

滕长岑 主编

钢铁材料手册

第6卷

耐热钢 (第2版)



 中国标准出版社

钢铁材料手册

第6卷

耐热钢

(第2版)

滕长岑 主编

中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

钢铁材料手册. 第6卷, 耐热钢/滕长岑主编. —2版.
—北京: 中国标准出版社, 2010
ISBN 978-7-5066-5756-3

I. ①钢… II. ①滕… III. ①钢-金属材料-技术手册②铁-金属材料-技术手册③耐热钢-金属材料-技术手册
IV. ①TG141-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 103992 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 31.125 字数 920 千字

2010 年 8 月第二版 2010 年 8 月第二次印刷

*

定价 72.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

钢铁材料手册 第6卷 耐热钢(第2版)

编辑委员会

主 编 滕长岑

副主编 张少棠 伍千思 栾 燕 戴 强

编 委 唐 志 滕爱京 刘宝石 王鸿珏

柳泽燕 林红亚 张进莺 仇金辉

安 平 高建平 孙 伟 魏 绵

再版前言

《钢铁材料手册》(共 10 卷)自 2001 年陆续出版以来,为钢铁生产、使用、科研、设计及国内外贸易等部门的读者提供了一套内容丰富、信息量大、实用性强的参考资料,已成为有关人员查阅方便、必备的工具书。随着近年来钢铁工业的快速发展,制修订了大量的钢铁标准。手册第 1 版中收录的很多国内外标准均已修订,原有内容已不能满足读者的需要,有必要进行修订、再版。

本书是《钢铁材料手册》的第 6 卷《耐热钢》。此次再版,主要有以下两个特点:

一、全面更新了第 1 版中收录的标准。近几年来,我国的标准事业取得了飞快的发展。耐热钢标准(包括国家标准和行业标准)大部分都进行了更新;而欧洲标准已代替了原来英国、德国、法国等国家的技术标准,统一采用了欧洲(EN)标准体系;美国(ASTM)标准更新速度也很快,基本上都已更换为新的版本;日本和 ISO 标准也更换许多新内容。除了更新的内容以外,本次再版还收录了许多新的标准,使内容

更加丰富、全面。

二、书的编写格式作了更新。本次再版没有沿用第1版中以国家(地区、标准化组织)为顺序的编排方式,而采用了新的编排方式。除“总论”和“附录”外,标准主要技术内容按通用标准,棒材、线材和丝材标准,厚板、薄板和带材标准,无缝钢管和焊接钢管标准,铸钢件和铸钢管标准,钢锻件和锻坯标准分为六大类,分别编排,以便于读者查找、比对。

再版工作主要由滕长岑负责全面编写工作。在一年多时间里,本书编委会的成员做了大量的组织、资料、审查等很多细致的工作,在资料收集、标准复印、全书体系安排等方面,做了大量的细致而烦琐的工作。没有他们的大力支持和全力帮助,本书是难以完成的。在此对他们热情协助、辛勤劳作致以衷心的感谢。

这次再版工作,虽然力求标准材料内容全面更新,尽量做到编译内容准确,但由于编者水平所限,以及国内、国外标准变化的很快,难免编译有误,不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010年5月

第1版前言

钢铁工业是国民经济发展的重要基础工业,钢铁是国民经济各部门的重要原材料。随着我国改革开放的进一步深化,社会主义市场经济的不断完善和科学技术的日益进步与发展,国民经济各部门对钢铁产品的品种和质量有了更高的要求。同时,钢铁生产企业也在不断地进行结构优化,调整产品结构,降低成本,提高产品质量,以适应市场的需要,从而更好地为国民经济的发展服务。

为帮助钢材使用部门和钢铁企业更好地掌握和理解钢材标准中的技术要求,冶金信息标准研究院组织编写了这套手册。本手册按照钢类分为10卷,分别为碳素结构钢、低合金高强度钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢、耐热钢、工具钢、弹簧钢、轴承钢、精密合金类材料。各分册以所述钢类的基本技术特性为基础,以现行的我国全部标准和国外部分标准的主要技术要求为重点,将基本技术特征与标准技术要求相结合进行综合论述。在使读者掌握和

