

第九届全国炼钢学术会议 论文集



中国·广州

1996.11

中国金属学会炼钢学会编

前 言

中国金属学会炼钢分会每两年召开一次全国性的炼钢学术年会，第九届年会于1996年12月在广州举行。

本届年会的主要内容涉及：炼钢生产技术的发展方向；炼钢工艺的现代化、合理化与结构优化；炼钢科学技术的进步和科研成果。

本届年会得到了广大炼钢工作者的积极支持。经过专家评审，文集共收入论文133篇。分七个部分：综合评述；工艺和理论；炉外精炼；凝固与浇注；钢的品种与质量；计算机应用及其它。文集的内容较全面地反映了1994年攀枝花第八届全国炼钢年会以来，我国在炼钢生产技术上的进步和科研方面的新成就。希望对我国炼钢技术的发展起到积极的促进作用。

在本届年会上，还邀请了一些境外专家作学术报告，共有7篇境外专家的论文也收入文集。

冶金部钢铁研究总院和北京科技大学冶金系的有关专家应邀对文集内容进行了评审和技术编辑。广州钢铁股份有限公司承担了文集的出版工作，在论文集的编辑出版过程中，除在文字上进行少量修改外，对每篇论文的内容未作变动。文责作者自负。上

述单位的大力支持和参与工作的同志们的辛勤劳动，论文集得以如期出版，在此特致谢意。

本届年会的召开。得到了广州钢铁集团公司的热情支持、慷慨资助，在此表示衷心的感谢和敬意！

中国金属学会炼钢分会

1996年8月

目 录

一、综合评述

世界炼钢会议概况及炼钢科技的发展	周荣章 (1)
武钢炼钢生产技术进步与展望	肖忠敏等 (20)
物性控制和物理管理在炼钢生产中的应用和分析	崔 健 (31)
攀钢含钒铁水炼钢技术新进展	籍可镔等 (42)
广钢炼钢技术的现状与发展	(51)
铁水电炉法与我国中小钢铁企业的发展前景	马智民等 (55)
我国发展电炉炼钢若干问题的讨论	张喆君 (60)
UHE 电弧炉在世界的发展	王中丙 (71) ✓
炼钢短流程初炼工艺的现状及发展趋势	洪 新 (81)
电炉炼钢技术—FUCHS 和 VAI 携手并进	奥钢联贺茂尔 (92)
对美国钢铁工业的考察与思考	苏天森 (96)
小转炉工艺流程的前景与发展	胥昌第 (104)
电炉炼钢流程发展的几点看法	李士琦等 (111)

二、炼钢工艺与理论

武钢第三炼钢厂 250' 转炉生产能力与操作方式探讨	马志仁等 (120)
攀钢炼钢系统几个技术热点透视	籍可镔等 (130)
我国转炉半钢炼钢工艺现状	佟博超等 (135)
120' 顶底复吹转炉水模型研究	朱英雄等 (140) —
转炉留渣操作安全性的原理与实践	朱镛溢 (145)
转炉钢水包内脱氧时氧的来源研究	程士富等 (149)
含钒铁水 (半钢) 转炉强化冶炼工艺路线探讨	李扬洲等 (154)
重钢 50' 转炉控制系统的优化改造	张正明 (160)
转炉生产自动化浅析	刘昆华 (163)
铁水硫含量水平对炼钢生产成本的影响	杨素波等 (167)
包钢炼钢厂新建 4# 转炉氧枪设计与应用	郭殿峰 (173)
转炉氧枪技术最新进展	赵荣枚 (179)
氧枪喷头在使用中射流变化对冶炼的影响	刘昌兵等 (185)
转炉炼钢应用活性石灰的冶金效果	查昌烈 (191)
武钢平炉顶吹二次烘烧氧枪研试	鄢宝庆等 (194)

唐钢电炉煤氧助熔工程技术改造	刘 义 (199)
天津钢管公司 150 吨超高功率电炉投产三年概况	孙开明等 (203)
近代电弧炉炼钢用氧技术	杨文远等 (207)
关于我国电弧炉炼钢工艺技术变革的探讨	张怀君等 (212)
电炉二次燃烧技术比较	柴毅志 (219)
组合式锻压五孔氧枪喷头在 210' 转炉应用	李承祚 (224)
煤氧炼钢工艺的试验研究	朱 荣等 (230)
超纯净钢冶炼技术	许春雷 (236)
$\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{SiO}_2$ 渣系与铁液间平衡分配和 P_2O_5 平衡活度系数线性模型探讨	李远洲等 (241)
基于 SELF-SReM ₁ 模型研讨不锈钢氧化脱磷策略	张晓兵等 (248)
140 吨 COCKERILL SAMBRE 新的电弧炉投产	达林罗格尔等 (254)
转炉测渣护炉技术的现状及其在我国的应用前景	杨文远 郑丛杰 (260)
直流电弧炉炉底导电砖的冶炼试验	周立彪等 (266)
氧气转炉喷头气动力学性能的研究	李炳源 (270)

