



5.00元

国外连铸新技术

(译文集)

—

冶金部情报研究总所

1982.5

前 言

为发展我国连续铸钢技术,冶金部情报研究总所钢铁情报室、技术经济情报室的一些同志从日本出版的《铁与钢》(1981年第8期)、《特殊钢》(1981年第1期)、《中小方坯连铸技术的发展》(第69、70次西山纪念技术讲座论文集)中选择38篇文章,有关专家认为,这些文章对我国调整时期发展连续铸钢技术很有参考价值。按冶金部有关司局建议,现将这些文章翻译、编为《国外连铸新技术》(译文集)出版发行。

本文集包括综述文章、技术资料、技术报告和论文等,重点围绕普通钢、特殊钢连铸坯质量问题,介绍了保护浇注、电磁搅拌等新技术及其经济效果。为使用方便,文集分连续铸钢综述、普通钢连铸、特殊钢连铸、特殊连铸机四个部分。

参加本文集有关文章译校的同志有马惠林(兼主编工作)、阎峰、孙幼娟、贺秀芳、吴南富、葛志琪、李金生、王凤林等。请冶金部北京钢铁设计研究总院张喆君、陈增琦两位同志对译文进行了技术审校,在此致以谢意。

编 者

1981.12

TG233-6/1

目 录

第一部分 连续铸钢综述

一、连续铸钢设备最近的进展.....	1
二、近年的连铸计测和控制.....	20
三、板坯连铸机生产和操作技术的进步.....	33
四、提高连铸板坯质量,扩大连铸钢种.....	55
五、方坯连铸设备和铸坯质量.....	88
六、条钢产品用坯的连续铸造.....	108
七、线材用坯的连续铸造.....	133

第二部分 普通钢连铸

八、线材生产用的连铸设备及其质量问题.....	175
九、改善连铸板坯的表面质量与无清理轧制.....	184
十、铸坯变形对连铸大方坯产生内部裂纹的影响.....	193
十一、结晶器内电磁搅拌对连铸大方坯负偏析的影响.....	204
十二、依靠电磁搅拌改善连铸大方坯的质量.....	214
十三、用电磁搅拌改善连铸坯的凝固组织.....	226
十四、连铸用准沸腾钢的生产方法.....	236
十五、连铸用准沸腾钢的质量特点.....	244
十六、结晶器内熔融保护渣对连铸坯纵向裂纹的影响.....	251
十七、连铸过程中外来夹杂物的来源及减少夹杂物的措施.....	263
十八、钢在600~900℃温度范围内的脆化特性.....	275

十九、关于铸坯表面缺陷的基础研究与应用.....	287
--------------------------	-----

第三部分 特殊钢连铸

二十、线材、棒材用特殊钢连铸技术的现状.....	299
二十一、不锈钢及耐热钢的方坯连续铸造.....	306
二十二、特殊钢板坯的连续铸造.....	367
二十三、通过电磁搅拌连铸18%Cr不锈钢凝固组织的细化.....	377
二十四、奥氏体不锈钢小方坯连铸的问题及其对策.....	387
二十五、日本钢管公司连铸产品介绍.....	395
二十六、大同特殊钢公司的特殊钢连续铸造.....	401
二十七、住友金属工业公司连铸的机械结构用碳素钢及合金钢.....	408
二十八、神户钢铁公司高级条钢产品用坯的连铸化现状.....	415
二十九、日本不锈钢公司由连铸大方坯、小方坯生产的不锈钢 产品.....	423
三十、三菱制钢公司利用“组合电磁搅拌”处理铅易切削钢.....	430
三十一、川崎钢铁公司连铸生产的机械结构用棒材.....	436
三十二、吾孺制钢公司大方坯连铸技术与线材、条钢产品的质量.....	441
三十三、新日本钢铁公司连铸的机械结构钢.....	446

第四部分 特殊连铸机

三十四、特殊连铸机.....	451
三十五、小方坯水平式连续铸钢机的开发.....	490
三十六、影响水平连铸机稳定操作的诸因素.....	498
三十七、旋转连铸机的设备与操作.....	510
三十八、用板坯连铸机浇注优质无缝钢管用管坯.....	518

一、连续铸钢设备最近的进展

儿玉正范

(一) 绪论

①由 H. 贝塞麦(Henry Bessemer)发明的连续铸造法⁽¹⁾,在五十年代已工业化,以后由于在设备和操作方面的不断改进,到六十年代已具备了和大型转炉配合进行大量生产的可能。尤其是日本,自此以后有了惊人的发展。到1973年末,连续铸钢机台数为生产方坯的64台,生产板坯的26台。年生产能力约为2500万吨,连铸比约为20%。到1979年底,生产方坯的连铸机112台,生产板坯的37台,年生产能力达5800万吨。连铸比达52%,并仍在大幅度提高。今后的发展趋势是建设大型板坯连铸机和大方坯连铸机,不久的将来连铸比可达到预计的80%。特别是在1973年石油危机以后的这些成就,可以说是把连续铸钢作为钢铁厂合理化措施运用的结果。

连续铸钢是一种收得率高,节省能量的工艺过程。最近正在实现的铸坯热装入下工序加热炉的操作,可进一步提高节能的效果。由于积极研究提高铸坯的质量,使得几乎所有的高级钢,都能用连续铸钢法进行生产。过去从生产费用着眼,一般认为沸腾钢的连铸困难,由于生产率的进一步提高,现在已可以用替代钢种进行浇铸。

这样,连铸技术已渡过了它的初期发展阶段,成为代替铸锭—初轧法生产钢坯的主要技术。它同以往的铸锭—初轧法完全不同。今后要达到更高的连铸比,还要研究诸如形成比较稳定的操作或与轧钢机配合的连续化等许多课题。本文整理了关于连续铸钢设备最近的发展与动向。

