

冶金职业  
技能培训 丛书

# 高速钢轧辊知识 问答

符寒光 编著

91



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

培训丛书

# 高速钢轧辊知识问答

符寒光 编著

北 京

冶金工业出版社

2010

## 内 容 简 介

本书采用自问自答形式,系统介绍了高速钢轧辊制造、检测和使用中易出现的各类问题及其解决方法。共包括高速钢轧辊知识 350 问,涉及高速钢轧辊成分优化、高速钢轧辊铸造、热处理和机械加工工艺选择、高速钢轧辊检测以及高速钢轧辊使用注意事项等。本书内容全面,先进性、实用性强,可为我国高速钢轧辊的生产、开发及工业应用提供参考和指导。

本书主要供轧钢行业的工程技术人员使用,也可供从事冶金、铸造、热处理和机械加工工作的科技工作人员、机械和材料专业的在校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

高速钢轧辊知识问答/符寒光编著. —北京:冶金工业出版社, 2010. 1

(冶金职业技能培训丛书)

ISBN 978-7-5024-5139-4

I. ①高… II. ①符… III. ①高速工具钢—轧辊—问答  
IV. ①TG333. 17-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 011278 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张爱平 美术编辑 李 新 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5139-4

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2010 年 1 月第 1 版, 2010 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 11.875 印张; 315 千字; 352 页; 1-3000 册

32.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010) 65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 序

新世纪刚刚开始，中国冶金工业就在高速发展。2002 年中国已是钢铁生产的“超级”大国，其钢产总量不仅连续 7 年居世界之冠，而且比居第二和第三位的美、日两国钢产量总和还高。这是国民经济高速发展对钢材需求旺盛的结果，也是冶金工业从 20 世纪 90 年代加速结构调整，特别是工艺、产品、技术、装备调整的结果。

在这良好发展势态下，我们深深地感觉到我们的人员素质还不能完全适应这一持续走强形势的要求。当前不仅需要运筹帷幄的管理决策人员，需要不断开发创新的科技人员，也需要适应这新变化的大量技术工人和技师。没有适应新流程、新装备、新产品生产的熟练技师和技工，我们即使有国际先进水平的装备，也不能规模地生产出国际先进水平的产品。为此，提高技工知识水平和操作水平需要开展系列的技能培训。

冶金工业出版社根据这一客观需要，为了配合职业技能培训，组织国内有实践经验的专家、技术人员和院校老师编写了《冶金职业技能培训丛书》，以支持各钢铁企业、中国金属学会各相关组织普及和培训工作的需

要。这套丛书按照不同工种分类编辑成册，各册根据不同工种的特点，从基础知识、操作技能技巧到事故防范，采用一问一答形式分章讲解，语言简练，易读易懂易记，适合于技术工人阅读。冶金工业出版社的这一努力是希望为更好地发展冶金工业而做出的贡献。感谢编著者和出版社的辛勤劳动。

借此机会，向工作在冶金工业战线上的技术工人同志们致意，感谢你们为行业发展做出的无私奉献，希望不断学习，以适应时代变化的要求。

原冶金工业部副部长

中国金属学会理事长



2003 年 6 月 18 日

# 前 言

20 世纪 80 年代末期，日本率先研制成功了铸造高速钢复合轧辊，随后欧美国家、韩国、南非等也开始研制生产。高速钢轧辊以其优良的红硬性、耐磨性和耐表面粗糙性能，成为热带连轧机精轧工作辊的更新换代品种。高速钢轧辊用于热带精轧前段，其耐磨性、使用寿命和换辊周期等指标均达到传统高铬铸铁轧辊的 3 倍以上，用于精轧后段，可达到传统高镍铬无限冷硬铸铁轧辊的 3~5 倍。另外，铸造高速钢复合辊环用做 H 型钢轧机的水平辊和棒、线材轧机的精轧辊，耐磨性也有极显著的改进。钨和钼含量较低、韧性好的半高速钢冷轧工作辊也取得了良好的使用效果。目前，工业发达国家广泛应用高速钢轧辊，不仅采用离心铸造法、连续浇注外层成形法（CPC）、旋转电渣熔铸法（ESR）、热等静压法（HIP）、喷射成形法（Osprey）和锻造加工法等生产各种类型高速钢轧辊，而且根据不同轧机使用的要求对高速钢轧辊的品种进行系列化，并制订了相应的高速钢轧辊标准。