三、炉外精炼

中磷铁水的氧化性粉剂脱磷	唐仲和等 (275)
KR 法铁水预处理脱磷工艺开发研究	朱果灵等 (286)
加食盐焙烧的石灰铁水脱硫现状与展望	夏幸明等 (296)
铁水炉外连续脱硫法综述	叶树峰等 (303)
$\text{CaO}-\text{CaF}_2$ 渣系的热力学研究	姜茂发 (311)
表面活性元素影响钢液脱氮动力学研究	成国光等 (316)
对 ANS-OB 钢水加热综合精炼技术几个问题的探讨	宋士超 (321)
配小方坯连铸的 100t ANS-OB 钢水处理设备及工艺	关 勇等 (328)
ANS-OB 钢包浸渍罩内底吹卷排渣实验研究	何 平 (334)
钢包罩式精炼法处理汽车用钢工艺实践	桂美文等 (340)
转炉钢包化学热法升温钢的质量状况	陈大慈等 (347)
宝钢炉外精炼中 OB 的应用及其对钢水质量的影响	金大中 (356)
RH 精炼过程中喷粉脱硫的动力学模型	魏季和等 (367)
宝钢 RH 钢包内混合特性的水模型研究	王军文等 (379)
RH 真空顶吹氧技术	刘良田 (385)
唐钢二炼钢转炉钢水炉外精炼选型	彭国仲等 (393)
等离子体加热半钢的增碳和脱硫试验	袁幸福等 (397)
25 吨转炉炉外钢水温降规律研究总结	王秋霞 (402)
提高钢包顶吹氩喷枪的寿命	傅大宁等 (407)
225 吨钢包顶吹改底吹氩工艺及对钢质量影响的研究	王丽萍等 (413)
LF 炉埋弧渣的开发及应用研究	袁伟霞等 (423)

四、凝固与浇铸

薄板坯连铸的技术关键——结晶器	梁英生等 (432)
-----------------------	------------

薄板坯连铸结晶器三维流场和温度场的数值模拟	文光华等 (437)
兰州钢厂薄板坯连铸坯偏角纵向凹陷成因分析	袁集华等 (442)
珠钢项目 CSP 和 ISP 薄板坯连铸工艺及设备简要分析	何绍清 (446)
板坯连铸机拉速优化控制模型	陈素琼等 (455)
安钢转炉——连铸过程合理温度制度研究	段贵生等 (462)
攀钢板坯连铸机的铸坯温度测量与分析	薛念福等 (468)
连铸坯中心线裂纹控制的探讨	田义红 (476)
八流方坯连铸钢水吹氩后温度损失分析	段宏福等 (481)
自然热对流对连铸中间包钢液流动行为影响的研究	朱苗勇 (485)
中间包内流体流动的研究	姚爱群等 (492)
宝钢的连铸生产	裴云毅 (501)
关于武钢发展高效连铸的初步设想及几点建议	肖忠教等 (507)
发展高效连铸追赶世界先进水平	彭易武 (514)
莱钢炼钢厂连铸机特点及实现高效连铸的探讨	张胜生等 (517)
电炉与薄板坯连铸连轧的合理配置	刘 衡 (521)
电炉与连铸多炉连浇匹配时间分析	庄 卫等 (526)
无缺陷连铸坯的生产技术	向顺华 (532)
连铸坯热送热装和直轧轧制工艺发展现状	向顺华 (540)
40~60 吨钢盛钢桶用新型 B60 滑动水口的研制及应用	国秀元 (546)
C ₂ S 在保护渣熔化过程中的作用	王 谦等 (552)
结晶器/铸坯间气隙内保护渣流动行为的数学解析及影响因素分析	朱立光等 (557)
连铸空心颗粒保护渣的应用	戴守军等 (562)
电渣离心铸造浇注用保护渣的实验研究	姜周华等 (565)
热锭技术攻关	张 军 (569)
宝钢连铸矫直区铸坯表面温度的测试研究	王新华 张 立等 (577)
矩形中间包流场的模拟研究	李京社等 (583)
连铸准沸腾炭素焊条钢的工艺设计及实践	徐国伦等 (591)
复合保护渣对铜锭增碳机理探讨	庄 卫等 (596)
小方坯生产中的最佳钢水质量控制	吴 巍等 (602)
B84×10 锭底板设计研究	李春龙等 (609)
加强管理、优化工艺、促进全连铸生产上台阶	李绍康等 (617)
湘钢二炼钢厂实现全连铸浅析	杨金林等 (621)
薄板坯连铸冷却过程的数值模拟	石济民 蒋美群 梁英生 (624)
连续铸钢的最优控制	石济民 林宙展 (630)
浸入式水口对连铸板坯纵向表面裂纹的影响	罗滨逊、杜马斯 (638)
连续铸钢的数学模型及其最优控制	石济民 易法槐 (645)
生产高质量热轧卷的有效手段 ——紧凑的轧卷生产技术	Bemd Kruger 等 (654)

