

中国特钢企业协会不锈钢分会 编

不锈钢实用手册

BUXIUGANG SHIYONG SHOUCHE



中国科学技术出版社

不锈钢实用手册

中国特钢企业协会不锈钢分会编

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

不锈钢实用手册/中国特钢企业协会不锈钢分会编.
北京: 中国科学技术出版社, 2003.9
ISBN 7-5046-3411-5

I. 不... II. 中... III. ①不锈钢-金属加工工业-工业企业-世界-名录②不锈钢-技术手册
IV. ①F416.41-62②TG142.71-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 052023 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:67.25 插页:22 字数:1600 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:380.00 元

内 容 提 要

近年来,我国不锈钢市场需求发展迅速,应用不断扩大,不锈钢的生产和制造业也有了较快的发展。所以加强国内外不锈钢业界的交流和合作,使生产企业、销售部门和设计使用单位对国内外不锈钢的生产、应用、市场有一个全面了解已成为当务之急。

本手册分为常识编、统计编、国外企业编、国内企业编、标准编、性能编、焊接与表面加工编、应用与选择编及附录共九个部分,突出“实用”特点,反映不锈钢行业的最新发展。可供不锈钢生产、销售、设计和使用部门参考使用。

《不锈钢实用手册》编辑委员会

名誉主任:单亦和 原国家冶金局副局长
主任:陈川平 太原钢铁(集团)有限公司董事长
副主任:李成 中国特钢企业协会不锈钢分会常务会长
徐乐江 上海宝钢集团公司副总经理
刘宇 辽宁特殊钢集团有限责任公司副总经理
刘安 宁波宝新不锈钢有限公司总经理
谢蔚 宝钢集团上海五钢有限公司总经理
郑吉洙 张家港浦项不锈钢有限公司总经理
吕鹏 宝钢集团上海浦东钢铁(集团)有限公司副总经理
格哈德·麦赫法 上海克虏伯不锈钢有限公司总经理

专家顾问组:

总顾问 陆世英

成 员 林企曾

韩怀月

康喜范

刘尔华

吴 玖

伍千思

主 编:李 成

副 主 编:刘翠珍

编辑部主任:张巨功

副 主 任:史希正 陈文雷

封面、广告设计:石 青

责任编辑:张晓林

封面设计:石 青

责任校对:赵丽英

责任印制:李春利

序 言

由中国特钢企业协会不锈钢分会组织编写的《不锈钢实用手册》出版了,对此我表示祝贺。不锈钢分会请我写序,因为我是学习钢铁冶金专业的,从20世纪60年代中期到80年代末曾从事不锈钢精炼及材料应用的研究。

不锈钢问世还不到100年,它的发明和广泛应用可以称为冶金及材料工程史上的一座里程碑。不锈钢的出现不仅为现代工业发展和科技进步起到了重要作用,同时也为提高人们的生活质量增添了光彩。

从国际不锈钢的发展历程来看,有这样一个统计规律:不锈钢消费的增长是一个国家GDP增长水平的1.5~2.0倍(平均值)。由此可以看出不锈钢的发展与一个国家的经济状况有着何等密切的关系。我国是从20世纪50年代开始冶炼不锈钢的,由于几代钢铁工作者的努力,我们当时在冶炼加工技术和钢种研究方面,已达到与国外大致相当的水平,但是由于各种历史原因,不锈钢在我国没有很快发展起来。改革开放以来,国外的新技术、新装备和不锈钢产品大量进入我国,我们也走出国门,看到了国外不锈钢的发展水平,特别是到了90年代,随着我国国民经济的增长,不锈钢同其他行业一样,也出现了快速发展的势头:消费水平直线上升,从1990年的26万吨发展到2002年的320万吨,相当于美国和日本两个国家的消费量之和,成为世界上备受关注的第一消费大国;生产能力发展迅速,由于国家的政策导向,使国有、合资、民营等不同所有制不锈钢企业崛起,不锈钢的产量也从1990年的20多万吨发展到2002年的115万吨。此外,目前的不锈钢在建项目如能顺利投产,到2005年我国的不锈钢产量将达到400万吨~500万吨。

