

高性能结构材料技术丛书

先进钢铁材料

董 瀚 等 编著



科学出版社

www.sciencep.com

高性能结构材料技术丛书

先进钢铁材料

董 瀚 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由承担“十五”期间 863 课题“高性能结构材料技术主题”的负责人组织编写,反映了 863 计划所支持的钢铁材料技术研发的最新进展。全书共 5 章,内容包括细晶碳素结构钢、低碳贝氏体钢、建筑用抗震耐火钢、高速列车用钢等先进钢铁材料的性能要求、生产技术及其应用等。

本书适合从事钢铁材料生产和研究的工程技术人员、科研工作者阅读,也可作为高校研究生、本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

先进钢铁材料/董瀚等编著. —北京:科学出版社,2007

(高性能结构材料技术丛书)

ISBN 978-7-03-020086-0

I. 先… II. 董… III. ①钢-金属材料②铁-金属材料 IV. TG141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 176992 号

责任编辑:牛宇锋/责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平/封面设计:黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2008 年 1 月第一次印刷 印张: 10 1/4

印数: 1—3 000 字数: 189 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

“十五”国家 863 计划新材料技术领域
“高性能结构材料技术丛书”编委会

顾 问 (以姓氏汉语拼音字母为序)

杜善义 冯纪春 海锦涛 何天白 黄伯云
廖小罕 刘久贵 刘治国 乔金梁 劭力勤
王新林 吴以成 肖定全 许 京 殷庆瑞
郑燕康 周 廉

主 任 徐 坚

副主任 谢建新 李建保

编 委 (以姓氏汉语拼音字母为序)

卞曙光 丁文江 董 瀚 傅殿霞 傅正义
黄世兴 姜振华 李建保 刘 兵 瞿金平
田志凌 王琦安 谢建新 熊柏青 徐 坚
薛忠民 朱衍平 左 良

《高性能结构材料技术丛书》序

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，也是社会现代化和高新技术发展的先导。高性能结构材料技术有力地支撑着现代交通运输、能源动力、资源环境、化工、建筑、航空航天、国防军工以及国家重大工程等领域的可持续发展，带动传统产业和支柱产业的升级改造与产品更新换代，促进包括新材料产业在内的高新技术产业的形成与发展。

“十五”期间，国家 863 计划新材料技术领域高性能结构材料技术主题紧密结合国民经济和社会发展重大需求，开展了战略性和前瞻性研究。研究内容主要包括高性能金属材料、先进陶瓷材料、高性能高分子材料、高性能低成本复合材料、先进建筑材料，以及先进制备、成形与加工技术等 6 个专题和研究开发环境（基地）建设。通过认真调研，制定战略规划，精心组织项目，严格管理规范，以及项目承担单位与研究人员的共同努力，突破了一批结构材料制备关键技术，产生了一批在国内外有较大影响、具有自主知识产权的新材料技术成果，在提升传统产业和支柱产业的国际竞争力，形成新的产业和新的经济增长点，培育具有开拓创新能力、能胜任国家重大攻关任务的新材料技术研发队伍，提高国家综合科技实力、巩固现代国防、保障重点工程建设、提高人民生活质量和促进社会可持续发展等方面，做出了重大贡献。

“十五”期间 863 计划高性能结构材料技术主题研究工作取得的主要成果包括：

申请专利 1412 项，其中发明专利 1195 项，国外发明专利 8 项，拟立的新材料技术标准和规范 10 项；

发表论著 5475 篇，主编或参与编写专著 30 部；

获得国家技术发明二等奖 4 项，国家科技进步二等奖 2 项，省、市科技进步奖一等奖 4 项、二等奖 3 项；

培养研究生 1845 名，一批中青年课题负责人成长为各个单位的学术带头人和技术骨干；

70% 以上的课题有企业参与，在 200 家以上企业进行了工程化和产业化，7 项课题进入产业化示范工程项目；新材料产值达到 100 亿元以上，使社会资源和间接经济效益超过 200 亿元。

为了总结、展现上述成果，推动相关技术的进一步发展和产业化，高性能结构材料技术主题专家组组织部分取得代表性研究成果的课题负责人，编辑出版了

《高性能结构材料技术丛书》，包括《先进钢铁材料》、《高性能变形镁合金及加工技术》、《镁合金科学与技术》、《先进聚合物基复合材料技术》、《先进陶瓷及无机非金属材料》、《高分子科学与工程》、《材料先进制备与成形加工技术》七个分册，是一件非常有意义的工作。希望这套丛书的出版，能为广大材料科技工作者提供有益的参考。