我国是世界钢产量最多的国家，预计 2009 年粗钢产量将达到 5.5 亿吨，超过世界总产量的 1/3，巨大的

钢产量使我国成为世界上消耗轧辊最多的国家。为了满足我国轧钢企业对高性能轧辊的需求,除了从国外进口高速钢轧辊外,国内也开展了高速钢轧辊研究和推广应用工作,高速钢轧辊在热轧窄带钢和棒、线材轧机上已获得成功,在热轧宽带钢轧机上也取得了突破。目前宝钢 1580 轧机 F1 ~ F5 工作辊已全部采用高速钢轧辊,吨钢辊耗已降到了 0.4kg/t。鞍钢 1780 轧机、邯钢 2100CSP 轧机和太钢的不锈钢轧机也采用了高速钢轧辊,均取得了较好的使用效果,轧辊的修磨周期比以往提高了 3 倍甚至更多。

尽管高速钢已成为当今轧辊制造较理想的材料,但是高速钢轧辊在制造和使用过程中存在的种种问题已经引起轧辊研制和使用部门的关注。比如:高速钢轧辊偏析、内外层结合不良、铸造和热处理开裂、辊面硬度不均匀、车削工具的选择、线膨胀系数和弹性模量较高引起辊形改变、导热系数较大和比热容较小引起辊面热应力和热裂等,解决好上述系列问题是扩大高速钢轧辊应用的关键。在此背景下,通过查阅国内外资料,撰写了《高速钢轧辊知识问答》一书,包含轧辊生产概述、高速钢轧辊制备、检测和使用等内容,特别对高速钢轧辊制备中急需掌握的各种关键技术以及使用中必须注意的各种问题进行了详细解答,期望为高速钢轧辊的研究、

制造、使用和管理部门提供借鉴和引导。

作者衷心感谢冶金工业出版社的鼎力支持，以及北京工业大学雷永平教授、西安交通大学邢建东教授、宝山钢铁股份有限公司汪长安先生和钢铁研究总院宫开令先生的热情支持和无私奉献。本书的顺利完成，还得到了北京工业大学材料加工技术研究所史耀武教授、李晓廷教授、郭福教授、夏志东教授、杨晓军副教授、吴中伟博士、林健博士、李辉博士、李国栋博士，西安建筑科技大学杜忠泽教授，江苏东冶轧辊有限公司戴建方总经理，重庆市川深港务机械制造有限公司李明伟总经理和重庆钢铁股份有限公司张軼先生的大力支持，在此深表感谢！书中参考了许多高速钢轧辊方面的文献，在此向这些文献的作者表示真挚的谢意！

