

第四届国际连铸会议文集



1988.5.17-19

布魯塞爾

中国金属学会连续铸钢学会编译

第四届国际连铸学术会议文集

1988 布鲁塞尔

中国金属学会连续铸钢学会

编译出版前言

第四届国际连铸会议是1988年5月17日至19日在比利时首都布鲁塞尔举行的。根据国际钢铁学会安排,这次会议是由比利时的冶金研究中心和西德冶金工作者协会主办,並得到欧洲共同体委员会的资助。出席会议的有来自世界上四十多个国家的900多名代表(按会议正式注册者名单统计)。会上发表了79篇正式论文。涉及产品质量保证、铸机设计强化,中间包冶金、理论与实验室研究以及水平连铸和薄板坯连铸等专题范围。此外,会上还就国际钢铁学会技术委员会1985年组织的对世界连续铸钢状况所做的第二次研究报告举行了专门的讨论会。会议期间还举办了现代连铸技术展览会。共有33家公司展示了各自的最新产品和技术成就。因此,这次会议不仅是迄今为止规模最大的一次国际连铸学术会议,也是一次内容相当丰富、组织非常成功的空前盛会。被认为是当年(1988年)度国际钢铁工业中的最重要事件。中国金属学会派连铸学会理事史宸兴(首都钢铁公司)出席了会议並在会上发表了“世界上最大的小方坯连铸设备”的学术报告。鞍山钢铁学院郭殿才也参加了会议並宣读了“在连铸机内加速凝固可能性”的论文。此外,连铸学会理事陈增祺(北京钢铁设计研究总院)和王砚铭(天津第二钢厂)合写的论文“超低头板坯铸机及其在中国的发展”也收录在会议文集中。会后,全体代表分八个组分别参观了比利时、荷兰、卢森堡、西德和法国的连铸钢厂。

会议文件除了各公司在会上和展览会期间散发的资料外,主要有两份。一份是会议正式论文集,分两册,包括10个题目共73篇文章。这10个题目和每个题目的文章数是:

1. 开幕词	2 篇
2. 质量控制方式和要求	4 篇
3. 连铸板坯质量预测和保证	8 篇
4. 连铸大小方坯质量预测和保证	8 篇
5. 板坯铸机的设计、强化和改造	8 篇
6. 大小方坯铸机的设计、强化和改造	8 篇
7. 中间包冶金	10 篇
8. 理论和实验室研究	9 篇
9. 扁形产品浇铸新方法	8 篇
10. 长形产品浇铸新方法	8 篇

另一份文件是国际钢铁学会技术委员会1985年组织一个连铸专门研究组对世界连续铸钢状况进行调查之后写的研究报告。这份报告是按教科书篇目结构编写的,是了解连铸历史发展,技术现状和未来发展的十分有用的实际资料。参加调查並撰写本报告的有来自13个国家的15名专家。在本次会议上,由其中的6位代表发表了专题报告。他们报告的题目是:

1. 连铸的发展领域。涉及技术发展、应用和二次炼钢;

2. 基本铸机设计。包括立式、弧形和薄板坯连铸机等;
3. 钢包和中间包。涉及浇注速度、钢流保护、预热和耐火材料发展等;
4. 结晶器, 包括尺寸、寿命、振动参数、计测、漏钢检测和电磁搅拌等;
5. 铸坯。包括电磁搅拌、冷却控制、检查、精整、无缺陷坯浇铸和热送等;
6. 铸机操作。涉及生产率、收得率、多炉连浇、漏钢和最新纪录等。

应国内有关部门和广大连铸技术工作者的要求, 中国金属学会连续铸钢学会决定编译出版本文集。

《文集》包括两部分:

第一部分为“第四届国际连铸会议论文选”, 共搜集三十六篇论文, 应该说都是在连铸领域的各个方面有代表性的文章。考虑到中国代表的几篇文章已为国内同行所了解, 故为节省篇幅未收进本文集内。