不锈钢是一种特殊的材料,兼有功能材料和结构材料两者的特征,以其不锈、耐热、耐蚀、易加工、可回收、低的寿命周期成本等独特的优良

性能而广泛应用于工业及民用的众多领域；不锈钢又是一种绿色环保材料，因为它不生锈，所以能够 100% 地回收；不锈钢还可以生产板、管、带、棒、线、丝、箔及各种型材；还可以具备所有其他材料具备的耐热、高强、可塑、低温、无磁等性能，所以不锈钢是金属材料及现代钢铁材料中的佼佼者。

不锈钢生产是一种高附加值和技术含量较高的产业，在冶炼、加工、使用、维护、回收等方面有很多专业性很强的知识，所以，在发展不锈钢的过程中，提高行业的整体素质至关重要，特别要有高质量的人才，这是生产高质量不锈钢产品不可或缺的基本条件。不锈钢近几年发展很快，但国内有经验的不锈钢专家并不多，有权威性的技术书籍和普及性的书刊也很少，中国特钢企业协会不锈钢分会在出版《不锈》及《不锈市场信息》刊物的基础上，又组织国内最好的专家编写了我国第一部《不锈钢实用手册》，它包含了国内外不锈钢的生产工艺、产品标准、钢种系列、应用及统计数据等，对了解国内外不锈钢的最新进展、不锈钢的生产和使用、不锈钢的选材方法、国内外主要的不锈钢企业等方面将会起到很好的作用，同时这本书也将有益于从业人员了解不锈钢、认识不锈钢，从而提高他们的业务水平。

随着市场经济的不断发展，行业组织的地位已日益重要。我衷心地希望中国特钢企业协会不锈钢分会在宣传和发展不锈钢方面继续发挥更大的作用，为我国不锈钢工业的健康发展做出积极的贡献。

徐自迪

2003 年 6 月

使用说明

有关本手册的编写体例和使用做如下说明。

(1) 本手册分常识编、统计编、国外企业编、国内企业编、标准编、性能编、焊接与表面加工编、应用与选择编及附录共九个部分。为查阅方便,在书前列有总目录,各编又有详细的分目录。

(2) 各编的章、节序号自成独立体系,在“编”前不加序号,各级标题的序号为:

1 ××××

1.1 ××××

1.1.1 ××××

(3) 涉及数字及法定计量单位或数字代码时,按国家标准规定,一般使用阿拉伯数字表示。

(4) 法定计量单位均按标准规范符号表示,例如:mm(毫米)、cm(厘米)、m³(立方米)、kg(千克)、t(吨)、s(秒)、min(分)、h(小时)、d(日)、a(年)……但并不排除在一些叙述性的段落中采用中文名称或中文符号。

(5) 由两个或两个以上单位相乘所构成的组合单位,其符号间加居中圆点,例如N·m(牛顿米);由两个或两个以上单位相除所构成的组合单位,例如写成kg/m³而不写成kg·m⁻³;写成m/s而不写成ms⁻¹。

(6) 外国公司(厂)的名称一般按国内常用译音表或按词义译出;凡以地名命名的企业,均以中国大百科全书出版社出版的《世界地名录》作为依据译出;对国内习用的译名,则根据“约定俗成”的原则沿用。

(7) 国外公司名称中的“Limited”、“GmbH”、“SPA”、“SA”、“AB”、“AG”、“AS”、“株式会社”等均译为公司。

(8) 为保证数据的标准性,本手册中个别国外企业的设备、产品规格或单位数据仍保留了一些非法定计量单位。

总 目 录

常识编.....	(1)
统计编	(48)
国外企业编	(67)
国内企业编.....	(136)
标准编.....	(218)
性能编.....	(406)
焊接与表面加工编.....	(854)
应用与选择编.....	(993)
附录	(1054)

