94. 怎样制定全齿回转感应电加热工艺？	59
95. 如何制定全齿回转感应加热与冷却工艺？	60
96. 大模数齿轮如何进行表面高频淬火？	61
97. 齿轮感应淬火硬化层分布形式及应用范围有哪些？感应淬火齿轮一般有哪些技术要求？	61
98. 双频感应加热原理及工艺是什么？齿轮感应淬火的冷却介质及其冷却方式如何？	62
99. 如何采用新的 SDF 齿轮同步双频感应淬火技术获得沿齿廓分布均匀的淬硬层？其实际 应用怎样？	63
100. 如何通过采用单频整体冲击加热淬火工艺获得基本沿齿廓分布硬化层效果？	63
101. 俄罗斯先进感应热处理技术在齿轮加工行业中有哪些应用？	64
102. 汽车零部件感应热处理工艺参数如何选择？	64
103. 圆柱齿轮高频感应加热时电流频率如何选择？	66
104. 圆柱形齿轮外径与感应器的间隙、不同条件用感应器的高度及有效厚度是多少？	66
105. 如何设计高、中频淬火感应器？	67
106. 如何设计锥齿轮感应器？怎样调整电参数？	68
107. 怎样进行大模数齿轮多齿沟连续淬火感应器及工艺参数设计？	70
108. 如何进行大型重载齿轮单齿埋油淬火感应器设计？	70
109. 如何改进双联齿轮高频淬火感应器设计？	71
110. 怎样设计齿轮端面局部淬火感应器及感应加热淬火工艺？	71

111. 如何设计齿轮与蜗杆淬火用的感应器？	72
112. 感应淬火机床的基本参数如何确定？	72
113. 齿轮感应加热淬火时如何选择 PAG 淬火介质浓度？	73
114. 感应淬火常用淬火介质有哪些？其性能及适用性如何？	73
115. 如何选用感应加热淬火介质？怎样确定冷却参数？如何选择感应淬火方法？	73
116. 如何制定万能铣床齿轮感应淬火工艺？	75
117. 如何制定新的汽车转向齿条接触式感应淬火技术？	75
118. 如何制定齿条齿面高频感应电阻加热淬火工艺？	76
119. 如何对渐开线圆柱直齿轮采用常规双频淬火方法进行热处理？	76
120. 22CrMoH 钢后桥主动锥齿轮尾部螺纹如何进行感应软化处理？	77
121. 怎样改进锥齿轮高频感应加热淬火工艺？	78
122. 如何设计小齿轮高频淬火工艺？	78
123. 如何制定内齿圈的沿齿沟淬火工艺？	79
124. 减少薄壁钢齿套在连续感应加热淬火中圆度变形的的方法是什么？	80
125. 如何改进 40Cr 钢齿轮高频加热水淬处理工艺？	80
126. 齿轮双频感应淬火技术应用实例有哪些？	80
127. 如何改进感应加热淬火工艺提高大模数齿轮、斜齿条淬火硬度？	81
128. 如何采用渗碳感应表面淬火工艺提高齿轮热处理质量？什么是感应加热气体渗碳、渗氮及 碳氮共渗？	82
129. 高频正火工艺适合什么情况？	82
130. 国外有哪些先进齿轮感应热处理工艺？	82
131. 如何对 50Mn2 钢齿圈进行中频淬火？	83
132. 感应淬火零件一般有哪几项检查项目？	83
133. 感应淬火件常见质量问题有哪些？其对策是什么？	84
四、齿轮的渗碳及碳氮共渗热处理技术	86
134. 如何设计齿轮的渗碳工艺？其典型渗碳工艺有哪些？	86
135. 目前广泛应用的气体渗碳方法主要有哪几种？其工艺特点及适用范围如何？	87
136. 渗碳和碳氮共渗齿轮表面碳（氮）含量、表面硬度、表层组织及心部硬度一般有什么要求？	88
137. 怎样合理控制与选择渗碳件表面碳浓度？	88
138. 怎样合理选择渗碳淬火有效硬化层深度？	89
139. 如何选择渗碳齿轮钢渗碳淬火残留奥氏体量？	89
140. 怎样制定浅层渗碳工艺？	90
141. 怎样制定大型重载齿轮的深层渗碳工艺？减小大型齿轮淬火畸变措施有哪些？	90
142. 深层渗碳工艺对热处理设备有什么要求？大型井式渗碳炉渗碳工艺有哪些？	91
143. 大型重载齿轮对渗碳层质量有什么要求？如何进行表面碳浓度及碳化物的控制？	92
144. 如何编制快速压力渗碳工艺？	93
145. 目前有哪些新的渗碳技术？其主要优点是什么？	93
146. 如何编制双排推杆式渗碳自动生产线齿轮渗碳工艺？	94
147. 如何选择连续式渗碳炉各区温度及碳势？	95
148. 如何采用高浓度渗碳工艺提高重载齿轮耐磨性？如何设计热处理工艺？	95
149. 如何制定可控气氛多用炉齿轮渗碳工艺？	96
150. 如何制定大型齿轮轴的深层固体渗碳工艺？	97
151. 如何制定薄层固体渗碳工艺？	97
152. 如何制定装箱、分段固体渗碳工艺及固体气体渗碳工艺？	98
153. 怎样编制 20CMnTi 钢大直径齿轮固体渗碳工艺？其渗碳剂如何配方？	98
154. 如何改进 18Cr2Ni4W 钢大型齿轮的固体渗碳工艺？	98