(二) 连铸设备最近的动向

1. 历史

②目前具有代表性的连铸机型式如图1-1所示。在五十年代工业化的连铸机是立式(图1-1a)。六十年代,为了降低设备费用和出坯合理化,研制了在铸坯凝固后进行弯曲矫直的立弯式连铸机(图1-1b),该机装在西德迪林根公司胡金根厂(Dillinger Hütten Werke)。但是当这种型式的连铸机做为大规模生产使用时,有增大钢液静压力,使铸坯产生质量问题和增加设备费用的缺点,为此发展了能弥补这些缺点的弧形连铸机,如图1-1d所示,并成为六十年代后半期的主要型式。为了进一步降低连铸机的设备高度,也设计了多点弯曲矫直的连铸机即椭圆形连铸机,并用于工业生产(图1-1e),但这种装置较少。这种弧形连铸机的缺点是非金属夹杂物偏内弧聚集。生产高纯钢则着眼于垂直浇注后进行液相弯曲拉矫铸坯的连铸机(图1-1c)。这种型式的连铸机是由美国钢公司(U.S. Steel)、奥地利联合钢铁公司(VöEST)、瑞士奥尔森公司

(Olsson)设计的。另外, 还有水平式连铸机的研究也在继续进行, 但还没有达到普及的程度。这种水平式连铸机的优点, 主要是降低设备费用, 提高生产率, 防止非金属夹杂物聚集。现在, 就使用条件或浇铸钢种来说, 被认为是最适宜的类型。

连铸机除浇注矩形断面的铸坯以外, 还试浇过圆坯⁽⁵⁾⁽⁶⁾、中空管坯⁽⁷⁾、多角形坯⁽⁸⁾和H形异形坯⁽⁹⁾, 其中投入工业生产的有圆坯和H形坯。在圆棒材的生产方面, 西德曼内斯曼(Mannesmann)公司应用圆坯连铸法⁽¹⁰⁾, 法国 ANZIN 等公司应用由 SCEC 设计的旋转连铸法。而西德Eschweiler公司则应用水平搅拌结晶器内钢液的电磁搅拌法(Magnetogyr)⁽¹¹⁾。由英国 BISRA 和加拿大阿尔果马(Algoma)共同研制的H形异形坯连铸, 在1968年已用于工业生产。

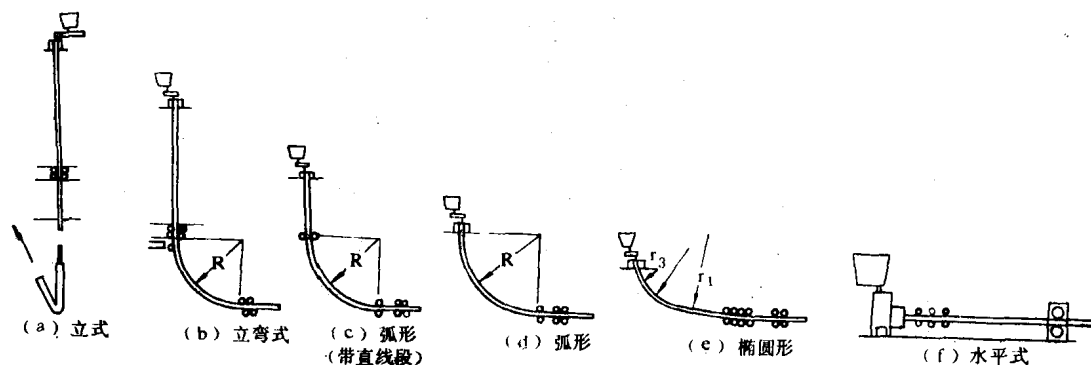


图1—1 现有各种连铸机的型式

2. 小方坯连铸机

小方坯连铸机, 是在以生产棒材为主的电炉钢厂中发展起来的。设备力求简单, 以降低设备费用。所有设计的出发点是把保守变成简单。这里仅介绍2~3个例子。

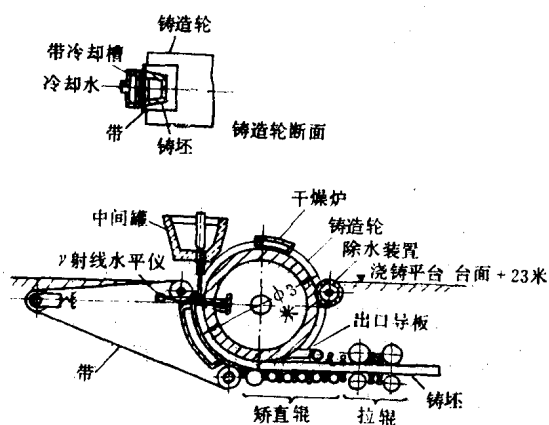
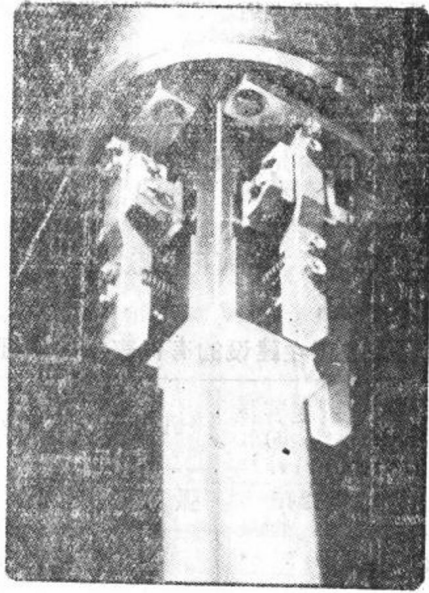


图1—2 轮式高速连续浇铸方式

速度带来的主要课题是防止漏钢, 照片1—1⁽¹³⁾是以冷却板代替结晶器下口足辊的支持方式, 安装在国光制钢的小方坯连铸机上⁽¹⁴⁾与过去的小方坯连铸机相比。由于将多流的各设备组装成一体而大大减少了占地面积并减轻了维修工作量。

图1—2所示为日立制造厂研制的同步旋转轮式连铸机结构图⁽¹²⁾, 结晶器是由旋转的铸造轮(同注入的钢水一同旋转)和金属带构成, 在结晶器与凝壳之间不产生相对滑动状态下, 使凝壳冷却。因此, 同现有的连铸机相比, 只要合理地选择铸造轮直径就有可能实现高速浇注。这种型式的实用, 铸机以3~5米/分的浇注速度浇注了160/190×130毫米的铸坯, 然后将其直接轧制成130毫米方坯。若与轧制联结起来, 就更能节约能量和提高收得率。

