

李俊林 杨兴博 汪东明 维庆桐 王振春 编著
王世昌 张志明 蔡 复 审

锅炉用钢及其焊接



黑龙江科学技术出版社

内 容 提 要

本书以锅炉用钢的合金化原理为引线,以锅炉用钢的组织与性能为核心,将锅炉用钢的化学成分、组织结构和力学性能三者之间的关系及影响综合性能的各种工艺因素有机地结合在一起,并从钢材生产、锅炉制造中的焊接与运行质量控制的关键环节入手,层层展开,重点分析讨论。

本书可供锅炉和压力容器材料研制、设计、焊接和运行人员学习,也可供大专院校有关专业师生参考。

责任编辑:张坚石

封面设计:李忠民

锅 炉 用 钢 及 其 焊 接

李俊林 杨兴博 汪东明 魏庆桐 王振春 编著

王世昌 张志明 蔡复 审

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

船院印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米16开本45.75印张 8 插页950千字

1988年11月第1版·1988年11月第1次印刷

印数: 1—5000册 定价: 14.60元

ISBN 7—5388—0203—7/TG·18

一点希望

——代序

我在50年代从事过锅炉用钢的技术工作，但后来搞了多年的技术管理工作，再未直接从事锅炉用钢的实际工作。由于钢的品质对锅炉的发展太重要了，所以，借此书出版的时候，提出一点希望，愿这本书能为锅炉事业的发展做出贡献。

从50年代开始，在许多前辈及外国专家的指导下，我们致力于发展适合中国国情的锅炉用钢系列。经过30多年的努力，采用少量多元的合金化方法，开发了锅炉用普通低合金钢和低合金热强钢，取得了丰硕的成果，为我国锅炉事业的发展做出了很大的贡献。因此，我们在介绍国外锅炉用钢的同时，要着重总结我们自己的钢种，使我国的锅炉能继续向前发展。

焊接是锅炉制造中最重要的工艺技术，与锅炉用钢的关系极为密切，它们共同决定了产品的可靠性。将锅炉用钢与焊接有机地结合在一起进行论述，能更好地说明两者之间的关系。正因为如此，过去我们曾做了较大的努力，来研究锅炉用钢的可焊性以及焊后的性能，所取得数据是很宝贵的。希望能侧重于我们自己的资料来阐述，这样实践性更强。

提出上述希望，无非是想说，我们要写自己的书，写我们自己取得的成就，使其在社会主义建设事业中发挥更大的作用，产生更大的社会效益。本书几位作者都是具有较高的理论水平与丰富的实践经验的，相信他们一定会给读者提供一本有实用价值并充分总结我们多年经验的好书，它一定会受到广大读者的欢迎。

机械电子工业部总工程师

陆道扬

前 言

锅炉设计、制造和运行等人员熟悉并掌握锅炉用钢、焊接材料和焊接接头的成分、组织结构、性能特点及其变化规律，对于锅炉元件的合理选材，对于正确地设计、制造、安装及可靠地运行等诸方面，都有着十分重要的作用。同时，也为进一步开发锅炉新钢种、新工艺、新的测试技术，发挥锅炉用钢的强韧潜力，提高锅炉元件的使用寿命和经济效益，奠定了坚实的基础。从这一观点出发，我们撰写了《锅炉用钢及其焊接》一书。

在编写本书过程中，基本上做到了内容的连贯性、系统性和新颖性，并注意了理论与实践的结合。全书以钢的合金化原理为引线，以钢的组织与性能为核心，将钢的化学成分、组织结构和力学性能三者之间的关系，及影响综合性能的各种工艺因素有机地结合在一起，并从钢材生产、锅炉制造中的焊接与运行质量控制的关键环节入手，层层展开，重点分析讨论。

全书共分十五章。按编写体系分为五大部分。第一部分，阐述了合金元素在锅炉用钢中的作用，合金化原理及应用；组织和性能的关系及影响因素。第二部分，介绍了锅炉用钢的物理参数，各种工艺条件下的力学性能；焊接材料、焊接工艺特点及典型钢种的生产应用举例。第三部分，分别叙述了锅炉用钢的验收；可焊性试验方法；焊接工艺评定；焊工技能评定；焊接缺陷的产生原因与防止办法及焊接检验等。第四部分，讨论了锅炉主要元件损坏原因的一般判别方法；典型元件的失效分析实例及超期服役管件的材质鉴定等内容。第五部分，附录。

