

中国金属学会炼钢专业委员会
STEELMAKING COMMITTEE
THE CHINESE SOCIETY FOR METALS (CSM)

第十二届全国炼钢学术会议

THE 12TH CSM ANNUAL STEELMAKING CONFERENCE

中国 上海

2002年6月19-22日

SHANGHAI, CHINA

JUNE 19-22, 2002

中国金属学会炼钢专业委员会
STEELMAKING COMMITTEE
THE CHINESE SOCIETY FOR METALS (CSM)

第十

THE

次会议

ERENCE

2002 年 6 月 19-22 日

SHANGHAI, CHINA

JUNE 19-22, 2002

前 言

中国金属学会炼钢专业委员会第十二届炼钢学术会议将于 2002 年 6 月在上海举行。本届年会得到了广大炼钢工作者的积极支持和响应。经专家评审, 本文集共收录论文 133 篇。

本届年会的论文数量(尤其是来自企业的论文)较往届有较大幅度的增加。这一现象充分反映了我国冶金企业以及辛勤耕耘在生产一线的工程技术人员愈来愈深刻地认识到实践—总结—交流对于再实践和提高的重要性, 认识到在知识经济时代, 尤其是在我国加入世贸组织的今天, 要实现向钢铁生产强国的艰难转变, 必须要依靠我们自己的知识积累和技术进步、必须要依靠我们自己通过实践、总结和提高来踏踏实实地加强我国在相关前沿技术、关键工艺与技术装备, 以及高附加值产品开发中的国际核心竞争力。

论文内容涵盖了近年来我国炼钢技术研究和工艺开发的最新进展、实际生产经验与工艺效果的总结, 以及相关技术的国内外发展趋势。为了便于会议组织和查阅, 我们在文集中仍按惯例将其分为综合评述、转炉炼钢、电炉炼钢、炉外处理、连铸与质量以及耐火材料与保护渣等专题。

论文的评审和编辑工作由北京科技大学冶金学院组织完成。在对投稿的评审和技术编辑过程中, 专家们认真负责, 并抱着尊重、赞赏和鼓励交流的科学态度对待每一篇心得。因版面格式统一对部分文稿所做的改动请作者谅解。

上海宝钢集团公司对本届年会的召开给予了热情的支持和经费资助。在此表示衷心的感谢和崇高的敬意。

中国金属学会炼钢专业委员会
2002 年 6 月

目 录

综合评述

1	新世纪冶金工业的发展与展望.....	1
	尹勇	
2	中国金属学会 1992-2000/1997-2001 全国炼钢学术会议/中国钢铁年会(炼钢专业)录用论文简析.....	10
	萧忠敏	
3	《炼钢》杂志 1998~2001 年录用论文统计简析	18
	萧忠敏, 郭 英	
4	现代电炉炼钢技术的发展、问题及对策	22
	傅杰, 王中丙, 李京社, 李晶, 周德光, 兰德年	

转炉炼钢

1	武钢三炼钢计算机炼钢技术的新进展	35
	余志祥, 刘万善, 肖文斌, 黎军保, 任朝廷	
2	攀钢半钢炼钢技术进步及效果	46
	杨素波, 张人德, 文永才, 许立志, 汤天宇, 李茂林, 彭 涛	
3	谈炼钢过程控制模型的国产化	52
	付斌	
4	Q195L 盘条的开发试制	57
	张树星, 刘占玲, 沈俊杰, 张月慧, 张志强, 李莉, 贾建平	
5	LD+LF+CC 流程生产 45 钢的工艺优化.....	61
	曾加庆, 金振坚, 刘湖, 梁政, 严国安, 黄永建, 胡飞, 刘宪民	
6	转炉低铁水比冶炼工艺实践	66
	陈应霖	
7	连铸铝镇静微钢生产实践	70
	陈钢, 王金平, 王国平	
8	锰矿石在转炉炼钢工艺中的应用	74
	李作鑫, 刘正华, 孟凡玉, 刘建新, 牛洪波	
9	转炉炼钢钢水氧含量变化规律的研究	77
	迟沁芳, 尹世平, 李洪春, 刘广	
10	济钢 25t 转炉双炉座同时回收的生产实践	82
	冯会月, 李作新, 刘洪波, 贾秀英, 杨娟, 刘建新	
11	攀钢高碳钢增碳法炼钢工艺的实践与应用	85
	薛进, 严学模, 陈天明, 杨素波	
12	济钢含铝钢冶炼工艺的改进	89
	刘洪波, 刘正华, 陈常义, 牛洪波	
13	氧气转炉终点氧含量的预报模型	93
	杨立红, 刘湖, 何平	
14	持续提高 250t 转炉负能炼钢技术水平.....	99
	饶宇洪, 董行健, 梁华	

15	转炉氧枪的选取与使用	106
	李炳源	
16	宝钢300吨转炉炉体的设计、制造与安装技术	111
	王耀春, 陈军	
17	宝钢转炉少渣炼钢的实践	115
	蒋晓波, 陈进平	
18	大型转炉托圈的可靠性研究	119
	李山青, 李存林, 冯连芹, 陈锡龄, 王隆寿, 陈军, 黄建东	
19	宝钢转炉煤气回收极限研究	125
	王鼎, 周庆安	
20	PD3重轨钢试制	132
	陈爱梅, 智建国, 刘平	
21	炼钢厂布袋除尘系统节能运行问题的研讨	135
	周广华, 刘茂会, 王万桂	
22	极薄带系列用钢的冶炼工艺	139
	吴杰, 刘振清	
23	冷敏螺母用材的开发实践	143
	张治广, 阴峻峰, 钟宝军, 张五军	
24	转炉炼钢厂炼钢—连铸流程的模式优化研究	147
	吴晓东, 刘青, 田乃媛	
25	转炉炼钢厂的运行优化与控制	153
	刘青, 田乃媛, 殷瑞钰	