限于作者的经验和水平，书中定有不少疏漏与不当之处，诚望各位前辈及广大读者提出批评指正。

编 者

2009 年 12 月



# 目 录

## 第1章 轧辊生产概述

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 一、轧辊分类及用途                  | 1  |
| 1. 轧辊工作的特点是什么?             | 1  |
| 2. 轧辊按硬度值怎样分类?             | 1  |
| 3. 轧辊按材质怎样分类?              | 2  |
| 4. 铸铁轧辊怎样分类?               | 2  |
| 5. 铸钢轧辊怎样分类?               | 4  |
| 6. 锻钢轧辊怎样分类?               | 6  |
| 7. 轧辊按轧机类型怎样分类?            | 6  |
| 8. 轧辊按成形方法怎样分类?            | 7  |
| 9. 轧辊按用途怎样分类?              | 9  |
| 10. 轧辊结构的主要参数是什么且怎样确定?     | 9  |
| 11. 哪些轧辊适合于整体铸造?           | 11 |
| 12. 哪些轧辊适合于复合铸造?           | 11 |
| 13. 什么是热轧辊?                | 11 |
| 14. 什么是冷轧辊?                | 12 |
| 15. 什么是初轧辊、粗轧辊、中间机架轧辊和精轧辊? | 13 |
| 16. 什么是平整辊、光亮平整辊和矫直辊?      | 13 |
| 17. 什么是工作辊、中间辊和轧边辊?        | 13 |
| 18. 什么是支撑辊?                | 14 |
| 19. 支撑辊的常用材质是什么?           | 15 |
| 20. 怎样选用轧辊?                | 16 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 21. 热轧带钢轧机轧辊有哪几种类型且怎样选择其材质? ..... | 17        |
| 22. 冷轧带钢轧机轧辊有哪几种类型且怎样选择其材质? ..... | 18        |
| 23. 21 世纪轧辊技术的总体趋势是什么? .....      | 19        |
| <b>二、轧辊成分与性能</b> .....            | <b>20</b> |
| 24. 常用铸铁轧辊的化学成分是什么? .....         | 20        |
| 25. 常用铸铁轧辊的物理性能如何? .....          | 20        |
| 26. 常用铸钢轧辊的化学成分是什么? .....         | 28        |
| 27. 我国铸钢轧辊与国外先进水平比较的结果怎样? .....   | 28        |
| 28. 常用铸钢轧辊的力学性能如何? .....          | 28        |
| 29. 常用锻钢轧辊的化学成分是什么? .....         | 28        |
| 30. 冷轧辊辊身淬硬层深度有什么要求? .....        | 28        |
| 31. 锻钢冷轧辊的探伤结果怎样分级? .....         | 28        |
| 32. 离心铸造轧辊工作层厚度有什么要求? .....       | 38        |
| 33. 典型半高速钢轧辊的组织特征是什么? .....       | 38        |
| 34. 典型高铬铸钢轧辊的组织特征是什么? .....       | 38        |
| 35. 典型高速钢轧辊的组织特征是什么? .....        | 39        |
| 36. 典型高铬铸铁轧辊的组织特征是什么? .....       | 40        |
| 37. 典型无限冷硬铸铁轧辊的组织特征是什么? .....     | 41        |
| <b>三、轧辊生产方法</b> .....             | <b>41</b> |
| 38. 国外轧辊发展状况怎样? .....             | 41        |
| 39. 国内轧辊发展状况怎样? .....             | 42        |
| 40. 中国轧辊的制造技术现状怎样? .....          | 43        |
| 41. 生产铸铁轧辊有哪些基本工序? .....          | 44        |
| 42. 合金铸钢轧辊的生产工艺和过程是怎样的? .....     | 45        |
| 43. 生产铸钢轧辊有哪些工艺步骤? .....          | 46        |
| 44. 生产半钢轧辊有哪些基本工序? .....          | 48        |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 45. 生产高速钢轧辊有哪些基本工序? .....             | 49 |
| 46. 生产锻钢轧辊有哪些基本工序? .....              | 50 |
| 47. 铸钢轧辊为什么要经过高温扩散处理? .....           | 52 |
| 48. 铸钢轧辊为什么要进行球化退火热处理? .....          | 52 |
| 49. 电渣冶金法生产轧辊有几种形式? .....             | 52 |
| 50. 电渣熔铸法制造轧辊工艺有哪些? .....             | 53 |
| 51. 碳化钨轧辊在棒线材轧机上使用有什么优缺点? .....       | 54 |
| 52. 什么是钢结硬质合金轧辊? .....                | 55 |
| 53. 怎样采用复合电渣冶金法制造钢结硬质合金轧辊? ...        | 56 |
| 54. 什么是改进型无限冷硬铸铁轧辊? .....             | 57 |
| 55. 改进型无限冷硬铸铁轧辊能成功推广的<br>原因是什么? ..... | 58 |
| 56. 什么是轧辊堆焊且有何效果? .....               | 58 |
| 57. 各种轧辊堆焊技术的特点是什么? .....             | 59 |
| 58. 常用轧辊堆焊材料是什么? .....                | 60 |
| 59. 轧辊堆焊工艺的关键是什么? .....               | 61 |
| 60. 轧辊堆焊再制造的节能减排效果怎样? .....           | 61 |
| 61. 我国轧辊堆焊再制造的发展情况怎样? .....           | 63 |
| 62. 轧辊表面激光强化后性能有什么变化? .....           | 64 |
| 63. 轧辊热处理工艺有哪些? .....                 | 64 |

