

ECC

佛罗伦萨



第一届欧洲连铸会议 译文集

1991.9.23-25 意大利·佛罗伦萨



中国金属学会连铸学会

第一届欧洲连铸会议

1991 佛罗伦萨

中国金属学会连续铸钢学会

出版前言

第一届欧洲连铸会议于1991年9月23日至25日在意大利的佛罗伦萨举行。本次会议收集各国的论文共101篇,其中包括我国学者的四篇论文。中国金属学会连铸学会理事康复(宝钢钢研所)出席了会议并宣读了论文。

此次会议是继1988年在比利时的布鲁塞尔举行的第四届国际连铸会议之后的又一次大型会议。它概括了近几年来连铸新技术的发展状况,尤其是薄板坯技术的进展对连铸技术有极其重要的影响。

为了使我国广大连铸工作者及时了解世界各国连铸技术的进展情况,中国金属学会连铸学会编译出版了本次会议论文集。在编译过程中得到了连铸学会理事、北京钢铁设计研究总院和宝钢钢研所的部份同志大力协助与帮助,在此一并表示感谢。译文中难免有错误和不妥之处,欢迎读者批评指正。

中国金属学会连续铸钢学会

前 言

第一届欧洲连铸会议是由意大利金属学会 (AIM) 主办, 并得到欧洲和海外一些团体的协助于1991年9月23日至25日召开。本次会议相当于以前国际连铸会议的第五届, 传统的国际连铸会议最近的一次是在布鲁塞尔 (1988年) 举行, 以前还在伦敦 (1985年和1982年) 和Biarritz (1976年) 举行过。

现代化技术和操作实践随着测量和自动控制系统的改进使连铸工艺近年来有一个飞速的发展。这样的结果是有效的增加了钢的连铸比和扩大了当前连铸所能生产的钢种范围。

现在越来越多的工厂全部使用连铸生产。这样, 就会在改善最终产品的质量和保持稳定性的同时, 将通过降低生产成本、提高收得率、减少人员配备和降低能耗等方面使得进一步获得更好的效益。

近来, 工艺技术发展的领域朝着连铸接近最终形状的产品方向发展, 这是为了避免像初轧和热轧这样的中间加工阶段。从节能潜力和产品特点来看, 这是一个有前途的领域。但是, 这些工艺的工业性发展正处在一个暂时的阶段, 并且这种新技术的潜力也没有完全实现, 然而世界范围有许许多多的炼钢生产者正从科学方面着手以求得最好的解决办法。

第一届欧洲连铸会议打算提醒炼钢生产者、工厂设计者和科学工作者注意, 将三年来在革新方面的进步引进到连铸过程中去。

遵照前四届国际连铸会议有威望的传统, 本次欧洲连铸会议将使炼钢生产者之间进行有帮助的信息交流。

遍及世界各地27个国家的多达101篇文章收录在会议的论文集里。这对连铸技术的专题问题讨论提供了基础。

国际技术委员会 (名单见后页) 向所有参加宣读和招贴报告的作者致以谢意, 他们的文章都收集在报告文集的两卷之中。

对于所有的协作团体和欧洲共同体委员会 (CEC) 对本次会议的支持致以诚挚的谢意。

最后, 对Pievagostini博士和意大利金属学会 (AIM) 的成员: Stimilli女士、Mariani女士和Perondini女士为本次会议的组织工作所作的努力表示特别的谢意。

国际技术委员会
1991年9月 米兰

目 录

第一部分

一、开幕词

1. 连铸现状及展望.....比利时Paul Nilles等 (3)

二、浇注消耗材料

2. 中间罐内衬材料的发展.....意大利V. Pezzotti等 (12)
3. 高氮化硼含量的浸入式水口——一种解决堵塞的方法
.....德国E. Lührsen等 (20)
4. 欧洲煤钢联盟提供资金的结晶器保护渣研究的综述.....英国K. C. Mills (30)
5. 在BURNS HARBOR 2号板坯连铸机上采用测试的方法评价结晶器保护
渣及其实践.....美国M. R. Ozgu等 (40)

三、维修和改造

6. 电炉炼钢厂中的板坯生产: 改造后连铸机的操作与质量效果
.....意大利F. De Nola等 (48)
7. 多特蒙德HOESCH钢公司连铸设备的监视和诊断系统
.....德国H. Bachefer等 (56)
8. 维修和改造.....埃及Mohamed Hosny Abdel Rahman (61)
9. 板坯连铸设施改进计划的评价.....英国B. Patrick等 (64)
10. ILVA公司托尼厂 (TERNI) 2号板坯连铸机的改造及结果
.....意大利F. Sario等 (72)
11. 英钢联兰韦恩厂板坯连铸机的工程监测.....英国D. J. Bowen等 (79)
12. 高水基的连铸机液压系统.....英国S. Smith等 (89)
13. 板坯连铸机一次注油滚柱轴承设计的发展.....德国Hermann Lax等 (95)
14. 紧凑织合型连铸机——一种新型小方坯连铸机.....瑞士A. Roehrig等 (101)