第二部分为“世界连续铸钢第二次研究报告(1985年)”, 考虑它是一本完整的书, 故全文译出, 并保留原篇目结构, 全书目录未作统一编排。

连续铸钢自1970年左右在工业生产中开始推广以来, 现已成为生产半成品毛坯并随后进行热加工的最受欢迎的工艺。以振动式结晶器为代表的传统连铸方式旨在提高生产率、改善产品质量并实现热送和直接轧制方面, 技术发展日臻成熟。水平连铸的发展、薄板坯或薄带连铸以及实现高速浇铸的移动式结晶器等新的连铸方式的出现, 预示着连铸技术的发展正面临着一次新的飞跃。这本文集从一个侧面正好反映了当前连铸技术的发展趋向和一些新的研究成果。希望它能为我国连铸界的科研、设计、生产和管理工作提供有益的参考。

本文集由史宸兴、蔡开科任总审校。周曙、邹孝叔、黄锡槐参加了部分校工作。雷知行、万体姪、易本熙负责编辑加工和组织出版, 王殿栋负责封面加工。本文集的出版得到了北京钢铁设计研究总院和王定武院长的大力支持和帮助, 此外, 武汉钢铁设计研究院、韶关钢铁厂、柳州钢铁厂、首钢机总吉林柴油机厂、秦皇岛耐火材料厂和邢台冶金轧辊厂等单位也给予了资助, 在此深表谢意。

由于时间仓促、水平有限, 文选中错误和不妥之处难免, 欢迎读者批评指正。

中国金属学会连续铸钢学会

一九九〇年三月

目 录

第一部分 第四届国际连铸会议论文选

- 一、开幕词——连铸技术的现状西德蒂森公司E.Höffken (3)
- 二、连铸坯的在线质量控制英国英钢联W.R.Irving (14)
- 三、控制连续铸钢初生坯壳的形成法国IRSID A.Delhalle等 (24)
- 四、连铸板坯生产的厚板中心偏析比利时技术学院Y.Riquier等 (31)
- 五、英钢联RAVENSCRAIG厂控制板坯中心偏析的技术
.....英国英钢联J.E.Haggart等 (41)
- 六、控制高合金特殊钢板坯质量的几种检测方法
.....西德克虏伯钢公司P.R.Scheller等 (48)
- 七、英钢联CLYDESDALE厂三流圆坯连铸机的试车和投产
.....英钢联A.Byrne等 (54)
- 八、结晶器高频振动对连铸小方坯表面质量的改善
.....日本神户制钢 HIROYUKI YASUNAKA等 (61)
- 九、连续铸钢清渣度的控制西德曼内斯曼公司H.Jacobi等 (69)
- 十、高碳钢大方坯中心偏析的产生及其预防措施
.....中国台湾中华钢公司Chien C.M.等 (78)
- 十一、防止高碳钢方坯中心偏析的新方法比利时CRM S.Wilmotte等 (86)
- 十二、用连续辊压法改善连铸坯的中心偏析
.....日本川崎钢公司SHINJI KOJIMA等 (94)
- 十三、意大利冶金公司塔兰托厂——从1号连铸机到5号连铸机：开发
连铸技术15年的进步意大利冶金公司G.Colarini等 (102)
- 十四、考克里尔公司CHERTAL厂的目标是年产230万吨连铸坯，实现全连铸
.....比利时考克里尔公司A.Baert等 (114)
- 十五、无人操作的连续浇铸法国索拉克公司佛罗伦季厂Ph.Schittly等 (118)
- 十六、用移动车式测量系统监测连铸机的工作——结晶器和连铸机操作稳定性测量
.....瑞典皇家工学院P.Ljubinkovic等 (123)
- 十七、沙特钢铁公司小方坯连铸
.....沙特钢铁公司R.S.Armstead等 (130)
- 十八、影响小方坯菱形变形的因素
.....加拿大QIT—Feret Titane公司V.Krujelskis等 (140)
- 十九、用于改进工艺操作和提高铸坯质量的耐火材料