电炉炼钢

1	100吨竖式电弧炉净化生产新技术	160
	郁福卫, 宋万平, 崔鹏辉, 刘炼, 牛和平	
2	100T竖式电炉的高效化生产	165
	倪冰, 郁福卫, 姬健群, 胡俊邦, 刘炼	
3	现代电炉流程钢液氮控制的试验研究	170
	李品, 傅杰, 周德光, 严月祥	
4	高阻抗电弧炉电气参数实测及电气特性分析	174
	孙彦辉, 李京柱, 刘润耀, 李士琦, 林国强, 孙华, 李翔, 陶健	
5	电炉炼钢油助熔及二次燃烧集成控制技术的研究	178
	朱荣, 仇永全, 王勤朴, 孟兆生, 张昌剑	
6	电弧炉炼钢用氧模块化控制技术	182
	刘艳敏, 朱荣, 李桂海, 仇永全, 王勤朴, 刘秋学, 王广建, 王建景	
7	电炉连铸生产高压锅炉管钢种纯净度控制技术	187
	刘麒麟	
8	氯化法处理电炉炉尘的热力学分析	194
	丁谦, J.W. Graydon, D.W. Kirk	

炉外处理

1	脱硫用多孔喷枪的开发	198
	尹锡军, 陈荣贵, 林茂强, 蒋国兴, 丁满堂, 邓毅	

2	颗粒镁在铁水脱硫中的应用.....	202
	刘国方, 赵继宇, 庄汉宁, 杜秀峰	
3	济钢一炼钢铁水预处理现状与对策.....	208
	王明磊, 陈树国	
4	两种铁水予处理脱硫剂使用情况探讨.....	212
	陈树国, 王明磊	
5	鱼雷罐喷粉预处理的水模研究.....	217
	侯勤楠, 陈兆平, 罗志国, 夏李明, 邹宗树, 姜茂发	
6	铁水喷粉预处理的温降预测模型.....	221
	胡春霞, 陈兆平, 罗志国, 夏李明, 邹宗树, 姜茂发	
7	包钢铁水脱硫站镁基脱硫技术的应用.....	228
	解建国, 李春龙, 白月琴, 贾猛	
8	转炉渣用于铁水脱磷预处理的实验室研究.....	234
	罗志国, 陈兆平, 胡春霞, 夏李明, 邹宗树, 姜茂发	
9	宝钢纯净 IF 钢冶炼技术进展.....	237
	朱立新, 郑建忠	
10	100 吨钢包精炼炉脱硫工艺实践.....	242
	宋万平, 郭世宣, 靳秀礼, 刘栋, 余世安	
11	CAB 工艺试验研究.....	247
	岳尔斌, 胡文豪, 叶俊辉	
12	100tVD 炉精炼对钢液脱氢、脱氮、非金属夹杂的影响.....	250
	陈迪庆, 李小明	
13	极低硫钢精炼脱硫动力学及其影响因素分析.....	254
	李素芹, 朱荣, 李士琦, 王新华, 宋满堂, 李秉强	
14	攀钢 RH 钢液脱硫.....	258
	汪明东, 杨震波, 孔重超, 李扬洲	
15	大型转炉炼钢脱硫的研究.....	262
	杨文远, 郑丛杰, 杜昆, 杨立红, 崔健, 许春雷, 蒋晓放, 陈华	
16	精炼渣对钢水脱氧效果影响的实验研究.....	268
	李阳, 姜周华, 姜茂发, 郭仲文, 武拥军	
17	底吹氩钢包冶金流动和混合特性分析.....	272
	贾品贵, 倪华, 李尹军, 张家泉	
18	智能 LF 控制系统的研究.....	279
	李延辉, 李润生, 李尧伟, 王红, 王英秀, 张棟	
19	RH 精炼用低碳脱硫剂的研制与应用.....	283
	刘良田, 杨杰, 林立平, 赵凯	
20	RH 处理 IF 钢脱碳精炼过程研究.....	288
	王琳, 张彩军, 蔡开科, 袁伟霞, 马勤学, 邹阳, 余志祥	
21	武钢二炼钢厂近几年钢水成份控制取得的进展.....	294
	彭胜堂, 徐静波	
22	RH-KTB 技术在武钢二炼钢厂的应用实践.....	298
	林利平, 田义胜	
23	宝钢 300tLF 钢包精炼炉装备及应用.....	302
	马志刚, 王士松	

24	EBT—LF—VD 精炼高压无缝气瓶钢工艺实践	308
	杜义, 崔天璧	
25	真空泵常见故障的成因及诊断	311
	靳雨菲	
26	车轴钢 RH 真空处理工艺实践	315
	陈瑜	
27	降低钢中氧含量生产工艺实践	319
	严国安, 熊梅密, 吴飞, 樊晨, 郝彦英	
28	复合脱氧剂对钢机械性能影响的研究	322
	焦兴利, 史怀言, 范海东	