四、检测系统与过程控制

15. UNIMETAL GANDRANGE在连铸上的新进展.....法国C. Basso等 (107)
16. 索拉克公司敦刻尔克厂的无人浇注的发展.....法国J. M. Jager等 (112)
17. 采用先进的结晶器液位控制改进铸坯质量.....德国G. Böcher等 (120)
18. 不稳定的结晶器, 偶然的扰动导致局部的产品缺陷
.....荷兰M. C. M. Cornelissen等 (127)
19. 结晶器监测的长期发展.....比利时Bairy等 (134)
20. 优质棒材钢小方坯连铸机的成套自动化系统的概念及实施

.....	韩国H.Y.Chun等 (141)
21. 高速浇铸时连铸结晶器中流量控制技术的开发.....	日本Jun Kubota等 (148)
五、新的和现代化的传统工厂	
22. 英钢公司LLANWERN厂连铸机的投产.....	英国C.I.Phillips等 (156)
23. 宝钢板坯连铸机的技术特点及热运转.....	中国康复等 (164)
24. 以新技术改进老式方坯连铸机所取得的生产效果.....	意大利A.Rossini等 (171)
六、操作成果	
25. 大方坯和小方坯的高速连铸.....	比利时A.Depierreux等 (180)
26. 二冷条件的调整对瓦鲁海克公司圣·索尔夫厂离心连铸机产量的影响	法国P.Boussard等 (187)
27. 塔塔钢厂采用六流小方坯连铸机生产优质钢坯	印度R.N.Chattopachyay等 (193)
28. 小方坯和大方坯的不锈钢连铸.....	德国M.Gnadenberger等 (201)
29. 共英钢铁公司在连铸技术上的进展.....	日本K.Ushijima等 (210)
30. 在水岛厂№3大方坯连铸机上采用连铸锻压工艺的设备结构和操作结果	日本Hideo Take等 (216)
31. 德马克公司联合炼钢厂连铸机温度控制的研究.....	匈牙利J.Szegedi等 (225)
32. 英国联蒂塞德厂在八流方坯连铸机中间罐上连续四年使用罗康阀的操作经验	英国J.Purdie等 (230)
33. 连铸氧气切割和去毛刺的维修: 低费用和高生产率系统	德国G.Oehmen等 (238)
34. 粘结性漏钢原因的研究.....	英国AS Normanton等 (244)
35. 吴厂2号连铸机为取得板坯的高生产率和高质量所采取的改进措施	日本Kei Noguchi等 (253)
36. CHERTAL厂连铸机的改进效果.....	比利时V.Furlan等 (262)
七、连铸产品质量和理论研究	
37. 连铸坯宏观偏析的定量分析及其与产品性能的关系	澳大利亚ID Simpson等 (269)
38. 用收缩辊缝和电磁搅拌改善连铸板坯的半宏观偏析.....	韩国C.H.Yim等 (277)
39. 板坯中心偏析的回归分析和改善措施.....	台湾Seng-Jung Chen等 (283)
40. ILVA—TERNI钢厂连铸高牌号取向电工钢板坯工艺与冶金的改进	意大利B.Andreoli等 (290)
41. 林茨第三转炉炼钢厂计算机辅助质量控制进程.....	奥地利T.Fastner等 (297)
42. 炼钢条件对非金属夹杂物和产品缺陷的影响.....	日本K.Tanizawa等 (304)
43. 用钙芯线改善无硅铝镇静钢的浇铸性能.....	德国B.Bergmann等 (313)
44. 坯壳凝固对板坯缺陷的影响——索拉克弗朗日厂使用结晶器液压振动系统的 情况介绍.....	法国M.Nadif等 (321)
45. 浦项钢厂不锈钢连铸板坯质量的改进.....	韩国S.K.Kim等 (328)