常 识 编

林企曾 单家富 刘尔华 刘翠珍 史希正

目 录

1 不锈钢的发展简史	(3)
1.1 世界不锈钢的发展	(3)
1.2 中国不锈钢的发展	(5)
2 不锈钢的金属学、分类及性能	(8)
2.1 不锈钢的金属学	(8)
2.1.1 晶体结构	(8)
2.1.2 合金元素	(9)
2.2 不锈钢的分类与命名	(10)
2.2.1 不锈钢的类别	(10)
2.2.2 不锈钢的命名	(12)
2.3 一般常用不锈钢钢种的化学成分及性能	(12)
2.3.1 不锈钢退火后的最低力学性能及常用物理性能	(13)
2.3.2 不锈钢的耐蚀性能	(13)
2.3.3 不锈钢的使用性能	(15)
3 不锈钢的冶炼和加工	(16)
3.1 不锈钢冶炼工艺的特点	(16)
3.2 不锈钢的冶炼工艺	(17)
3.2.1 三步法中复吹转炉的吹炼工艺	(18)
3.2.2 AOD 炉的精炼工艺	(19)
3.2.3 VOD 炉的精炼工艺	(21)
3.2.4 AOD 炉与 VOD 炉主要工艺参数比较	(22)
3.3 不锈钢连铸工艺	(22)
3.3.1 不锈钢连铸工艺的特点	(22)
3.3.2 不锈钢连铸工艺过程及质量控制	(23)
3.4 不锈钢热轧带钢生产工艺	(25)
3.4.1 热轧带钢生产工艺流程	(25)
3.4.2 连续式热轧带钢轧机的发展	(25)
3.4.3 炉卷轧机的发展	(26)
3.5 冷轧带钢生产工艺	(28)

3.5.1	冷轧带钢生产的工艺流程	(28)
3.5.2	热、冷轧带钢连续退火酸洗机组	(30)
3.6	精整工艺	(31)
3.7	不锈钢管生产工艺	(31)
3.7.1	不锈钢管生产工艺流程	(31)
3.7.2	挤压管的生产工艺	(32)
3.7.3	顶管生产工艺	(34)
3.7.4	三辊轧管工艺	(34)
3.7.5	焊管生产工艺	(35)
3.7.6	钢管的冷加工(冷拔和冷轧)	(36)
3.8	不锈钢线材生产工艺	(36)
3.8.1	不锈钢线材生产工艺特点和流程	(36)
3.8.2	钢坯准备和加热	(37)
3.8.3	轧制	(37)
3.8.4	热处理和酸洗	(38)
4	不锈钢产品和生产工艺的发展	(39)
4.1	不断开发新品种的不锈钢	(39)
4.2	不锈钢材品种结构更趋合理	(39)
4.3	不锈钢的应用领域和需求进一步扩大	(41)
4.4	工艺技术不断创新,经济效益不断提高	(42)
4.4.1	薄板坯连铸连轧	(42)
4.4.2	薄带连铸	(44)
4.4.3	冷轧带钢轧制退火酸洗平整连续生产线	(44)
4.4.4	铁水冶炼不锈钢技术	(46)

1 不锈钢的发展简史

1.1 世界不锈钢的发展

不锈钢是金属材料中的佼佼者,它具有许多优良的性能,如耐蚀性、耐热性、耐低温性、好的加工性能等,不锈钢外观精美,寿命周期成本低,可以 100% 的回收利用,因此在各个工业及民用领域得到了广泛和大量的使用,是一种非常好的结构和功能材料。

不锈钢自上个世纪初问世至今已有 90 多年的历史,不锈钢的发明是世界冶金史上的一项伟大成就,不仅为现代工业的建立、发展和科技进步奠定了物质基础,而且在民用领域的扩大应用也显著提高了人们的生活质量。

追溯历史,1000 多年前,古印度寺院中的铁柱和中国古代庙宇前的铁人等,他们长年暴露在大气下风吹雨淋、阳光曝晒,却有很强的耐蚀性,这一现象引发了许多学者和专家们的关注。1820~1822 年英国学者法拉第(M. Faraday)最早把低合金钢的生锈问题作为一项课题来研究,可以说他是不锈钢研究的创始人。

到 20 世纪初,欧洲法、英、德等国的学者先后对钢铁的不锈性和钝化理论进行了研究:1906 年法国人吉烈特(L. B. Guillet),1909 年法国人波特万(A. M. Portevin),1909 年英国人吉森(W. Giesen)分别发表了 Fe-Cr 和 Fe-Cr-Ni 合金的冶金学报告,发现了这些合金的耐腐蚀性能。1908~1911 年德国人蒙纳尔茨(P. Monnartz)和鲍切尔斯(W. Borchers)发现了钝化现象,并提出了高 Cr 合金的钝化理论,这一时期的研究为开发工业用不锈钢奠定了理论基础。