连铸与质量

1	转炉—ANS—连铸工艺生产低碳铝镇静钢洁净度研究	326
	李超, 马华中, 孙群, 孟幼松, 王鑫, 张富强, 李宏, 王文军, 袁晓鹏, 王新华	
2	宝钢帘线钢夹杂物控制技术	330
	雷思源, 万根节, 沈凯	
3	铁道车辆用 LZ50 车轴钢非金属夹杂物研究	335
	王玉玲, 孟传峰, 原凌云	
4	非稳态浇铸对钢水洁净度的影响	337
	张彩军, 王琳, 蔡开科, 袁伟霞, 余志祥, 邹阳, 袁凡成, 马勤学	
5	珠光电炉薄板坯连铸连轧技术的最新进展	342
	王中丙, 柴懿忠, 傅杰, 周德光	
6	BOF-LF-CC 工艺生产 45 号钢钢水洁净度的研究	349
	樊晨, 刘中柱, 蔡开科, 刘石虹, 梁致, 吴飞, 刘瑞宁	
7	攀钢连铸钢包热循环的现状与分析	353
	李里, 薛念刚, 袁有才, 王德魁	
8	钢包液压滑动水口多炉连浇试验与研究	360
	高靖超, 崔英棠, 刘彦平, 国秀元, 韩永德	
9	225 吨钢包滑动水口自动开浇技术研究	364
	苏树红, 刘建辉, 聂作禄, 王健伟	
10	单流板坯连铸中间罐水力学模拟试验研究	367
	李刚, 李玉刚, 王雨, 李增霞	
11	连铸坯表面纵裂原因分析及控制措施	372
	潘治国, 仪伟兰	
12	淮钢 20#管坯钢连铸生产试验研究	376
	王明林, 葛文秀, 王忠英, 仇圣桃, 韩建淮, 杨武	
13	威钢 1 号小方坯连铸的二冷制度研究	379
	陈登福, 孙海峰, 冯科, 白晨光, 董凌燕, 王忠中, 吴文东, 余兴元, 黄顺中, 黄仲清	
14	济钢 R6-1000 板坯连铸机优化改造实践	385
	陈常义, 江永波, 刘广, 孟凡玉, 张立新	
15	连铸中间包长寿寿命技术的系统工艺优化	389
	殷汝军, 杨光礼, 李作鑫, 刘彦平, 刘洪波, 高靖超	
16	济钢一炼钢高效连铸及铸坯热送的工艺优化	394
	李作鑫, 刘洪波, 牛宏波, 刘建新, 刘正华	

17	济钢3#板坯铸机提高拉速措施	398
	刘广, 张水钢, 陈常义	
18	济钢一炼钢45#钢板坯开发生产	401
	孟凡玉, 刘洪波, 陈常义, 刘正华	
19	低合金钢连铸工艺研究	405
	顾武安, 蒋龙, 孔重超, 李茂林, 张均祥	
20	鞍钢二炼钢板坯结晶器的浸入式水口冷态模拟试验研究	410
	段崇安, 朱英雄, 程士富, 张华书, 金培宏, 陈明, 王军	
21	超低头板坯连铸过程夹杂物分析研究	414
	兰岳光, 钟良才, 邹六树, 姜茂发, 姚永霞	
22	中薄板高拉速连铸结晶器平均热流研究	419
	张富强, 王军, 梁祥远	
23	连铸板坯表面横裂裂纹研究	424
	朱国森, 王新华, 梁伟, 王万军	
24	小方坯连铸结晶器水缝阻力试验研究	428
	王雨, 谢兵, 曾亮, 王谦, 阮小丰	
25	连铸二冷喷嘴布置方式对铸坯质量的影响分析	433
	文光华, 唐萍, 韩志伟, 梅峰, 阮晓明, 张立, 李皓	
26	水口吹氩后结晶器内钢液行为的数值模拟	438
	F会香, 朱国森, 王新华, 张炯明, 王万军	
27	冷蚀检验在连铸坯质量控制中的应用实践	443
	李娟, 喻承欣, 李凤喜, 徐静波, 邱同榜, 吴永生	
28	连铸过程增[C]控制	447
	宋泽启, 喻承欣, 张友华	
29	取向硅钢宏观组织与铸坯表面温度	450
	吴永生, 邱同榜, 柳志敏, 李靖	
30	水流密度分布对连铸板坯质量影响的研究	454
	陈素琼, 崔立新, 张家泉, 陈志平, 陈乃良, 于勇, 倪满森	
31	板坯铸机轻压下技术的研究	460
	陈素琼, 崔立新, 张家泉, 陈志平, 于勇, 倪满森	
32	轻压下技术在连铸小方坯上的应用	467
	李京社, 阎红军, 杨明生, 程爱民, 范英俊, 刘明忠	
33	连铸中间包湍流控制器水模实验研究	471
	张立, 黄耀文, 杨时标, 钟良才, 朱英雄, 金培洪, 姜茂发	
34	板坯结晶器平均热流的研究	475
	刘巨龙, 范静东, 史怀言, 苏捷	
35	黑体空腔式中间包钢水连续测温技术与系统	479
	谢敏, 陈儒军, 孟红记, 沈英, 张华, 武荣阳	
36	宝钢板坯连铸二冷动态控制模型开发及应用	484
	席海波, 郭朝晖, 崔坚白, 卢克斌, 陈建尧	
37	连铸结晶器振动引起弯月面处温度波动现象初探	491
	史作胜, 任忠鸣, 张翔文, 邓康	
38	连铸坯热轧板材表面麻点形成机理研究	495
	周俐, 王建军, 申荣法, 陈素琼	