五、钢品种与质量

42MnCr52 钢连铸坯高温延塑性研究	吕波 田党等 (671)
宝钢含镍钢铸坯表面裂纹的微观检验	张立 王文军等 (677)
连铸工艺条件下低碳钢的本构方程	王恩刚 赫冀成等 (685)
15MnHP 钢夹杂物行为研究	姜伟明 张立峰等 (690)
砷含量对碳素结构钢和低合金钢筋钢性能的影响	庄汉洲等 (695)
低碳铝镇静钢连铸坯清洁度研究	曹伟 王立来等 (699)
硅钡与硅铝钡脱氧钢的性能比较	蔡忠高等 (706)
BNbRe 重轧的研制	方华龙等 (711)
焊接热模拟试验中 X-60 钢 HAZ 内 IFP 的作用及形成规律	朱钰如等 (719)
20# (管) 钢大方坯生产技术关键浅析	何宇明 (723)
270 钢锭轧断穿孔的探讨	邓少妍等 (727)
X-52 管线钢铸坯变形试样中碳、氮化物析出	吴冬梅等 (730)
钢材中球状夹杂物成因、结构及控制概论	张怀君等 (736)
完善冶炼工艺实现连铸稀土处理钢的最佳效果	曹伟 (743)
以 K-OBM-S 为重点的不锈钢生产工艺概述	Emst FRITZ 等 (752)
转炉冶炼轴承钢	陈富在等 (760)

六、计算机应用

企业管理信息集成技术在炼钢生产中的应用	徐安军等 (766)
人工神经网络技术在转炉炼钢终点预报中的应用	刘浏等 (772)
转炉造渣计算机监控系统	张晓兵等 (776)
矩形坯连铸数学模型及应用软件的开发	刘青等 (782)
RH 真空精炼过程计算机自动控制的现状及发展	张奎直等 (789)
转炉炼钢智能仿真培训系统	杨尚宝 (794)
转炉炼钢多媒体 CAI 的开发与设计	刘喜海等 (798)
钢水连续测温智能检测仪表开发研制	钱洪俊等 (803)
现代炼钢用优质活性石灰生产自动化	张玉生等 (808)
PLC 在连铸渣环水过滤系统中的应用	任德友 (813)

七、其它

加食盐焙烧的石灰特性研究	夏幸明等 (818)
石灰反应性能试验相互关系的探讨	毕可周 (823)
提高活性石灰强度的实验室研究	王庚宇等 (828)
气烧竖窑生产活性石灰技术分析	杨建华等 (832)
活性石灰焦炭竖窑操作与管理	宋书亭等 (838)
MAERZ 窑的引进及效果	陈铁良 (844)
竖式预热器石灰回转窑烘窑布料工艺的探索	陈新文 (849)
应用科学管理方法提高石灰质量	赵剑等 (852)

国内外冶金石灰生产技术现状及发展	魏同等 (856)
熔融还原法主要反应的速度剖析	张怀君等 (864)
以渣浴反应为基础的闪速熔融还原法	张怀君等 (870)
高速钢氧化皮的再生冶炼工艺研究	孙善长 (876)
熔融法石墨电极表面合金化工艺研究	包燕平等 (882)
铁水定硅探头的开发研制	张妙法等 (886)
对钢性引锭杆及其存放装置的改进设计	万信群 (890)
弃渣提铁反应动力学研究	白彦贵等 (896)

世界炼钢会议概况及炼钢科技的发展

周荣章

(北京科技大学)

提要 本文首先介绍了一九九六年四月二十二日至二十四日在日本千叶举行的第一届世界炼钢科技大会的会议主题,参加会议人数和论文篇数,大会开幕报告和重点报告的题目及分组议程。

然后简要阐明:当前世界钢铁生产的一些简况即粗钢产量,生铁与粗钢产量比,废钢供应;日本炼钢技术的发展即提高质量方面,提高生产率方面,环保方面;连铸技术的发展即凝固工艺,连铸生产率,中间包,结晶器,铸机;近终形连铸技术的发展—薄板坯连铸,带钢连铸;特殊钢冶炼技术的发展即特殊钢的生产,电炉特殊钢;废钢处理技术的发展即废钢状况,废钢中残留有害元素的去除。

Resume of First International steelmaking congress and Development on science and Technology of steelmaking

Zhong Rong Zhang

(University of science & Technology Beijing)

Abstract

In this paper, the First International Congress on Science and Technology of Steelmaking of April 22—24, 1996 at Chiba, Japan, about its scope, number of attendants and papers, titles of opening lectures and keynote papers as well as session programs, was introduced.

Then the following contents were briefly illustrated: World production of iron and steel—crude steel, production ratio of pig iron and steel, scrap supply; Development of Japanese steel-making technology—improving the quality of steel, productivity improvement, environment problems;

Development of continuous casting technology—solidification processes, productivity of continuous casting, tundish, mould, casters; Near net shape continuous casting—thin slab continuous casting, strip continuous casting; Development of special steel refining technology—special steel

production, EAF special steel; Development of scrap treatment technology—scrap situation, the removal of tramp elements from scrap.