不锈钢的三大类(马氏体、铁素体和奥氏体)是在 1912 年左右由英国、美国、德国等国家近乎同时研制成功的。1912~1913 年英国人布莱利(H. Brearly)开发了含 Cr 12%~13% 的马氏体不锈钢(相当于现在的 AISI420);1911~1914 年美国丹齐泽(C. Dantssigen)和怀特西(W. R. Whitsey)开发了含 Cr 14%~16% 的铁素体不锈钢(相当于现在 AISI430 前期);1912~1914 年德国的马勒(E. Maurer)和斯特劳斯(B. Strauss)开发了含 C < 1%、Cr 15%~40%、Ni < 20% 的奥氏体不锈钢(相当于现在 AISI304 的初型);1929 年德国克虏伯公司的斯特劳斯取得了低碳 18-8 奥氏体不锈钢的专利权。与此同时他们为了提高不锈钢的耐蚀性,又分别加入了 Mo、Cu 等元素,为了解决 18-8 钢的敏化态晶间腐蚀,通过实验加入了 Ti、Nb 等稳定元素,此外克虏伯在 20 世纪 40~50 年代又开发了节镍的 Cr-Mn-N(200 系列)不锈钢,耐晶间腐蚀的超低碳(C≤0.03%)奥氏体不锈钢,60 年代又开发了 C+N≤150 ppm 的超纯铁素体不锈钢等,使不锈钢品种和性能进一步扩大和提高。除以上三大类外,不锈钢的另外两种类型,即双相不锈钢(即在钢的固溶组织中为铁素体+奥氏体双相,其中次量相≥15%,而现在要求双相不锈钢大多是二相比达 50:50)和沉淀硬化型不锈钢(即经过冷热处理来控制奥氏体的稳定性和基体上的析出沉淀,从而提高不锈钢的强度)是在 20 世纪的 30~40 年代开发成功的。1927 年 Bain 和 Griffiths 首先发现了双相组织,1935 年德国 Unieux 实验室发现了奥氏体不锈钢中含有铁素体时钢的耐蚀性能会得到明显改善,从而获得了奥氏体+铁素体双相不锈钢的专利。美国于 20 世纪 40 年代开发出第一代双相不锈钢 AISI329(Cr25Ni5Mo2),70 年代和 80 年代又开发成功第二代(用氮合金化)和第三代双

相不锈钢(耐点蚀当量值 ≥ 40 的超级 DSS)。沉淀硬化不锈钢是 1946 年首先由美国的史密斯埃塔尔(R. Smithetal)开发成功的,当时他研制成功马氏体沉淀硬化不锈钢 17-4PH,随后既具有高强度又可进行冷加工成形的半奥氏体沉淀硬化不锈钢 17-7PH 和 PH15-7Mo 等也相继开发成功,至此不锈钢家族中的五大主要钢类:马氏体、铁素体、奥氏体、双相钢和沉淀硬化不锈钢就基本齐全了。