39	宝钢一炼钢厂连铸机结晶器浸入式水口吹氩的水模研究.....	499
	王妍, 牟济宇, 郑炜, 朱立新, 朱苗勇	
40	减少方坯中心偏析的冶金手段.....	505
	陈超, 阎朝红, 康复	
41	连铸中间包不断流快速更换定径水口的推广应用.....	511
	张庆奇, 刘明华	
42	提高中间包浇铸炉数.....	515
	黄金刚	
43	宝钢板坯连铸高频小振幅的实践.....	518
	张立, 王新华	
44	转炉—钢包吹氩—连铸工艺生产焊丝钢洁净度的研究.....	523
	顾克升, 魏丰, 蔡开科, 田勇, 王春怀, 顾兴铸	
45	“多级”结构用H型钢冶炼、连铸工艺的开发.....	528
	陈霞, 苏勇, 汪开忠	
46	提高三炼钢大板坯质量的攻关实践.....	533
	徐学永, 李庆胜, 路殿华, 侯金海	
47	转炉—连铸工艺生产重轨钢的实践.....	537
	刘炳宇, 刘昆华	
48	微合金元素对高强度钢显微组织的影响.....	542
	陈宇, 陈晓, 李平和, 李长一, 王青峰	
49	稀土钢热轧中板表面龟裂成因及措施.....	547
	胡道峰	
50	方坯软接触电磁连铸半工业实验研究.....	550
	张永杰, 周月明, 陈兆平, 冯长宝, 于光伟, 贾光霖, 王思刚, 赫冀成	
51	耐候钢的质量现状及试验研究.....	556
	张学辉, 徐光华, 李国彬, 刘昆华	
52	薄板坯连铸机高拉速用浸入式水口的开发.....	563
	包燕平, 张海忠, 徐保英	
53	连铸二冷区铸坯表面目标温度确定.....	567
	张克强, 陈伟庆	
54	连铸结晶器摩擦力预报漏钢可行性研究.....	571
	姚楚, 杨建华, 杜波, 姜在华, 宫德成, 陈亚贤, 张立	

耐火材料与保护渣

1	宝钢新型钢渣处理装置特性及评价.....	577
	王建刚, 刘茜, 李永谦, 张永杰, 曹志栋	
2	超低碳钢结晶器内钢液增碳的理论解析和实验研究.....	583
	刘承军, 厉英, 于景坤, 姜茂发	
3	MgO-C系耐火材料表面MgO致密层的形成及影响因素.....	588
	于景坤, 刘承军	
4	连铸无氟保护渣的发展及探讨.....	592
	韩文殿, 仇圣彬, 朱果灵	
5	酸性中间包覆盖剂试验研究.....	595
	尚树红, 刘建辉, 刘岩, 侯成	

6	高碱度中间包覆盖剂与中间包导流装置在小方坯生产中的应用.....	600
	陈辽原, 白学军, 李飞, 马瑞金, 蔡宝春	
7	钢包内衬用镁钙碳砖的开发应用.....	603
	刘建辉, 苏树红, 陶绍平, 聂作保, 王景彬	
8	中间包无碳覆盖剂的研制与应用.....	611
	陈瑜, 陈大明, 杨素波, 曾建华, 李茂林, 彭涛, 王谦, 王雨	
9	炉渣氧化性对粘渣层与镁碳砖之间结合的影响.....	617
	朱英雄, 周金刚, 黄德华, 程乃良	
10	中间包 CaO 质陶瓷过滤器滤除夹杂效果的研究.....	621
	卢艳青, 张紫民, 戴公荣, 张其国	
11	超低碳钢连铸保护渣的应用.....	624
	陈宝云	
12	无碳钢水保温剂系列的研制与应用.....	627
	万恩同	
13	预熔型精炼渣在钢包炉上的应用实践.....	630
	李霞, 姜桂莲	
14	难熔固体粒子在冶金熔体中溶介时间的研究.....	633
	汤曙光, 朱伦才, 史怀言, 颜根发	

新世纪冶金工业的发展与展望

干勇

(钢铁研究总院)

Development and Prospect of Metallurgical Industry in the New Century

Yong Gan

(Central Iron and Steel Research Institute)

钢铁材料在数千年的人类文明的进程中起到了举足轻重的作用。经过长期的发展,如图1所示,世界钢铁工业已经具备了一整套成熟的钢铁材料生产技术和庞大的生产能力(10亿吨),并且还在不断地完善和扩大。钢铁材料具有生产规模庞大、价格低廉、性能可靠、易于加工、工艺成熟、使用方便、便于回收等优点,因此是工业生产和人民生活中广泛使用的重要材料。从材料的生产、加工、价格、应用和社会作用等方面综合评估,目前还没有任何材料能够全面取代钢铁材料,因此在可预见的未来钢铁仍然是主要的金属材料。

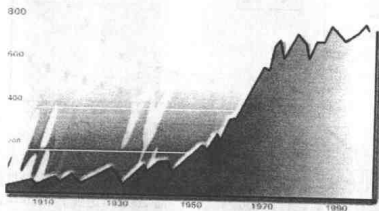


图1 20世纪钢产量的变化

本文根据近20年冶金工业的发展,重点讨论了金属功能材料、结构材料和钢铁生产工艺的发展,并对加速我国冶金科技工作的发展提出明确的建议。

1 功能材料的发展

功能材料是具有特殊物理性能、化学性能或生物性能用于功能器件的材料。中国金属功能材料的研制和生产,起始于20世纪50年代中期。50年代中~70年代,主体是精密合金;80年代末至今,专用电子材料开始生产。一批新型金属功能材料得到迅速发展并实现产业化:如非晶微晶材料、稀土永磁材料、纳米晶材料、贮氢合金和电池等。而形状记忆合金、生物材料、磁记录(磁光、磁电阻和巨磁电阻)材料、薄膜和多层膜材料、高温超导材料等。最近,又有一些新型功能材料得到了重要发展,如纳米材料、稀土功能材料、大块非晶材料、真空快淬材料、磁性形状记忆合金等。