46. 英国施昆索玻钢厂用结晶器热控制技术控制中厚板表面质量的研究情况
..... 英国D.E.Humphreys等 (335)
47. 结晶器设计和操作工艺对板坯振痕的形成、传热和铸坯质量的影响
..... 澳大利亚R.B.Mahapatra等 (346)
48. 电磁搅拌对钢的凝固组织的影响.....P.Toboc等 (355)
49. 用二冷段电磁搅拌和凝固末端电磁搅拌减少不锈钢和碳钢方坯的中心疏松和
中心偏析..... 瑞典Lars Holmström等 (361)
50. 二次冷却大方坯和小方坯内部结构的影响..... 比利时A.Etienne等 (369)
51. STOKSBRIDGE ENGINEERING钢厂的立式方坯连铸机——符合市场
的质量要求.....英国M.Jworral等 (375)
52. 易切削钢连铸坯纵裂和凹陷的成因及预防.....美国Roma Bo-mmaraaju等 (381)
53. 依靠人工智能的方坯连铸机质量预测系统的实现.....澳大利亚K.C.Teh等 (389)
54. 连铸小方坯结晶器使用保护渣的附加液体容积 (E.L.V) 凝固模型
..... 西班牙E.Lainez等 (394)
55. 高合金钢和合金连铸坯表层等离子弧重熔.....苏联Latash Yu.V等 (402)

第 二 部 分

一、特殊的新连铸工艺

56. 接近成品形状的连铸——VAI的情况报告——..... 奥地利K.L.Schwaha等 (411)
57. 接近最终成品形状铸造轧制的低碳钢种的机械性能
..... 荷兰M.C.M.Cornelissen等 (419)
58. 半工业性试验装备水平的双辊薄带浇注技术的开发..... 意大利P.Tolve等 (427)
59. 用薄板坯连铸在线生产热带钢的先进工艺..... 意大利G.Gosio等 (432)
60. 直接生产热轧带钢的中间试验项目的连铸和轧制试验
..... 德国F.—H.Grandin等 (441)
61. CSP薄板坯连铸技术..... 德国M.Kolakowski (448)
62. 钢的水平连铸——新生产线的展望..... 德国J.V.Schnakenburg等 (457)
63. 特殊钢水平连铸的发展..... 奥地利E.Bachner等 (465)
64. 旋转轮式连铸 (ROCAST) 工艺技术: GRAZ的MARIENHÜTTE的在线
铸造和轧制..... Günther Brochmann等 (471)
65. 工业规模的钢坯喷射成型工艺..... 丹麦 T.Andrsen等 (478)

二、中间罐冶金

66. 用大方坯连铸机生产纯净钢 (关于中间罐加热器、挡渣堰、保护渣和二次精
炼的效果) 日本K.Iwata等 (484)
67. 中间罐内钢水流动的最优化..... 芬兰Seppo Hintikka等 (491)
68. 中间罐内无上堰和下堰的钢水流形控制..... 澳大利亚Q.L.He等 (499)
69. 等离子系统在中间罐加热中的应用..... 意大利F.Salvati等 (507)
70. 应用等离子中间罐加热器控制结晶器入口钢水的温度 美国C.Moore等 (516)

71. 阿勒瓦尔钢厂的中间罐吹氩.....法国Michel GUY等 (523)
72. 先进、高效的板坯连铸机在加古川 (KAKOGAWA) 厂的发展
..... 日本Masahiro MAEDA等 (528)
73. 连铸过程中中间罐钢液温度变化的理论和试验研究
..... 西班牙Gonzalo Alvarez de Toledo等 (537)
74. 中间罐冶金——塔塔钢厂的发展前景印度S.Govindarajan等 (544)
75. 具有最好冶金效果碱性中间罐渣的发展..... 德国B.Bergmann等 (551)
- 三、招贴报告 (Poster Sessions)**
76. 中间罐电渣加热——钢包、中间罐加热新工艺
..... 奥地利W.Holzgruber等 (558)
77. 中间罐温度：过程模拟.....德国H.Bebber等 (565)
78. 连续铸钢冷却的数值模拟..... 阿根廷R.L.V.González等 (571)
79. 结晶器温度对热传递率的影响..... 美国I.G.Saucedo等 (576)
80. 连铸气—水雾化喷嘴的传热特性..... 中国张克强等 (585)
81. 方坯连铸二冷区铸坯与辊子间传热数学模型研究..... 中国徐楚韶等 (589)
82. 在连铸坯中进行液芯测量..... 美国Paul W. Manos等 (594)
83. 连铸中间罐用精确控制阀控制钢流的先进工艺..... 奥地利W.Engleitner等 (606)
84. 连铸生产和过程控制..... 匈牙利Peter Honos等 (612)
85. 双钢包浇铸工艺——同时浇铸技术..... 美国J.Rokop等 (617)
86. 连铸用喷雾冷却结晶器的发展..... 日本Kunimasa Sasaki等 (621)
87. 对双辊带钢浇注的模型试验..... 意大利F.Macci等 (631)
88. 单轮带钢连铸机工艺参数对工艺性能的影响
..... 印度M.K.Anigan Kumar等 (639)
89. 小方坯连铸油润滑和保护浇注..... 荷兰J. Van der stel等 (648)
90. 用于连续铸钢结晶器的铜管和铜板..... G.Martellucci等 (655)
91. 浇成接近带钢最终形状的结晶器用铜合金..... 德国Achim Baukloh等 (661)
92. 电磁制动对钢液流动及铸坯质量的影响 瑞典Helmut Hackl等 (663)
93. 水平连铸机力参数的综合研究 中国雷知行等 (668)
94. 板坯连铸结晶器热变形的有限元模型..... Brian G. Thomas等 (672)
95. 高质量的小方坯/大方坯连铸的新概念
——高质量小方坯 (HQB) 结晶器和高速度液压 (HSH) 振动装置——
..... 卢森堡Korbert Kaell等 (682)
96. 板坯连铸机辊子的维护改进措施..... E.Santa Maria等 (690)
97. 带超声波振动内壁的结晶器的应用..... 苏联Kuznetsov B.G等 (697)
98. 连铸坯夹杂物的模拟评价及实验验证..... 英国J.T Duncombe等 (700)
99. 连铸中碳钢时内裂纹的行为研究..... 韩国Y.R.Cho等 (707)
100. 连铸小方坯中缩孔形成过程的模拟研究..... 瑞典C—M Raihle等 (716)
101. 评价新钢种裂纹敏感性的方法..... 瑞士M.M.Wolf等 (724)