对现有的各种型式连铸机来说, 提高浇注



照片1—1 多段结晶器

3 大方坯及板坯连铸机

表1—1和表1—2是日本1972年以来建设的具有代表性的大方坯连铸机及板坯连铸机。由此可见以下特点：

- 1) 过去以弧形连铸机为主，现在立式及直结晶器弧形连铸机正在增加；
- 2) 板坯及大方坯的断面尺寸在加大；
- 3) 在条钢产品的生产方面，由于H形异形坯或圆坯等异形断面连铸机的投产和采用压力穿孔轧机(PPM)，就有可能用一次加热生产出无缝钢管等轧制产品。

(1) 直结晶器弧形连铸机增加

恒生等人认为，钢水内非金属夹杂物浸入深度 H_p ，见式1—1。

$$\log H_p = 0.462 \log \left(\frac{V_o}{V_s - V_c} \right) \cdot \left(\frac{H \sin \theta}{2} \right) \cdot \left(\frac{W}{900} \right)^{1.3} - 0.397 \quad (1-1)$$

式中

V_s ——夹杂物的上浮速度；

V_c ——浇注速度；

V_o ——水口出口的流速；

θ ——浸入式水口的出口倾角；

W ——板坯宽度。

拜田等人用式(1—1)求各位置夹杂物的分布，然后求铸坯内弧侧捕捉夹杂物的浓度。

从不捕捉夹杂物的区域到最大浸入深度 H_p ，用积分法测定夹杂物总量 $\eta_{\text{总}}$

$$\eta_{\text{总}} = \frac{2\beta V_s}{k \cdot V_c^{\frac{1}{2}} \cdot R} \cdot H_p^2 \cdot \left(0.0508 H_p^{5/2} - 0.333 H_p^{3/2} + 0.6 \xi^{5/2} \right) \quad (1-2)$$

式中

β ——比例于流入结晶器内夹杂物量的参数；

ξ ——不捕捉夹杂物的长度；

1972年以后建成的或正在建设的有代表性的板坯连铸机

表1—1

公司名称	厂名	建设年月	钢包容量 (吨)	铸机型式	流数	结晶器最大断面 (毫米)	备注
神钢	加古川	73年1月	245	弧形	2	200×1850	神钢型
川铁	水岛	73年10月	275	"	2	305×1900	多节辊多点矫直
住金	鹿岛	74年5月	280	"	2	220×1800	
川铁	千叶	74年9月	180	立弯式	2	260×1700	VöEST 制多节辊
新日铁	大分	76年3月	340	弧形	2	300×2200	压缩浇注
新日铁	大分	76年8月	340	"	2	"	"
钢管	京浜	76年11月	280	"	2	234×2250	
钢管	京浜	76年11月	280	立弯式	2	204×1850	多节辊，轻压下
川铁	水岛	76年11月	275	"	2	310×2500	多节辊
钢管	京浜	79年3月	280	弧形	2	254×1950	
新日铁	八幡	79年4月	300	"	2	250×2100	
住金	鹿岛	79年7月	280	"	1	300×1700	方板坯连铸机双坯浇注
新日铁	君津	80年4月	300	立弯式	2	270×2300	多节辊
新日铁	名古屋	80年11月	250	弧形	2	245×1630	多点矫直
新日铁	界	预计81年1月	170	"	2	250×1300	
川铁	千叶	预计81年3月	230	立弯式	2	260×1900	多节辊
住金	和歌山	预计81年10月	160	弧形	1流/2机	350×1800	大方坯、板坯兼用

说明：神钢=神户钢铁公司，川铁=川崎钢铁公司，住金=住友金属工业公司，新日铁=新日本钢铁公司，钢管=日本钢管公司。

1972年以后建设的或正在建设的有代表性的方坯连铸机

表1—2

公司名称	厂名	建设年月	钢包容量 (吨)	铸机型式	流数	结晶器最大断面 (毫米)	备注
川铁	水岛	73年10月	200	弧形	4	400×500	H异形兼用
钢管	京滨	74年3月	80	立式	4	Φ210	旋转浇铸, 78年12月停产
神钢	尼崎	74年3月	45	弧形	2	240×240	
神钢	尼崎	"	45	"	2	"	
住金	小仓	76年3月	70	立弯式	4	300×400	
新日铁	八幡	77年7月	150	弧形	4	340×340	PPM方式, 浇注无缝管坯
住金	和歌山	79年1月	160	"	4	370×600	
钢管	京滨	79年5月	280	立式	4	400×520	
住金	和歌山	80年6月	80	弧形	1	400×600	
神钢	加古川	预计80年12月	245	"	4	380×600	
神钢	神户	预计81年1月	80	立弯式	2	300×400	
钢管	福山	预计81年5月	305	弧形	4	258×410	H异形钢兼用

说明: 神钢=神户钢铁公司, 川铁=川崎钢铁公司, 住金=住友金属工业公司, 新日铁=新日本钢铁公司, 钢管=日本钢管公司。

注: 这里包括固相弯曲带液芯弯曲两类, 近年建设多为后者, 我国习惯称为直结晶器弧形。

$$\xi = \left(\frac{k \cdot R}{2V_c} \right)^{1/2} \quad (1-3)$$

V_s ——夹杂物的上浮速度;

k ——凝固速度常数;

V_c ——浇注速度;

R ——曲率半径。

由式(1—1)和式(1—2)可以求出对应各种浇注速度, 用以减轻夹杂物含量的铸机所需直线部分的长度以及夹杂物的分布。图1—3表明, 用式(1—2)求出的直线部分长度对夹杂物聚集的影响情况。从中可知, 通过数米长的直线段, 可以大幅度地减少夹杂物的聚集量。