1.1 磁性材料

磁性材料是一类重要功能材料。表1列出世界及中国磁性材料2000年产量产值情况。可以看出,金属软磁材料,特别是电工钢,在磁性材料中一直在产量、产值和应用等方面占有主导地位。目前全世界电工钢约680万吨,是产量、产值都最大的金属功能材料。2000年中国电工钢又有重要发展,年产量达到112.77万吨,其中冷轧电工钢47.77万吨,热轧电工钢65万吨。

表 1 世界及中国磁性材料 2000 年产量产值情况表

项 目		金属软磁合金	软磁铁氧体	永磁铁氧体	稀土永磁合金	铝镍钴磁钢	合 计
全世界	产量(万吨)	680	30	40	1.47	0.8	752
	产值(亿美元)	155	19	24	19	2.8	220
中 国	产量(万吨)	113	6	17	0.70	0.2	137
	产值(亿美元)	19	1.7	3.7	2.8	0.5	28

1.2 稀土功能材料

稀土功能材料主要包括稀土永磁材料、稀土储氢材料、信息显示材料、催化材料、超磁致伸缩材料、巨磁电阻材料等,其应用遍及航天、航空、信息、电子、能源、交通、医疗卫生等 13 个领域的 40 多个行业。中国稀土资源非常丰富,其工业储量约占世界已探明总储量 6200 万 t 的 80%。

稀土永磁材料主要指 1967 年开发的 1:5 型、1973 年开发的 2:17 型 Sm-Co 合金和 1983 年开发的 NdFeB 系合金。特别是 NdFeB 永磁合金,其科研、生产、应用都一直以高速发展。

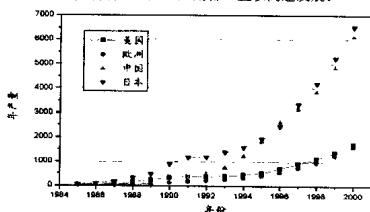


图 2 世界和中国钕铁硼年产量的逐年变化情况

图 2 示出世界和中国钕铁硼年产量的逐年变化情况,1998 年中国钕铁硼永磁材料的生产总量为 4100t,1999 年的钕铁硼稀土永磁材料产量达到了 5300 吨左右,而 2000 年达到了 7080 吨,发展速度十分迅速,产量世界第一。稀土永磁材料有着广泛的市场需求,更有一些潜在的市场在 21 世纪将成为可能。据专家预测,2010 年全球钕铁硼永磁材料的产量将达 146000t 产值达 83 亿美元,其中中国的产量将达 90000t,产值达 35 亿美元。

钢铁研究总院是我国最早开展稀土永磁材料的研究单位之一。1983 年年底,我院就在国内率先研制成功钕铁硼永磁材料。“七五期间”,在国内首先研究成功 50 兆高奥磁能积的钕铁硼材料。在院内已建成年产 100 吨的生产线,78% 的产品出口国外。1986 年在国内首先研制快淬钕铁硼永磁粉末和粘结磁体,在国内率先研制出材料和真空快淬设备,稀土永磁研究曾获得国家发明奖 2 项,国家科技进步一等奖 1 项。稀土储氢合金是又一类重要稀土功能材料。用稀土储氢合金制作电池,是近年来在世界范围得到迅猛发展的主要应用,属于二十一世纪对人类生活,特别是能源、环保具有重大意义的绿色能源材料。日本是镍氢电池生产大国,图 3 给出了日本镍-氢电池的原预测产量变化情况。2000 年生产量超过了 9 亿只。需要储氢合金约 1.2 万 t/年。大容量动力电池也在迅速发展,特别是电动汽车用电池。据报道:1999 年 3 月,日本三洋公司用于电动自行车,投放市场 5000 辆。电动汽车每辆用储氢合金 140kg,如全世界生产 100 万辆,年需储氢合金 14 万 t。

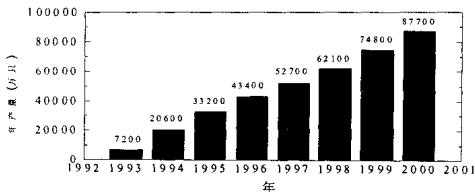


图3 日本镍—氢蓄电池年产量变化(原预测)

中国在科技部的组织领导下,储氢合金和Ni-MH电池列入863计划,发展很快。以AA电池为例,批量生产的产品性能已经达到:容量>1400mAh,循环寿命(1C100%DOD)>500次,28天自放电率<25%,1C放电中压1.20~1.21V,合格率>95%。另外,还开发出了5、7、10、15和25Ah的方形镍氢电池,研制出来44、80和100Ah的方形单体镍氢电池,其能量密度达到了50~60Wh/kg。在此基础上,研制成功了100Ah、120V的电池组,用它制造出的电动汽车样机,一次充电可行驶228km。我国贮氢材料达到年产3000t的能力,镍氢电池达到年产3亿Ah的规模。据预测,2010年中国稀土储氢材料年产量将达到20000t和形成30亿美元的相关市场。