第 一 部 分

一、开 幕 词

连 铸 现 状 及 展 望

〔比利时〕 Paul Nilles

摘 要

本文介绍了近30年来连铸的迅猛发展。概述了导致连铸走向工业完备期的主要技术进展,特别介绍了连铸机在设计和生产能力方面的进展情况、产品质量方面的成就及仪表、控制和维修的重要性。

所介绍的内容主要涉及西欧的情况。

文章着重讨论了未来十年中碳钢连铸生产技术的发展前景。

文章还预示了西欧钢的生产模式可能发生的变化。由于要求减少投资和操作费用就导致了出现了接近成品形状的连铸及连铸与轧机的联接。尤其对薄板坯连铸与轧机联在一起的工业发展给予了特别的关注。

引 言

在近三十年期间,人们已经普遍认识到连铸的优越性,如图1所示连铸在粗钢生产中所占百分比的进展情况,可见连铸发展迅速。如今连铸实际上已经不受任何质量或尺寸方面的限制。而重要的在于如何充分回收大量必要的设备费用的投资。

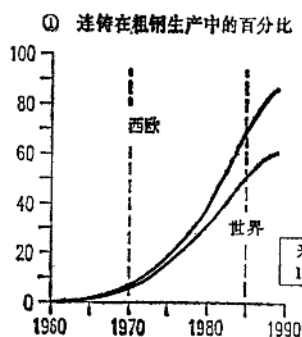


图1 连铸工业应用的发展情况

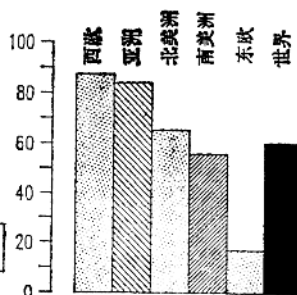


图2 世界各地连铸应用情况 ('89)

然而,世界各地连铸生产的发展是不均衡的(图2),许多工业化国家的连铸生产比例超过了90%。加拿大和美国的连铸与其他工业化国家相比,发展较慢,但目前全世界只有东欧地区仍必须大规模地进行连铸建设。

连铸是铸造技术的一项革命,由于取消了初轧,在收得率,节能和减少生产费用方面取得了巨大的进步。这些优越性在1960年就已经显示出来了,但是连铸作为世界上主要的

浇铸生产工具的发展过程却花了25年的时间。自1985年以来，并没有什么科技发明，工艺操作的最新进展是生产工具的合理化以及工艺过程控制系统应用合理化的结果，而不是任何重要科学技术开发的结果。

本综述首先涉及标志着工艺思想和工艺操作激烈变化的那些连铸技术的发展。第二部分将叙述目前工业发展中的连铸技术，并对连铸技术怎样才能适应二十一世纪的钢铁工业结构进行评估。

传统连铸进入工业成熟期的技术发展

连铸机设计 (图 3)