## 第2章 高速钢轧辊制备

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 一、高速钢轧辊成分特点 .....              | 68 |
| 64. 什么是高速钢? .....              | 68 |
| 65. 高速工具钢的主要特点是什么? .....       | 69 |
| 66. 高速钢按化学成分怎样分类? .....        | 69 |
| 67. 高速钢按制造工艺怎样分类? .....        | 70 |
| 68. 高速工具钢牌号和化学成分有哪些? .....     | 71 |
| 69. 高速工具钢在不同处理状态下的硬度是多少? ..... | 73 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 70. 高速工具钢的具体用途有哪些? .....       | 74 |
| 71. 轧辊高速钢与高速工具钢成分的主要区别在哪里? ... | 76 |
| 72. 高速钢轧辊成分的主要特点是什么? .....     | 77 |
| 73. 铸造半高速钢轧辊成分的主要特点是什么? .....  | 78 |
| 74. 锻造半高速钢轧辊成分的主要特点是什么? .....  | 79 |
| 75. 高速钢轧辊成分设计的基本原则是什么? .....   | 80 |

## 二、合金元素在高速钢轧辊中的作用 .....

80

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 76. 碳在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 80 |
| 77. 怎样控制高速钢轧辊中碳含量? .....       | 81 |
| 78. 铬在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 82 |
| 79. 碳和铬对铸造高速钢轧辊有什么作用? .....    | 82 |
| 80. 钨在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 84 |
| 81. 钼在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 84 |
| 82. 高速钢轧辊中能用钼元素全部代替钨元素吗? ..... | 85 |
| 83. 钒在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 86 |
| 84. 铝在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 86 |
| 85. 钴在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 87 |
| 86. 怎样控制高速钢轧辊中钴含量? .....       | 88 |
| 87. 铌在高速钢轧辊中有什么作用且怎样选择加入量? ... | 88 |
| 88. 硅在高速钢轧辊中有什么作用且怎样选择加入量? ... | 89 |
| 89. 镍在高速钢轧辊中有什么作用且怎样选择加入量? ... | 89 |
| 90. 氮在高速钢轧辊中有什么作用? .....       | 89 |
| 91. 怎样控制高速钢轧辊中锰含量? .....       | 90 |