1. 第一届世界炼钢科技大会

每四年举行一次的世界钢铁大会, 1992 年 10 月在日本名古屋举行第七届大会之后, 考虑到会议论文范围太广、参加人数过多, 决定今后不再举行这样的大会, 而改为分开举行世界炼铁大会及炼钢大会。第一届世界炼铁科技大会于 1995 年在日本仙台举行。第一届世界炼钢科技大会 (以下简称大会或会议) 于 1996 年 4 月 22—24 日在日本千叶举行。

1.1 会议主题

- (1) 高质炼钢;
- (2) 传统及先进的铸造;
- (3) 与环境有关的课题, 包括废钢的利用。

1.2 会议人数

参加会议人数为 330 人, 来自 25 个国家, 其中 110 人来自日本以外。

1.3 会议论文

论文 142 篇, 其中日本的论文 108 篇, 其余来自美国、韩国、德国、瑞典、中国、法国、加拿大、印度、奥地利、俄国、斯洛伐克和罗马尼亚。

1.4 大会报告

- (1) 钢质量问题的展望;
- (2) 用物理方法进行炼钢的基础研究;
- (3) 日本炼钢技术的近况及未来任务。

1.5 分组议程及重点报告

大会之后分三组:

B 组

- (1) 凝固基础, 重点报告为: 铸钢的凝固工艺;
- (2) 结晶器内的传热、水口结瘤和钢水流动;
- (3) 初始凝固;
- (4) 表面缺陷, 重点报告为: 日本的连铸工艺技术;
- (5) 铸坯质量;
- (6) 新的铸造方法, 重点报告为: 厚板与薄板坯连铸工艺的新进展;
- (7) 连铸机与连铸作业;

- (8) 电磁在凝固中的应用。

C 组

- (1) 热力学;
- (2) 钢水的氧化与还原;
- (3) 废钢与粉尘的利用, 重点报告分别为: 日本电炉炼钢工业的废钢状况及废钢的有效利用;
- 从废钢及炉尘中去除杂质;
- 日本从废钢中去除残留有害元素的研究活动;
- (4) 从钢水中去除残留有害元素;
- (6) 粉尘的再循环;
- (7) 电炉新的炉料来源;
- (8) 气—钢反应, 重点报告为: 低氮钢生产的理论与实践;
- (9) 金属流动;
- (10) 混合与喷粉
- (11) 铸钢的内部质量

D 组

- (1) 物理化学, 重点报告为: 高质量钢冶炼的物理化学;
- (2) 夹杂的改善与成分控制;
- (3) 钢中夹杂物的形成机理, 重点报告为: 日本最近关于钢中非金属夹杂物控制的研究;
- (4) 凝固中夹杂物的生成;
- (5) 钢中夹杂物的特性;
- (6) 轴承钢中的夹杂;
- (7) 不锈钢与合金, 重点报告为: 日本特殊钢冶炼技术的新进展;
- (8) 真空处理;
- (9) 特殊电熔;
- (10) 新的炼钢方法;
- (11) 铁水预处理。

大会印发了每篇报告的摘要。会议文集要到 1996 年底才能发出。

2. 当前世界钢铁生产的一些情况

2.1 粗钢产量

1994 年世界主要钢铁生产国家, 用不同炼钢方法生产的粗钢数量见图 2.1。在美国、欧盟

和日本,电炉钢产量均超过30%,在独联体国家,平炉钢产量仍占45%。

2.2 生铁与粗钢产量之比

从1960年至1994年,世界生铁和用不同炼钢方法生产粗钢的变化见图2.2,由2.2可见,在30多年中尽管炼钢方法变化很大,但生铁与粗钢产量之比波动不大,一般在70%左右。

从现在至2020年,世界粗钢产量较高估计为9.5亿吨,较低估计为8.5亿吨。世界炼钢所需钢铁料的变化和估计见图2.3,其中所需生铁按粗钢产量和炼钢收得率算出。钢厂返回废钢的数量,按钢材的金属收得率——主要取决于连铸比——进行估算。社会再循环废钢量,按炼钢加入的金属量减去钢厂返回废钢量及世界生铁产量算出。自1960年以来的30余年中,再循环废钢的数量呈直线上升的趋势。在世界粗钢产量的增加为以上较高估计时,即使再循环废钢数量直线上升的趋势还在继续,世界生铁产量也将增加。在粗钢产量的增加为以上较低估计时,则世界生铁产量至少也将维持目前的水平。

因此不应估计世界对于新的铁料的需要会减少。高炉之外,现在又提出了一些新的炼铁方法,其中一部分进入了工业生产,但在生产能力、成本、能耗方面均未能胜过高炉。故现有高炉和转炉,在世界钢铁生产中还是不可少的,这是日本在这次世界炼钢大会中所持的观点。

2.3 废钢供应

表1为1992年世界废钢进出口量。从表1可知世界每年交易的废钢量只约4000万吨。欧盟包括土耳其在内,大体出口量等于进口量,各2000万吨。美国是世界主要废钢出口国,本身计划建许多中小钢厂,不能期待增加废钢出口。日本过去每年进口废钢400余万吨,现在年净出口100余万吨。但世界总起来说出现废钢短缺局面,盖因东亚包括中国在内,正在增加数以千万吨计的炼钢能力,其中大部靠电炉。

3. 日本炼钢技术的发展

3.1 提高钢质量方面

举以下三例:

3.1.1 汽车薄板

在这方面要求:(1)扩大涂层薄板的应用,以改进抗腐蚀性能;(2)改进成形性以降低制造成本。

薄板涂层本身和增加涂层量以提高抗腐蚀性,均使成形性恶化,因而必需迅速增加无取向钢(IF Steel)的应用。

图3.1表示新日铁涂层薄板和IF钢生产增长的情况。近十年来,涂层薄板的生产翻了一番,但IF钢的生产增为四倍。

为适应IF钢的增产和降低钢中的碳含量,开发了超低碳钢真空精炼技术,包括:扩大隔离罩,提高氩气流量,通过顶枪喷入氧气或燃料以阻止渣壳卷入等技术。为防止IF钢薄板表面缺陷,开发了连铸控制夹杂的技术。

3.1.2 管线钢板

油田的环境趋于严峻对钢板的质量提出了更高的要求,除高强度外还要求低温韧性和抗酸气性能。对炼钢要求超低磷、硫、氧含量和减少偏析。

精炼技术为满足以上要求,采用分步精炼包括铁水脱磷和在二次精炼中使用钢包炉(LF)或真空喷粉脱硫。

减少偏析,由防止常量偏析转为防止亚常量偏析,在技术上采用在铸流弧形末端轻压下,代替铸流的电磁搅拌。

3.1.3 胎芯

对胎芯钢质量的主要要求为减少拉断率,因拉断严重影响生产率。拉断主要因中心偏析及不可延展的夹杂引起。采用轻压下技术防止中心偏析和采用控制夹杂物组成的技术是肯定的解决办法。

3.2 提高生产率方面

3.2.1 转炉

图3.2显示转炉从出钢到出钢的时间,吹炼时间无大变化,但出钢到出钢时间缩短了。这

是由于吹炼命中率提高和铁水预处理的结果。

为提高转炉的生产率,加速将生产任务集中于较大的转炉,在过去 15 年中停掉约 30 座转炉,几乎 200 吨以下的转炉全部停掉,每座转炉的平均容量提高了 20 吨。

为节约转炉操作劳力,推进了吹炼、取样和出钢作业的自动化。结果转炉每班由 5 人减为 3 人。

以上三项加在一起使转炉的劳动生产率几乎提高了一倍。

3.2.2 铁水预处理

表 2 列出日本的铁水预处理设施,无例外均用石灰基熔剂,因较苏打灰在经济和热效益上更具优越性。至于用鱼雷车罐,铁水包还是转炉反应器,要看各个钢厂的条件。

铁水预处理已证明不仅可有效地生产低磷钢,而且可降低成本和提高转炉生产率。

3.3 环境方面

3.3.1 法律

表 3 列出一些日本的再循环和环境法。

例如 1991 年实施的再循环法规定炼铁渣和炼钢渣应作为钢铁工业的副产品进行再循环。

3.3.2 炼钢渣

图 3.3 为炼钢渣在日本的利用情况。日本每年产炼钢渣约 1200 万吨,再循环比已达 90%。

30% 的炼钢渣再循环用于炼钢、筑路、造水泥,用量相对稳定,但 50% 的炼钢渣再循环用于建筑,需求量不稳定。

用镁代替苏打灰作脱硫剂,有助于炼钢渣的利用。

4. 铸技术的发展

4.1 凝固工艺

传统的连铸要求提高生产率,近终形连铸如薄带连铸要工业化。这些趋势产生许多凝固问题,如高凝固速率及相应的显微组织问题。首先是凝固开始阶段的热流,其次是高生产率,高流速对凝固速率的影响,还有高凝固速率导致

亚稳定相的形成,均成为凝固工艺研究的课题。

4.2 连铸生产率

连铸劳动生产率的提高主要靠辅助设备,最先进的板坯连铸机只由 4 人操作。图 4.1 为 15 年来日本连铸机每班工人人数的变化。

连铸生产机已做到自由调宽,调宽速率达 200mm/min,由于耐火材料的改进;不同钢种钢的连浇率提高了;十年来板坯连浇率由 5 炉提高为 10 炉。

4.3 中间包

4.3.1 H 形中间包

H 形中间包(图 4.2)用于两包钢水同时浇铸;中间包内钢液面高度足以防止在更换钢包时渣卷入钢水;中间包钢水注入和流出的间距足可使夹杂有时间上浮到顶渣中去。

4.3.2 CF 中间包

CF (centrifugal flow) 中间包,应用电磁力使钢水在圆柱形中间包内转动,强化非金属夹杂物的上浮,钢中氧含量可减少 50% (图 4.3a, b)。

4.3.3 热中间包

图 4.4 所示为使用过的热中间包如何经过热修再用。

4.3.4 中间包内钢水的加热

有两种加热方法——感应加热和等离子加热——均可使整个浇铸期内钢水温度波动范围上下不超过 5 度 (参见图 4、5)。

4.3.5 插入式水口

用氧化锆——石灰——石墨代替氧化铝——石墨可使水口寿命延长 6 倍,且板坯大型夹杂率降低一半。

4.4 结晶器

控制从插入式水口出来的钢水流动已成为高拉速一项关键技术。图 4、6 为新开发的控流水口 FC Mold (Flow Control Mold) 的一例,其改善高拉速时冷轧卷的表面及内部质量的效果见图 4.7 及图 4.8。