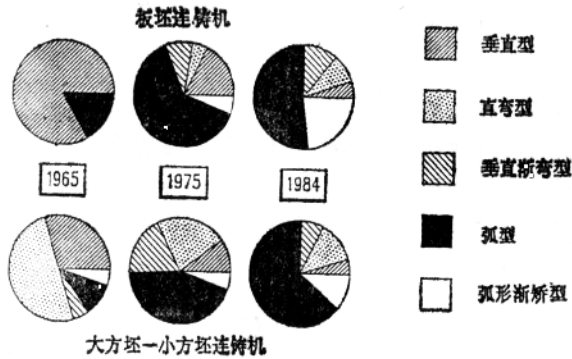


图 8 连铸机设计的进展

在1965年，那时连铸机是非常简单的。对板坯、大方坯和小方坯连铸机来说，80%都是垂直型的，其后由弧型取而代之。1975年，80%的板坯连铸机和70%的大方坯和小方坯连铸机都是弧型的。这种倾向不断地发展，而且倾向于带有渐弯、渐弯的更复杂的几何形状。到1984年，采用这种机型的板坯连铸机占30%，大方坯和小方坯连铸机占20%。

显然，这种进展与较高的连铸比，较高的铸造速度以及倾向于较长的铸机机长度要求有关。连铸机的设计和外围设备变得越来越复杂；工艺过程高度自动化，操作的稳定性和安全性达到了较高的水平。

生产能力

在过去十年中，连铸机平均产量增长显著（图 4），就欧洲逐年的变化来看，每流铸机的年吨产量已经增长到1.5~3.8倍，这取决于半成品是板坯还是大方坯或小方坯。虽然这些平均值是很惊人的，但是这掩盖了已经达到的设备能力的实际水平。表 1 示出了每流连铸机所能达到的产量，对板坯最高可达175万吨/年，大方坯可达22万吨/年以及小方坯可达13万吨/年，那么分别相当于平均产量水平的2.4倍，1.8倍和1.8倍。

连铸机的产量与浇铸速率有很大关系（图 5）。每流浇铸速率大于2.5t/min的11台板坯连铸机每流产量超过100万吨/年。其中4台是带纵切设备的宽板坯连铸机（坯宽大于2400mm）。图 6 示出了浇铸速度比十年前有稳定的提高（图 6）。其进展情况主要取决

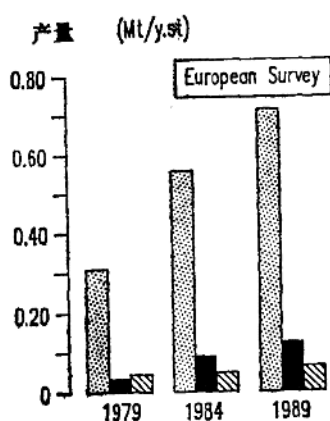


图4 每流铸机的平均年产量变化

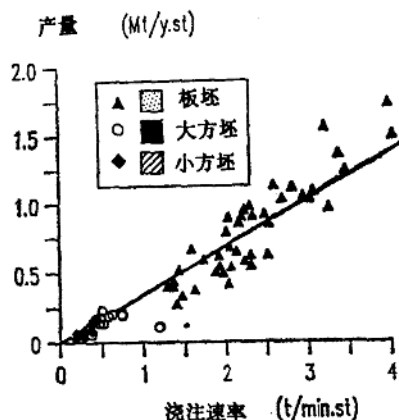


图5 1989年欧洲连机生产情况

表1、每流连铸机的年产量(1989年欧洲调查)

	板 坯	大方坯	小方坯
平均产量万吨/年	72	12	7
最高产量万吨/年	175	22	13
最高产量/平均产量	2.4	1.8	1.8

于浇铸的半成品：对板坯提高了35%；大方坯提高了65%；而小方坯提高了10%。必须注意的是西欧的板坯铸造速度还停留在2m/min以下。

板坯和大方坯连铸机的利用率得到了明显改善(图7)。1979年平均利用率约为日历

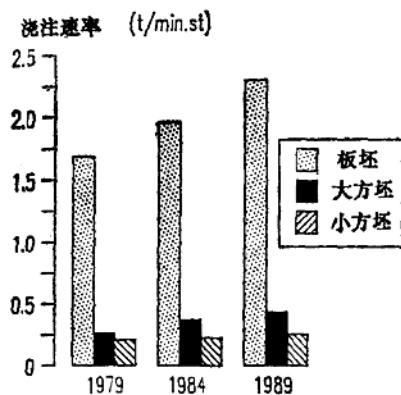


图6 平均浇铸速率的变化

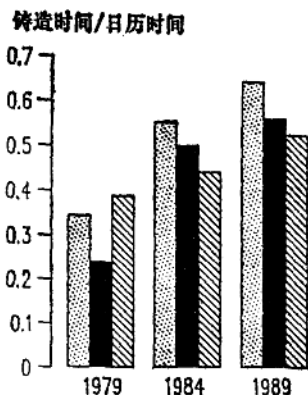


图7 连铸机平均利用率的变化

时间的60%，实际的利用率是分散在一个非常宽的范围内(图8)。少数连铸机由于长时间的连浇，较高的作业率及良好的调度管理，使利用率超过80%。对板坯和大方坯而言，由于连浇炉数决定了生产率和生产费用，所以连浇炉数显著提高(图9)。板坯和大方坯的平均连浇炉数约为9炉，小方坯为4.5炉。通过防止水口堵塞和磨损以及更换浸入式水