中国热动力委员会委员、中国电工设备总公司副总工程师蔡复同志审阅了本书的第一章；中国焊接学会Ⅱ委主任委员、哈尔滨工业大学焊接教研室教授张志明同志审阅了本书的焊接部分；其余各章节由北京工业锅炉技术咨询服务公司第一副经理、总工程师王世昌同志审阅。王淑嫒同志担任本书的绘图工作。丁全顺、犹公、解爱英、王晓玲、李秀荣、宋丽娟、陈沪江等同志为本书做了许多工作，在此深表感谢。同时，也向对本书工作给予大力帮助和支持的北京工业锅炉技术咨询服务公司和有关部门的同志致以诚挚的谢意。

由于我们水平有限，书中难免会存在这样或那样的缺点错误，恳请各位读者给予批评指正。

编著者

目 录

第一章 概 论

第一节 锅炉用钢与锅炉制造的关系	(3)
一、锅炉用钢与锅炉设计的关系	(3)
(一) 锅炉蒸汽参数的提高与锅炉用钢的关系	(3)
(二) 新型锅炉材料对锅炉设计结构改进的影响	(4)
(三) 新的材料性能的采用能使锅炉设计水平提高	(4)
(四) 锅炉用钢是提高锅炉设计寿命的依据	(4)
二、锅炉用钢与锅炉制造工艺的关系	(5)
(一) 锅炉用钢与冷加工的关系	(5)
(二) 锅炉用钢与热加工的关系	(5)
(三) 锅炉用钢与热处理的关系	(5)
(四) 锅炉用钢与焊接工艺的关系	(5)
三、锅炉用钢与锅炉运行的关系	(6)
第二节 锅炉用钢的制造方法	(6)
一、冶炼	(7)
二、浇铸	(10)
(一) 模铸	(10)
(二) 连续铸锭	(11)
(三) 钢水真空处理	(11)
三、压力加工	(11)
(一) 热加工	(11)
(二) 冷加工	(11)
(三) 压力加工方法	(12)
四、钢材的热处理	(12)
第三节 锅炉用钢及其焊接的现状与发展趋势	(13)
一、国外电站锅炉锅筒用特厚钢板的现状与发展趋势	(13)
(一) 设计、选材时考虑钢的低周疲劳特性	(13)
(二) 强调焊接性能	(14)
(三) 提高钢的冶金质量	(14)
二、国外电站锅炉管子用钢现状与发展趋势	(15)
(一) 国外电站锅炉管子用钢现状	(15)
(二) 国外电站锅炉管子用钢的发展趋势	(16)
三、锅炉用钢焊接工艺的现状与发展	(17)

(一) 锅炉用钢焊接化学冶金的特点.....	(17)
(二) 锅炉构件焊接接头基本型式.....	(19)
(三) 锅炉制造常用的焊接方法.....	(21)
(四) 锅炉用钢焊接工艺的发展.....	(29)
(五) 锅炉用钢焊接工艺发展的主要特点.....	(30)

第二章 锅炉用钢的合金化

第一节 钢中杂质的作用.....	(31)
一、常存杂质元素的作用.....	(31)
(一) 硫.....	(31)
(二) 磷.....	(32)
(三) 锰.....	(33)
(四) 硅.....	(34)
(五) 铝.....	(34)
(六) 铜.....	(34)
(七) 氧.....	(35)
(八) 氮.....	(36)
(九) 氢.....	(37)
二、非金属夹杂物的作用.....	(38)
第二节 合金元素在钢中的存在状态.....	(38)
一、形成碳化物.....	(38)
二、形成固溶体.....	(40)
三、成为游离状态.....	(41)
第三节 合金元素在钢中的作用.....	(41)
一、碳.....	(41)
二、铬.....	(44)
三、钼.....	(45)
四、钨.....	(47)
五、钒.....	(50)
六、铌.....	(52)
七、钛.....	(53)
八、镍.....	(54)
九、锰.....	(55)
十、铝和硅.....	(56)
十一、钴.....	(58)
十二、硼.....	(59)
十三、稀土.....	(62)
十四、铜和磷.....	(63)