155. 如何选择固体渗碳温度? 怎样根据渗层深度确定出炉时间?	99
156. 常见固体渗碳剂组成是什么? 其应用范围怎样? 有哪些常用的固体渗碳工艺?	99
157. 怎样设计多用炉氮基气氛渗碳工艺?	100
158. 如何在推杆式连续热处理炉上采用氮基气氛碳氮共渗工艺获得最佳应用效果?	101
159. 采用氮-甲醇气氛进行渗碳时碳势怎样控制? 有什么应用实例?	102
160. 氮基气氛在连续式气体渗碳和碳氮共渗炉上是怎样应用的?	103
161. 如何在连续式渗碳缓冷炉上采用氮-甲醇渗碳工艺进行齿轮的深层渗碳?	103
162. 怎样在双排连续式渗碳炉中采用直生式气氛丙烷+空气渗碳工艺?	104
163. 怎样编制高温下工作的渗碳齿轮二次硬化处理工艺?	105
164. 20CrMnTi 钢带花键内孔和外花键的轴套类零件减小畸变工艺如何制定?	105
165. 怎样制定大型焊接齿轮渗碳淬火工艺?	105
166. 为获得较高强韧性配合的齿轮如何采用渗碳后淬火+淬火的工艺	107
167. 大型重载齿轮热处理技术要求有哪些? 如何编制 20CrNi2Mo 钢大型人字重载齿轮的深层 渗碳工艺?	107
168. 怎样编制 20Cr2Ni4A 钢齿轮新的渗碳淬火工艺?	108
169. 如何改进 18Cr2Ni4W 钢齿轮热处理工艺?	108
170. 如何采用双参数碳势控制系统及三参数碳势控制系统进行精确碳势控制?	109
171. 渗碳层深度与磨削余量的关系如何?	110
172. 如何简单计算渗碳和扩散时间?	110
173. 气体渗碳炉换气率如何计算?	110
174. 如何采用天然气脱硫装置提高渗碳质量? 如何制定改进工艺?	111
175. 感应加热气体渗碳工艺是一种什么渗碳方法?	112
176. 常用渗碳钢渗碳前有哪些预备热处理方法?	112
177. 如何确定常用合金渗碳钢二次加热淬火的加热温度?	112
178. 渗碳齿轮锻坯的预备热处理及渗碳后的冷却方式有哪些?	113
179. 怎样确定真空渗碳时间与扩散时间?	114
180. 如何采用 Infracarb 真空渗碳工艺软件和 ECM 真空渗碳炉进行快速深层渗碳?	114
181. 怎样编制 20Cr2Ni4 钢齿轮轴离子渗碳工艺? 其工艺特点是什么?	115
182. 如何采用脉冲式气体渗碳技术实现高质量渗碳?	115
183. 怎样制定膏剂渗碳工艺? 渗碳后不同的淬火方法对其表面耐磨性有哪些影响?	116
184. 有哪几种无毒液体渗碳工艺方法? 其配方是什么?	116
185. 含镍渗碳钢怎样采用快速热处理工艺改善组织与性能? 有哪些应用实例?	117
186. 渗碳后常用哪几种热处理工艺方法? 其工艺特点及适用范围怎样?	117
187. 渗碳后要求心部有较高强度和较好韧性的零件应怎样淬火、回火?	119
188. 渗碳后要求表层有较高耐磨性的零件应如何淬火、回火?	119
189. 渗碳后要求表面和心部性能都较好的零件应如何淬火、回火?	119
190. 如何设计 18CrMnTi 钢被动齿轮 BH 气体催渗碳氮共渗技术?	119
191. 如何采用 BH 催渗技术减少变速箱齿轮畸变?	120
192. 怎样编制从动螺旋锥齿轮快速 BH 催渗工艺?	121
193. 稀土元素有什么特点? 怎样选择与配制稀土渗剂?	121
194. 稀土高浓度渗碳及细小弥散颗粒状碳化物形成机理是什么?	122
195. 生产现场如何配制化学热处理用稀土催渗剂?	122
196. 稀土渗碳、碳氮共渗工艺有哪些?	123
197. 怎样配制稀土碳氮共渗剂? 稀土碳氮共渗有哪些优点? 使用中稀土加入量如何进行选择?	124
198. 如何在连续式渗碳炉上采用稀土渗碳技术改善齿轮非马氏体组织? 稀土抑制非马氏体组织 产生的原因是什么?	124
199. 怎样采用稀土高浓度渗碳工艺提高推土机齿轮热处理质量?	125
200. 怎样改进 20Cr2Ni4A 钢传统渗碳工艺采用稀土低温高浓度气体渗碳直淬工艺?	126