口和中间罐，可以提高连浇的长度。还可以通过如下的方法做到这一点，那就是浇铸中调宽及为同样目的开发的热带钢轧机方面的技术，诸如自由轧制规程，提高侧轧能力（100~200mm）及现有板坯压下。

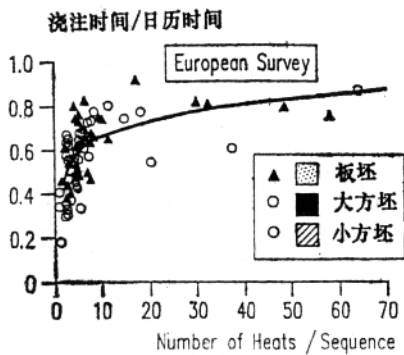


图8 1989年欧洲连铸机的作业率

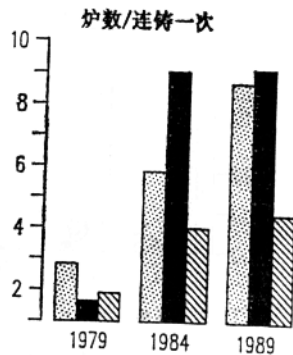


图9 平均连浇炉数的变化

对于板坯和大方坯在生产率方面有着如此巨大的跃进，而小方坯在十年前就已经接近于当今的水平了。大家都清楚，尽管取得了进展，欧洲每台连铸机的平均产量仍远远低于当今技术上可能达到的产量水平。这个事实说明，许多炼钢厂所具备的连铸能力要比需要浇注的钢水产量来得大。

质量

在六十年代末，许多连铸半成品的表面质量都低于模铸产品。一个值得思考的问题是连铸生产的板坯如何适应冷轧生产的要求。首先通过采用合适的铸造保护渣及潜入式浇注来解决这个问题。其次是通过挡渣、钢包处理和在浇注期间防止钢水与空气接触，来尽量提高钢水的清洁度。最后，通过适当的铸造控制（大型中间罐、结晶器和中间罐液位自动控制、稳定的操作条件）使钢水清洁度和铸坯表面质量得到进一步改善。由于有效的过程控制，不需要精整或检查而直接送往热轧的板坯，对碳素钢已超过产量的90%，使热装比能够达到较高的比例，1989年在索拉克—FLorange厂曾达到77%，或者直接轧制（ILVA—塔兰托NO.5连铸机）。

用户反映，具有很均匀机械性能的连铸产品是非常有益的

铸造条件的异常仍可能对铸坯质量有害。这些异常情况几乎都在更换中间罐、调换水口或者钢包交换期间，开始浇注及浇注结束时发生。在这些情况下，钢水可能会受到空气或渣子的污染，使铸造条件发生变化。在不稳定的铸造条件下，可采用适当的冷却控制来改善铸坯的表面质量。解决钢包更换所带来问题的方法是设计能缓冲断流和防止卷渣的中间罐，T型中间罐就是为此而研制的一个例子。

含碳量在0.08%~0.16%之间的钢种仍存在特殊的问题，添加微合金（Nb...）会使情况进一步恶化。这些钢种容易产生表面裂纹，可能需要铸坯表面检查和清理。这种裂纹的敏感性是由于在结晶器内产生不均匀的凝壳，与钢水凝固收缩有关。铸坯缺陷发生率与浇注的不稳定程度有关。目前，一方面在结晶器上装备检测仪表，用其收集结晶器的检测信号，通过分析，预测这些钢种的表面质量；另外在通过水口设计及电磁场控制液面稳定

方面正在做着许多工作。由于对高强度钢需求的不断增长，要浇铸这些钢种的无缺陷铸坯仍然需要寻求技术上的解决办法。在结晶器设计方面所进行的开发和研究工作有：液压驱动振动、颤动、润滑和多段倒锥度；另一个解决方法是避免浇铸含有裂纹敏感成分的钢种，或者通过轧制中在线热处理，例如加速冷却来达到所要求的机械性能。

对于诸如海洋结构钢，管线钢及某些具有较宽凝固范围的，有特殊用途的钢种，其最近的研究工作，旨在改善内部缺陷以及减少半宏观偏析和宏观偏析。这是最近五年来铸造技术取得显著进展的一个领域。各种技术方法正在进行工业性试验，这很清楚地说明，直接铸成半成品是何等重要，它不需要长而昂贵的均热时间来使钢质均匀。