图 4.9 为应用电磁力于结晶器的另一例,效果见图 4.10。

表 4 为应用现代控制理论代替传统控制理

论的钢液面控制水平。

4.5 铸机

4.5.1 铸机形式

近十年来建立立弯式连铸机代替传统的弧形连铸机,以减少气泡和非金属夹杂物卷入铸坯,适应汽车和罐头用钢对钢质量的苛刻要求。现在50%以上的板坯产自立弯式连铸机。

4.5.2 连铸坯的轻压下

轻压下的目的是为了减少中心偏析,特别是对管线钢。轻压下的办法是在凝固最后阶段或靠楔辊或靠移动块降低辊缝。

4.5.3 连续铸锻压

大方坯在凝固最后阶段应用连续锻压进行重压下,以消除中心疏松。图4.11为连续锻压的示意图,图4.12—4.13为其应用效果。

5. 薄板坯和带钢连铸新技术的发展

5.1 薄板坯连铸

近年世界都在进行发展近终形连铸技术的活动。减少铸坯厚度的好处是很明显的。可减少乃至取消热轧投资,生产成本也低。板材的连铸与热轧工艺如图5.1所示:图5.1a为传统工艺,板坯厚度约250mm,热轧8机架,第1架为往复式。图5.1b为薄板坯连铸,已经工业化的有CSP法和ISP法。

前者板坯厚50或60mm;后者结晶器一铸轧一在线热轧,热轧为4或5机架;热轧均与连铸直接连结,热能损失最小。

薄板坯连铸法的工业化已获很大成功,与紧凑式热轧工艺相连,以相对小的规模、相对小的投资生产薄板,使电炉法进入传统的一贯制钢铁企业产品领域,甚至规模可达年产200—300万吨。

很可能近终形连铸还要进一步发展。

有些技术也在开发,坯厚介于薄板坯与传统板坯之间,即90—125mm,为的是避免使用窄或鼓肚结晶器的麻烦,但随之减少铸坯厚度的好处也要少些。

5.2 带钢连铸

5.2.1 双辊式

最常见,如图5.1d,钢水在两旋转辊之间加入,所产带钢厚约3mm,直接冷轧。

图5.2为用双辊式带钢铸机连铸薄带的的数据。进一步提高生产率,要求提高铸速,加大辊径,但辊径太大是不实际的,故生产规模难以太大,只用于生产不锈钢及其他特殊钢。

5.2.2 单滚带式

单滚带式钢轧机如图5.1c,钢水铸于从下面冷却的滚带上。其相法是对大多数钢种在冷轧前,需一定的热轧,以获得满意的产品质量。故连铸带钢厚约10mm,经在线热轧缩减去50—80%。

其难点是铸出的带钢必须有足够的均匀性。生产好的连铸带钢的前提条件为:滚带的稳定、均匀加入钢水、氢气保护浇铸。此法的开法已有历史,但尚未工业化。

还有一种新技术—用反相凝固法生产薄带,值得关注。

6. 特殊钢冶炼技术的发展

6.1 特殊钢的生产

特殊钢的定义,各国标准不尽相同(表5)。

四分之一世纪以来,发达国家尽管粗钢总产量几乎未变,但特殊钢所占比重大大增加,这与汽车工业的稳步增长有关。转炉钢在普通钢生产中所占比重虽有下降,然与电炉钢相比,转炉钢在特殊钢市场上占统治地位。

按钢种分,如在日本:结构钢、轴承钢及弹簧钢的生产,主要看汽车工业的需要;合金结构钢换以较便宜的普通碳钢;相反不锈钢生产每年增产3%,正在取代麻烦人的电镀和热镀锌板,且易维护;工具钢市场已部分发让给碳钢制品;在此,用重熔技术生产更为耐用的材料也是另一原因。

6.2 电炉特殊钢

废钢是电炉的基本原料,由于1980年以来特钢厂引进连铸,本厂适于冶炼特殊钢的返回废钢减少了,而老为钢多了,迫使电炉厂家寻求其他来源。电炉装铁水可以是解决办法。

6.2.1 超纯净轴承钢

超纯净钢的生产反映了客户对质量更为严格的要求。它首先是山阳制钢开发大量生产的轴承钢,使用了尖端质量控制技术,在氧化物夹杂方面几乎得到的是纯轴承钢,轴承寿命大为提高(图 6.1)。

大同千田圆坯的在线压下,也保证了滚珠钢内部质量的稳定(图 6.2)。

6.2.2 真空冶炼

大同制钢开发的真空 AOD (VCR) 是一种增产超低碳不锈钢的有效方法(图 6.3)。

大同西武川开发的真空 ESR 技术适于小炉生产。(图 6.4)

7. 废钢处理技术的发展

7.1 废钢状况

现在电炉炼钢的发展与废钢质量密切相关。由于市场废钢的恶化和电炉钢产品的先进要求,废钢质量愈来愈成为一大问题。图 7.1 为预计将来各种废钢的含铜和含锡量。

废钢预处理技术如:在料罐中混合,控制残留有害元素;切碎去除非铁或非金属污染物。表 6 显示各种钢材的单位和实际含铜量及所用各种废钢的混合比例。由于废钢中含铜量的增加,减少钢材中铜的有害影响的技术,变得很重要。在连铸中方法之一,如图 7.2。