-英国 THOR 陶瓷公司 N.A. McDHERSON 等 (145)
- 二十、高质量耐火材料是现代连铸技术的关键
-西德 DIDIER 公司 W. Parbel 等 (149)
- 二十一、明显减轻劳动强度和改善环境的中间包砌衬新方法
-英国福赛柯国际公司 John H. Courtenay 等 (159)
- 二十二、向钢包、中间包之间的钢流喷吹铁粉控制钢水过热度
- 芬兰冶金研究中心和瑞典 IFM 开发公司 M.Sc. Seppo Hintikka 等 (165)
- 二十三、FAST 法——在连铸板坯结晶器内进行微合金化和加速冷却的新方法
-意大利冶金研究中心和特尔尼特殊钢公司 S. Antonio 等 (171)
- 二十四、液态夹杂物在滤出时的表面效应
-美国费城 Drexel 大学 Sydney Iuk 等 (180)
- 二十五、热送直接轧制 (HDR) 的冶金研究与开发
-日本钢管公司 KIMINARI KAWAKAMI (191)
- 二十六、传热、两相区的力学特性及电磁搅拌对连铸方坯偏析的影响
-法国南希矿业学校 G. LESOULT 等 (198)
- 二十七、板坯浇铸条件对结晶器传热的影响
-加拿大不列颠哥伦比亚大学 R.B. Mahapatra 等 (206)
- 二十八、粘结漏钢和悬挂漏钢的研究美国内陆钢公司 K.E. Blazek (215)
- 二十九、BHP 的连铸中间包流场的物理数学模拟
-澳大利亚中央研究所 C.J. Dobson 等 (228)
- 三十、欧洲共同体在薄板坯连铸方面的进展
-欧洲共同体钢研究部 P.R.V. Erans 等 (234)
- 三十一、用喷射沉积成型法生产扁形产品的工艺技术及冶金效果
-西德曼内斯曼公司研究所 Klaus Wünnenberg 等 (245)
- 三十二、有两个石墨段的水平连铸结晶器内的热传导
-捷克 VITKOVICE 研究所 L. Smrha 等 (254)
- 三十三、生产铁镍基线材产品的水平连铸美国加州铸钢工程公司 Robert 等 (260)
- 三十四、特殊钢水平连铸奥地利奥钢联 G. Reithner 等 (266)
- 三十五、OLARRA 公司不锈钢水平连铸两年的经验
-西班牙 OLARRA 公司 J. Verastegui 等 (272)
- 三十六、第二代水平连铸机
-西德曼内斯曼德马克冶金技术公司 J. VON Schnakenburg 等 (278)

第二部分 世界连续铸钢第二次研究报告 (1985年)

国际钢铁学会技术委员会

前言	(285)
国际钢铁学会技术委员会连铸专门研究组成员名单	(285)
摘要	(287)
〔 连续铸钢及第一个25年	(290)
1.1 连续铸钢 简史	(290)
1.2 连铸的发展及影响	(293)
1.2.1 连铸比及收得率	(293)
1.2.2 二次炼钢的影响	(294)
1.3 连铸机工程设计	(295)
1.3.1 炼钢厂及铸机设计	(295)
1.3.1.1 炼钢厂布置	(295)
1.3.1.2 铸机设计	(297)
1.3.2 从钢包向结晶器供应钢水	(297)
1.3.2.1 钢包支承	(297)
1.3.2.2 中间罐	(298)
1.3.2.3 钢包到结晶器的钢液保护	(298)
1.3.3 结晶器及结晶器振动	(299)
1.3.3.1 结晶器设计、材质及冷却	(299)
1.3.3.2 结晶器振动	(301)
1.3.3.3 结晶器尺寸	(302)
1.3.3.4 可调宽度结晶器	(302)
1.3.4 铸坯支承	(302)
1.3.4.1 结晶器下面支承	(302)
1.3.4.2 铸坯支承导辊	(302)
1.3.5 二次冷却	(305)
1.3.5.1 喷水冷却	(305)
1.3.6 辅助设备	(306)
1.3.6.1 电磁搅拌 (EMS)	(306)
1.3.6.2 引锭杆	(307)
1.3.6.3 铸坯切割装置	(308)
1.3.7 自动化	(308)
1.3.7.1 自动化系统	(309)
1.3.7.2 喷水自动控制	(309)