## 三、改善高速钢轧辊凝固组织方法 .....

91

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 92. 高速钢轧辊凝固过程如何? .....                 | 91 |
| 93. 钒和凝固速率对高速钢轧辊的共晶碳化物<br>有什么影响? ..... | 92 |
| 94. 合金元素对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....         | 93 |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 95. 高速钢轧辊中各种碳化物的成分如何? .....                | 95         |
| 96. 高速钢轧辊中连续粗大的碳化物对使用<br>有什么危害? .....      | 96         |
| 97. 什么是变质处理? .....                         | 97         |
| 98. 稀土对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....               | 97         |
| 99. 铋对铸造高速钢的组织 and 性能有什么影响? .....          | 99         |
| 100. 钛对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....               | 99         |
| 101. 钛对高速钢轧辊热处理组织有什么影响? .....              | 105        |
| 102. 钛对高速钢轧辊性能有什么影响? .....                 | 107        |
| 103. 钾和钠对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....             | 108        |
| 104. 镁对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....               | 110        |
| 105. 钒对高速钢轧辊凝固组织有什么影响? .....               | 111        |
| 106. 碳对高钒高速钢轧辊凝固过程有什么影响? .....             | 111        |
| 107. 碳对高钒高速钢轧辊性能有什么影响? .....               | 113        |
| 108. 铌对高速钢轧辊显微组织和性能有什么影响? .....            | 114        |
| 109. 钒铌复合加入对高速钢轧辊中 MC 型碳化物<br>有什么影响? ..... | 116        |
| 110. 半固态铸造对高速钢轧辊组织有什么影响? .....             | 117        |
| 111. 不同钒碳含量高速钢的凝固相组成是什么? .....             | 119        |
| <b>四、高速钢轧辊性能</b> .....                     | <b>121</b> |
| 112. 高速钢轧辊的断裂韧性如何? .....                   | 121        |
| 113. 高速钢轧辊力学性能如何? .....                    | 122        |
| 114. 高速钢轧辊物理性能如何? .....                    | 122        |
| 115. 碳化物分布对高速钢轧辊使用性能有什么影响? ...             | 123        |
| 116. 各种典型工作辊的硬度和碳化物数量是多少? .....            | 123        |
| <b>五、高速钢轧辊成形方法</b> .....                   | <b>124</b> |
| 117. 高速钢轧辊的成形方法有哪些? .....                  | 124        |
| 118. 铸造高速钢轧辊的成形方法有哪些? .....                | 125        |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 119. 高速钢轧辊熔炼时各元素的加入顺序是什么? .....      | 125 |
| 120. 高速钢轧辊熔炼时怎样脱硫和磷? .....           | 126 |
| 121. 高速钢轧辊用钇基稀土代替铈基稀土的主要原因是什么? ..... | 127 |
| 122. 高速钢钢液怎样进行净化处理? .....            | 127 |
| 123. 怎样选择铸造高速钢轧辊的冷型材质? .....         | 129 |
| 124. 怎样确定离心铸造高速钢轧辊的冷型厚度? .....       | 129 |
| 125. 离心铸造高速钢轧辊的成形有什么特点? .....        | 129 |
| 126. 怎样使用斜式离心铸造机浇注高速钢复合轧辊? ...       | 130 |
| 127. 离心铸造高速钢轧辊为什么易出现偏析? .....        | 131 |
| 128. 怎样消除离心铸造高速钢轧辊偏析? .....          | 131 |
| 129. 添加铈元素能减轻离心铸造高速钢轧辊偏析吗? ...       | 133 |
| 130. 离心铸造中引入电磁场能减轻高速钢轧辊偏析吗? .....    | 133 |
| 131. 磁场对离心铸造高速钢轧辊组织有什么影响? .....      | 134 |
| 132. 磁场对离心铸造高速钢轧辊性能有什么影响? .....      | 136 |
| 133. 怎样消除离心铸造高速钢轧辊裂纹? .....          | 137 |
| 134. 立式离心机铸造高速钢复合轧辊有什么优点? .....      | 137 |
| 135. 离心机转速对高速钢轧辊性能有什么影响? .....       | 138 |
| 136. 怎样选择离心铸造高速钢轧辊铸型转速? .....        | 138 |
| 137. 怎样控制离心铸造高速钢轧辊复合层质量? .....       | 140 |
| 138. 离心铸造高速钢复合轧辊浇注后怎样保护? .....       | 141 |
| 139. 怎样防止铸造高速钢轧辊出现冲混缺陷? .....        | 141 |
| 140. 离心铸造高速钢复合轧辊辊颈缩松缺陷是怎样形成的? .....  | 142 |
| 141. 怎样防止离心铸造高速钢复合轧辊辊颈缩松缺陷? .....    | 144 |
| 142. CPC 高速钢轧辊的成形原理是什么? .....        | 145 |
| 143. CPC 高速钢轧辊的结合机理是什么? .....        | 145 |
| 144. CPC 法制造高速钢轧辊有什么特点? .....        | 146 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 145. 国内 CPC 高速钢轧辊研究情况怎样? .....              | 147 |
| 146. 离心铸造高速钢轧辊和 CPC 高速钢轧辊<br>主要区别有哪些? ..... | 147 |
| 147. 高速钢复合轧辊怎样采用电磁连续铸造<br>工艺生产? .....       | 148 |
| 148. 怎样采用电渣熔铸方法制造高速钢复合轧辊? .....             | 149 |
| 149. CPC 和电渣重熔高速钢轧辊的凝固过程<br>有什么不同? .....    | 150 |
| 150. 怎样采用静态铸造方法制造高速钢复合轧辊? .....             | 152 |
| 151. 静态铸造高速钢复合轧辊有什么优点? .....                | 153 |
| 152. 热等静压技术的发展情况怎样? .....                   | 155 |
| 153. 怎样采用热等静压技术制造高速钢轧辊? .....               | 156 |
| 154. 喷射成形技术的发展情况怎样? .....                   | 157 |
| 155. 怎样采用喷射成形技术制造高速钢复合轧辊? .....             | 158 |
| 156. 喷射成形高速钢轧辊的特点是什么? .....                 | 159 |
| 157. 喷射成形高速钢轧辊的碳化物类型和<br>形貌是什么? .....       | 160 |
| 158. 喷射成形高速钢轧辊的力学性能怎样? .....                | 161 |
| 159. 锻造高速钢轧辊有什么特点? .....                    | 161 |
| 160. 半高速钢轧辊锻前加热有什么要求? .....                 | 163 |
| 161. 怎样制订半高速钢轧辊锻造工艺? .....                  | 163 |
| 162. 怎样制订半高速钢轧辊锻后热处理工艺? .....               | 164 |
| 163. 什么是轧辊激光表面处理? .....                     | 164 |
| 164. 激光表面处理对高速钢轧辊显微组织<br>有什么影响? .....       | 166 |
| 165. 激光表面处理对高速钢轧辊硬度有什么影响? .....             | 167 |
| 166. 高能电子束照射能改善高速钢轧辊的组织吗? .....             | 168 |
| 167. 金属离子注入对高速钢轧辊性能有什么影响? .....             | 168 |
| 168. 高速钢轧辊制造方法的技术经济性对比<br>结果怎样? .....       | 170 |