“十五” 863 计划新材料技术领域专家委员会主任

中南大学校长、教授

中国工程院院士

中国科协副主席

黄伯云

2006 年 10 月

前 言

钢铁材料具有资源丰富、生产规模大、易于加工、性能多样可靠、价格低廉、使用方便和便于回收等特点,是工业生产和人民生活中广泛使用的材料。目前和可预见的未来还没有任何材料能够全面取代钢铁,钢铁材料仍然是占据主导地位的结构材料,是经济和社会发展的物质基础。

我国社会和经济持续不断地发展需要愈来愈多的钢铁材料。1996年,我国粗钢产量达到1亿吨,居世界第一。之后,我国钢产量一直持续快速增长,2006年我国粗钢产量高达4.2亿吨,占全世界粗钢产量的三分之一。但是,数量庞大且不断增长的钢铁生产却难以适应金属矿产、能源、交通运输、装备制造和环境等行业发展的需求。那么,我国到底需要什么样的钢铁材料?21世纪,高层建筑、深层地下和海洋设施、大跨度重载桥梁、轻型节能汽车、石油开采和长距离油气输送管线、大型储存容器、工程机械、精密仪器、大型民用船舶、军用舰艇、航空航天、高速铁路、能源设施等国民经济的各个部门都需要高性能、高精度和低成本的高级钢铁材料。另一方面,社会的发展对钢铁的生产、加工、使用和回收等环节提出了节约能源、节省金属矿产资源、保护环境的要求。因此,经济建设和社会发展迫切需要高级钢铁材料。从科学发展观来看,高性能、低成本、高精度、绿色化为特征的钢铁材料是我们现在和未来的需求,它是先进技术所产生的高技术含量钢铁材料。高级钢铁材料具备高性能化(表现为高强度、高韧性、长寿命)、高精度化(表现为高形状尺寸精度、表面质量)、低成本化(表现为低合金含量、低工艺成本)、绿色化(表现为易于回收和再利用)等特点。

近年来,科技部十分重视钢铁材料技术的发展,在“十五”863计划的“高性能结构材料技术主题”中对部分高级钢铁材料技术的研发给予了支持。在863计划的支持下,“高性能结构材料技术主题”决定组织编写和出版反映高级钢铁材料技术课题研究进展的专著。本书由承担863课题的负责人组织撰写,反映出863计划所支持的钢铁材料技术研究的最新进展。其中的第1章绪论由董瀚撰写;第2章细晶碳素结构钢生产技术由刘相华、杜林秀和杨忠民撰写;第3章低碳贝氏体钢由尚成嘉、贺信莱、杨志刚、张弛、王建平、白秉哲、方鸿生撰写;第4章建筑用抗震耐火钢由杨才福和沈俊昶撰写;第5章高速列车用钢由张建平、苏航、张斌、俞亚鹏、李国忠、苏世怀、于同仁、惠卫军撰写。全书由董瀚、孙新军和惠卫军统稿。“高性能结构材料技术主题”专家组的徐坚研究员、谢建新教授倡导和组织了本书的撰写,田志凌教授、熊柏青研究员、傅正义教授、姜振华教授等对本书的撰写给予了支持和帮助,朱衍平同志和傅殿霞同志在