进一步提高铸坯质量仍是今后的发展方向, 因而可以预计直结晶器弧形连铸机会进一步普及。

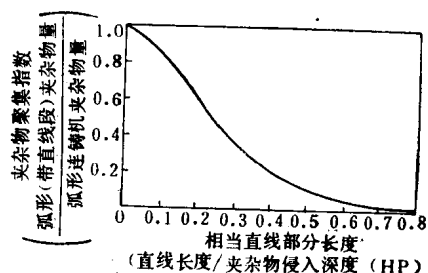


图1—3 直线段长度与夹杂物聚集量的关系

(2) 浇注断面的大型化

较早实现连铸生产的是条钢中的型钢、线材、一般圆钢用料，无缝钢管及机械结构用钢的连铸生产则发展较迟。但是，在1973年川崎钢铁公司·水岛厂建成了 300×400 毫米的大断面方坯连铸机⁽¹⁷⁾，浇铸断面的大型化，有利于生产夹杂物少的纯净钢，如图1—4所示的，对促进生成等轴晶及减少中心偏析是有利的。新日本钢铁公司·八幡厂⁽¹⁹⁾、日本钢管公司·京浜厂，住友金属工业公司和歌山厂⁽²¹⁾，相继增建大断面方坯连铸机。除去新日本钢铁公司·八幡厂外，这些连铸机生产的大断面方坯，一度都要作为中间坯料轧制成圆坯供给无缝钢管轧机。大方坯连铸机作为加热轧制圆坯的前提，可以说决定了无缝钢管的生产工艺。另外，采用大型方坯连铸机也有利于扩大以前因压缩比不够而不能用连铸法生产的棒钢制品的尺寸⁽²²⁾。

在板坯连铸方面，川崎钢铁公司·水岛厂的 310×2500 毫米连铸机⁽²³⁾，美国国家钢铁公司大湖厂(Great lakes)的 240×2640 毫米连铸机⁽²⁴⁾都是具有代表性的大板坯连铸机。前者把大板坯供给厚板轧机，后者为了提高连铸机的生产率，进行宽度倍尺浇注，继而将板坯纵切后，供给热带钢轧机。

(3) 异形断面的连铸机

在1973年川崎钢铁公司·水岛厂投产的异形断面连铸机浇铸断面和铸机断面图，如图1—

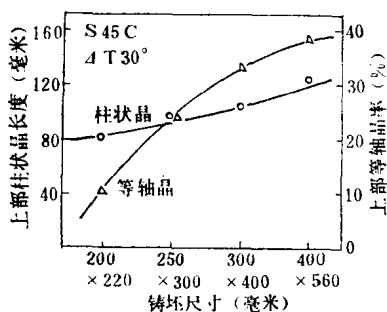


图1—4 柱状晶长度及等轴晶率和铸坯尺寸的关系⁽¹³⁾

所示⁽²⁵⁾。异形断面坯的连铸，后来被东京制铁(公司)高知工厂引入⁽²⁶⁾。据说还有许多公司在建设。连铸无缝钢管用的圆坯，在日本钢管公司·京浜厂用 SCEC 旋转连铸法生产，已取得较好成绩。但因1978年水江工厂关闭，现已停止生产。

对于无缝钢管的穿孔，改变了曼内斯曼穿孔方式，研制成按压力方式把方钢直接穿孔成中空管坯的 PPM 方法⁽²⁸⁾。安装在新日本钢铁公司·八幡厂的大方坯连铸机，就采用 PPM 方法供给轧管机坯料，省去了圆坯的轧制工艺，效果很好。

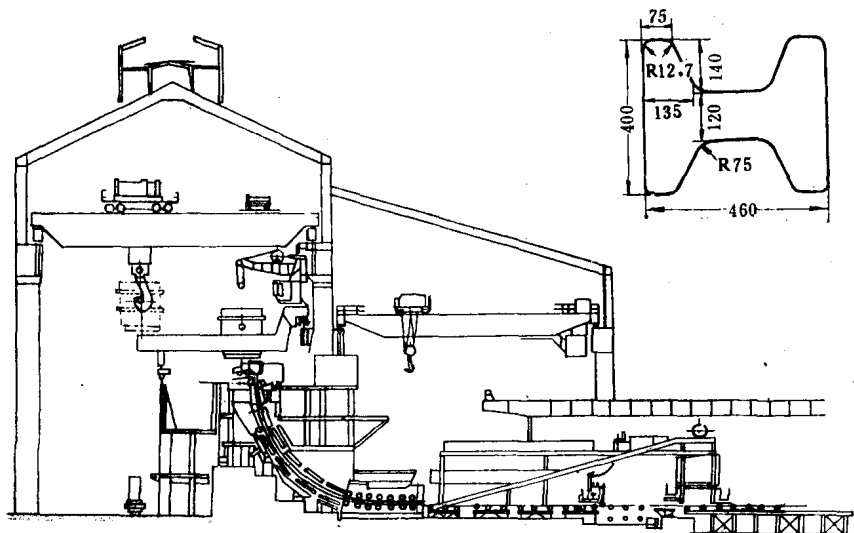


图1—5
川铁·水岛厂Na3连铸机的连铸断面和车间剖面图⁽²⁵⁾

(三) 为提高生产率和改善铸坯质量所作的设备改进

近年来, 连铸机的生产率显著提高, 板坯连铸机月产已达26万吨以上, 大方坯连铸机也达月产10万吨以上。为提高生产率, 在提高开工率的同时、提高浇注速度, 提高铸造过程的生产率是必要的。为此, 在高速浇注下确保铸坯良好质量的技术是十分重要的。下面以设备为中心, 论述关于提高生产率和提高铸坯质量的各种技术改进。

1. 高生产率的形成

要实现高的作业率, 重要的是增加连浇炉数。不得不中断连浇的因素, 除了炼钢与连铸之间配合不好或发生故障之外, 主要是中间包耐火材料或浸入式水口的寿命以及钢水成分变化和改换浇铸断面。通常中间包的使用炉数比浸入式水口长, 因此如采用图1—6所示的水口更换装置, 可解除因水口的寿命所造成的限制。在前后炉钢种不同的情况下, 根据结晶器的情况, 采用不同方法向结晶器插入连接板的操作技术。可以实现连炉浇注^[33]。在板坯连铸中, 对于改换断面的浇铸, 研制成了变更宽度的各种技术, 这种宽度可调技术分两类: 其一是在一度中断浇铸时变更结晶器宽度, 然后再继续开浇的方法^{[34][35]}(断续法); 其二是在浇注进行中慢慢移动结晶器短边的方法。^[36]假若热带钢轧机有较大的宽展能力, 那么采用后一种方法可不产生废料, 同时又消除了因为浇注中断对设备造成的恶劣影响, 所以说后一种方法是比较优良的方法, 各工厂可根据现有条件选用宽度可调技术。