1.3 非晶和微晶金属软磁材料

1960年,美国专家DUWEZ首次用快淬工艺制备出非晶态金属。此后,非晶态合金薄带,特别是非晶态和纳米晶金属软磁薄带的研究和生产得到了迅速发展,美国已经具备年产6万t的水平,非晶态金属粉末也达到了工业化生产水平。我国先后将非晶态合金列为国家“六五”至“九五”科技攻关重点项目。已取得的有关科研成果约200项。主要成果有:

- (1) 在钢铁研究总院建成一条带有自动卷取的百吨级铁基非晶态合金带材中试线;
- (2) 建成了年产100万只非晶微晶合金元件的中试线;
- (3) 1996年经国家科委批准,建立了国家非晶微晶合金工程技术中心。
- (4) 经过20余年的研究和应用开发,材料种类齐全,性能达到国际先进水平,已可以制造生产环形、C型、矩型等不同形状和各种大小规格的铁芯。

应用成功的领域主要有:开关电源变压器(10W~10kW)、脉冲变压器(大、中、小功率)、漏电保护开关(单相,三相,电流从几A到几百A)、电源变压器(400Hz~10kHz)、磁头(录音,录码)、磁放大器(频率20kHz~500kHz)、配电变压器(单相,三相)、电感器、滤波器、传感器、互感器,磁分离、磁粉芯、防盗器和中高频变压器等。其中特别是漏电保护开关,高频逆变电焊机和互感器应用非晶微晶变压器已形成一定规模。上述应用已形成系列化、标准化,进入国际先进行列并具有中国特色。

非晶微晶合金产业化自1976年起,钢铁研究总院在国内首先开展非晶态合金研究,自主研发并获得国家发明奖2项,国家科技进步奖一项,在国内外获得专利23项,建成了百吨级非晶态合金带材生产线和年产百万只非晶元件生产线,成立了国家非晶微晶工程技术中心。2000年底,钢铁研究总院已可生产宽100~220mm的非晶带材,建起了年产数千吨铁基非晶态带材的能力。

1.4 纳米材料

中国在纳米材料与技术研究方面已作了出具有国际影响的工作,在一些前沿领域和基础研究方面取得了重要突破和进展,一些院校、研究单位和企业的应用开发方面也取得了令人瞩目的科研成果,而且部分成果已经产业化。举例如下:

纳米晶软磁合金作为纳米晶材料,日本1987年发明了纳米晶软磁Finemet合金,我国在1990年开始供货。现在,钢铁研究总院已经研究和建设成功年产1000t纳米晶软磁合金的生产线,2000年的产量已经达到250t,并在电子和电力电子方面应用打开了新局面。

磁性液体。它既有一般磁体的磁性,又具有液体的流动性,它是由纳米级的磁性颗粒通过表面活性剂

均匀地分散在载液中形成稳定的胶体体系。钢铁研究总院早在 60 年代就研制出了金属超微粉（实际上就是纳米晶金属粉末）。最近，作为纳米颗粒材料，已经完成了 863 课题—纳米晶氮化铁磁性液体的研制，对磁性液体材料的构造、特性、研究方法和手段积累了宝贵的技术经验。所制造的磁性液体的饱和磁感应强度达到 0.123T(1230G)，已经在磁密封等方面获得多种应用。

1.5 真空快淬工艺技术和材料

在真空条件下，用快速凝固技术制造新型材料，既是一个新型的工艺技术和装备，又是研制新型材料的基础。近期，典型应用并开发出的新型材料如：快淬铁钼材料包括双相合金，快淬铁基钎焊料薄带，快淬稀土系储氢合金，真空快淬非晶态金属极薄带等。真空快淬新型钛基合金薄带钎焊料，钢铁研究总院已经研究成功。在室温下主要性能可以达到：抗拉强度 $\sigma_b \geq 900\text{MPa}$ ；剪切强度 $\tau_b \geq 450\text{MPa}$ ，性能优越。钢铁研究总院已经研究成功真空快淬 AB_2 型新型储氢合金，该材料同现有常规工艺制造的材料相比，具有高稳定性、长寿命、优异的大电流充放电性能等，具有重要发展前途。

2 结构材料的发展

钢铁材料仍将是 21 世纪的主导结构材料，是先进材料与绿色材料的完善结合。进入 21 世纪后，高层建筑、地下和海洋设施、大跨度重载桥梁、轻型节能汽车、长距离油气输送管线、储存容器、工程机械、民用船舶和军用舰艇等各个部门都要求可靠性高、使用寿命长和成本低的新一代高强高韧钢铁材料。用新一代钢铁材料取代传统的钢铁材料是钢铁工业在二十一世纪将面临的重要任务。另一方面，现代社会的发展对钢铁材料在生产、加工、使用和回收等各个环节都提出了更高的综合要求，其中包括节约能源、节省资源、保护环境以及有效的回收利用等。经济建设和社会经济发展迫切需要先进钢铁材料。

2.1 钢铁结构材料的发展方向

为了使钢铁材料达到高性能和长寿命的基本要求，钢铁材料在质量上向组织精确控制，提高钢材纯净度和高均匀度的方向发展。

先进钢铁材料的技术发展方向概括为：

- 高性能—高强度、高韧性、长寿命；
- 高内部质量—高洁净度、高均匀性、超细晶粒
- 高表面质量—高尺寸精度和光洁度
- 微合金化—改善组织和性能
- 多品种—钢种和材型
- 低成本—降低合金含量和工艺操作成本
- 绿色化—易于回收和利用、可持续发展