与柱状晶结构有关的轻压下技术是为了减少板坯的严重的中心偏析。最近，日本试图通过冷却控制或先使板坯产生一些鼓肚，接着再轻压下这样一种复杂的技术，在整个板坯宽度上控制偏析产生。

最近，许多研究工作都涉及到线棒材用高碳钢的大方坯和小方坯连铸。在结晶器内的电磁搅拌、在二冷区的电磁搅拌及凝固末端的电磁搅拌已经应用了许多年，在许多连铸机上都没有解决问题。而其他正在研究中的技术主要涉及：

一通过热交换水口（图10）使钢水过热度控制在 10°C 以下、感应加热或等离子加热中

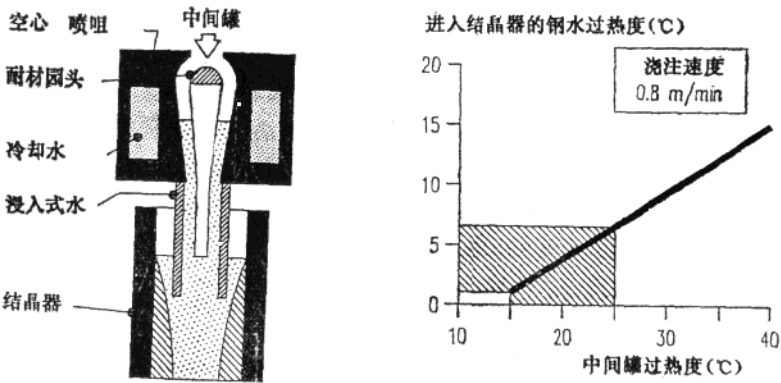


图10 降低过热度的空心喷嘴

间罐、在中间罐或结晶器内加入保护渣。

一对铸流通过轧制或锻造施加轻的或重的压下。

一结晶器下方强烈冷却以提高凝固速率（图11）或者在凝固末端进行轻压下。

应用这些技术需要专门的设备以及在过程控制方面施以附加的约束，就能改善连铸坯的质量。

仪表、控制和维护

产品的计算机跟踪和铸造情况记录与产品的质量统计、管理是决定产品是否具有符合用户要求的质量水平的主要方法。它们是质量保证的基本手段。

通过对埋设在结晶器铜板中热电偶信号的分析，提供了有效进行漏钢预报的系统，漏钢预报在越来越多的板坯连铸机上使用。对于大方坯连铸，ARBER正在进行同样的研究。

为了识别预测缺陷可能发生的信号，积极进行了加强结晶器仪表装备的研究。问题的

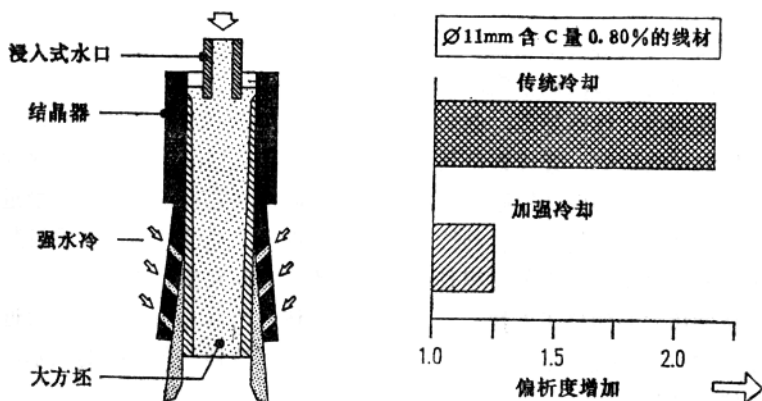


图11 ARBED大方坯连铸机结晶器出口强冷却

复杂性需要借助近似的数学模型来了解结晶器内临界的传热情况。

对于在线表面缺陷检查系统也进行了研究。有利用光、热和电磁效应等各种检测方法。但是由于昂贵的设备费用，检测器的过分专一性，或在热的工作环境中检测器缺乏足够的可靠性，至今这些方法的使用仍受到局限。

精确的结晶器液位和控制已经证明，这是决定铸坯表面质量的重要手段，自动测量和调节系统朝着越来越复杂的方向发展，以适应较高的流量速率和逐渐提高的质量要求。

连铸机的机械状态，诸如结晶器形状、结晶器磨损情况、振动情况、辊子对中及辊子偏心度等等都直接影响着产品的表面质量及内部质量。欲搞清楚这些状况，得花费较长的时间，现代化的连铸机目前能达到较高的利用率，能够进行必要维修的时间极少。通过良好的劳动力培训、用监视系统预测意外事故、计算机支持的计划和管理以及把连铸机设计成可以快速更换的装置并离开生产线进行修理，来实现高效并有效的维修。