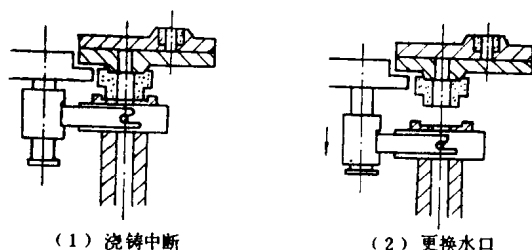


图1—6 浸入式水口更换装置

法。在正常浇注和变化宽度的过程中, 为了相应调整不同的短边锥度, 应该设置上下螺旋间的离合器。采用上装引锭杆^[38], 可使浇注的准备时间缩短到40分钟以下。如普及在浇注中变换结晶器宽度和不同钢种连浇, 其效果则减少。

由于自动化仪器的开发, 各种检验操作的劳动强度减轻了, 并缩短了操作时间。主要的仪器或装置, 图1—8所示的二次冷却区用喷嘴检验装置^{[39][40]}, 结晶器短边锥度自动控制装置^[41], 结晶器振动监测装置^[42], 辊子开口度及对弧^{[43][44]}测量装置^[45], 辊子转动检查装置等^[46]。在变更浇铸断面时, 由于采用结晶器和夹辊机架成组一起更换的结构^[17], 以及自动检测控制辊缝技术的运用, 使所需时间大大缩短了。

在连铸设备中, 管理好结晶器和夹辊组是

中慢慢移动结晶器短边的方法。^[36]假若热带钢轧机有较大的宽展能力, 那么采用后一种方法可不产生废料, 同时又消除了因为浇注中断对设备造成的恶劣影响, 所以说后一种方法是比较优良的方法, 各工厂可根据现有条件选用宽度可调技术。

图1—7所示为大森^[37]等人提出的在浇注中变更结晶器断面宽度的结构图和变更方法

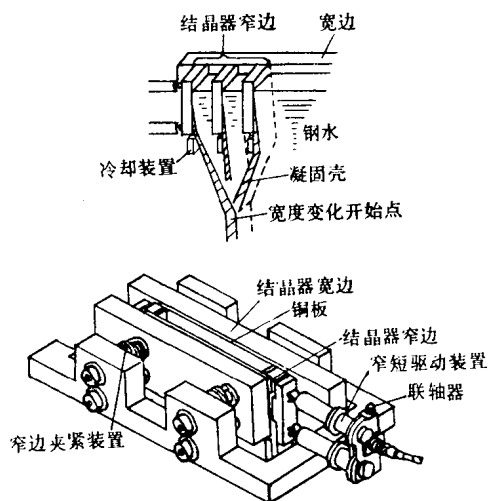


图1—7 宽度可调结晶的构造和宽度调节方法

非常必要的。各种结晶器铜板表面镀层技术的进步,使结晶器的寿命从过去的200~300炉延长到800~1000炉;由于采用表面堆焊和选用了新材料等,使辊子的寿命延长。图1—9所示为辊子堆焊各种材料后的耐磨性的调查结果^[40],由于选用Cr—Ni系的不锈钢,因此与低合金钢比较,其耐磨性提高大约10倍。但是堆焊法,在工作条件十分苛刻的情况下,焊接金属耐裂性不足,裂纹可发展到基体甚至发展成断裂,所以也应改变辊子本身的材质。曾报导使用12%Cr—Mo—V系的不锈钢进行锻造和离心铸造的辊子^[48],或用13Cr—6Ni系无缝钢管的中空坯料作辊子的实例。

作为辊子结构来说,在采用分节辊时,弯曲应力变小,提供了能显著缓和造成折断或弯曲的条件,所以在选用上述受重视的耐磨材料时,可大幅度提高辊子的寿命。

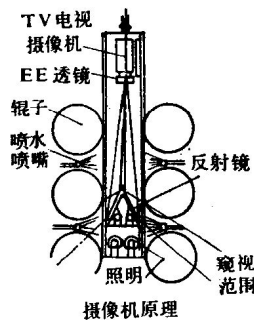
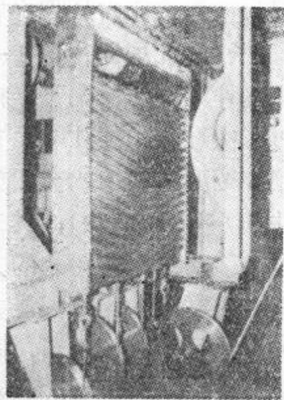


图1—8 喷嘴检验装置

辊子通常做成辊架,以利于迅速更换。辊架快速更换装置^[49]如图1—10所示。换辊30~4分钟即可更换完毕。由于多炉连浇技术的发展,浇铸准备时间和各种检试时间的缩短,以及结晶器和辊子的寿命的延长,使连铸机的作业率大大提高,连铸机浇注作业率与操作作业率之比超过90%的情况已出现。

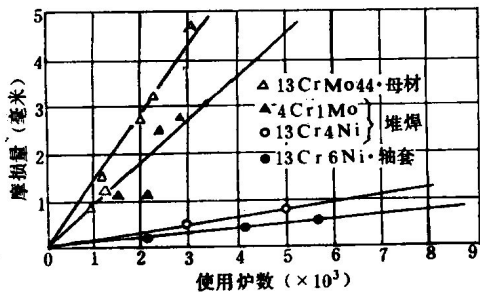


图1—9 各种堆焊材料与辊子磨损的关系

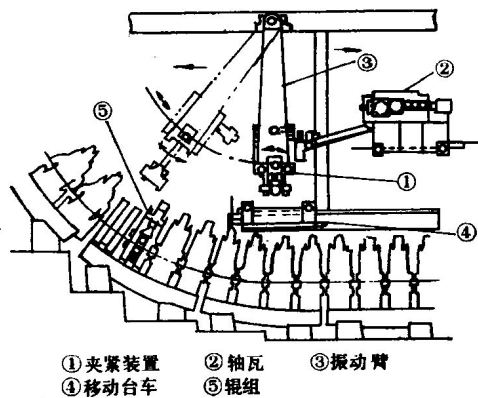


图1—10 辊架更换装置

2. 高速浇注技术

浇注速度的高速化,伴随着出现增大夹杂物的聚集量或产生内裂等问题。关于产生内裂的机理及凝固前沿的容许变形,已进行了许多的调查研究。不少调查实例说明,内裂发生的主要原因是鼓肚引起的^{[51]—[53]}。除此之外,因辊子压力不合适产生的裂纹、由于弯曲矫直