1.3.7.3 喷水自动检查	(310)
1.3.7.4 自动检查	(310)
1.3.7.5 连铸机几何尺寸控制	(311)
1.4 铸机操作	(312)
1.4.1 提高生产率技术	(312)
1.4.2 稳定操作技术	(313)
1.4.3 浇注保护渣	(313)
1.4.4 低温浇铸	(314)
1.4.5 漏钢控制	(314)
2. 连铸冶金学	(316)
2.1 钢包冶金——为连铸提供清洁钢	(316)
2.1.1 二次炼钢的必要性	(316)
2.1.2 钢包处理的准备	(318)
2.1.2.1 无渣出钢和除渣	(318)
2.1.2.2 钢包耐火材料	(318)
2.1.3 钢包处理	(318)
2.1.3.1 去碳	(318)
2.1.3.2 去氢	(319)
2.1.3.3 去硫和控制	(319)
2.1.3.4 氮的去除与吸收	(319)
2.1.3.5 氧的控制	(320)
2.1.4 防止钢水污染	(321)
2.1.4.1 钢包到中间包	(321)
2.1.4.2 中间包	(322)
2.1.4.3 中间包到结晶器	(323)
2.2 凝固	(324)
2.2.1 结晶器内的初期凝固	(324)
2.2.1.1 钢水成分对坯壳形成的影响	(325)
2.2.1.2 结晶器振动	(326)
2.2.1.3 油润滑	(328)
2.2.1.4 保护渣润滑	(330)
2.2.1.5 振痕形成机理	(333)
2.2.1.6 结晶器传热	(333)
2.2.1.7 结晶器和顶部区几何形状	(338)
2.2.2 二冷区的继续凝固	(339)
2.2.2.1 小方坯和大方坯的二冷区传热	(339)
2.2.2.2 板坯的二冷区传热	(341)
2.2.2.3 凝固壳特性	(343)

2.2.3 内部结构	(345)
2.2.3.1 主要参数的影响	(345)
2.2.3.2 偏析——小钢锭理论	(347)
2.2.3.3 V型和半宏观偏析	(347)
2.2.4 电磁搅拌 (EMS) 的有利作用	(348)
2.2.4.1 EMS原理	(348)
2.2.4.2 大方坯和小方坯的EMS	(348)
2.2.4.3 板坯EMS	(350)
2.3 影响铸坯质量因素 (板坯)	(353)
2.3.1 钢成分、铸机设计和操作对铸坯质量影响	(353)
2.3.1.1 钢水成分对铸坯质量影响	(355)
2.3.1.2 铸机设计对铸坯质量影响	(359)
2.3.1.3 操作和维修对铸坯质量影响	(361)
2.3.2 不正常操作条件对铸坯质量影响	(362)
2.3.2.1 不正常浇铸条件对形状缺陷影响	(362)
2.3.2.2 不正常浇铸条件对板坯表面缺陷影响	(363)
2.3.2.3 不正常操作对内部缺陷影响	(364)
2.4 影响铸坯质量因素 (小方坯)	(364)
2.4.1 钢水供应	(364)
2.4.1.1 成分影响	(365)
2.4.1.2 注流保护	(366)
2.4.1.3 钢水温度	(367)
2.4.2 结晶器参数	(367)
2.4.2.1 结晶器几何形状	(367)
2.4.2.2 结晶器锥度	(367)
2.4.2.3 结晶器液面控制	(368)
2.4.2.4 结晶器振动装置	(368)
2.4.3 二次冷却	(370)
2.4.4 不正常浇铸条件对小方坯质量影响	(370)
2.4.4.1 内部缺陷	(370)
2.4.4.2 表面和皮下裂纹	(371)
2.4.4.3 星形裂纹	(371)
2.4.4.4 表面夹杂	(371)
2.4.4.5 表面渗漏	(371)
2.4.4.6 针孔	(372)
2.5 最终产品用途对铸坯质量要求	(372)
2.5.1 连铸板坯	(372)
2.5.1.1 对轧制钢板用的铸坯质量要求	(373)