201. 怎样设计齿轮的碳氮共渗工艺？	126
202. 如何确定碳氮共渗的工艺温度及时间？如何选择齿轮碳氮共渗层深度？	127
203. 什么是高浓度碳氮共渗工艺？有哪些应用实例？	128
204. 如何制定高浓度气体碳氮共渗工艺？	128
205. 如何采用碳氮共渗工艺减小内齿圈淬火畸变？	129
206. 为降低变速器齿轮热畸变并提高使用寿命，可采用哪些碳氮共渗工艺与新的渗碳工艺？	130
207. 如何编制 40Cr 钢汽车变速箱轴和齿轮的一段碳氮共渗工艺？	131
208. 怎样编制汽车变速箱轴和齿轮的两段碳氮共渗工艺？	131
209. 如何设计 12Cr2Ni3A 钢薄层气体碳氮共渗工艺？	132
210. 如何制定 20Cr2Ni4A 钢高精度重载齿轮最佳碳氮复合处理工艺？	132
211. 怎样制定 $\text{NH}_3 + \text{RX}$ 吸热型气氛碳氮共渗工艺？	132
212. 怎样制定低真空超薄层碳氮共渗工艺？	132
213. 怎样采用深层气体碳氮共渗工艺处理主动小齿轮？	133
214. 中温碳氮共渗后的热处理有哪几种方法？	133
215. 如何选择齿轮经渗碳和碳氮共渗后的热处理方式？	133
216. 碳氮共渗后常用哪几种热处理工艺方法？其工艺特点及适用范围怎样？	134
217. 齿轮硬化层深度计算方法是什么？齿轮采用碳氮共渗后如何减少原技术要求的渗碳 硬化层深度？	135
218. 常用结构钢的渗碳淬火、回火热处理规范是什么？	136
219. 渗碳和碳氮共渗齿轮的常见缺陷有哪些？其对策是什么？	136
220. 连续式渗碳炉齿轮渗碳有哪些常见热处理缺陷？其防止措施是什么？	137
221. 碳氮共渗层常见的组织缺陷有哪些？有什么对策？	138
222. 高浓度渗碳工件淬火硬度不足时，可采用什么热处理工艺进行补救？	139
223. 渗碳工件晶界氧化的生成机理是什么？其特征、危害如何？	139
224. 影响齿轮内氧化的主要因素有哪些？减少渗碳钢内氧化的途径是什么？	140
225. 防止渗碳工件晶界氧化的措施有哪些？有哪些检验方法？	141

五、齿轮的渗氮与氮碳共渗热处理技术

226. 常用渗氮钢钢种有哪些？氮化后性能怎样？其用途是什么？	141
227. 常用渗氮齿轮钢材有哪些种？其气体深层渗氮工艺参数如何制定？	142
228. 如何选择气体渗氮的工艺参数？	142
229. 如何制定结构钢齿轮的渗氮工艺？	143
230. 常用渗氮钢零件的加工路线如何？渗氮前的预备热处理有哪些要求？	144
231. 如何制定机床齿轮、高速齿轮气体渗氮工艺？如何编制齿轮离子渗氮工艺？	144
232. 如何制定齿轮的深层渗氮工艺？	146
233. 怎样根据齿轮工作条件选择低温渗氮热处理方法？	146
234. 渗氮新技术有哪些？稀土渗氮、氮碳共渗及其特点怎样？如何选择固体法氮碳共渗 渗剂及温度？	147
235. 如何选择渗氮齿轮的渗氮层深度和表面硬度？	147
236. 怎样选择齿轮的预备热处理及渗氮工艺？	148
237. 常见结构钢渗氮前调质处理工艺有哪些？	150
238. 高压渗氮工艺及其特点是什么？	150
239. 提高重载齿轮齿面承载能力的渗氮工艺措施有哪些？	150
240. 如何制定预氧化两段快速渗氮工艺？其工艺特点怎样？	151
241. 有哪几种气体催渗渗氮技术？	152
242. 稀土催渗快速气体渗氮工艺及其特点如何？有什么应用实例？	153
243. 如何采用预氧化两段渗氮方法实现 40Cr 钢齿轮快速渗氮？	153