变形产生的裂纹〔55〕—〔56〕和因辊子调整的不好产生的裂纹等也均有报告。鼓肚的定量分析，采用有限单元法进行弹塑性理论计算〔57〕—〔58〕，按简单弹性梁变形公式，其最大鼓肚量 $\delta_{\max}$ 为：

$$\delta_{\max} = K \cdot P \frac{l^4}{E \cdot d^3}$$

式中

- K——常数；
P——钢水静压力；
l——辊子间距；
E——平均相氏模量；
d——凝壳厚度。

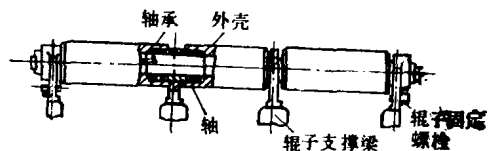


图1—11 IHI—VÖEST公司制造的分节辊图

因此，采用分节辊代替一个平辊的例子日渐增加。

图1—11所示为VOEST公司制造的分节辊〔59〕图1—2所示为能够内冷的分节辊〔40〕结构。

还有，在铸坯进行液相弯曲与矫直时，由于是多点矫直，可使每一次的变形减少。在大量采用多点矫直和分节辊的川崎钢铁公司·水岛厂的5号连铸机上，由于同时并用强制冷却，因此厚板用板坯，能以1.8米/分的最高浇注速度浇铸，而没有产生内部裂纹。

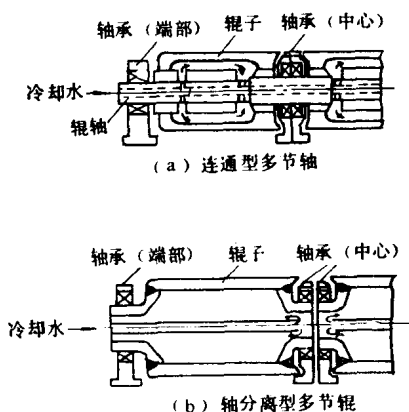


图1—12 能内冷的分节辊

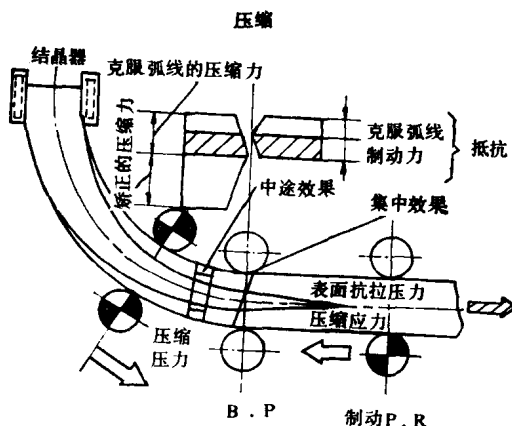


图1—13 在压力浇注矫直时的应力分布图

H.施赖瓦(Schrewe)和G.沃格特(Vogt)提出在二次冷却区配置驱动辊，这种称为多辊传动的装置可以减轻铸坯拉坯或矫直时的拉力。又进一步提出，通过辊子加入推力的方法(压缩铸造)，把它变成压缩力。美国国家钢铁公司〔62〕和日本新日本钢铁公司·大分厂也采用同样的方法，但其内容有一些差别。图1—13所示为新日本钢铁公司·大分厂的压缩铸造原理图〔63〕，以高达1.2~1.8米/分的浇注速度浇铸250毫米厚板用的板坯，预计今后将会把这些小辊距分节辊与压缩铸造结合在一起来应用。

在神户钢铁厂采用的步进梁方式，用来代替过去用辊子支持铸坯、用喷嘴冷却的一种结构。它是用内部水冷的二组支持梁在交替地支持及冷却铸坯的同时，铸坯不作相对滑动被拉出。这种想法也适于高速浇注。

在高速浇注时，为了防止产生内裂，除考虑上述设备的结构之外，为了确保辊子开口度

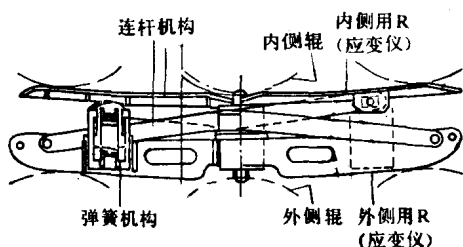


图1—14 同时测定连铸机辊缝及对弧的装置

或弧线的精度，而设计上仍仔细地考虑了必要的辊子精度测量装置。即在辊架上设置给定厚度的机构，以防止各种间隙。在提高大方坯连铸机刚度的同时，应考虑辊架间热伸长问题，以保证连续性，此外，设法防止驱动辊的压平等也是重要的。图1—14是一种同时测定辊子开口度和弧线的装置⁽⁴⁵⁾。也在进一步地研制辊子轴承运转不良的检验装置。如上所述，由于辊子寿命延长、设计的改进以及这些装置的应用，有可能使辊子保持很高的精度。

3. 电磁搅拌技术

质量均匀是连铸坯的一个优点，但也会产生中心偏析这样的缺陷。与一般模铸锭比较，其压缩比一般都偏小，这样就容易受到凝固组织的影响，因而希望改善凝固组织。为此利用电磁力搅拌钢水。来改善钢的中心偏析和凝固组织的技术就发展起来了。

(1) 结晶器内电磁搅拌

图1—15为电磁搅拌的原理图。

用IRSID和ARBED集团所开发的电磁搅拌装置，使结晶器内钢水以100转/分左右的速度旋转，用以抑制表面气泡的产生和离心分离夹杂物，同时也能有效地减轻中心偏析。在神户钢铁公司·神户厂实验的结晶器搅拌也取得了同样的结果⁽⁶⁵⁾⁽⁶⁶⁾。