2.5.1.2	对轧制带钢用的铸坯质量要求	(374)
2.5.1.3	其他用途的板坯(边部轧制成大方坯)	(374)
2.5.2	连铸大方坯和小方坯	(374)
2.5.2.1	易切削钢	(375)
2.5.2.2	冷拔线材	(375)
2.5.2.3	轮胎钢丝	(375)
2.5.2.4	低碳钢冷拔钢丝	(375)
2.5.2.5	不锈钢	(377)
2.5.2.6	滚珠轴承钢	(377)
3	连铸技术状况	(377)
3.1	调查范围	(382)
3.2	连铸技术应用范围	(387)
3.3	连铸机基本设计	(392)
3.4	钢包和中间罐	(400)
3.5	结晶器	(408)
3.6	铸坯	(412)
3.7	操作指标	(432)
4	连铸技术的新发展	(432)
4.1	质量判断	(432)
4.1.1	结晶器诊断技术	(434)
4.1.2	热检测	(435)
4.2	不同宽度铸坯的生产	(435)
4.2.1	可调宽结晶器	(436)
4.2.2	双联或三联组合浇铸	(436)
4.2.3	轧机内的边部轧制	(438)
4.2.4	板坯纵切	(438)
4.3	直接轧制	(439)
4.3.1	无缺陷板坯生产	(439)
4.3.2	高的板坯温度	(440)
4.3.3	生产过程控制系统	(441)
4.4	代用沸腾钢的浇铸	(442)
4.4.1	成分范围	(444)
4.5	结晶器电磁搅拌改善板坯清洁度	(445)
4.6	高速浇铸	(446)
4.7	水平连铸	(449)
4.8	低头式连铸机	(451)
4.9	中间罐技术的开发	(452)
4.10	连铸新技术	(453)

4.10.1 长形产品	(453)
4.10.2 扁形产品	(454)
4.10.2.1 薄带钢浇铸	(455)
4.10.2.2 带钢浇铸	(455)
4.10.2.3 薄板坯浇铸	(456)
5. 结论	(460)

第一部分 第四届国际连铸会议论文选

一、开幕辞—连铸技术的现状

西德蒂森公司 E. Höffken

女士们、先生们：如果我们相信百科全书的话，那么铁器时代已经经历了漫长的一段时间：3000年至4000年。铁最初稀有而且贵重，首饰和武器均用它制作（图1—1）。



图1—1 早期铁器时代的武器和工具

自从发现铁以来，新的物件就源源不断地由这种十分有趣的材料制造出来。具有不同工艺性能的钢用在一切形式的建筑、机械和消费品方面。

因现在在代工业社会里这类设备和构件消耗巨大，所以根据其钢铁工业的发展状况，可以推断出一个民族的繁荣状况（图1—2）。

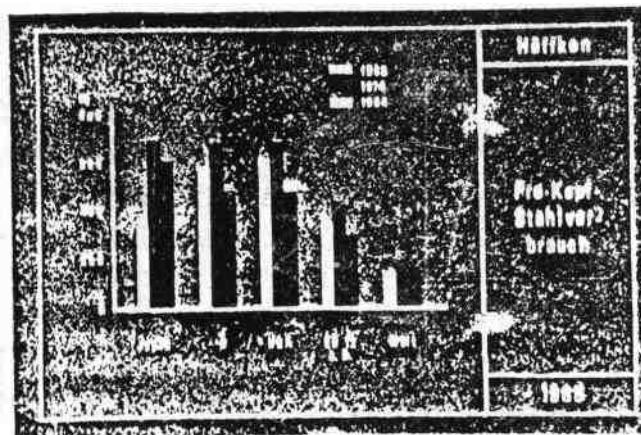


图1—2 西方某些国家人均钢消耗与世界平均消耗对比

由于陈旧设备超负荷和补贴造成钢铁工业部门不景气的经济形势，迫使人们对设备和生产工艺进行合理化的改造，以生产更好的产品投放市场。未来高生活水平所不可缺少的机械和日用品仍将用钢制作。