书稿的收集和组织等方面做了大量工作。作者对他们的支持和工作表示衷心感谢。

由于作者水平有限,此书难免存在疏漏和不足之处,恳请批评指正。希望此书能够在推动先进钢铁材料的生产和应用方面发挥积极作用。

董瀚

2007年9月

目 录

《高性能结构材料技术丛书》序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 钢铁材料的现状和发展趋势	1
1.1.1 我国钢铁材料的现状	1
1.1.2 钢铁材料的特点和发展趋势	5
1.2 国民经济对钢铁材料的需求	7
1.2.1 提高钢铁材料的性能	7
1.2.2 增加钢铁材料品种	10
1.2.3 提高钢铁材料的质量	10
1.2.4 降低钢铁材料生产和应用成本	10
1.3 钢铁材料的发展方向	10
第 2 章 细晶碳素结构钢生产技术	12
2.1 细晶钢发展的背景	12
2.2 细晶钢开发的几个基本问题	14
2.2.1 细晶钢的概念、含义和名称	14
2.2.2 有关晶粒细化的探讨	14
2.3 C-Mn 细晶钢的开发研究	17
2.3.1 C-Mn 细晶钢的开发研究的概况	17
2.3.2 C-Mn 细晶钢理论研究方面的新进展	19
2.4 细晶钢产品开发	24
2.4.1 细晶钢带钢的开发	24
2.4.2 细晶钢中厚板的开发	28
2.4.3 细晶钢棒线材的开发	29
2.4.4 细晶钢的焊接性能	31
2.5 细晶钢的应用与发展前景	32
2.5.1 细晶钢带钢在汽车行业中的应用	32
2.5.2 细晶钢在建筑行业中的应用	34
2.5.3 细晶钢在其他行业中的应用	34
2.5.4 展望柔性钢种开发	34

参考文献	35
第3章 低碳贝氏体钢	37
3.1 超细化低碳贝氏体钢的原理及应用	38
3.1.1 低碳贝氏体强韧化原理及组织类型	38
3.1.2 中温转变组织的控制	39
3.1.3 中温转变组织的细化思路及 RPC 技术	44
3.1.4 变形奥氏体弛豫对板条贝氏体束的细化作用	45
3.1.5 变形奥氏体弛豫对组织转变的影响	47
3.2 高强度超细化低碳贝氏体钢的研究与应用	50
3.2.1 利用弛豫-析出-控制相变技术开发超细化低碳贝氏体钢	50
3.2.2 新型超细组织低碳贝氏体钢的应用	54
3.3 新型仿晶界型铁素体/贝氏体复相钢及应用	56
3.3.1 仿晶界型铁素体	56
3.3.2 粒状贝氏体组织	57
3.3.3 仿晶界型铁素体/粒状贝氏体复相钢	58
3.3.4 奥氏体形变对仿晶界型铁素体/粒状贝氏体复相钢组织和强韧性能的影响	59
3.3.5 仿晶界型铁素体/粒状贝氏体复相钢钢板的应用	65
参考文献	66
第4章 建筑用抗震耐火钢	68
4.1 建筑用抗震耐火钢的发展	69
4.1.1 发展概况	69
4.1.2 抗震耐火钢的技术指标	70
4.2 抗震耐火钢的最新研究进展	71
4.2.1 高温强度	71
4.2.2 抗震耐火钢中的合金元素作用	72
4.2.3 抗震耐火钢的实验室研究	77
4.2.4 抗震耐火钢的生产工艺	83
4.2.5 新型抗震耐火钢的合金设计	87
4.3 耐火钢应用研究	92
4.3.1 构件抗火试验	92
4.3.2 耐火钢抗火性能	94
4.3.3 临界温度与耐火极限	95
4.3.4 耐火钢的应用效果	95
4.3.5 耐火钢应用前景	96

参考文献	96
第5章 高速列车用钢	100
5.1 高速列车车轮用钢	100
5.1.1 高速车轮用钢的发展趋势及研究现状	100
5.1.2 高速车轮用钢最新的研究进展	105
5.1.3 高速车轮用钢的发展前景	114
5.2 长寿命高性能弹簧钢	114
5.2.1 影响弹簧钢疲劳性能的因素	115
5.2.2 我国铁路提速弹簧钢的发展现状	116
5.2.3 长寿命高性能弹簧钢的生产工艺	116
5.3 在线软化处理高性能冷镦钢	130
5.3.1 冷镦钢常规的软化处理技术	131
5.3.2 冷镦钢在线软化处理技术及其国内外研究现状	133
5.3.3 在线软化处理高性能冷镦钢技术的实验室研究	135
5.3.4 在线软化处理高性能冷镦钢技术的工业应用	143
参考文献	147
附录 新旧标准性能名称对照	149

第 1 章 绪 论

1.1 钢铁材料的现状和发展趋势

钢铁材料具有资源丰富、生产规模大、易于加工、性能多样可靠、价格低廉、使用方便和便于回收等特点,是工业生产和人民生活中最广泛使用的基础原材料。目前和在可预见的未来还没有任何材料能够全面取代钢铁,钢铁材料至少在今后数百年内将仍然是占据主导地位的结构材料,是国民经济和社会发展的物质基础。在工业化发展进程中,钢铁材料的发展水平是一个国家国民经济发展水平和经济实力的重要标志。