## 六、轧辊热处理方法..... 171

- 169. 轧辊高速钢与工具高速钢热处理的主要区别在哪里? ..... 171
- 170. 淬火温度对高速钢轧辊显微组织有什么影响? ..... 171
- 171. 高速钢轧辊淬火热处理后碳化物是否发生分解? ... 173
- 172. 淬火温度对高速钢轧辊硬度有什么影响? ..... 175
- 173. 淬火温度对含钴高速钢轧辊残留奥氏体有什么影响? ..... 176
- 174. 淬火温度对含钴高速钢轧辊抗拉强度有什么影响? ..... 176
- 175. 淬火温度对含钴高速钢轧辊冲击韧性有什么影响? ..... 178
- 176. 回火温度对高速钢轧辊显微组织有什么影响? ..... 179
- 177. 回火温度对高速钢轧辊硬度有什么影响? ..... 181
- 178. 回火温度对高速钢轧辊耐磨性有什么影响? ..... 181
- 179. 高速钢轧辊磨损面形貌如何? ..... 182
- 180. 高速钢轧辊都有回火二次硬化现象吗? ..... 184
- 181. 回火温度对高速钢轧辊耐磨性和磨损面粗糙度有什么影响? ..... 184
- 182. 高速钢轧辊的回火加热温度为什么要选择过回火温度? ..... 190
- 183. 铸造高速钢复合轧辊可以采用感应加热淬火吗? ... 191
- 184. 铸造高速钢复合轧辊可以采用差温热处理吗? ..... 193
- 185. 高速钢复合轧辊热处理断裂的主要原因是什么? ... 193
- 186. 怎样防止高速钢复合轧辊热处理断裂? ..... 194
- 187. 回火次数对高速钢轧辊硬度有什么影响? ..... 195
- 188. 高速钢轧辊材料的连续冷却曲线是什么? ..... 195
- 189. 奥氏体化保温时间对高速钢轧辊硬度有什么影响? ..... 196



|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 190. 奥氏体化保温时间对高速钢轧辊组织<br>有什么影响? .....      | 197 |
| 191. 奥氏体化保温时间对高速钢轧辊耐磨性<br>有什么影响? .....     | 198 |
| 192. 淬火冷却方式对高速钢轧辊硬度有什么影响? .....            | 199 |
| 193. 热处理对高速钢复合轧辊球墨铸铁辊芯组织<br>有什么影响? .....   | 200 |
| 194. 热处理对高速钢复合轧辊球墨铸铁辊芯性能<br>有什么影响? .....   | 200 |
| 195. 加热温度对高速钢复合轧辊结合层有什么影响? ...             | 203 |
| 196. 退火温度对高速钢轧辊组织和性能有什么影响? ...             | 204 |
| 197. $M_2C$ 型共晶碳化物在高温加热后怎样变化? .....        | 204 |
| 198. 超硬型高速钢工作辊怎样热处理? .....                 | 206 |
| 199. 怎样提高高速钢轧辊辊面硬度的均匀性? .....              | 207 |
| 200. 高速钢轧辊怎样实现喷冷淬火? .....                  | 208 |
| <b>七、半高速钢轧辊热处理</b> .....                   | 208 |
| 201. 半高速钢和高速钢冷轧辊回火后硬度变化<br>趋势如何? .....     | 208 |
| 202. 半高速钢轧辊加热过程中碳化物怎样溶解? .....             | 210 |
| 203. 半高速钢轧辊回火过程中碳化物怎样析出? .....             | 211 |
| 204. 半高速钢轧辊中的碳化物氧化情况怎样? .....              | 212 |
| 205. 奥氏体化温度对含氮半高速钢轧辊显微组织<br>有什么影响? .....   | 213 |
| 206. 回火温度对含氮半高速钢轧辊硬度有什么影响? ...             | 215 |
| 207. 回火温度对含氮半高速钢轧辊二次碳化物的<br>析出有什么影响? ..... | 215 |
| <b>八、含硼高速钢轧辊</b> .....                     | 217 |
| 208. 含硼高速钢轧辊有什么特点? .....                   | 217 |