钢与多种材料相互竞争着：

由钢制造的镀锡板必须质量更好且价格更便宜，否则饮料罐会用铝制作，或者饮料业会用塑料、纸、玻璃来包装各种液体（图1—3）。

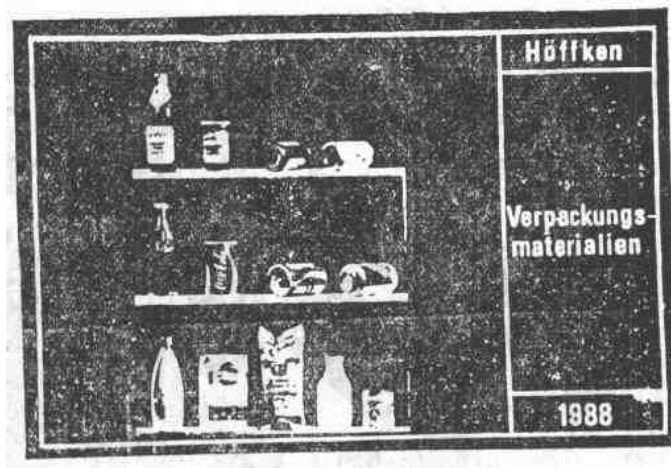


图1—3 用于各种液体的不同包装材料

在汽车车身或汽车制造上塑料正取代着钢。

还可以举出更多的例子来阐明为什么钢必须进一步发展，以保持它作为材料的地位。屈服强度低于 170 N/mm^2 ，含碳量小于0.005%的深冲钢正是今天汽车制造者们要求的材料。由热镀锌板或电镀锌板制造出的车辆具有较长的寿命。

不言而喻，我们需要一个冶金工艺，它允许经济而大量地生产任何所需成分的钢。当然，这种钢应具有高的纯洁度，因为在金属成型期间，非金属夹杂会导致裂纹、条痕或其它缺陷。

现代复吹工艺给我们提供了精炼含有任何所需合金成分金属的可能性。高纯度的氧气被吹到钢水熔池里，氩气或氮气也由转炉底部吹入熔池以起搅拌作用。尤其是它与钢包冶金或二次冶金相结合，今天炼钢正以一系列最佳工艺步骤进行着（图1—4）。

女士们，先生们：用精炼冶金方法已经大大地完成了所期望的任务，但是钢的凝固和成型仍然存在很多问题。直到1981年至1984年，钢铁专家才编辑出版了四卷关于他们对钢的凝固行为的经验总结（图1—5、6）。