新生产工艺的展望

接近成品形状的连铸

连铸是铸造技术的一项革命，取消了初轧，在浇铸接近产品最终尺寸的半产品方面取得了成功。

连铸板坯可以一次加热而加工成钢板或热轧卷。但是对于所需要的棒材和线材，用大方坯必须进行两次加热轧成。欧洲的钢铁厂早就认识到一次加热工艺方法的好处，并对用于高级钢种的小方坯连铸着重进行了研究。为了增大半成品的原始断面，在轧机方面所进行的技术开发有助于实现这一目标。今天可以直接轧成棒材的大方坯断面可达 265mm^2 ，而线材用的小方坯可以达到 150mm^2 。

对于所报导的压缩比小于 $1:5$ 的重型产品一厚板和段件，则用了很长时间才实现接近产品形状的连铸。在1968年投产的Manitoba轧钢厂，首次连铸生产了型钢坯，如今已在一些厂推广使用。

减少生产费用并压缩生产环节的压力越来越大，结果导致连铸和轧钢工艺联结起来，

并减少所需要的轧制压下量。为了浇铸更接近最终产品断面尺寸的铸坯，世界各地的带钢领域正在进行大量的开发研究工作。这些研究项目包括各种技术，可以提供多种原始厚度的产品：有从80~40mm厚度的薄板坯；有25—1.5mm的带钢；有1.5mm以下的薄带直到箔。

直接铸成带钢，然后冷轧，当然是一项非常可贵的贡献。目前，带钢连铸还处于早期中间试验的阶段，并几乎专用于不锈钢。为了满足碳钢所要求的质量和产量水平，仍要进行许多研究工作。可以说，在未来十年中，带钢连铸还不能使炼钢世界发生变化。

相反，薄板坯连铸目前已经达到工业化生产阶段。首先在纽柯厂采用，保持了一条传统的生产线，连铸机浇铸50mm厚的板坯，接下来由一台很长的加热炉及传统的4机架精轧机轧成2.5mm到12mm的带钢。因此就提出了一个问题：这是新概念炼钢厂的第一个例子？还是恰好适应当地条件的应用实例？我们的看法是，这项技术所做的大量研究工作，可能为改变炼钢界提供了一条令人感兴趣的工艺路线。

欧洲钢铁工业的生产模式

在过去20年中，钢铁工业的生产模式发生了深刻变化，而且这个变革似乎仍在继续进行。这个变革是市场条件变化的反应，也是由于消费者的需求、环境保护、政治选择而被迫产生的。其首先指向降低生产费用和减少投资负荷。

世界炼钢生产中，自1980年以来，西欧所占的比例一直在下降（图12）。其主要原因在于减少了净钢出口（图13）以及作为老的工业化国家其内部消费近于饱和。在欧洲，已经不再寻找更好的生产工具来发展生产，但可以通过充分利用大多数使用中的设备和改革炼钢生产，使生产率进一步提高。

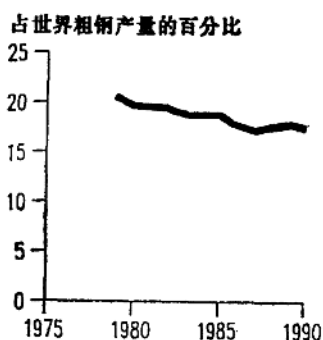


图12 欧共体在世界粗钢产量中的比例

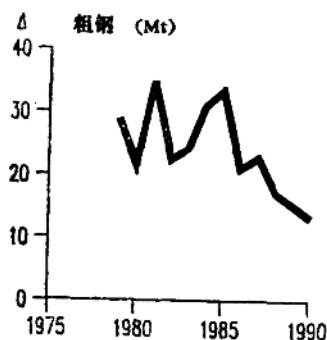


图13 欧共体中生产与消费之间的差距

许多欧洲钢铁联合企业具有200~400万吨/年的生产能力。这些企业主要生产板钢类产品，而往往连铸生产能力有余；这些厂还装备了很复杂的热轧机，能够轧制25mm以下，最小到1.25mm厚，600~2000mm宽的带钢，包括非常难于轧制的材料在内的各类钢种。这些设备在操作中要求很高，需要慎重权衡设备费用，则仅适合实施部分生产计划（典型为30%）。将来，1000~1200万吨/年规模的大型钢铁联合企业可以对应专门的产品，使各种生产设备专一化，以减少生产费用和投资费用。

增加废钢的利用率，将有利于电炉的发展。目前，欧洲共同体(12国)有25%的碳钢用电炉生产（图14）；主要生产一些条钢产品，因为轧制废钢残留元素的变化不会削弱这些