244. 如何在密封箱式炉中进行短时气体渗氮?	153
245. 如何制定控制渗氮层脆性的气体渗氮工艺?	154
246. 如何制定小齿轮等温快速薄层渗氮工艺?	155
247. 真空(脉冲)渗氮工艺及其工艺特点如何?	155
248. 怎样制定 42CrMo 汽车泵齿轮离子氮化工艺?	156
249. 齿轮离子渗氮有哪些应用? 如何采用离子渗氮方法提高圆柱齿轮表面硬度、耐磨性并减小畸变?	156
250. 离子软氮化工艺在轿车上如何应用? 其应用效果怎样?	157
251. 有哪些渗氮(离子)齿轮应用实例?	157
252. 什么齿轮可采用深层离子渗氮工艺? 其设备与应用实例有哪些?	158
253. 高速中等载荷齿轮如何采用复合热处理新工艺获得良好的力学性能?	158
254. 如何制定齿轮的氮碳共渗工艺?	159
255. 如何编制齿圈、齿轮气体氮碳共渗工艺?	160
256. 如何根据零件精度的要求选择合理的氮碳共渗工艺? 有什么应用实例?	160
257. 怎样设计柴油机 45 钢齿轮的气体氮碳共渗工艺?	161
258. 怎样采用氮势控制技术获得航空产品的渗氮质量要求?	161
259. 什么是无公害盐浴氮碳共渗(或渗氮)(QPQ)技术? 其特点是什么? 有哪些实际应用?	162
260. 常用氮化材料的调质硬度对氮化层性能有什么影响?	162
261. 如何制定蜗轮、蜗杆的氮化工艺?	163
262. 高频感应加热气体氮化工艺及其特点是什么? 什么是膏剂高频感应加热氮化工艺?	163
263. 怎样采用氮碳共渗工艺提高 35SiMnMo 钢圆弧齿轮轴疲劳性能?	164
264. 氮化层质量检验项目及有哪些? 常用检验方法是什么?	164
265. 气体氮化常见缺陷是什么? 其对策有哪些?	165
266. 离子氮化有哪些常见的缺陷? 其产生原因是什么? 对策有哪些?	166
267. 防止氮碳共渗后的黑色组织的措施有哪些?	167
六、齿轮的火焰加热淬火技术	167
268. 齿轮的火焰淬火及其特点是什么? 适合于什么钢种?	167
269. 齿轮火焰淬火的工艺参数怎样制定?	167
270. 火焰淬火工艺参数如何选择?	168
271. 火焰淬火零件的回火工艺参数如何选择?	169
272. 怎样采用淬火机床实现大模数齿轮的精确火焰淬火?	169
七、齿轮的表面强化(抛丸)技术	170
273. 如何选择喷丸强化工艺参数? 有什么应用实例?	170
274. 齿轮的硬喷丸新工艺是什么? 同其他喷丸工艺相比效果怎样?	171
275. 新型钢丸化学成分配方是什么?	172
276. 怎样采用喷丸强化技术提高渗碳齿轮疲劳强度?	173
277. 碳氮共渗后采用喷丸硬化处理如何改善齿轮的接触疲劳寿命?	173
278. 锥花键齿轮轴抛丸质量问题是什么? 其解决方法是什么?	173
八、齿轮的淬火冷却技术	174
279. 分级淬火时如何确定分级温度和分级停留时间? 分级淬火技术有何优缺点?	174
280. 设计等温淬火工艺时应考虑哪些因素? 等温淬火有哪些优点?	174
281. 如何选择淬火介质?	175
282. 常用水溶性淬火介质配方是什么? 其应用效果如何?	175
283. 热处理淬火油是如何进行分类的? 其应用场合与使用范围怎样?	177

284. 采用计算机与变频控制技术的“控时浸淬系统 (ITQS)” 淬火冷却原理是什么? 在生产中的应用如何?	177
---	-----

九、齿轮的防渗及加热保护技术 178

285. 如何对热处理保护涂料进行分类? 有哪些生产方面的应用? 涂料技术与要求是什么?	178
286. 防止气体渗碳涂料有哪几种?	178
287. 工件加热防止氧化、脱碳及防渗碳可采用哪些自制保护涂料?	179
288. 一种新型 NFT-1 防渗涂料配方是什么? 怎样进行防渗碳试验?	179
289. 主动圆锥齿轮尾部螺纹涂敷防渗剂 (膏) 方法是什么? 防渗螺纹清理方法有哪些?	180
290. 防止渗碳件缓冷时氧化脱碳的方法有哪几种?	181
291. 齿轮上细小通孔的防渗处理有什么方法?	181
292. 怎样对从动齿轮内孔进行机械防渗?	181
293. 高压齿轮泵齿轮热处理畸变及防渗改进措施是什么?	181
294. 防氮化方法有哪些?	182

十、齿轮的其他热处理技术 183

295. 齿轮锻件锻后如何进行热处理?	183
296. 低碳合金钢齿轮锻坯的退火、正火工艺有哪几种?	183
297. 低碳合金结构钢齿坯锻造后的金相组织有哪几种? 是怎样形成的?	184
298. 20CrMnTi 钢齿轮锻坯等温正火理想冷却速是多少? 齿轮锻坯的等温正火生产线工艺有哪些?	185
299. 如何对渗碳钢齿轮锻坯的等温正火工艺进行优化?	185
300. 如何编制齿轮锻坯的预备热处理工艺?	186
301. 常用齿轮钢的正火温度及硬度值是多少?	187
302. 铸钢件如何进行预备热处理?	187
303. 20CrNi3、22CrMoH 及 20CrNiMo 钢预备热处理工艺是什么?	188
304. 如何利用图表查常用齿轮钢的淬火温度? 如何计算淬火加热时间?	188
305. 如何确定回火保温时间及冷却方式?	189
306. 回火温度如何选择? 如何利用图表查常用钢不同硬度所要求的回火温度?	189
307. 如何用简易公式计算钢淬火后的回火温度?	190
308. 如何采用保护气氛热处理技术实现齿轮的 (少) 无氧化退火、正火、调质及光亮淬火?	190
309. 氨基气氛及其热处理技术有什么特点与应用? 国外采用的几种氨基热处理气氛的成分是什么?	191
310. 小模数齿轮采用盐浴炉快速加热时如何选择热处理工艺参数?	192
311. 渗碳齿轮锻坯正火后异常组织的形貌、成因和危害是什么? 有哪些预防措施?	193
312. 常出现哪些回火缺陷? 如何进行补救?	194
313. 插齿齿面粗糙度差的原因是什么? 有什么解决办法?	195