理解标准技术要求的同时,也能对各钢类的基本技术特征和生产情况有较深入的了解。其内容包括总论、定义、分类、生产工艺、主要生产品种和用途、金相组织、物理性能、化学性能、力学性能、工艺性能、标准主要技术要求,以及国内外生产发展状况等。附录部分还收入了主要国外(国际)标准目录和国内外钢的类似牌号对照等。

本手册内容丰富,信息量大,实用性强,是钢铁生产、使用部门,以及科研院所和大专院校有关人员必备的工具书和参考资料。

本手册在编写过程中参阅了国内外有关文献资料 and 标准,在此对有关单位和作者表示衷心的感谢。由于我们编写人员的水平有限,本手册难以准确、完善地反映钢铁工业生产和科学技术不断发展的情况,错误和不当之处恳请读者提出宝贵意见。

本手册中的国内和国外(国际)标准主要技术要求摘录并非保证依据,仅供参考,在任何情况下都应以前行原文版本为准。选编的美国 ASTM 和英国 BS 标准中有个别标准采用英制单位,为了更准确地表明其规定,本手册未进行公制单位换算。

本书为第 6 卷 耐热钢。

编 者

2001 年 3 月

目

录

1	总论	1
1.1	珠光体型低合金热强钢	1
1.2	马氏体型热强钢	2
1.3	阀门钢	3
1.4	铁素体型耐热钢	4
1.5	奥氏体型耐热钢	5
1.6	沉淀硬化型耐热钢	5
2	耐热钢的分类	7
2.1	按合金元素含量分类	7
2.2	按钢的组织状态分类	7
2.3	按钢的特性分类	8
2.4	按钢的主要用途分类	8
3	耐热钢的牌号表示方法	12
3.1	中国耐热钢的牌号表示 方法	12
3.2	日本耐热钢的牌号表示 方法	14
3.3	美国耐热钢的牌号表示 方法	15
3.4	俄罗斯耐热钢的牌号表示 方法	18

3.5	欧洲标准化组织(EN)耐热钢的牌号表示方法	19
3.6	国际标准化组织(ISO)耐热钢的牌号表示方法	20
4	耐热钢的基本性能	22
4.1	主要合金元素在耐热钢中的作用	22
4.2	耐热钢的基本性能	27
5	耐热钢的主要生产工艺简介	38
5.1	耐热钢的冶炼	38
5.2	耐热钢的浇铸	38
5.3	耐热钢的加工	40
6	各类耐热钢的特性和用途	44
7	耐热钢通用标准的主要技术要求	48
7.1	GB/T 20878—2007 不锈钢和耐热钢 牌号及 化学成分	48
7.2	ISO 4955:2005 耐热钢	87
7.3	EN 10302:2008 耐蠕变钢、镍和钴合金	101
7.4	ГОСТ 5632—1972 耐蚀、耐热及热强高合金钢 和合金 牌号和技术要求	158
7.5	ГОСТ 20072—1974 耐热钢 技术条件	192
8	耐热钢棒材、线材和丝材标准的主要技术要求	204
8.1	GB/T 1221—2007 耐热钢棒	204
8.2	GB/T 8732—2004 汽轮机叶片用钢	222
8.3	GB/T 12773—2008 内燃机气阀用钢及合金 棒材	229
8.4	GJB 2294—1995 航空用不锈钢及耐热钢棒 规范	240
8.5	JIS G 4107—2007 高温用合金钢螺栓材料	252