第四节 强化机制	(64)
一、固溶强化	(64)
(一) 晶格畸变	(64)
(二) 固溶体原子键引力	(65)
(三) 锁锚作用	(65)
(四) 再结晶温度	(67)
(五) 扩散激活能	(67)
二、沉淀强化	(67)
(一) 碳化物的类型	(68)
(二) 碳化物的形状与分布	(68)
(三) 碳化物的大小、数量和弥散度	(68)
(四) 碳化物的稳定性	(68)
三、晶界强化	(70)
(一) 微合金化	(70)
(二) 晶界面积和晶界形状	(70)
第五节 锅炉用普通低合金钢的合金化途径	(71)
一、锅炉用普通低合金钢的性能及一般要求	(71)
(一) 良好的综合力学性能	(71)
(二) 良好的工艺性能	(72)
(三) 良好的耐蚀性	(72)
二、锅炉用普通低合金钢的合金化途径	(73)
(一) 碳的控制及合金化的准则	(73)
(二) 合金化的途径	(73)
三、锅炉用钢合金化途径的具体运用	(78)
第六节 锅炉用耐热钢的合金化途径	(79)
一、锅炉用热强钢的合金化途径	(79)
(一) 热强性	(79)
(二) 热稳定性	(80)
(三) 可焊性	(81)
二、锅炉用热强钢合金化途径的具体运用	(81)
(一) 热强管子钢	(81)
(二) 紧固件用热强钢	(83)
三、锅炉用热稳定钢的合金化途径	(84)
(一) 锅炉用热稳定钢合金化时的基本要求	(84)
(二) 合金化途径	(85)

第三章 锅炉用钢的组织与性能

第一节 高温条件下的组织与力学性能特点	(87)
一、力学性能特点	(87)

(一) 温度的影响.....	(87)
(二) 载荷时间的影响.....	(88)
(三) 温度和时间对断裂形式的影响.....	(88)
二、组织特点.....	(88)
(一) 趋于稳定状态.....	(88)
(二) 扩散形变.....	(88)
(三) 晶界滑动与迁移.....	(88)
第二节 高温力学性能.....	(89)
一、蠕变.....	(89)
(一) 蠕变曲线.....	(89)
(二) 蠕变特性的评定指标.....	(90)
第三节 蠕变和应力松弛机理.....	(96)
一、蠕变机理.....	(96)
(一) 蠕变与常温塑性变形本质.....	(96)
(二) 蠕变理论.....	(96)
二、蠕变断裂机理.....	(98)
(一) 应力集中理论.....	(98)
(二) 空位聚集理论.....	(99)
三、应力松弛机理.....	(100)
第四节 影响高温力学性能的因素.....	(101)
一、组织对热强性的影响.....	(101)
(一) 显微组织.....	(101)
(二) 晶粒度.....	(103)
(三) 晶内嵌镶块.....	(104)
二、工艺因素对热强性的影响.....	(105)
(一) 冶炼工艺.....	(105)
(二) 热处理工艺.....	(106)
三、运行中温度波动对热强性的影响.....	(108)
第五节 组织结构的稳定性.....	(108)
一、球化.....	(109)
(一) 球化原理及过程.....	(109)
(二) 影响球化的因素.....	(109)
(三) 球化对钢力学性能的影响.....	(110)
(四) 珠光体球化的级别.....	(111)
(五) 钢在球化后的恢复热处理.....	(113)
二、石墨化.....	(113)
三、合金元素的重新分配.....	(114)
(一) 固溶体中合金元素贫化的原理.....	(114)
(二) 合金元素的重新分配过程.....	(114)