不锈钢主要生产技术的进步促进了不锈钢的快速发展,特别是炉外精炼、连续铸造和多辊冷轧机的使用,改善了不锈钢质量,提高了成材率,降低了生产成本。首先是不锈钢的冶炼技术,1910 年开始用坩埚炉小批量熔炼不锈钢,随后法国人 Heroult 发明的电弧炉开始了较大规模的工业生产。进入 1940 年以后,美国人希尔蒂(D. C. Hilty)研究了 Cr-C 温度平衡,提出了高温脱碳保铬理论,从而为研制成功电弧炉返回吹氧法冶炼不锈钢奠定了基础。尽管这时可以用不锈钢废钢生产,但成本仍然很高,不锈钢仍然是一个高价钢种。进入 20 世纪 60 年代后,德国的维顿公司(Witten)和美国的联合碳化物公司(Union Carbide)分别研制成功具有革新技术的 VOD 和 AOD 精炼法,这使得采用便宜的原料(高碳铬铁)冶炼不锈钢成为可能,并大大提高了钢的纯净度,显著降低了不锈钢的生产成本。目前,AOD 和 VOD 法已成为精炼不锈钢的主流技术,其中 AOD 法占不锈钢总产量的 68.7%、VOD 法占 26.3%。其次是连铸技术,早在 1857 年,贝塞麦(H. Bessemer)就获得了连铸技术的专利,但第一台不锈钢连铸机是出现在 1949 年美国的阿·勒德隆公司(AL),1954 年加拿大阿特拉斯公司(Atlas)建造了世界上第一台不锈钢板坯连铸机,1960 年日本新日铁光厂建造了世界上第一台宽度超过 1 m 的不锈钢宽板坯连铸机,此后不锈钢的连铸机技术蓬勃发展,不锈钢连铸比已超过 95%,成为不锈钢降低成本、提高成材率的关键技术。第三是多辊冷轧机,德国人罗恩(W. Rohn)最初研究了支撑辊 10~18 根的多辊轧机(后来成为松德维克型 20 辊轧机,但宽度不够),1932 年由森吉米尔(T. Sendzimir)进一步开发,研制成功了现在的小直径工作辊的 20 辊轧机,由于可以宽幅轧制,所以普及很快,目前已占世界不锈钢冷轧机的 90%。当然除了上述三大技术外,其他如炉卷轧机的开发,连续退火酸洗线的开发,光亮退火技术的开发以及各种检测和自动化技术的应用都促使不锈钢的生产规模越来越大,技术水平越来越高。

以上三大技术的发展与进步,使不锈钢质量提高、成本降低,由过去每吨几千美元降到 20 世纪末的 1 000 多美元。截止到 2002 年,世界不锈钢冶炼产量约 2300 万吨(包括独联体、东欧国家和中国),2002 年世界不锈钢表观消费量约 2 000 万吨。1950 年,世界不锈钢产量还不到 100 万吨,1990 年是 1 200 万吨。可见不锈钢发展速度之快。

不锈钢需求的发展与人们生活水平密切相关,国际不锈钢发展经验表明,不锈钢的消费增长是 GDP 的 1.5~2 倍。历史上是军工发展带动了不锈钢,现在是民用的迅速增长和使用领域的扩大推动了不锈钢需求的快速发展。如今在我们的生活中从吃饭的餐具开始,到城市景观、楼房建筑等处处可以看到不锈钢。由于不锈钢日常用品中多数使用板材,所以总体需求是以板材为主。

不锈钢的生产集中程度越来越高,从当前世界出口不锈钢的情况可以看出不锈钢生产主要集中在比利时、德国、日本、中国台湾省等几个国家和地区,而板材出口最多的国家又主要集中在几个大厂,世界排名前 10 位的厂的产量占世界需求量的 80%。

1.2 中国不锈钢的发展

我国用电弧炉生产不锈钢是在 20 世纪 50 年代初,首先生产 Cr13 型不锈钢,1951~1952 年开始生产 1Cr18Ni9Ti。当时不锈钢年产量是百吨到千吨级的水平,而 1Cr18Ni9Ti 一个牌号的产量占我国 Cr-Ni 不锈钢产量的 95% 以上,这种状况一直持续到 1988 年。

20 世纪 50 年代,还生产了 1Cr18Ni12Mo2Ti 等牌号的不锈钢。当时,为了节约镍,从 1956 年起研制了以 Mn、N 代 Ni 的 0Cr17Mn6Ni5N 和 1Cr18Mn8Ni5N。1958 年,在 AISI204 基础上加入 2%~3% Mo 研制生产了 1Cr18Mn10Ni5Mo3N (204 + Mo) 用于全循环法尿素生产装置的内筒。1959 年研制了 1Cr17Ti, 1Cr17Mo2Ti 和 1Cr25Mo3Ti 无 Ni 铁素体不锈钢并开始仿制耐浓硝酸的双相不锈钢 1Cr17Ni14Si4AlTi (相当于前苏联牌号 ЭИ654)。

20 世纪 60 年代,由于国内原子能、航天、航空和化学工业的需要,1960 年前后研制了 PH15-7Mo、17-7PH 和 17-4PH 等沉淀硬化不锈钢。1960~1965 年研究并生产了用于核燃料生产的多种高镍耐蚀合金。1965 年前后,采用电炉氧气炼钢生产了 00Cr18Ni10、00Cr18Ni12Mo2 等超低碳不锈钢,研制了无镍 Cr-Mn-N 钢 1Cr18Mn14Mo2N(A4) 等牌号。