钢铁材料是不断发展的新材料。尽管钢铁材料的产生可以追溯到 4000 年前,但是当代的钢铁材料的内涵与 3500 年前的钢铁材料相比发生了根本性的变化,与 19 世纪后期以 Bessemer 炼钢技术为代表的近代钢铁生产技术所生产的钢铁材料相比也发生了显著的变化。在欧洲,目前汽车上应用的钢铁材料 80% 均为近 10 年来所研制开发生产的新型钢铁材料(工业化国家的汽车行业是钢铁材料的主要用户)。同时,正由于钢铁材料属于传统材料,处于工业化发展阶段的国家将由于发展需要而不断建设投产形成新的生产能力,而处于后工业化社会的钢铁发达国家的过剩生产能力也希望继续发挥作用,因而在钢铁材料的生产质量和技术性能方面的竞争将非常激烈。因此,钢铁材料的高技术化是其市场竞争和科学技术进步的必然发展趋势。

此外,目前生产使用的多数钢铁材料的使用性能和技术指标均有待进一步提高,绝大多数钢铁材料的洁净度和均匀度不高,组织控制很难达到理想目标。新世纪的高层建筑、深层地下和海洋设施、大跨度重载桥梁、轻型节能汽车、石油开采和长距离油气输送管线、大型储存容器、工程机械、精密仪器、船舶舰艇、航空航天设备、兵器装备、高速铁路、核工业生产设备、水电和火电能源设施等钢铁材料用户都对钢铁材料的使用性能和技术指标提出了更高的要求,需要钢铁生产企业提供性能高、使用寿命长和成本低的新型钢铁材料。另一方面,社会的发展对钢铁的生产、加工、使用和回收等环节提出了节约能源、节省资源、保护环境的要求。因此,经济建设和社会发展也迫切需要先进钢铁材料。

1.1.1 我国钢铁材料的现状

改革开放以来,随着市场的需求,我国钢产量和消费量不断增长。从 1996

年起,我国钢产量和消费量连续多年位居世界第一。2006年,我国钢的年产量达到了4.2亿t左右,人均钢产量也超过了世界平均水平,我国生产的钢铁材料的数量和品种规格已基本上可满足国内的经济发展和国防需求。

同时,我国钢铁材料的生产技术水平也明显提高,在连铸连轧技术、高炉喷吹煤粉技术、转炉溅渣护炉技术等方面进行了深入的自主研制和引进消化并二次开发的工作,达到或接近了国际先进水平,使钢铁生产的技术经济指标显著提高。如连铸连轧技术及相关工艺设备获得快速发展,由此导致钢的综合成材率大幅度提高。我国自主开发的高炉喷吹煤粉技术的迅速发展和大量采用,高炉吨钢喷煤量提高使得高炉入炉焦比降低。

然而,我国钢铁材料的总体技术水平和生产质量水平目前仍处于中等水平,距世界先进水平尚有一定差距,特别是高附加值的钢铁产品生产方面差距更大。目前我国每年仍然从国外进口数千万吨钢材,其中多数进口钢材是国内无法生产的高技术化钢材。我国目前仍无法稳定生产汽车、输油管线、高层建筑、工程机械、机械设备、化工设备等先进装备所需要的先进钢铁材料。

与工业化国家相比,我国钢铁材料高技术化发展方面的突出问题是:

(1) 钢铁材料洁净度和均匀度需要大幅度提高。钢铁材料中的杂质元素和夹杂物对其韧塑性、疲劳断裂性能、表面质量有很大的危害,而杂质元素、夹杂物和钢中第二相甚至基体组织的非均匀分布则严重影响钢材性能的均匀性和等向性。因此,显著降低钢中杂质元素的含量、严格控制最大夹杂物尺寸、控制和改善夹杂物及大颗粒碳化物或氮化物的形状与分布、改善和提供钢中显微组织的均匀性,对钢铁材料性能的提高具有十分重要的作用。目前先进国家钢铁生产企业对钢中杂质元素的含量均提出了相当严格的控制要求,如 $[O]$ 、 $[H]$ 、 $[N]$ 、 $[S]$ 、 $[P]$ 、 $[H]$ 的总含量要求不大于100ppm*,最高的水平甚至控制到了50ppm,对需要较高冷加工性能和较高表面质量的钢材还对钢中碳含量也提出严格的控制要求。而对疲劳寿命要求大于 10^7 的高强度或超高强度钢,则要求控制钢中夹杂物及碳化物的最大尺寸不大于 $4\mu\text{m}$ 。