第六节 高温氧化与腐蚀	(117)
一、高温氧化	(118)
(一) 高温氧化过程的动力	(118)
(二) 高温氧化过程	(120)
(三) 扩散机理及防止金属继续氧化的条件	(121)
(四) 高温抗氧化性(耐热性)指标	(122)
(五) 锅炉用耐热钢抗氧化性能的实例	(123)
二、腐蚀	(124)
(一) 蒸汽腐蚀与氢损坏	(124)
(二) 硫腐蚀	(126)
(三) 钎腐蚀	(128)
(四) 氧腐蚀	(128)
(五) 碱腐蚀	(129)
(六) 垢下腐蚀	(129)
(七) 应力腐蚀	(129)
第七节 脆性	(133)
一、钢的断裂	(133)
(一) 断裂类型	(134)
(二) 断裂方式	(134)
(三) 断裂形式	(134)
(四) 断口分析	(134)
二、评定锅炉用钢脆性的方法	(137)
(一) 冲击韧性试验	(138)
(二) 落锤试验	(141)
三、冲击韧性及脆性转变温度(或NDT)的影响因素	(143)
(一) 材料因素	(143)
(二) 试验条件	(148)
四、锅炉元件的脆性	(150)
(一) 冷脆性	(150)
(二) 蓝脆性	(150)
(三) 红脆性	(151)
(四) 热脆性	(151)
(五) 回火脆性	(153)
(六) 应变时效脆性	(155)
(七) 高温蠕变脆性	(157)
第八节 断裂韧性	(160)
一、断裂力学简介	(160)
(一) 线弹性断裂力学	(160)
(二) 弹塑性断裂力学	(161)

(三) 高温断裂力学.....	(163)
二、断裂韧性试验.....	(166)
(一) 平面应变断裂韧性 (K_{Ic}) 的测试.....	(166)
(二) 临界裂纹张开位移 (δ_c) 的测试.....	(168)
三、断裂韧性与恰贝冲击性能关系的经验公式.....	(172)
四、锅炉用钢的断裂韧性实例.....	(173)
第九节 疲劳.....	(173)
一、低周疲劳.....	(174)
(一) 低周疲劳现象.....	(174)
(二) 低高周疲劳间的联系与区别.....	(174)
(三) 循环硬化与软化.....	(176)
(四) 低周疲劳曲线.....	(177)
(五) 影响低周疲劳的主要因素.....	(179)
二、热疲劳.....	(180)
(一) 热疲劳现象.....	(180)
(二) 热疲劳的应力——应变曲线.....	(181)
(三) 影响热疲劳的主要因素.....	(182)
三、腐蚀疲劳.....	(184)
(一) 腐蚀疲劳破坏及机理.....	(184)
(二) 影响腐蚀疲劳的主要因素.....	(185)
第十节 锅炉用钢焊接接头的组织和性能.....	(186)
一、焊接接头的组织及其特点.....	(186)
二、焊缝金属的组织和性能.....	(187)
(一) 焊接熔池的一次结晶组织.....	(187)
(二) 焊缝中的偏析现象.....	(188)
(三) 焊缝金属的二次结晶组织.....	(190)
(四) 焊缝组织与性能的关系.....	(190)
三、熔合区、热影响区和热应变脆化区的组织和性能.....	(191)
(一) 焊接接头熔合区的组织与性能.....	(191)
(二) 焊接接头热影响区的组织与性能.....	(192)
(三) 焊接接头热应变脆化区.....	(194)
四、影响锅炉用钢焊接接头性能的主要因素.....	(195)

第四章 锅炉用钢和焊接材料的分类

第一节 锅炉用钢的分类.....	(203)
一、钢材的分类.....	(203)
(一) 按冶炼方法分类.....	(203)
(二) 按化学成分分类.....	(204)

(三) 按质量分类.....	(204)
(四) 按金相组织分类.....	(205)
(五) 按用途分类.....	(205)
二、钢材的品种规格.....	(206)
(一) 钢板的品种及常用规格.....	(206)
(二) 钢管的品种及常用规格.....	(207)
(三) 钢带的品种及常用规格.....	(207)
(四) 型钢的品种及常用规格.....	(207)
(五) 钢丝的品种及常用规格.....	(208)
三、钢号的表示方法.....	(208)
(一) 我国钢号的表示方法.....	(208)
(二) 苏联钢号的表示方法.....	(210)
(三) 日本钢号的表示方法.....	(210)
(四) 西德钢号的表示方法.....	(211)
(五) 美国钢号的表示方法.....	(212)
第二节 焊接材料的分类.....	(213)
一、焊接材料的分类.....	(213)
(一) 电焊条.....	(213)
(二) 焊剂.....	(214)
(三) 焊丝.....	(215)
(四) 焊料.....	(216)
(五) 焊粉.....	(217)
二、焊接材料牌号的编制及品种规格.....	(217)
(一) 焊条牌号和焊条型号的编制及规格.....	(217)
(二) 焊剂牌号的编制及规格.....	(250)
(三) 焊丝牌号的编制及品种规格.....	(255)
(四) 焊粉牌号的编制及规格.....	(256)
三、几种主要钢种焊接材料选择推荐表.....	(257)