第三章 齿轮热处理装备、辅助及工艺材料 196

一、常规及先进的感应加热装备 196

314. 齿轮专用感应加热设备、淬火机床有哪些品种? 其主要性能与用途如何?	196
315. 国产感应热处理的装置怎样?	197
316. 有哪些新的感应设备制造技术? 其特点如何?	198
317. 先进的 SDF 同步双频感应设备及技术是什么? 其在汽车零部件热处理中的应用如何?	198
318. 感应器制造常用的材料与规格有哪些?	199
319. 红外线测温系统在连续中频热处理中有何应用?	200
320. 感应加热电源设备对设备冷却水质有何要求?	200

二、常规及先进的渗碳、渗氮等装备	201
321. 热处理设备是怎样分类的？热处理主要加热设备有哪些？	201
322. 当前先进的齿轮热处理设备主要有哪些？	201
323. 国产先进、环保的齿轮热处理设备有哪些？其适用范围如何？	203
324. 国外著名热处理设备生产公司先进产品及技术有哪些？	203
325. 带底部装料装置的气体渗碳自动生产线有何特点？	204
326. 爱协林全自动推盘式渗碳炉压淬生产线有何优点？	204
327. 带高压气淬的推盘式气体渗碳生产线有什么特点？	205
328. 三排推盘式连续渗碳自动生产线结构特点如何？	205
329. 爱协林环形气体渗碳炉有何特点？	206
330. 中冷连续式渗碳炉的构成如何？其有什么用途？	206
331. 如何采用中冷连续式渗碳炉对粗晶粒渗碳钢齿轮进行渗碳淬火？	207
332. 易普森可控气氛多用炉为什么可以实现高质量渗碳、碳氮共渗？	208
333. 高温可控气氛多用炉特点及节能效果如何？	208
334. BBH 前室预抽真空多用炉为什么可以避免爆炸危险和减少内氧化？其设备组成及用途如何？	209
335. 什么是 SOLO 底装料立式多用炉技术？其特点及用途有哪些？	210
336. 如何采用 SOLO 底装料立式多用炉实现超薄层渗碳、碳氮共渗、减少内氧化及畸变？	210
337. 进口多用炉生产线有什么特点？其解决摩托车小齿轮畸变的渗碳、碳氮共渗工艺是什么？	212
338. 超大型可控气氛箱式多用炉及其结构有什么特点？有哪些应用实例？	212
339. 超大型先进井式渗碳炉构成、特点是什么？其实际应用如何？	213
340. 低压真空渗碳工艺软件及多种低压真空渗碳炉工艺和设备特点是什么？怎样实现快速深层渗碳？	214
341. 低压真空渗碳炉的应用和运行成本怎样？ICBP 系列低压渗碳技术及低压真空渗碳多用炉有什么特点及用途？	215
342. 精密渗氮炉的基本要求是什么？高质量渗氮炉有何特点？	216
343. 真空低压渗碳（LPC）和高压气体淬火设备有何特点？其应用情况怎样？	216
344. 箱式气体氮碳共渗炉及其应用情况如何？	217
345. 如何对连续式渗碳炉进行调试？	217
346. 如何对连续式渗碳炉进行验收？	219
347. 如何对连续式渗碳炉故障进行分析与排除？	219
348. 如何对密封箱式多用炉进行调试？	220
349. 如何对箱式多用炉进行故障分析与排除？	221
350. 氮基气氛连续炉出现故障时如何处理？	221
351. 对热处理设备如何要求才能实现齿轮质量的精确控制？	222
352. 用于碳势、温度精确控制的精密电子电器元件有哪些？	223
353. 目前有哪些稳定耐用的热处理电热元件及风扇、电动机等？热处理用安全可靠管道阀门有哪些？	224
354. 如何采用天然气净化装置获得高质量的渗碳富化气？	224
355. 齿轮淬火用多功能淬火油槽有哪几种？其应用效果如何？	225
356. 如何合理设计大型淬火冷却装备？	226
357. 淬火油冷却用热管空冷器的组成、工作原理及性能特点是什么？	226
358. 膜分离制氮机主要技术指标及用途有哪些？	227
359. 小型齿轮锻件等温正火热处理网带式生产线应用范围是什么？其构成如何？	227
360. 齿轮用数控喷丸机及其组成如何？其有哪些控制功能？	228
三、常规辅助及工艺材料	228
361. 热处理生产使用的材料有哪些？其分类如何？	228

362. 常用热处理工艺材料技术要求是什么? 推荐的复检项目有哪些?	229
363. 如何对热处理用油进行分类? 淬火油主要技术指标是什么?	229
364. 今禹牌淬火油的特性及适用范围是什么?	230
365. 快速淬火油、超速淬火油、分级淬火油及回火油的应用范围和效果如何?	230
366. N32 矿物机械油的主要技术指标是什么?	231
367. 淬火油的再生处理方法有几种? 有什么应用实例?	231
368. 连续式渗碳炉常用有机液体的主要指标是什么? 其应用怎样?	232
369. 一种无氰新型液体渗碳剂的组成、配比是什么? 其使用性能怎样?	232
370. 常用聚合物淬火剂有哪些? 其主要性能如何?	232
371. 如何使用代油有机聚合物淬火介质?	233
372. 水溶性淬火介质为什么采用“300℃冷却速度”进行定级?	233
373. 今禹 8-20 水溶性淬火剂的使用特点是什么? 其使用浓度和适用钢种有哪些?	234
374. 齿轮因淬火介质造成的淬火质量问题有哪些? 如何解决?	235