8.6	JIS G 4311—2007 耐热钢棒	255
8.7	ASTM A193/A193M-07 高温或高压和其他 特殊用途用的合金钢和不锈钢螺栓材料	264
8.8	ASTM A453/A453M-04 膨胀系数与奥氏体 不锈钢相匹配的高温螺栓材料	279
8.9	ASTM A565/A565M-05a(2009) 高温用马氏 体不锈钢棒	283
8.10	ASTM A581/A581M-95b(2009) 易切削不锈钢丝和 盘条	287
8.11	ISO 683-15:1992 内燃机用阀门钢 EN 10090:1998 内燃机用阀门钢和合金 JIS G 7603—2000 内燃机用阀门钢	290
8.12	EN 10269:2006 规定高温和/或低温性能的 紧固件用钢及镍合金	300
8.13	EN 10273:2007 承压用具有高温性能的热轧 可焊接钢棒	342
8.14	ГОСТ 5949—1975 耐蚀、耐热及热强钢棒材 和冷加工材 技术条件	359
8.15	ГОСТ 18968—1973 蒸汽涡轮机叶片用耐蚀 及热强钢棒材和扁钢	377
8.16	ГОСТ 19442—1974 蒸汽透平叶片及联轴节用 耐蚀和热强钢棒材 技术条件	383
9	耐热钢厚板、薄板和带材标准的主要技术要求	388
9.1	GB 713—2008 锅炉和压力容器用钢板	388
9.2	GB/T 4238—2007 耐热钢钢板和钢带	393
9.3	JIS G 4109—2008 锅炉及压力容器用铬钼 钢板	405
9.4	JIS G 4110—2008 高温和压力容器用高强 度铬钼钢和铬钼钒钢板	411
9.5	JIS G 4312—1991 耐热钢厚板和薄板	416

9.6	ASTM A167—99(2009) 不锈和耐热铬镍 钢厚板、薄板和带材	426
9.7	ASTM A176—99(2009) 不锈和耐热铬镍 厚板、薄板和带材	427
9.8	ASTM A240/A240M-07 压力容器用和一 般用铬和铬-镍不锈钢厚板、薄板和带材	428
9.9	ASTM A480/A480M-06b 扁平轧制的不 锈钢和耐热钢厚板、薄板和带材的一般要求	455
9.10	ASTM A693-06 沉淀硬化不锈钢和耐 热钢厚板、薄板和带材	481
9.11	EN 10028-7:2007 承压用扁平钢产品 第7部分:不锈钢	492
9.12	ГОСТ 5520—1979 锅炉和压力容器用 碳素钢、低合金钢和合金钢钢板 技术条件	532
9.13	ГОСТ 5582—1975 耐蚀、耐热及热强钢 薄板 技术条件	539
9.14	ГОСТ 7350—1977 耐蚀、耐热及热强钢 厚板 技术条件	547
9.15	ТУ 14-1-927—1974 热强钢和高温合 金冷轧带材	556
9.16	ТУ 14-1-1747—1976 热强钢和高温合 金冷轧薄板	558
9.17	ТУ 14-1-2478—1978 热强钢和高温合 金热轧厚板	562
9.18	ТУ 14-1-5103—1992 热强和抗氧化 钢和合金热轧厚板	564
10	耐热钢无缝钢管和焊接钢管标准的主要技术 要求	567
10.1	GB 5310—2008 高压锅炉用无缝钢管	567
10.2	GB 6479—2000 高压化肥设备用无缝钢管	591

10.3	GB 9948—2006 石油裂化用无缝钢管	597
10.4	GB 13296—2007 锅炉、热交换器用不锈钢无缝 钢管	604
10.5	GJB 1493—1992 航天用 GH 1131 合金冷加 工无缝管规范	616
10.6	YB/T 4173—2008 高温用锻造镗孔厚壁无缝 钢管	618
10.7	JIS G 3463—2006 锅炉及压力容器用不锈 钢管	632
10.8	JIS G 3467—2006 加热炉用钢管	644
10.9	ASTM A213/A213M-07a 锅炉、过热器和热 交换器用铁素体和奥氏体合金钢无缝钢管	651
10.10	ASTM A249/A249M-04a 锅炉、过热器、热 交换器和冷凝器用焊接奥氏体钢管	673
10.11	ASTM A335/A335M-06 高温用铁素体合 金钢无缝钢管	689
10.12	ASTM A358/A358M-05 高温和一般用途 用电熔焊奥氏体铬-镍不锈钢管	707
10.13	ASTM A409/A409M-01 (2005)耐蚀和高温用焊 接的大口径奥氏体钢管	713
10.14	ISO 9329-2:1997 承压用无缝钢管 交货 技术条件 第2部分:规定高温性能的非合金钢 和合金钢钢管	721
10.15	ISO 9329-4:1997 承压用无缝钢管 交货 技术条件 第4部分:奥氏体不锈钢	746
10.16	EN 10216-2:2007 承压用无缝钢管 交货技术条件 第2部分:具有高温特性的非合 金钢和合金钢钢管	765
10.17	NF A49:214—1978 高温用奥氏体无缝钢 管尺寸(附标准偏差)与交货技术条件	789