2.2 超高强度钢的发展

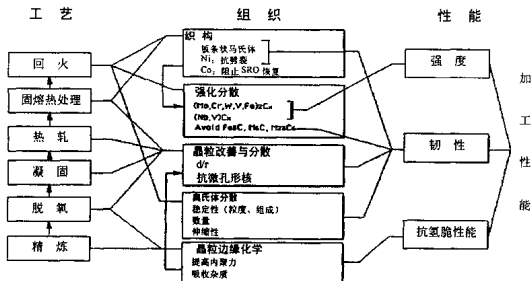


图4 钢铁材料工艺—组织—性能的关系

先进钢铁材料的诞生是建立在钢铁材料的基础理论研究和工艺技术革新的基础上。经过人类长期不懈

的积累、努力和创造,使钢铁材料科学和技术取得了巨大的进步。钢铁材料的微观组织和宏观性能之间的关系已逐渐清楚。基于量子力学理论可深刻解释钢铁材料的某些宏观行为。而冶金工艺的迅速发展,为提高钢材纯净度和高均匀性以及精确控制晶粒组织提供了可靠的技术保障。如图4所示,通过优化工艺可精确控制钢材组织,达到改善和提高钢材性能的目的。

强度是钢材最基本的性能,图5给出不同钢材的强度指标,发展超高强度钢,在保证强度的条件下,可减轻钢材重量,达到节能和环保的目标。近几年,国际上合作开发的“轻车身计划”。其基本目标是将汽车的重量减轻一半,实现节能30% (燃油效率从11.31公里/升提高到34公里/升油),并减少CO₂排放量。生产超高强度钢的技术核心是提高钢材的纯净度,采用控轧控冷和微合金化工艺细化晶粒组织,达到图6所示的高强度、高硬度值。

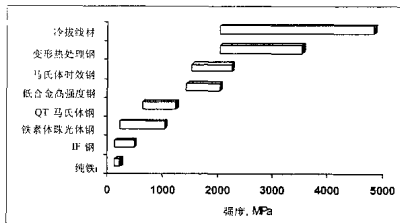


图5 不同钢材的强度指标

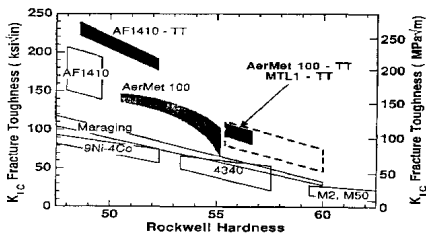


图6 超高强度钢的发展

2.3 新一代超级钢的研究开发

工业化国家非常重视钢铁材料的科学研究和开发应用。日本1997年正式启动的四个大型科研项目就有一项“超级钢铁材料开发计划”,其开发计划为期十年,总投资金额高达1000亿日元。超级钢铁材料开发计划内容是开发相当于现有钢铁材料两倍强度和寿命的STX-21新型钢铁材料和“超高纯度铁”。这些新材料的使用将有利于提高高层建筑高度和高速公路的性能,推动高防火性城市的建设和轻量化汽车及高速船舶的制造,进而达到节省资源和保护环境的目的。在经历了代用材料的强烈冲击后,北美和欧洲已经开始重新认识钢铁材料的重要作用,联合研究新型高效钢铁材料,以满足未来的汽车材料需求。研究和开发先进钢铁材料是当今国际上科技发展的重要方向之一。

钢铁研究总院根据我国21世纪社会和经济发展的需求,参考国际上先进钢铁材料的研究和开发动态,在钢铁材料理论发展的基础上,重点在400MPa级碳素结构钢钢筋、800MPa级超细晶粒钢、1500MPa级长寿命合金结构钢、超细晶粒钢的焊接技术、钢材连续化生产过程模拟、高强度高韧性超高强度钢、高性能不锈钢、长寿命耐热钢、高性能低合金钢、长寿命钢材表面防护技术、高性能工模具钢等领域开展研究和

开发工作。如表 2 所示, 经过国家各级部门的支持, 钢厂和用户的配合, 钢铁研究总院已经在先进钢铁材料的研究和应用方面取得了重大进展, 在国际钢铁材料研究领域发挥出越来越大的作用, 在技术上支持了我国从钢铁大国向钢铁强国的转变。

表 2 超级钢的目标

	400MPa 碳素钢	800MPaHSLA 钢	1500MPa 合结钢	耐热钢	耐蚀钢
中国	微米级晶粒 DEFT	UTS DIFT	UFG 氢陷阱晶界强化		
日本		YS SIDT	无晶界碳化物	USC 650C 350atm	不锈钢 耐候钢
韩国		YS SIDT	残余奥氏体		耐候钢

3 钢铁生产工艺的发展

最近 20 年, 钢铁生产工艺飞跃发展, 以适应钢铁材料的性能要求和日益增大的市场成本竞争的压力和社会对环境保护的压力。总结近 20 年, 钢铁生产工艺的技术进步, 可归纳为以下特点:

3.1 钢铁制造流程向连续化、短流程方向发展

传统的钢铁工业按制造工艺将生产过程划分为几个互相分割又互相影响的生产单元: 焦化、烧结、炼铁、炼钢、初轧、轧钢、成材。各生产单元间依靠铁路运输和仓储进行连接和缓冲。这种工艺模式的优点是足够的缓冲时间与空间。但其缺点是生产流程长, 产品质量周期长; 重复加热, 工艺能耗高, 对环境污染大。