为了解决原子能、石油和化学等工业中所出现的 18-8 Cr-Ni 奥氏体不锈钢等的设备部件应力腐蚀断裂问题,到 20 世纪 70 年代,一些 $\alpha + \gamma$ 双相不锈钢和高镍耐蚀合金研制成功并投入工程应用。主要牌号有 00Cr18Ni5Mo3Si2 (相当瑞典 3RE60 牌号),含 N 的 00Cr18Ni6Mo3SiNb、00Cr26Ni6Ti、00Cr26Ni7Mo2Ti 等双相不锈钢和高镍耐蚀合金 00Cr25Ni35AlTi 等。采用真空感应炉、真空电子束炉和真空自耗炉冶炼并批量生产了 C+N \leq (150~250)ppm 的高纯铁素体不锈钢 00Cr18Mo2、00Cr26Mo1 和 00Cr30Mo2 等牌号。

为了解决化工、石化、化肥等工业中的一般腐蚀和局部腐蚀(点蚀、缝隙腐蚀、腐蚀疲劳、固溶态晶间腐蚀等问题),20 世纪 80 年代又研制、仿制了高钼不锈钢 00Cr18Ni18Mo5、00Cr20Ni25Mo4.5Cu;含 N 的第二代双相不锈钢 00Cr25Ni22Mo2N、00Cr25Ni6Mo2N、00Cr25Ni7Mo3WCuN;尿素级不锈钢 00Cr18Ni14Mo2 和 00Cr25Ni2Mo2N;耐浓硝酸不锈钢 00Cr25Ni20Nb 和 00Cr17Ni14Si4;耐高温浓硫酸(95%~98%)的高 Si(约 6%)不锈钢;开发了用于水电行业的耐磨蚀低碳和超低碳马氏体不锈钢 0Cr13Ni5Mo 和 00Cr13Ni5Mo;研制开发了几种超高强度马氏体时效不锈钢。

自 20 世纪 80 年代开始研究的超低碳控氮(N \leq 0.10%)核级不锈钢 304NG 和 316NG 到 90 年代开始投入了工业生产和实际工程应用。对超级(PRE 值 \geq 40)奥氏体和超级(PRE 值 \geq 40)双相不锈钢开展了大量研制工作。

与上述不锈钢钢种研制开发的同时,我国生产不锈钢的各主要特殊钢厂,新装备、新工艺、新技术和新的检测手段的采用也取得了显著进步,突出的表现在改革开放后的 20 世纪 90 年代以来,各厂技术改造和新建不锈钢厂和生产线的装备和工艺技术的现代化水平上。

炼钢方面:20 世纪 90 年代以前,我国不锈钢冶炼都是采用电弧炉单炼法,精炼则是采用钢包真空处理或电渣重熔。1970 年以后,特别是 20 世纪 80 年代以来,各特殊钢厂均先后安装了 18~40 t 的 AOD 和 15~60 t 的 VOD 二次精炼装置,精炼比显著提高。目前正在建设中的宝钢一钢热轧板卷厂和宝钢五钢棒线材生产线的炼钢均采用先进的电炉(或高炉

铁水)→转炉→VOD的三步炼钢工艺。2002年底,太钢的铁水预处理→K-OBM-S转炉→炉外精炼生产线已率先试炼成功。

模铸和连铸:1985年以前,我国的不锈钢铸造一直采用落后的模铸。1985年,太钢1280立式不锈钢板坯连铸机投产后,上钢三厂(现宝钢三钢)、重庆特钢和上钢五厂(现宝钢五钢)相继又有板坯、方坯连铸机投入生产。1989年,成都无缝钢管厂不锈钢管坯水平连铸机投产,结束了我国不锈钢铸造完全采用模铸的历史。20世纪90年代,宝钢三钢自国外引进了板坯连铸机,太钢完成了对1280立式板坯连铸机的技术改造,长城特钢一分厂引进的方坯连铸机也先后投产,国内正在建设的新不锈钢厂和不锈钢生产线均计划安装先进的板坯和方坯连铸机。