第五章 锅筒用钢及其焊接

第一节 锅筒用钢的工作条件及要求.....	(260)
一、锅筒的工作条件与安全性.....	(260)
(一) 工作条件.....	(260)
(二) 锅筒的安全性.....	(260)
二、锅筒用钢的要求.....	(262)
(一) 冶炼方法和冶金质量.....	(262)
(二) 较高的室温和中温强度.....	(262)
(三) 良好的塑韧储备和小的缺口敏感性.....	(262)

(四) 良好的可焊性.....	(262)
(五) 较小的时效敏感性.....	(263)
(六) 锅筒板的检验.....	(263)
第二节 锅筒用钢及其焊接工艺特点.....	(263)
一、锅筒用钢及其应用范围.....	(263)
(一) 国内常用钢种及应用范围.....	(263)
(二) 国外常用钢种及应用范围.....	(263)
二、焊接工艺特点.....	(263)
(一) 焊接方法的选择.....	(264)
(二) 焊接材料的选择.....	(264)
(三) 焊接工艺参数的确定.....	(265)
第三节 锅筒用优质碳素钢.....	(269)
一、20g钢.....	(269)
(一) 钢的保证技术指标.....	(269)
(二) 钢的许用应力.....	(269)
(三) 物理性能.....	(270)
(四) 持久强度.....	(270)
(五) 工艺性能.....	(270)
(六) 热处理后的机械性能.....	(271)
(七) 中温瞬时机械性能.....	(272)
(八) 热塑性曲线.....	(272)
(九) 焊接接头的机械性能.....	(275)
(十) 生产检验数据的统计结果.....	(275)
二、SB49 钢.....	(276)
(一) 钢的保证技术指标.....	(276)
(二) 钢的许用应力.....	(277)
(三) 无塑性转变温度.....	(277)
(四) 奥氏体连续冷却转变曲线.....	(277)
(五) 工艺性能.....	(277)
(六) 热处理对钢机械性能的影响.....	(278)
(七) 酸溶铝对钢机械性能的影响.....	(281)
(八) 焊接接头的机械性能.....	(283)
三、其他钢种的成分和机械性能介绍.....	(285)
四、典型钢种的应用举例.....	(286)
(一) 锅筒的结构.....	(286)
(二) 锅筒的结构特点.....	(286)
(三) 锅筒制造主要工艺程序简介.....	(286)
(四) 锅筒的焊接.....	(287)

第四节 锅筒用普通低合金钢	(295)
一、12Mng钢	(295)
(一) 钢的保证技术指标	(295)
(二) 钢的许用应力	(295)
(三) 钢的临界点	(296)
(四) 工艺性能	(296)
(五) 钢的常温机械性能	(297)
(六) 中温瞬时机机械性能	(297)
(七) 焊接接头性能	(297)
二、16Mng钢	(300)
(一) 钢的保证技术指标	(300)
(二) 钢的许用应力	(300)
(三) 物理性能	(301)
(四) 钢的奥氏体连续冷却转变曲线	(301)
(五) 工艺性能	(302)
(六) 热处理状态下的机械性能	(302)
(七) 钢的中温机械性能	(303)
(八) 室温及低温韧性	(304)
(九) 持久强度	(304)
(十) 疲劳强度	(305)
(十一) 模拟热冲压过程后的机械性能	(305)
(十二) 焊接接头的机械性能	(306)
三、15MnVg钢	(307)
(一) 钢的保证技术指标	(307)
(二) 钢的基本许用应力	(307)
(三) 物理性能	(308)
(四) 奥氏体连续冷却转变曲线	(308)
(五) 工艺性能	(308)
(六) 设计计算用的中温机械性能	(309)
(七) 热处理后的机械性能	(310)
(八) 不同冷变形后的冲击韧性	(312)
(九) 疲劳强度	(312)
(十) 焊接接头的机械性能	(312)
四、14MnMoVg钢	(313)
(一) 钢的保证技术指标	(313)
(二) 钢的许用应力	(314)
(三) 钢的中温强度	(314)
(四) 物理性能	(314)
(五) 钢的等温转变曲线	(314)