幻灯片表明合金类型、浇注温度、拉速、断面形状和其它条件均影响钢的凝固组织。

未经精整的钢锭在轧制产品时产生的低劣表面以及轧废的钢锭和钢锭切头切尾导致的低收得率实在是太明显了（图1—7、8）。

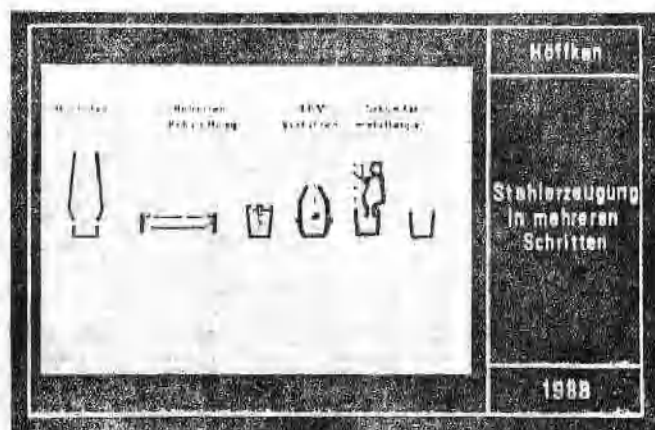


图 1—4 不同工艺步骤的炼钢

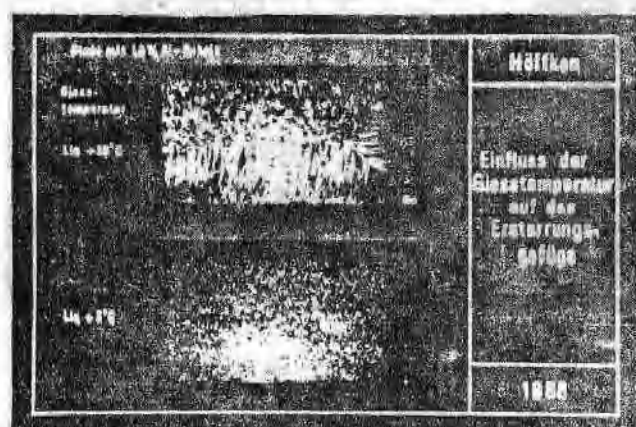
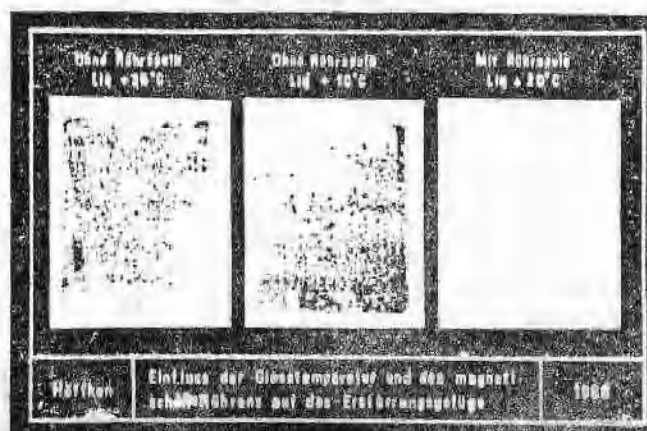


图 1—5、6 浇注温度和电磁搅拌对凝固组织的影响

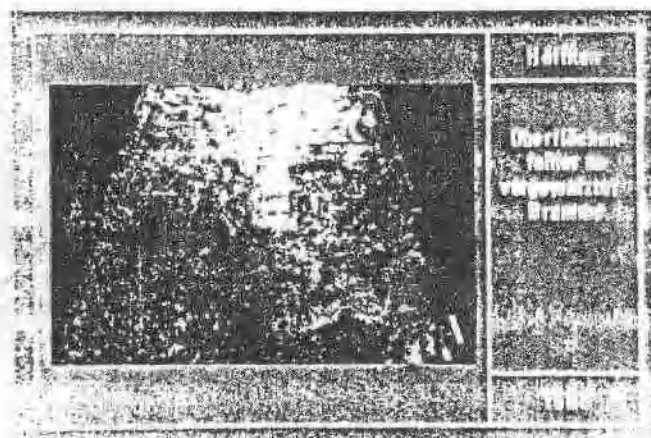


图 1—7 轧制扁锭上的表面裂纹

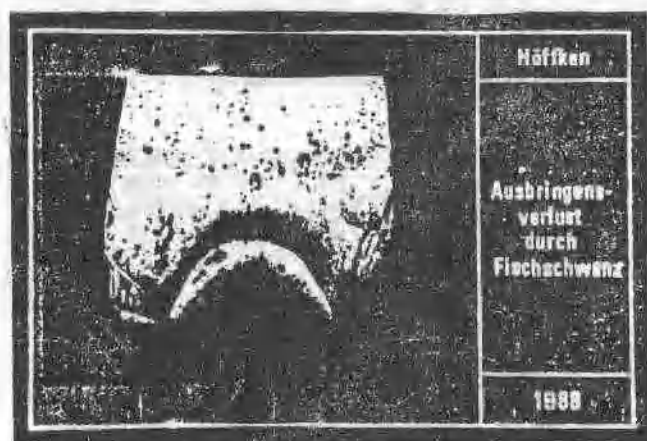


图 1—8 轧制扁锭上的鱼尾