为提高电炉炼钢效率,使废钢快速熔化的技术,也很重要。多数中小钢厂将焦点对准更好地准备废钢和更好地利用废钢。

7.2 废钢中残留有害元素的去除

7.2.1 废钢去铜

用老废钢炼钢的主要技术问题为废钢带进和混进 Cu, Sn, Zn 和有机物。试验研究了十余

种方法从废钢中去除 Cu, 如:真空蒸馏,造渣精炼,氯化,水法,优先熔化,用各种分离器进行机构分离等。其中去除大部 Cu 和含铜零件如马达芯,最可行的方法看来是加强切碎;而真空蒸馏看来是去除熔于钢中的 Cu 的最可行方法。

7.2.2 废钢去锡

电解镀锡废钢板去 Sn 在技术上是可行的,但在电费贵的国家不经济。因此研究了火法去锡,即:蒸发,硫化,氯化,造渣精炼。其中通过厚渣层向熔池吹氧,加速 SnS 蒸发值得注意,因在熔化钢时钢液中 50% 的 Sn 进入炉尘。

7.2.3 从炉尘中回收锌

从炉尘中回收锌,广泛应用的是 Waelz Kiln 法,但存在的问题是炉尘的运输和二次尘泥的利用。还研究了在较低温度下,以较小的设备用氢还原,就地处理炉尘。

在利用 HTM (High Turbulence Mixer) 的一系列研究中,也包括从电炉炉尘中回收锌,得到了很好的结果,见图 7.3 和图 7.4。

致谢 在撰写本文中得到了 A. McLean, University of Toronto, Canada; MOhji, Nippon Steel Corporation, Japan; K. Nakanishi, Kawasaki Steel, Japan; K. Schwerdtfeger, Technische Universität Clausthal, Germany; Kyoichi Utaise, Chubu Steel plate, Japan; H. W. Gudenau, RWTH Aachen, Germany; T. Yajima, Daido precision Industries Ltd., Japan 的帮助和提供资料; T. Emi, Tohoku University, Japan; 北京科技大学蔡开科的帮助,谨此致谢。

主要参考文献

- 1 A. McLean; Speech, ICS'96
- 2 M. ohji; Speech, ICS'96
- 3 T. Umeda; Speech, ICS'96
- 4 K. Nakanishi; Speech, ICS'96
- 5 K. Schwerdtfeger; Speech, ICS'96
- 6 K. Utaise; Speech, ICS'96

-
- 7 H. Gudenau: Speech, ISC'96
 - 8 H. Katayama: Speech, ISC'96
 - 9 T. Yajima: Speech, ISC' 96

图 2.1 Crude steel production in major countries (1994)

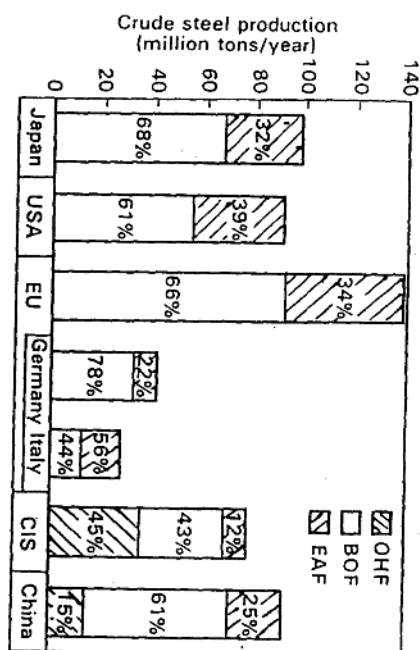


图 2.3 Change in consumption of raw materials

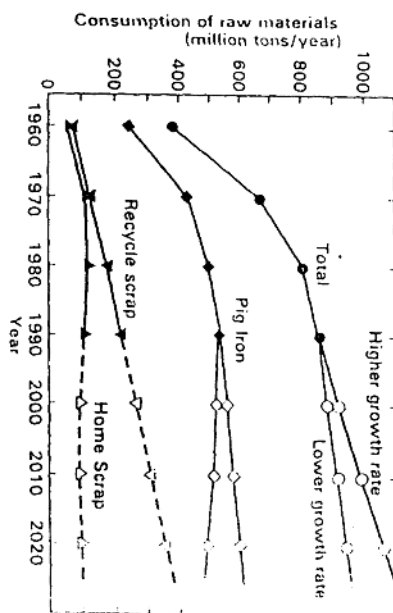


图 2.2 Change in crude steel by various steel making processes and pig iron production in the world