(2) 钢铁材料长型材与扁平材的比例需要调整。我国钢铁材料目前最大的消费量是建筑用钢(不包括石油管线钢和铁道钢轨),约占钢材总消费量的50%,而建筑用钢主要是以棒线材为主的长型材,再加上长型材的生产技术较扁平材要简单,由此导致我国钢铁企业对长型材的生产能力不断增大而扁平材的生产能力相对不足,目前我国进口钢材主要为扁平材。然而,随着国民经济的发展特别是建设世界制造大国和强国战略的实施,机械、汽车、船舶、家电、运输等行业将逐步成为钢材消费量增长最快的行业(工业发达国家中汽车制造业是钢铁材料的

* 本书在表示元素含量时,无特殊说明均为质量分数,1ppm= 10^{-6} 。

最主要用户),对高质量扁平材的需求量将迅速增大。因此,必须对我国钢铁材料长型材与扁平材的生产比例进行合理的调整,在此过程中必须深入研究和解决扁平材生产中的特殊技术问题如表面质量的控制、横向性能的保证、超厚板材及大尺寸模块的等向性等。

(3) 合金钢比例需要提高。合金元素的合理加入对钢铁材料的性能具有相当重要的影响,但由于以建筑用钢为主的生产格局和部分合金元素的资源限制,我国钢铁材料生产中合金钢的比例明显低于工业发达国家,如微合金钢的生产比例在工业发达国家已达到15%左右而我国仅为3%~5%,由此导致很多高性能高质量的钢材品种不能生产(如石油管线钢在工业发达国家已开始生产和使用X80~X100的钢材,而我国的主流产品仍为X65~X70)。因此,适当提高我国合金钢的生产比例是相当重要的,鉴于资源的制约,首先可考虑提高微合金钢的生产比例。

(4) 钢材内部质量和表面质量亟待提高。高附加值钢铁产品均要求具有很高的钢材内部质量和表面质量,而我国在这方面更是存在明显差距。轿车面板用钢和以表面装饰性为主要使用性能的冷轧不锈钢板是非常典型的例子,由于表面质量存在一定问题,我国高档产品目前仍主要依靠进口。

总之,由于我国钢铁材料与国际先进水平之间存在明显差距,不仅制约了高附加值钢铁产品的生产,同时还明显制约了后续加工业甚至整个产业链的健康持续发展。例如,过去我国生产的不锈钢的表面质量低,明显影响了不锈钢的耐蚀性和装饰性(见表1.1)。国外在20世纪60~70年代已大量生产超低碳不锈钢并基本解决了晶间腐蚀问题。我国近年来才按照国际先进标准生产不锈钢,抗晶间腐蚀合格率达98%,但是个别钢厂生产的1Cr18Ni9Ti钢的抗晶间腐蚀合格率只有85%~90%,其主要原因是钢材化学成分波动较大、固溶温度偏高而导致晶粒粗大等。过去我国冷轧不锈钢板的成型性和抛光性较差,近期,随着我国不锈钢生产装备和工艺技术进步,不锈钢质量得以大幅度提升。

表 1.1 我国与日本生产的不锈钢的质量比较

序号	项目	日本不锈钢	我国不锈钢
1	表面质量	冷轧板: 银灰色, 一面无缺陷, 个别板另一面有手感划痕 热轧板: 基本无缺陷, 个别处有1~3处修磨、表面洁净	冷轧板: 钢板多数经修磨, 有擦伤、划伤、压坑等缺陷, 抛光工作量大 热轧板: 多处修磨, 色泽不均
2	光洁度	冷轧板: $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 热轧板: $\nabla 7$	冷轧板: $\nabla 8 \sim \nabla 9$ 热轧板: $\nabla 6$
3	同板差	冷轧板: 0.01~0.03mm 热轧板: 0.6mm	冷轧板: ± 0.09 (1mm厚钢板) 热轧板: 1.2mm (10mm厚钢板)
4	对角线	冷轧板: 0~2mm 热轧板: ≤ 5 mm	冷轧板: 大多数4~6mm 热轧板: 大多数25~30mm