图1—16为新日本钢铁公司·广畑厂发表的板坯结晶器电磁搅拌装置⁽⁶⁷⁾。它使钢水沿水平方向搅拌，对于含氧低的低碳钢，能抑制表面气泡的产生。

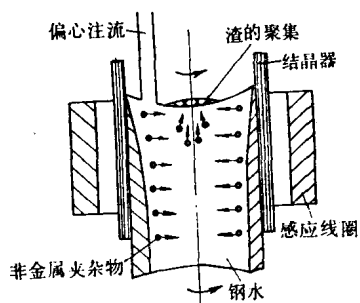


图1—15 结晶器内钢水电磁搅拌原理

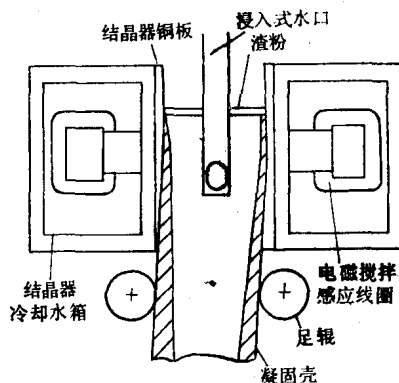


图1—16 结晶器电磁搅拌装置示意图

(2) 二次冷却区的电磁搅拌

图1-17所示为装在二次冷却区的各种搅拌方法这里有适于大方坯或小方坯以旋转磁场来

进行搅拌的方法^[68]，有使用线性电机离开辊子上部或靠近铸坯的部位进行搅拌的方法^[70]〔71〕，以及设静磁场并在钢内通以电流进行搅拌的方法等。

由于进行电磁搅拌(如图 1—18所示)，使铸坯等轴晶增大而改善了凝固组织。因接近固液相界面产生流动而引起负偏析(称为亮带)，因此为抑制亮带的产生，并确保宽的等轴晶带，结晶器电磁搅拌与二次冷却电磁搅拌可配合使用^[74]。二次冷却电磁搅拌装置也可多段设置^[75]。

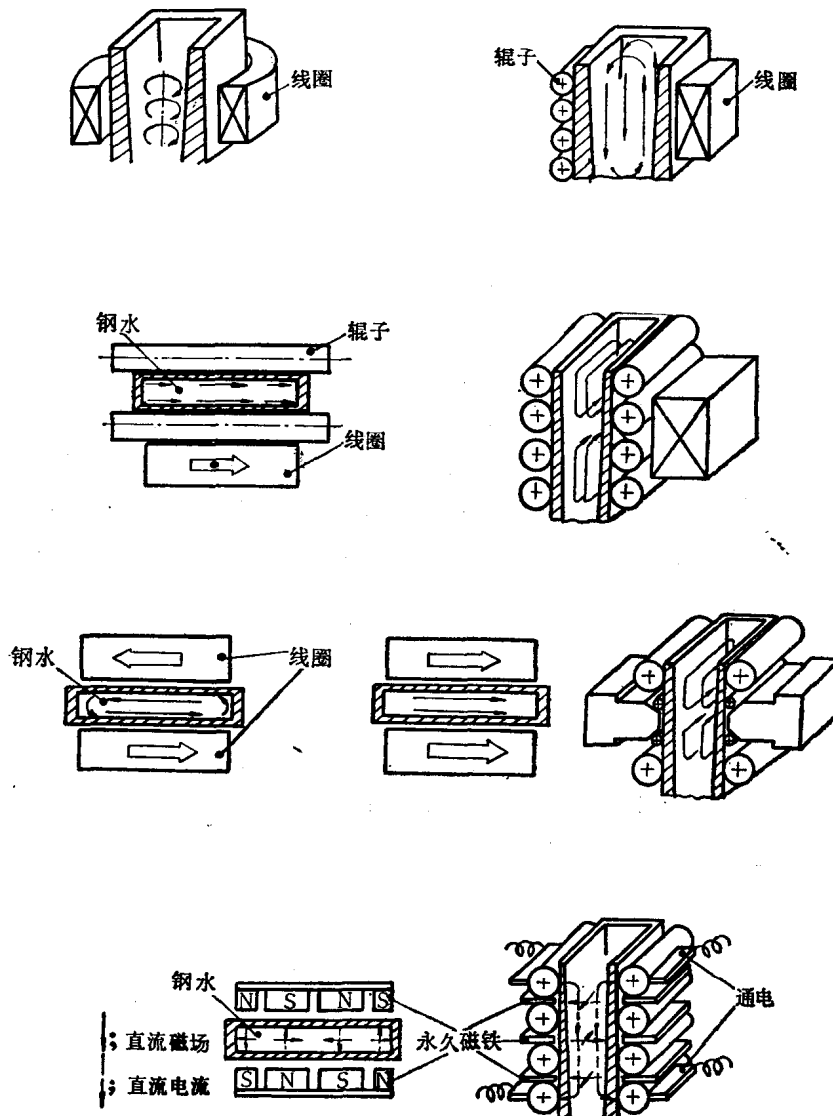


图 1—17 设在二次冷却区的各种电磁搅拌方法

图 1—19 为神户钢铁公司提供的各种搅拌方法对铸坯宏观组织的影响。因为等轴晶带的增大，降低了凝固界面的裂纹敏感性，所以有抑制内部裂纹的效果。可以设想，这样的电磁

搅拌技术,今后一定会获得广泛的应用。

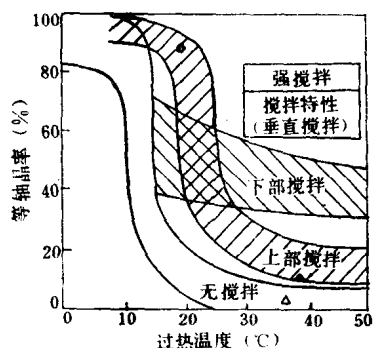


图 1—18 电磁搅拌条件对等轴晶率的影响

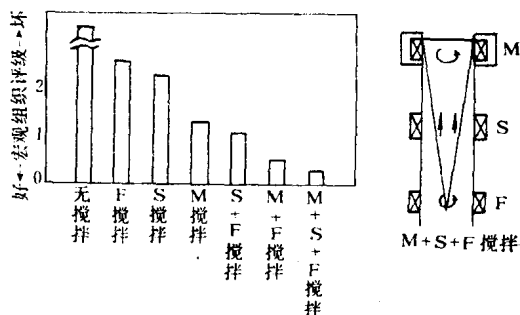


图 1—19 不同电磁搅拌方法(74)所形成的中心偏析比较

4. 减少非金属夹杂物

减少非金属夹杂物,不仅是连铸的事,而且也是包含钢水冶炼在内的全过程都应认真对待的课题。尤其是最近钢包精炼技术的显著进步,大大地有利于洁净钢的生产。在连铸方面,采用直结晶器弧形连铸机(即带直线段的弧形连铸机),对夹杂物的上浮分离是有效的。