四、先进的辅助及工艺材料..... 235

375. 如何选用 UCON 聚合物淬火介质?	235
376. UCON E 水溶性淬火剂冷却特性如何? UCON E 水溶性淬火剂在齿轮渗碳、碳氮共渗 上有何应用?	235
377. UCON A 水基淬火剂调质时冷却特性怎样? 其冷却速度值是多少? 如何用于粉末冶金 制造齿轮淬火?	236
378. PAG 聚合物淬火介质理化性能如何? 今禹 8-20 和今禹 8-60 型 PAG 浓度表如何?	236
379. 如何选择使用今禹牌淬火油添加剂?	237
380. 日本 JEF 系列无机高分子复合水溶性淬火介质有何特点? 适用于哪些钢种?	237
381. 如何采用表面改性淬火油提高齿轮的抗摩擦性能?	238

第四章 齿轮热处理常见问题及其对策 239

一、齿轮硬度问题及其对策..... 239

382. 渗碳齿轮表面硬度不足的原因是什么? 有什么处理方法?	239
383. 齿轮心部硬度不足的原因是什么? 有哪些防止措施?	239
384. 解决主动圆锥齿轮尾部螺纹硬度偏高的热处理工艺方法有哪些? 其检验方法有哪些?	239
385. 如何采用碳氮共渗工艺改进 20Cr 钢变速器二轴表面硬度不均匀问题?	241
386. 如何通过合理选择 20CrMo 钢淬透性带宽解决齿轮心部硬度偏高问题?	241
387. 如何选择 20 钢渗碳淬火工艺参数解决齿轮心部硬度偏高问题?	242
388. 大型渗碳齿轮如何采用差温淬火工艺解决表面硬度偏低问题?	242
389. 怎样解决 18Cr2Ni4WA 钢渗碳齿轮表面硬度偏低问题?	243
390. 怎样采用连续式渗碳炉对表面硬度偏低的齿轮进行返修处理?	243

二、齿轮硬化层问题及其对策..... 243

391. 齿轮渗碳淬火有效硬化层浅原因是什么? 有哪些对策?	243
392. 如何解决齿轮渗氮层深度不均、组织粗大问题?	244
393. 怎样解决主动锥齿轮渗碳淬火有效硬化层深度偏浅、硬度偏低问题?	244
394. 采用什么工艺方法可以解决主动锥齿轮有效硬化层深度浅、硬度低问题?	245
395. 如何解决从动齿圈感应淬火淬硬层分布不均匀和淬火裂纹问题?	245
396. 如何通过改进装炉方式解决齿圈离子渗氮层深度及表面硬度极不均匀问题?	246

三、齿轮金相组织问题及其对策	246
397. 如何通过改进 8620H 钢齿轮锻坯的正火工艺改善金相组织?	246
398. 如何通过二次正火工艺细化 20CrMnMo 钢齿轮轴晶粒?	247
399. 消除与改善渗碳钢带状组织有哪些工艺措施?	247
400. 采用什么工艺方法可以消除风电齿轮轴带状组织?	248
401. 如何消除 40Cr、40、20CrMnMo 钢件中的混晶、粗晶及组织遗传缺陷?	249
402. 如何采用中冷连续式渗碳炉对预处理组织不良齿轮毛坯进行处理?	249
403. 渗碳齿轮碳化物级别高形成原因是什么?有什么对策?	250
404. 20CrMnTi 齿轮件碳化物超标如何制定返修工艺?	251
405. 怎样采用连续式渗碳炉对碳化物超级齿轮进行返修处理?	251
406. 如何采用连续式渗碳炉对马氏体、残留奥氏体超级齿轮进行返修处理?	251
407. 渗碳齿轮残留奥氏体超标原因是什么?有哪些对策?	252
408. 减少 20CrMnTi 钢内齿圈渗碳淬火黑色组织的工艺措施是什么?	252
409. 渗碳淬火件表层非马氏体组织形成原因是什么?有哪些减小非马氏体组织的措施?	253
410. 怎样通过氮—甲醇工艺减少非马氏体?	254
411. 如何通过调整氮气—甲醇裂解气氮比例改善碳氮共渗齿轮表层晶界氧化缺陷?	255
412. 变速箱齿轮表面产生非马氏体组织原因是什么?有哪些对策?	255
四、齿轮开裂(裂纹)问题及其对策	256
413. 防止 45 钢零件淬裂的方法有哪些?	256
414. 怎样通过改进热处理工艺方法解决 50SiMn 钢齿轮轴开裂问题?	257
415. ZG35SiMn 钢从动大齿轮淬火开裂是如何产生的?有什么解决方法?	257
416. 如何通过改进渗碳后回火方法解决摩托车发动机渗碳淬火齿轮轴螺纹部位脆性断裂?	258
417. 怎样采用中频加热喷水淬火方法解决 40Cr 钢齿轮淬火畸变及开裂问题?	258
418. 怎样采用感应加热软化工工艺解决重型汽车主动锥齿轮尾部螺纹断裂问题?	258
419. 如何控制齿轮感应淬火裂纹的产生?	259
420. 22CrMoH 钢主动齿轮渗碳淬火开裂是怎样形成的?有哪些对策?	259
421. 风机斜齿轮轴渗碳后出现裂纹的原因有哪些?有哪些解决方法?	260
422. 20CrMnMo 钢机车齿轮渗碳后空冷产生裂纹的原因是什么?有什么对策?	260
423. 磨削裂纹产生原因及特征是什么?有哪些检验方法?	261
424. 如何控制齿轮的磨削裂纹?其方法有哪些?	262
425. 如何预防 18CrMnTi 钢渗碳淬火花键轴磨削裂纹产生?	262
426. 采取哪些工艺措施可以防止 20CrMnTi 钢油泵齿轮轴磨削裂纹的产生?	262
427. 17Cr2Ni2MoA 钢齿轮磨削裂纹是如何产生的?有什么解决方法?	263
428. 采取什么工艺措施可以解决 20 钢减速机渗碳齿轮轴磨削裂纹问题?	263
429. 如何采用盐浴淬火方法减少机车主动齿轮磨削裂纹?	264
430. 18CrMnNiMo 钢螺旋伞齿轮磨削裂纹是怎样产生的?有哪些改进措施?	264
431. I 级大齿轮磨齿裂纹是如何产生的?有哪些预防措施?	264
五、齿轮热处理畸变问题及其对策	265
432. 常用齿轮的热处理畸变原因是什么?都有哪些对策?	265
433. 如何控制齿轮原材料质量减少淬火畸变?	266
434. 如何通过合理选择材料及其淬透性减小齿轮畸变?	267
435. 齿轮毛坯的预备热处理技术有几种?	268
436. 降低齿轮热畸变的先进热处理技术有几种?	269
437. 怎样采用新材料、新结构、新工艺、新技术,攻克齿轮变形关?	270