11	耐热钢铸钢件和铸钢管标准的主要技术要求	799
11.1	GB/T 8492—2002 一般用途耐热钢和合金 铸件.....	800
11.2	JB/T 6403—1992 大型耐热钢铸件	803
11.3	JIS G 5122—2003 一般用途耐热钢和合金 铸件.....	811
11.4	JIS G 5151—1991 高温高压用铸钢件	819
11.5	JIS G 5202—1991 高温高压用离心铸钢管	821
11.6	ASTM A217/A217M-07 高温承压部件用马 氏体不锈钢和合金钢铸件.....	823
11.7	ASTM A297/A297M-08 一般用途铁-铬和 铁-铬-镍耐热钢铸件	827
11.8	ASTM A389/A389M-08 高温和压力部件用 经特殊处理的合金钢铸件.....	830
11.9	ASTM A451/A451M-06 高温用离心铸造奥 氏体钢管.....	832
11.10	EN 10213:2007 承压用钢铸件	836
12	耐热钢锻件和锻坯标准的主要技术要求	854
12.1	GJB 2455—1995 航空用不锈及耐热钢圆饼和 环坯规范.....	854
12.2	JIS G 3203—2008 高温压力容器用合金 钢锻件.....	860
12.3	JIS G 3206—2008 高温压力容器用高强度铬 钼钢锻件.....	863
12.4	ASTM A336/A336M-08 压力和高温部件用合 金钢锻件.....	865
12.5	ASTM A 638/A638M-00(2004) 高温用沉淀硬 化铁基超级合金棒材、锻件和锻坯	874
12.6	ASTM A 768/A768M-05 燃气轮机转子和轴用 经真空处理的 12%铬合金钢锻件	877

12.7	ASTM A891/A891M-07 燃气轮机转子盘件和 轮用沉淀硬化铁基超级合金锻件·····	881
12.8	ASTM A965/A965M-06a 压力和高温部件用 奥氏体钢锻件·····	884
12.9	ASTM A1021/A1021M-05 高温用马氏体不锈 钢锻件和锻坯·····	889
12.10	ASTM A1048/A1048M-06 高温压力容器用 高强度铬-钼-钨合金钢锻件·····	896
12.11	EN 10222-2:1999 承压用钢锻件 第2部 分:规定高温性能的铁素体和马氏体钢·····	900
12.12	EN 10222-5:1999 承压用钢锻件 第5部 分:马氏体、奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢·····	916
12.13	ТУ 14-1-226—1972 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481)和 37Х12Н8Г8МФБ-III (ЭИ481-III) 钢盘用毛坯与圆饼·····	928
12.14	ТУ 14-1-2902—1980 高合金钢和合金 锻件·····	930
12.15	ТУ 14-1-2918—1980 高合金钢和合金 锻件·····	946
附录1	中国与外国变形加工的耐热钢和不锈钢牌号 对照表·····	958
附录2	中国与外国耐热铸钢牌号对照表·····	976
附录3	中国与外国珠光体耐热钢牌号对照表·····	977

1 总 论

耐热钢是指在高温下工作的钢材。耐热钢的发展与电站、锅炉、燃气轮机、内燃机、航空发动机等各工业部门的技术进步密切相关。由于各类机器、装置使用的温度和所承受的应力不同,以及所处的环境各异,因此所采用的钢材种类也各不相同。这里所谈的温度是个相对的概念。最早在锅炉和加热炉中使用的材料是低碳钢,使用的温度一般在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,压力仅为 0.8 MPa 。直到现在使用的锅炉用低碳钢,如 20 g,使用温度也不超过 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作压力不超过 6 MPa 。随着各类动力装置的使用温度不断提高,工作压力迅速增加,现代耐热钢的使用温度已高达 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$,使用的环境也变得更加复杂与苛刻。现在,耐热钢的使用温度范围为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作压力为几兆帕到几十兆帕,工作环境从单纯的氧化气氛,发展到硫化气氛、混合气氛以及熔盐和液金属等更复杂的环境。