连铸的发展, 促进了钢铁制造流程向连续化方向发展, 并最终形成了炼钢短流程生产线。炼钢短流程生产线的基本特点是: 围绕相对单一的产品形成配置最佳的生产线进行连续生产。主要生产设备采用单机匹配原则, 一一对应。主体生产单元间物流配合依靠辊道或管线输送。其优点是设备投资少, 生产效率高; 生产节奏快, 生产周期短。但因在生产线上的缓冲能力减小, 必须要求生产设备运行十分可靠, 生产秩序稳定而有节奏。

表 3 给出两种短流程生产工艺与传统工艺技术比较。

表 3 电炉、熔炼还原钢铁制造短流程与传统流程的技术比较

工艺流程	主要设备配置	生产规模 (万吨)	生产周期 (h)	劳动生产率 (t/人·年)
传统工艺	焦化 炼铁-炼钢-铸锭-开坯-轧钢 烧结	100~1000	100	600
电炉短流程	废钢-电炉-精炼-连铸-热送-连轧 (长形材)	60~120	4	2500
熔炼还原短流程	矿石 熔炼还原炉-铁水预处理-转 煤-炉-精炼-连铸-热送-连轧 (薄板坯)	100~200	16	1700

目前, 钢铁研究总院正在与国内钢厂和科研单位积极开发自有我国独立知识产权的 COSRI 熔炼还原炼铁新工艺。1999 年在承德钢厂完成了产铁 2 吨/小时规模的半工业试验, 获得良好效果。表 4 给出主要的试验结果及与国外著名工艺 (Corex、Dios) 技术指标的比较。

表4 COSRI 工艺与国外典型工艺试验指标的比较

	试验规模	综合煤耗 kg/t	氧气消耗 Nm ³ /t	生产率 t/m ³ ·d	炉衬侵蚀 mm/h	输出煤气 Nm ³ /t	煤气温度 ℃	渣铁分离	开发周期年
COREX* 南非 (奥钢联)	工业化	1105-1263	600-788	1		1700	1300	已分离	8
DIOS (日本)	100 t/d	750	550	3-4	4-6	1600	1650	尚待解决	8
COSRI (中国)	50 t/d	1271 780#	525	5.22	0.06-0.156	1700	900-1000	已分离	5

注: *1989-1991 年上半年工业试生产指标

#考虑试验设备小、散热大等因素后的折算值

3.2 高效化生产技术

为了降低生产成本,近 20 年国际钢铁企业一直在致力于高效生产工艺的研究开发和推广工作。特别是最近十年,钢铁生产高效化技术突飞猛进,取得了重大的进展。高效化生产,通常包括以下三方面的内容:

(1) 提高冶炼强度,缩短生产周期。以电炉为例,20 年前冶炼周期为 180min。采用超高功率供电,强化供氧和二次燃烧及废钢预热等强化冶炼措施后,电炉的冶炼周期已缩短到 60min 以内。国际先进水平——德国巴登钢厂两台 80 吨超高功率电炉的冶炼周期已缩短到 28min36s,通电时间仅为 22min9s。

(2) 延长炉体寿命,提高设备作业。高炉采用水冷壁技术,使一代炉龄寿命达到 20 年。转炉采用溅渣护炉技术,使转炉炉龄从 1000~3000 炉提高到 10,000~25,000 炉。炉龄的提高使转炉作业率大幅度提高。

(3) 加强设备维护,提高生产作业率。如国外高效连铸工艺,使连铸机的作业率(结晶器内有钢水的时间÷日历时间)高达 98%,转炉的作业率达到 97%,电炉的作业率达到 95%。

表 5 给出炼钢厂主要工序高效化生产的水平比较。

表 5 炼钢厂各主要工序高效化生产水平比较

技术指标	转炉		电炉		连铸(厚板坯)	
	国际先进	国内先进	国际先进	国内先进	国际先进	国内先进
冶炼强度(-)	5.0	3.0	≥1000	800	3.5	1.6
冶炼周期(min)	20	35/25	28	65	—	—
生产作业率(%)	97	80	95	78	98	85
炉龄	25000	15000	1000	500	—	—

注: 冶炼强度对转炉为供 O₂ 强度: Nm³/t·min; 对电炉为输入比功率: kw/t; 对连铸为拉坯速度: m/min。

近几年,钢铁研究总院大力推广转炉溅渣技术,并与武汉钢铁公司合作,研究开发了复吹转炉喷嘴长寿工艺技术,解决了复吹转炉长寿炉龄的世界性难题,创造了 15208 炉的复吹转炉世界炉龄最高纪录。

3.3 洁净钢生产工艺技术

日本从 80 年代开始,对炼钢生产流程进行大规模技术改造,目标是能大批量、廉价地生产高品质钢材,使洁净钢的生产成本能低于传统流程普通钢的生产成本。采用的主要技术是:

(1) 高炉铁水全量“三脱”预处理工艺。日本的发展经验表明,只有大幅度提高铁水预处理的比例,实现“全量铁水”(即 100%铁水)“三脱”预处理,使“三脱”后铁水[S]≤0.01%, [P]≤0.01%,才能大幅度降低洁净钢的生产成本。

(2) 高效吹炼,低[O]冶炼。铁水“三脱”处理后,转炉的任务简化为脱碳升温,并使炉渣量下降 50%,石灰消耗(包括铁水预处理消耗)减少 60%,氧气利用率提高 10%,铁损减少 30kg/t,合金(特别是 Mn 铁合金)消耗减少 50~80%。不仅经济效益非常明显,而且可以提高供 O₂ 强度,缩短冶炼时间 40%。并通过强烈搅拌熔池使钢中[H]≤2×10⁻⁶, [N]≤20×10⁻⁶, T.O≤450×10⁻⁶。在转炉中实现洁净钢生产。