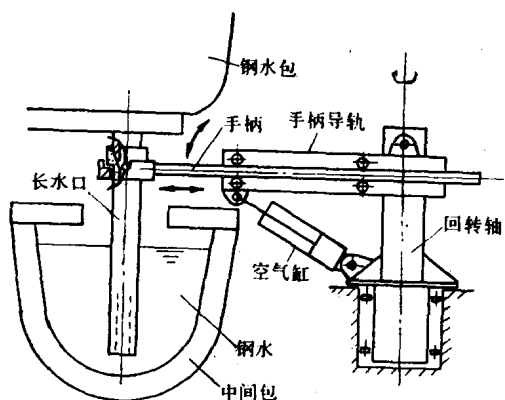


图 1—20 专水口移动装置

在中间包中除了考虑挡渣墙的形状和配置的办法之外,对容量超过70吨的大中间包(77),一开始普及如图 1—20所示的,在钢水包与中间包之间使用专水口进行无氧化浇注的方法。

在多炉连浇时,钢水包残渣流入中间包时会污染钢水,为了防止这种事情,研究出了钢水包残渣流出的自动检测法(87)。根据残渣的情况,

5. 铸坯表面的改进技术

为了防止结晶器壁铜板的铜浸入铸坯而产生晶界脆化裂纹,发展了在结晶器表面镀Ni等各种技术。在代替镀铬方面,(81)原等人,采用Ni—P系合金非电解化学镀法,田口等(82)人采用加厚镀Ni层的办法(达5毫米),铃木等人(83)介绍根据Ni共析出的铁的百分数,采用镀以Ni—Fe的办法,均可大大延长结晶器的使用寿命。

对于横裂纹的产生,确立了以动态方式控制铸坯温度,用以控制Al—N等的析出来防止裂纹产生的技术(80)(85)。

关于二次冷却区喷水的方法,正在进行气水二种流体喷嘴替代过去的喷水喷嘴的研究(86)(87)。这种喷嘴比过去的喷嘴喷射面积大,同时,有可能进行范围广的流量控制,因而是可

减少铸坯的冷却一再加热量，而有效地减少了表面缺陷的发生。

(四) 同轧制的连续化

1. 保证热装料的质量

在大量进行热装料时，重要的是在整个钢铁厂的范围内，使流程合理化、情报处理快速化、建立生产无缺陷铸坯以及确保铸坯质量的体制等。

因此，研制快速检验铸坯缺陷的装置和高温铸坯打号装置、去除铸坯在火焰切割时产生的渣的装置等是必要的。

热铸坯的表面检查设备，主要是采用光学方法，各厂均在使用^[88]。这种方法能检查出纵裂等比较大的缺陷，但判定细微的缺陷较难。因此，试用了铸坯表面采用感应加热检查伤部过热点^[89]或采用涡流的检查方法。但作为工业装置还没有的介绍^{[90][91]}。

此外，为了检查出热铸坯的内部缺陷，也可以利用超声波的方法^[92]。但在火焰切割前后的高温区至今还没有达到实用水平。

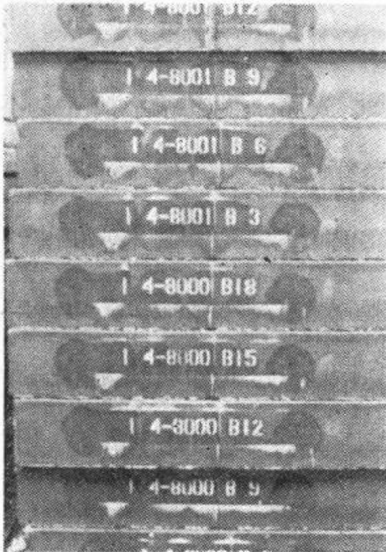
在热装料中，从保证铸坯质量的观点出发，采用在热状态下检查铸坯缺陷，是大为必要的。但目前尚未达到实用的水平，期待着今后进行大量的研究。

各厂都在应用热铸坯打号，喷印和打字的标记方法^[93]，后者是把号打在薄铁皮上再用枪把铁皮钉上的方法。喷印或打号是在高温板坯上标记的方法。照片1—2是铸坯用喷印法喷射的标记，即使在远处也能读出清晰的文字。

在铸坯上粘结的火焰切割渣，经轧制后多数会变成制品的缺陷。为此正在研究在轧制前清除这些残渣的设备，一般分为火焰清理^[78]或机械去除^[85]的方法。

2. 连续化

从生产观点出发在电炉—小方坯连铸机—棒材轧机组合生产时，在大方坯和小方坯的轧钢机间容易实现连续化，与此同时进行热装料的例子也很多。图1—21为住友金属工业公司·和歌山厂的大方坯连铸机生产的大方坯运输路线^[96]，为作到与轧制同时操作，连铸坯的输出、精整均采用在线机组，这些机组具有分别操作的功能。



照片1—2 采用喷印法标记的板坯^[94]

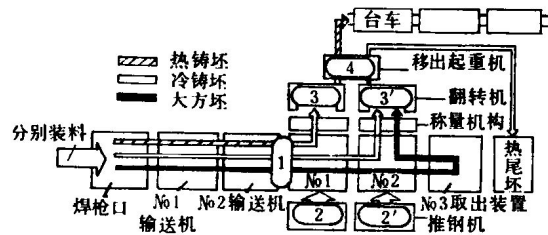


图1—21 住金和歌山厂的大方坯运输路线