438. 如何改进齿轮材料质量解决从动锥齿轮渗碳淬火后异常畸变问题？	271
439. 高淬透性材料如何通过压淬工艺优化减小齿轮畸变？	271
440. 如何采用渗碳亚温淬火工艺减小 18CrMnTi 钢从动齿轮淬火畸变？	272
441. 减小齿轮键侧热处理畸变的方法有哪些？	272
442. 如何制定 40CrNi 钢齿轮微变形真空热处理工艺？	272
443. 45 钢齿轮热处理畸变控制方法有哪几种？	273
444. 怎样采取预处理工艺方法减小大型渗碳齿圈畸变？	274
445. 怎样采用 40Cr 钢高频处理方法取代 20CrMnTi 渗碳处理减小内齿轮畸变？	274
446. 怎样通过热处理工艺调整减小齿轮畸变？	275
447. 如何通过热处理工艺调整减小内星形轮畸变？	275
448. 如何通过工艺流程调整解决高频淬火 40Cr 钢齿圈畸变跳动超差问题？	276
449. 不对称薄壁内齿圈化学热处理畸变的控制方法是什么？	276
450. 汽车发动机齿轮渗碳淬火异常畸变原因是什么？有哪些对策？	276
451. 采取哪些工艺措施可减小摩托车发动机变速器主轴齿轮热处理畸变？	277
452. 采用哪些方法可以有效控制大直径重载齿轮渗碳淬火畸变？	278
453. 怎样采用“切渗碳层—淬火回火”方法解决渗碳齿轮花键孔畸变问题？	279
454. 怎样采用稀土低温渗碳技术解决螺旋从动伞齿轮渗碳淬火畸变问题？	279
455. 如何改进热处理设备与工艺减小“跃进”汽车后桥被动齿轮热处理畸变？	280
456. 如何采用渗碳后感应加热淬火方法防止渗碳齿轮花键孔畸变超差？	281
457. 采取哪些控制方法可以减小渗碳齿轮热处理畸变？	281
458. 如何通过控制齿轮钢材质量并采用锻后余热等温退火等措施减小轿车齿轮热处理畸变？	282
459. 有哪些减少大行星齿轮渗碳淬火畸变的工艺措施？	283
460. 如何采用碳氮共渗后重新加热亚温淬火工艺方法控制微型汽车小齿轮畸变？	284
461. 怎样用回火方法控制 35CrMo 钢轴齿热处理变形？	284
462. 怎样通过改进热处理设备与工序方法减小大直径汽车盘式锥齿轮渗碳淬火畸变？	285
463. 如何通过改进工艺及装炉方式控制汽车变速器轴齿渗碳淬火畸变？	285
464. 如何采用热处理新工艺及新工装控制大型齿圈热处理畸变？	286
465. 怎样采用 BH 渗碳工艺及硝酸盐等温淬火工艺减小大齿轮轴热处理畸变？	287
466. 如何通过改进热处理工艺并采取模具矫正方法控制 17CrNiMo6 钢大型超薄齿圈 渗碳淬火畸变？	288
467. 如何改进热处理工序解决 40Cr 钢凸轮轴双联齿轮盐浴氮碳共渗畸变问题？	289
468. 如何通过改进预处理工艺控制大型渗碳淬火齿圈热处理畸变？	289
469. 如何改进热处理工艺减小三轮车从动齿圈热处理畸变？	290
470. 如何采取降低渗碳、淬火温度及提高油温淬火的方法提高螺旋伞齿轮接触精度？	290
471. 如何通过改进工艺流程减小轧机类重载圆柱齿轮（轴）渗碳过程中的畸变？	291
472. 齿轮轴热处理畸变原因是什么？其改进措施有哪些？	292
473. 如何对 20CrMnTiH 钢内孔超差的从动圆锥齿轮进行补救处理？	292
474. 齿轮渗碳及碳氮共渗热处理后的畸变形式有哪些？	293
475. 控制渗碳齿轮花键孔畸变的工艺措施有哪些？	294
476. 如何采用离子渗氮工艺减小 38CrMoAl 钢齿轮热处理畸变？	294
477. 采用什么工艺方法可减少车床薄片型齿轮的渗氮畸变？	295
478. 采用哪些工艺方法可以控制锥齿轮花键孔热处理畸变？齿轮畸变的修正方法有哪些？	295
479. 如何通过合理放置装垫支撑齿轮位置减小自重对大型渗碳齿轮热畸变影响？	296
480. 如何减小 40Cr 钢与 20CrMnTi 钢双联齿轮高频淬火和渗碳淬火热处理畸变？	296
481. 怎样改进热处理工艺解决传动条的热处理畸变？	297
482. 如何采用热前将齿套与结合齿轴装配在一起进行整体碳氮共渗处理方法减小热处理畸变？	298
483. 怎样采用加补偿垫圈方法解决减速机螺旋伞齿从动齿轮淬火畸变问题？	298
484. 如何通过改进装炉方式减少双联齿轮盲孔畸变？	299