(六) 工艺性能.....	(314)
(七) 热处理工艺对钢机械性能的影响.....	(316)
(八) 钢的抗层状撕裂敏感性.....	(319)
(九) 低温及中温冲击韧性.....	(320)
(十) 组织稳定性.....	(320)
(十一) 持久强度与疲劳强度.....	(321)
(十二) 热塑性及热强度曲线.....	(321)
(十三) 焊接接头的机械性能.....	(321)
五、18MnMoNb _g 钢.....	(323)
(一) 钢的保证技术指标.....	(323)
(二) 钢的基本许用应力.....	(323)
(三) 中温机械性能.....	(324)
(四) 物理性能.....	(324)
(五) 钢的奥氏体等温转变曲线.....	(324)
(六) 工艺性能.....	(324)
(七) 热处理工艺对钢机械性能的影响.....	(326)
(八) 钢的机械性能统计结果.....	(328)
(九) 钢的断裂韧性.....	(330)
(十) 焊接接头的机械性能.....	(330)
六、19Mn6钢.....	(331)
(一) 钢的保证技术指标.....	(331)
(二) 物理性能.....	(331)
(三) 持久强度.....	(332)
(四) 工艺性能.....	(332)
(五) 热处理后的机械性能.....	(333)
(六) 模拟锅筒生产加热过程后的机械性能.....	(334)
(七) 层状撕裂敏感性.....	(334)
(八) 母材及埋弧焊接头低周疲劳性能.....	(334)
(九) 断裂韧性.....	(335)
(十) 热塑性及热强度曲线.....	(335)
(十一) 焊接接头的机械性能.....	(336)
七、A299 钢.....	(342)
(一) 钢的保证技术指标.....	(342)
(二) 许用应力与附加技术条件.....	(342)
(三) 物理性能.....	(343)
(四) 工艺性能.....	(343)
(五) 层状撕裂敏感性.....	(343)
(六) 冷加工后的机械性能.....	(344)
(七) 热处理后的机械性能.....	(344)

(八) 成分与机械性能的统计结果.....	(346)
(九) 焊接后的机械性能.....	(348)
八、BHW35 (13MnNiMo54) 钢与13MnNiMoNb钢	(348)
(一) BHW35 (13MnNiMo54) 钢.....	(348)
(二) 13MnNiMoNb钢	(366)
九、其他锅筒用普通低合金钢的成分和机械性能介绍.....	(372)
十、20MnMo钢.....	(373)
(一) 化学成分.....	(373)
(二) 机械性能.....	(373)
(三) 临界点.....	(373)
(四) 奥氏体等温转变曲线.....	(373)
(五) 工艺性能.....	(374)
(六) 不同热处理后的机械性能.....	(375)
十一、典型钢种应用举例.....	(375)
(一) BHW35钢锅筒构造	(375)
(二) 结构特点.....	(375)
(三) 锅筒制造主要工艺程序简介.....	(375)
(四) BHW35 钢锅筒的焊接.....	(376)
第五节 锅筒的窄间隙焊接.....	(380)
一、窄间隙焊接特点.....	(380)
二、粗丝窄间隙焊的工艺规范.....	(381)
三、焊接材料.....	(382)
四、典型窄间隙焊接工艺举例.....	(384)