板带材生产:20世纪70年代,我国不锈钢生产工艺比较落后。冷轧采用叠轧工艺开坯,四辊轧机冷轧;热轧中板采用劳特式四辊轧机生产,所以长期以来不能适应市场对质量的需求。太钢是当时生产不锈钢最集中的全流程生产企业,计划经济时期,国家主要支持太钢采用炉卷轧机生产热轧钢卷,采用多辊轧机生产冷轧带钢,相对产能很小。随着改革开放,市场需求加大,20世纪80年代,太钢引进日本的二手热连轧设备,开始生产热轧钢卷。20世纪90年代,太钢又陆续引进了先进的20辊冷轧机,实现了不锈钢板材生产工艺的现代化。20世纪90年代末,国内新建的冷轧不锈钢合资企业宁波宝新、张家港浦项、上海克虏伯也都采用先进的冷轧设备进行冷轧板(带)生产。从20世纪80年代末开始,我国沿海广东地区的小型带钢厂也发展起来,他们大多采用进口或国内生产的热轧坯料通过4辊、6辊和多辊轧机生产不锈钢窄带(小于600mm)。

管材生产:我国自1960年开始大量生产不锈钢管。到目前为止,除长城特钢四分厂可采用3150t挤压机生产热加工无缝管和提供冷管用荒管外,产量较大的不锈钢管生产厂仍均采用 $\phi 100/\phi 140$ 机组二辊斜轧热穿孔和冷轧、冷拔相结合的工艺生产无缝钢管。20世纪90年代以来,宝钢五钢和长城特钢一分厂先后引进了钢管长流程高速冷轧管机,有机溶剂脱脂设备,氢气保护热处理炉,多头砂带抛光机和钢管多功能无损探伤线等,为高质量、高精度、高表面光洁度和高清洁度的不锈钢管的生产提供了有利条件。但是与国外不锈钢管热加工主要用热挤压工艺;在管材的冷加工方面冷轧主要向高速、长行程、高精度方向,冷拔主要向高速、多线和全自动化方向发展;脱脂普遍采用有机溶剂,润滑普遍采用不同添加剂的氯化油;热处理基本实现了“连续化”和“保护气体化”等等相比,我国目前还有较大的差距。

棒线材生产:我国不锈钢棒线生产,长期以来基本上是横列式轧机轧制,单机数量多且单产低,多为两火或多火成材。利用这些轧机生产 $\phi 8\sim 130$ mm的热轧棒材,成材率低、消耗高、生产效率差、表面和尺寸公差理想。大于 $\phi 130\sim 400$ mm的棒材,则采用水压机、蒸汽锤、快锻机、精锻机等直接从钢锭锻制成材,对表面质量和尺寸精度要求高的棒材,均采用磨床和引进的削皮机分别磨光、车光交货。已有的棒线材轧机,有的仅能生产直条而不能生产盘卷,有的能生产盘卷,但卷重小(在百公斤级),尺寸精度低。20世纪90年代,大连钢厂引进并投产了30万吨高速高精度棒线材连轧机生产线。此套轧机功能多,配置全,采用全线计算机控制、跟踪式无扭连轧、在线探伤、激光测径、多级控制冷却等先进技术。产品范围 $\phi 5.5\sim 40$ mm。但此生产线尚缺热处理和密闭的酸洗处理系统以及炼钢后的连铸工序,这些均已列入该厂正在实施的技术改造措施中。

总结我国不锈钢的发展历程,主要经历了以下三个阶段。

一是中华人民共和国成立初期的 1949 年到改革开放前期的 1979 年,这是一个低速发展的阶段,生产的不锈钢材以工业使用和发展国防尖端使用为主,其特点是消费量有限制,但技术含量较高,发达国家能生产的主要的不锈钢种国内厂家都能成功地生产。但是由于当时还没有进入市场经济,生产厂的工艺比较落后,管理水平低,产品不够稳定,成本很高;由于不锈钢没有大量进入人民生活,所以板材生产量也较少。

二是 20 世纪 80 年代初到 90 年代中期,改革开放带动了国民经济的迅速发展,人民生活水平的提高又带动了以板材为主的不锈钢需求的大发展。国内生产厂原来的技术装备已经不适应市场对不锈钢板材的需求,而此时国外不锈钢企业已经开始使用 20 辊轧机。所以国内对不锈钢板材的大量需求带来的是板材的大量进口。