485. 采用什么装炉方式可减少齿轮热处理畸变?	299
486. 如何采用钢环撑住内孔方法减小薄壁内齿轮热处理畸变?	300
487. 怎样采用齿轮模压式感应淬火和回火新技术控制高精度齿轮畸变?	300
488. 提高汽车从动锥齿轮压床合格率的有效措施有哪些?	301
489. 影响齿轮压床合格率的因素有哪些? 齿轮常见压淬畸变超差原因是什么? 其相应对策有哪些? ...	302
490. 如何利用淬火压床减少从动齿轮淬火畸变?	303
491. 如何采取亚温压床淬火工艺减少汽车后桥从动锥齿轮热处理畸变?	303
492. 主动齿轮校直方法有哪几种?	304
493. 圆环形齿轮淬火后形成椭圆形有什么校正方法?	305
494. 如何利用感应加热方法对渗碳齿轮进行缩孔?	305
495. 如何采用超音频感应技术减小薄壁齿轮热处理畸变?	305
496. 如何采用“旋转正火法”对机床工作台铰轴进行校直?	305
497. 快速矫直方法是什么?	306
498. 如何采用火焰矫正方法进行校直?	306
499. 如何通过合理选择淬火介质减少齿轮淬火畸变?	307
500. 怎样通过采用分级淬火油方法解决中间轴齿向变形超差问题?	308
501. 如何通过改进齿轮冷却方式及增加渗碳前预热方法改善零件热处理畸变?	308
502. 怎样合理控制正火显微组织、晶粒度及硬度减小渗碳齿轮热处理畸变?	308
503. 齿轮花键孔热处理后胀大有何修正方法?	309

第五章 齿轮的先进热处理技术 311

一、齿轮的真空热处理技术 311

504. 真空淬火与真空化学热处理技术有哪些应用?	311
505. 什么是低压真空渗碳技术? 怎样采用低压真空渗碳技术解决精密齿轮畸变问题?	312
506. 如何进行真空油淬及真空加压气淬以获得最佳冷却效果?	313
507. 如何采用低压真空渗碳和高压气淬新工艺解决轿车精密齿轮畸变问题?	313
508. 真空渗碳技术是怎样解决齿轮内氧化的? 如何采用低压真空渗碳技术解决汽车精密 齿轮内氧化与畸变难题?	314
509. 如何采用 VCQ 系列可控气氛真空渗碳渗氮炉进行高质量齿轮的真空渗碳、碳氮共渗?	315
510. 如何采用双室真空渗碳炉进行真空渗碳与碳氮共渗?	315

二、齿轮的高压气体淬火技术 316

511. 齿轮的高压气体淬火是一种什么先进技术? 有哪些实际应用?	316
512. 新型 RVHT-QGP 双室真空炉是如何实现高压气淬的? 有哪些应用实例?	317

三、齿轮的激光热处理技术 317

513. 激光热处理技术及优点是什么? 可应用于哪些零件?	317
514. 如何确定激光淬火工艺参数?	318
515. 齿轮激光淬火的扫描方式如何选择? 激光淬火性能如何? 有什么实际应用?	318
516. 齿轮激光淬火“当量硬化层深度”的计算方法是什么?	319
517. 怎样编制 30CrMnTi 钢齿轮激光淬火工艺?	320
518. 齿轮激光热处理的金相组织是什么?	320
519. 如何采用激光热处理技术提高齿轮热处理质量? 激光热处理效果及技术经济指标 对比情况怎样?	320
520. 齿轮激光热处理成套设备型号是什么? 其主要性能指标如何?	321