第六章 锅炉受热面用钢及其焊接

第一节 锅炉受热面用钢管工作条件及要求.....	(387)
一、电站锅炉受热面用钢管工作条件及要求.....	(387)
(一) 过热器和再热器用钢管工作条件及要求.....	(387)
(二) 水冷壁和省煤器用钢管工作条件及要求.....	(388)
(三) 受热面集箱工作条件及要求.....	(388)
(四) 空气预热器用钢工作条件及要求.....	(388)
二、工业锅炉受热面用钢管工作条件及要求.....	(389)
(一) 工业锅炉受热面用钢管工作条件.....	(389)
(二) 工业锅炉受热面用钢管的要求.....	(389)
第二节 锅炉受热面常用钢种及焊接工艺特点.....	(389)
一、锅炉受热面常用钢种及允许使用温度.....	(389)
(一) 电站锅炉受热面常用钢种及允许使用温度.....	(389)
(二) 工业锅炉受热面常用钢种.....	(390)

二、焊接工艺特点	(390)
(一) 焊接方法的选择	(390)
(二) 焊接材料的选择	(391)
(三) 焊接工艺参数的确定	(391)
第三节 锅炉受热面常用钢管的化学成分及性能	(392)
一、碳素钢	(392)
(一) 10钢	(392)
(二) 国内常用的代替10钢管的国外钢种	(396)
(三) 20和20G钢	(396)
二、低合金热强钢	(400)
(一) 12CrMo钢	(400)
(二) 15CrMo钢	(403)
(三) 12Cr2Mo钢	(409)
(四) 12Cr1MoV钢	(413)
(五) 12Cr2MoWVTiB钢(102)	(418)
(六) 13Cr3MoVSiTiB钢(Π11)	(422)
(七) 12MoVWBSiXt钢(无铬8号)	(425)
三、高合金热强钢	(432)
(一) 1Cr19Ni9钢	(433)
(二) 1Cr19Ni11Nb钢	(436)
四、其他钢种	(439)
(一) Cr12型马氏体热强钢	(439)
(二) 9Cr—1Mo钢	(441)
(三) 9Cr—2Mo钢	(442)
(四) 耐蚀钢	(444)
五、受热面集箱端盖锻件用钢	(450)
(一) 集箱端盖锻件常用钢化学成分	(452)
(二) 集箱端盖锻件常用钢机械性能	(452)
六、典型钢种应用举例	(453)
(一) 受热面部件和集箱制造主要工艺流程	(453)
(二) 20G和12Cr1MoV钢焊接性能	(453)
(三) 20G钢受热面与集箱焊接应用举例	(455)
(四) 12Cr1MoV钢受热面与集箱焊接应用举例	(458)

第七章 锅炉构架用钢及焊接

第一节 构架用钢的工作条件及要求	(460)
一、工作条件	(460)
二、构架用钢的要求	(460)

(一) 冶炼方法和钢种的选用	(460)
(二) 足够的强度与刚度	(460)
(三) 适宜的脆性转变温度	(461)
(四) 良好的可焊性	(461)
第二节 构架用钢使用范围及焊接工艺特点	(461)
一、使用范围	(461)
二、焊接工艺特点	(461)
(一) 焊接材料	(461)
(二) 焊接方法	(462)
(三) 焊接规范与工艺措施	(462)
(四) 焊接变形	(462)
第三节 常用钢种的成分与机械性能	(465)
一、碳素钢	(465)
(一) 化学成分	(465)
(二) 机械性能	(466)
二、普通低合金钢	(466)
(一) 18NbB 钢	(467)
(二) SM50B 钢	(467)
三、常用的其他构架用普低钢成分与机械性能介绍	(470)
四、高强螺栓钢	(470)
(一) 15MnVB 钢	(471)
(二) 40B 钢	(474)
(三) 20MnTiB 钢	(477)
(四) 45 钢	(480)
五、典型钢种应用举例	(484)
(一) 防止锅炉构架焊接变形的工艺措施	(484)
(二) 16Mn 钢应用举例	(488)
(三) A3F 和 A3 钢应用举例	(491)

第八章 吹灰器及固定装置用钢

第一节 吹灰器用钢	(492)
一、吹灰器用钢的工作条件及要求	(492)
(一) 吹灰器用钢的工作条件	(492)
(二) 吹灰器用钢的要求	(492)
二、吹灰器常用钢种	(492)
(一) Cr25Ti 钢	(492)
(二) 1Cr18Ni9Ti 钢	(494)
(三) RTCr—0.8 和 RQTSi—5.5 耐热铸铁	(497)