续表

序号	项目	日本不锈钢	我国不锈钢
5	包装	冷轧板：全部木托架，上面覆盖木条，外部用宽带打包 热轧板：用塑料或织物覆盖表面，用木架支撑包装，防雨防潮	冷轧板：角铁缠草绳、铁架、铁皮箱包装 热轧板：裸装出厂，用角铁支撑包装，多数不防雨不防潮
6	冷轧板表面级别	共 9 种（2D、2B、No.3、No.4、240、320、400、BA、HL）满足不同用户的需求	按缺陷分 1~4 组，BA、HL 级不能生产，不能按用户要求提供 2B 表面板
7	瓢曲度	$<3\text{mm/m}$	$5\sim 10\text{mm/m}$
8	硬度	175HV，冲成率 $>95\%$	$\leq 195\text{HV}$ ，不利于冲压成型
9	热轧中板的表面质量	基本上无缺陷，极个别板材需进行修磨处理，修磨后二次白化，表面洁净	修磨处很多，达 10~15 处，修磨处不规整，深浅不一，色泽不均

又如，我国生产的合金工模具钢的洁净度较低，高合金冷作模具钢共晶碳化物偏高，热作模具钢模块的淬透性低且波动较大，等向性差（大型模块的等向性世界先进水平可达到 0.9 左右，而我国普遍低于 0.5），而模具钢的表面质量与先进国家相比相差更大，由此导致普遍存在模块斜切、表面裂纹、退火态硬度不均、脱碳层超标等缺陷，见表 1.2。

表 1.2 我国生产的合金工模具钢轧材质量与国际先进水平对比

序号	项 目		我国水平		国际先进水平
			先进水平	一般水平	
1	洁净度	$w_p/\%$	≤ 0.012	≤ 0.025	≤ 0.015
		$w_s/\%$	≤ 0.010	≤ 0.020	≤ 0.005
		w_O/ppm	≤ 25	≤ 35	≤ 12
2	脱碳层/mm		$D < 0.25 + 1\%D$	$D < 0.20 + 2\%D$	基本无
3	珠光体级别		2~4	1~5	2~3
4	退火硬度		不均	不均	均匀
5	等向性能		0.8~0.9	0.4~0.6	>0.9
6	Cr12 钢共晶碳化物	$\phi \leq 50\text{mm}$	1.0	2.0	小规格钢材相同，大规格钢材较我国低 0.5~1.0 级
		$50\text{mm} < \phi \leq 70\text{mm}$	1.5	3.0	
		$70\text{mm} < \phi \leq 120\text{mm}$	3.0	>3.0	
		$\phi > 120\text{mm}$	3.0	5.0	

此外，我国生产的轴承钢的氧含量、夹杂物级别、残余 Al 和残余 Ti 含量、碳化物级别等均较高，表面质量明显偏低，由此导致机加工余量较大且轴承产品

成品率较低,钢材利用率较国际先进水平低10%左右。

同样,我国生产的合金结构钢的洁净度较低、化学成分和性能波动较大(特别是淬透性)、表面质量明显偏低,由此导致我国相关的机械产品的加工精度和使用寿命明显偏低。

1.1.2 钢铁材料的特点和发展趋势

为了满足不断增长的市场需求和相关产业的发展需要,当前先进钢铁材料的发展特点和趋势是:环境友好、资源节约、性能优良、成本低廉、品种规格多样化、理论和技术研究不断深入等。

1. 高性能钢铁材料研发

人们使用材料主要是使用其相关的性能,任何一种材料的存在与消亡均取决于其性能是否能满足需求以及性能与价格之比是否占优势,当材料的使用性能是其他材料不能达到而相应的产品又必须具有该性能时,这种材料将是不可替代的。而当多种材料均可满足相应的性能要求时,则性价比较高的材料具有竞争优势。因此,提高材料的性能使之满足材料用户不断提高的性能要求,始终是材料发展的主流方向。