为了适应各种工作条件不断发展的要求,耐热钢也在不断地发展。从最早期的低碳钢、低合金钢,到成分复杂的、多元合金化的高合金耐热钢。

现按珠光体型低合金热强钢、马氏体型热强钢、阀门钢、铁素体型耐热钢、奥氏体型耐热钢、沉淀硬化型耐热钢等分别介绍如下。

1.1 珠光体型低合金热强钢

随着蒸汽锅炉、电站、燃气轮机及航空发动机的发展,为满足各种部件在较高温度下工作的需要,冶金材料工作者在低碳钢基础上发展了一系列具有较高的热强性和抗氧化性良好的低合金耐热钢。20 世纪 30 年代就发现了钼是提高耐热钢热强性的最主要元素之一。在低碳钢中加入 0.5% 钼,可以使钢的热强性明显提高,随后便在蒸汽锅炉上得到广泛应用。钼钢的发展实际上是近代低合金热强钢的源头。在工业较发达国家的锅炉用钢标准中,几乎都列有含钼钢种。我国在

1959 年发布的 YB 6—1959 中列入了 16Mo 这个牌号。在钼钢的基础上研制了低合金铬钼钢。英国早在 1938 年就把含 0.8%Cr、0.5%Mo 钢(相当于 15CrMo)用在锅炉过热器上。其后又开发了性能更好的 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 及 $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 等钢种。后者用于 540℃ 的 137 MPa 的蒸汽过热器(壁温约 590℃)、主蒸汽管道及联箱等,近来也用于钠冷却的快中子堆的蒸汽发生器及先进的高温气冷堆中。同时 Cr-Mo 钢也广泛用于石油化工的中温高压容器设备。后来按照高压抗氢要求又开发了 12Cr3Mo 等钢种。为了抑制 Cr-Mo 钢在长期使用中钼向碳化物迁移,进一步提高钢的热强性,又开发了低合金 Cr-Mo-V 钢,如 12Cr1MoV 钢。此种钢组织稳定性较好,当温度高达 580℃ 时仍具有良好的热强性。目前此钢是我国电站锅炉首选材料。含碳及合金元素较高的 Cr-Mo-V 钢也有新发展。如用作铸件的 15Cr1Mo1V,用作紧固件的 25Cr2MoVA、25Cr2Mo1V 及 20Cr1Mo1V 钢,用作汽轮机整锻转子和叶轮的 27Cr2Mo1V 钢,用于石油化工高压抗氢部件的 20Cr3MoV、17Cr3MoV 等钢。20 世纪 60 年代以来,为了进一步提高低合金耐热钢的热强性和抗氧化性,国内外研制出多种多元低合金耐热钢,其工作温度可达 600℃~620℃。如 12Cr2MoWVTiB(102)钢,已用于发电机的过热器管和再热器。

1.2 马氏体型热强钢

中合金和高合金耐热钢基本上是和不锈钢同时发展起来的。早在 1821 年,法国 Berthier 曾报道,用铬合金化的钢具有高的抗氧化性,且随着铬含量的增加而增大。在 1914 年,德国施特劳斯等指出,含一定量的铬和镍具有抗氧化和耐酸作用。直到 1920 年以后才逐渐研制出铬系和铬镍系不锈钢耐热钢。有些钢既可作为不锈钢,又可作为耐热钢应用。

12%Cr 型马氏体热强钢,有优良的综合力学性能、较好的热强性、耐蚀性及振动衰减性,广泛用于制造汽轮机叶片而形成独特的叶片钢系列,并广泛用作汽缸密封环、高温螺栓、转子和锅炉过热器、再热器管、燃气轮机涡轮盘、叶片、压缩机及航空发动机压气机叶片、轮盘、水