三是 1995 年以后国家重视不锈钢结构的调整和市场需求的拉动,从三个方面促进了不锈钢生产的发展:①国家对不锈钢行业给予了很好的政策,支持国有企业投入以增加产能;②鼓励外资企业投资;③市场经济引导非国企迅速发展。分析我国不锈钢发展,改革开放以来,特别是近十几年来是需求发展最快的时期。不锈钢表观消费量由 1990 年的 26 万吨增长到 2002 年的 320 万吨,已经相当于美国和日本两个国家(美国 2002 年消费 180 万吨、日本 50 万吨)相加的消费量,成为世界上备受关注的第一消费大国;不锈钢的需求消费拉动了不锈钢生产的快速发展,结束了年产量长期徘徊在 30 万吨到 40 万吨的状况,2000 年产量达到 65 万吨,2001 年达到 73 万吨(不锈钢产量是指粗钢量),2002 年达到 110 万吨。冷轧能力也有很大发展,2000 年为 68.7 万吨,2001 年达到 82.2 万吨,2002 年达到 105.5 万吨。由于冷轧能力的提高,所以我国的冷轧板材相对进口量明显降低。今后 5~10 年,随着国内需求的高速发展,不锈钢生产也会快速发展。自给率将会不断提高。中国不锈钢技术的“后现代”现象必然使中国的不锈钢工业以后来者居上的可喜局面出现在世界东方。

2 不锈钢的金属学、分类及性能

随着世界经济的发展,科学技术的进步,不锈钢作为不锈耐蚀的功能材料、现代结构材料及绿色环保材料已大步进入了工业、商业、家居生活等各个领域,因此我们很有必要全面了解不锈钢的材料和其在多方面所具有的优异性能。

2.1 不锈钢的金属学

2.1.1 晶体结构

绝大多数金属都是一种主要金属元素和一种或多种添加的元素所形成的合金。一般情况下,固态金属和合金都是由不规则排列的晶粒构成,这些晶粒有着确定的晶体结构。所有不同种类的不锈钢都是铬含量在 11% 以上的铁基合金,许多钢种还含有镍、铜、锰、氮和其他合金元素。不锈钢中以晶体结构的不同分为铁素体、奥氏体和马氏体,或其中两种或多种的组织,不锈钢的许多特性都取决于它们的晶体结构。图 2-1 是这些晶体结构的示意图。图中的黑点表示原子,划直线是为了能看清楚其结构。

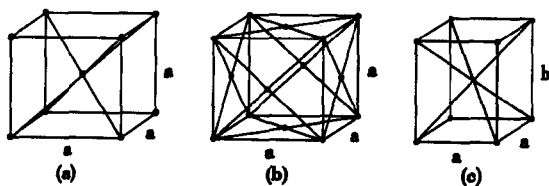


图 2-1 不锈钢的晶体结构

铁素体是常温下铁和低碳合金的基本晶体结构(体心立方)。假设一个立方体,它的 8 个角和几何中心点各有一个原子。在晶粒中这样的立方体以三维的形式重复出现直到碰到一个不同方向的晶粒。两种晶粒相接之处被称之为晶界。晶界由许多方面构成,包括界面、缺陷、杂质及其他物质的晶粒。它们很复杂,而且在金属的机械性能和腐蚀性方面起着重要的作用。

奥氏体在高温($>800\text{ }^{\circ}\text{C}$)下铁的晶体结构(面心立方)。在奥氏体中,除像铁素体立方体的每个角都有一个原子外,立方体六个面的每个面的几何中心都有一个原子。如果在铁或铁铬合金中单独加入镍、锰、氮或碳或加入其中的几种,该面心立方的排列在常温下将处于稳定状态。

马氏体在常温下具有稳定的结构,与铁素体和奥氏体相比,更接近于铁素体,它也是体心立方结构,但是立方体的一个轴被延长,也就是一个晶体有三个轴成直角,两个边相等,一个边不等(四方体)。对铁素体或奥氏体的立方晶体进行热处理或冷作就会出现这样的情况。马氏体在三种晶体结构中最硬,强度最好,同时又最难焊接。实际上这种合金很少进行变形处理。