采用新工艺、新技术和新的检测技术,经济地生产以高洁净度、高均匀度、超细组织及高精度为特点的高强度、高韧性、长寿命钢铁材料,是先进钢铁材料的主要的发展方向。世界各钢铁发达国家在20世纪末均开展了超级钢(或称为新一代钢铁材料)的研究工作,使得用量最大的钢铁材料的强度性能大致提高一倍而韧塑性基本保持不变。而目前正进行的工作则希望使其使用寿命大幅度提高。这方面目前正积极开发的主要包括高洁净度冶炼技术、精炼技术、夹杂物控制技术、等轴晶凝固技术、高均匀度凝固技术、无缺陷连铸坯技术、微合金化技术、高刚度轧机与高精度轧制技术、控轧控冷技术、超细晶粒组织控制技术、可控气氛连续热处理技术、在线组织性能预报及检测技术等先进钢铁材料生产技术。

2. 钢铁材料品种规格的多样化

为适用现代钢铁材料产品对材料性能、尺寸、形状不断增长的要求,对钢铁材料的品种规格提出了相当高的要求。除了通用的板、管、丝、带、棒、线、型、锻、铸材等,各国均大力发展特殊异型材、预先热处理或表面处理钢材、接近使用形状和使用状态的铸锻轧精密材、近终形金属制品材(如轴承套圈、滚动体、标准模块等)。

此外,钢铁材料与不同类型钢铁、轻金属合金、塑料或陶瓷等材料的复合可

得到同时具有不同材料的优势性能而避免其劣势性能的复合材料，相关的技术和材料的发展也受到了广泛的重视。

鉴于我国钢铁材料发展正处于由以建筑用钢为主向以机械制造用钢为主的发展趋势，因而我国钢铁材料近期在品种规格方面的主要工作是解决扁平材、管材和特殊钢材生产中的关键技术难题。

3. 研制开发新型钢铁材料

在钢铁材料基础理论研究和工艺技术装备发展的基础上，为了满足不断增长的需要，新型钢铁材料层出不穷。在碳素结构钢类型中出现了细晶粒钢和超细晶粒钢；在低合金高强度钢类型中出现了低屈服比建筑用钢、双相钢、超深冲 IF 钢、高强度 IF 钢、TRIP 钢、抗硫化氢管线钢、耐候钢等；在合金结构钢类型中出现了微合金非调质钢、耐延迟断裂螺栓钢、抗疲劳和弹减弹簧钢、长寿命齿轮钢等；在超高强度钢类型中出现了高强度和高韧性的马氏体时效钢、低合金超高强度钢、二次硬化超高强度钢等；在耐蚀钢中出现了耐苛刻介质腐蚀不锈钢、铁素体时效不锈钢、马氏体时效不锈钢、形状记忆不锈钢、阻尼不锈钢、超级深冲不锈钢、超级易切削不锈钢等；在耐热钢中出现了超超临界机组用铁素体耐热钢；在轴承钢类型中出现了超高洁净度高碳铬轴承钢、控制淬透性轴承钢、耐环境作用轴承钢等；在工模具钢类型中有不变形模具钢、易切削模具钢、防震模具钢、少偏析或无偏析高速钢等。

研制开发具有高性能的新型钢铁材料，从而替代技术性能较差的老钢铁材料的过程，实际上也就是传统材料产业得以持续生存而不断发展的过程。如果没有或不可能再研制开发出新型的材料，则该种材料将真正进入了衰亡期。新型钢铁材料的不断涌现一方面得益于相关基础理论的发展，如微合金化理论的发展导致了近半个世纪数百个微合金钢新钢种的开发和生产应用，而晶粒细化理论和形变诱导相变理论的发展导致了近年来超细晶钢的迅速发展；另一方面也得益于新工艺技术的发展，如钢中加氮技术的发展导致了高氮不锈钢的开发，钢中加钙技术的发展导致了钙处理钢的开发，而超低碳钢生产控制技术则直接推动了 IF 钢、超低碳贝氏体钢的发展。目前，全世界大量生产应用的钢种大致为 3000 多种，其中一半以上是近 20 年来新研制开发的。显然，这种新型钢铁材料取代传统钢铁材料的过程还将持续地发展下去。此外，非晶微晶、单晶和低维度钢铁材料的研制开发工作在近年来也广泛受到重视。

我国钢铁材料的生产在早期主要是移植国际上成熟的钢种，后来开始在此基础上根据我国资源条件进行改进生产。随着我国逐渐成为世界钢铁生产第一大国，这种局面必须也有可能大为改善。我国先进钢铁材料的一个重要方向是开发生产具有自主知识产权的新型高性能钢铁材料。