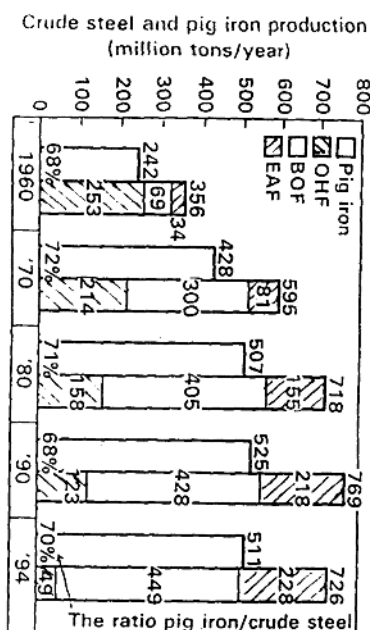
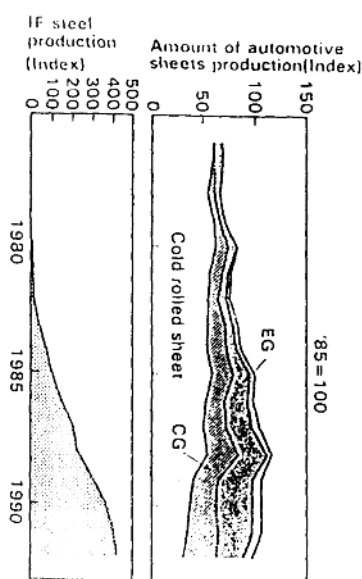


图 3.1 Change of IF steel production in automotive sheets (NSC)



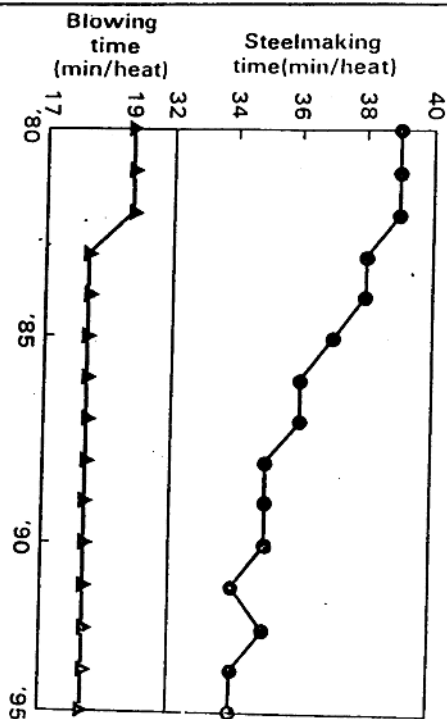


图 3.2 Shorter steelmaking time

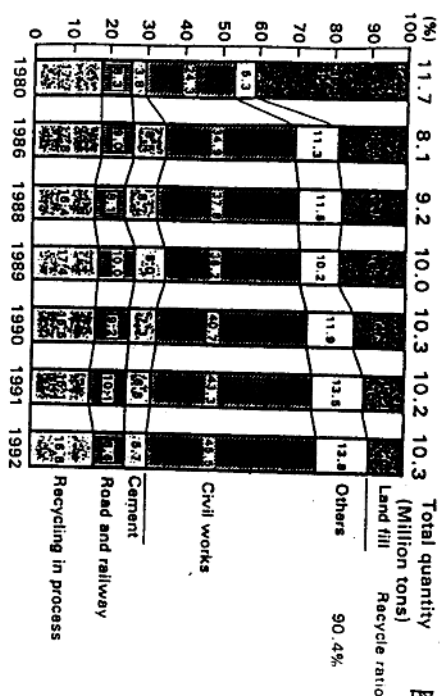


图 3.3 Uses of steelmaking slag in Japan.

图 4.1 Comparison of operators arrangement before and after the labor saving equipment introduction

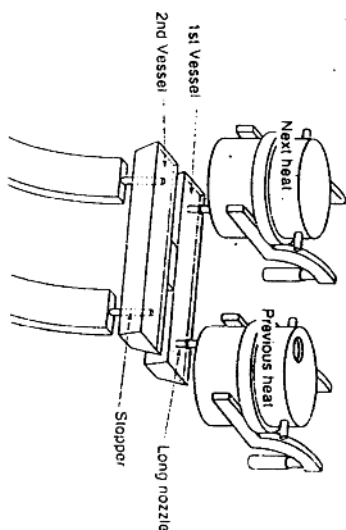
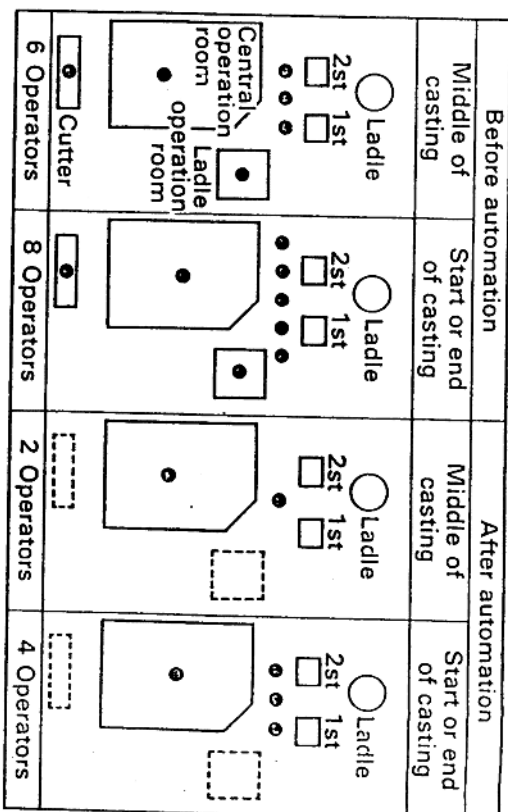


图 4.2 Schematic view of the H shaped tundish