

第六届国际轧钢会议 译文集 1

中国金属学会轧钢学会

第六届国际轧钢会议译文集

733-5

1(1/3)

四
年

第6届国际轧钢会议译文集出版说明

由德国钢铁协会主办的第6届国际轧钢会议于1994年6月20~24日在德国杜塞尔道夫市召开。会议主题是板带生产新技术。与此同时举行的还有第2届欧洲连铸会议和94年国际冶金技术和装备博览会。有41个国家的1158名代表参加了这次会议,共发表轧钢方面论文(包括连铸连轧)84篇。中国金属学会派代表出席了这次国际轧钢会议。

近年来,由于连铸和轧钢技术的最新发展,更加密切了连铸与轧钢的相互依赖关系,特别明显地反映在近终形连铸技术方面,连铸—连轧已成为钢铁工艺流程的重要组成部分。会议在新的连铸工艺技术基础上,研讨了带材的新生产工艺流程。这是国际轧钢界最高水平的重要学术会议。

为了让我国轧钢工作者尽快了解第6届国际轧钢会议的情况,冶金部科技司和中国金属学会轧钢学会共同组织翻译、出版了会议论文集,并得到了鞍山钢铁公司、本溪钢铁公司、北京科技大学等的大力支持。特向参加翻译、编辑、出版工作的同志们表示感谢。

译文集分3集陆续出版。第1集为连铸连轧部份;第2集为热轧板带部份;第3集为冷轧板带部份。因版面限制,译文的参考文献全部省略。部份图片由于原件不清晰,受到影响,请读者谅解。

冶金工业部科技司
中国金属学会轧钢学会
1994年11月

目 次

(第 1 集)

Kloeckner钢厂 (德国) 在常规双流连铸机上的薄板坯连铸试验·····	德国 (1)
希克曼的纽柯CSP工厂的卓越生产性能及通过增加连铸线的扩能·····	美国、德国 (6)
克里蒙那的阿尔维迪I.S.P厂薄板坯连铸、生产工艺及产品质量·····	意大利、德国 (13)
CPR——一种生产钢带的铸轧工艺·····	德国 (27)
浅析埃维斯塔—谢菲尔德公司的不锈钢薄板坯连铸生产线·····	瑞典、奥地利 (35)
柔性薄板坯轧制——一个改善产品品种和质量的新趋势·····	意大利 (41)
低碳钢薄板坯连铸和轧制的冶金学特点·····	荷兰、比利时 (49)
直装薄板坯的形变热处理·····	德国 (57)
结构工字钢的近终形连铸和直接轧制·····	美国 (62)
用于宽缘工字钢生产的近终形连铸技术的应用·····	卢森堡 (68)
水平连铸机上近终形连铸技术的新发展·····	德国 (73)
直接板带连铸——提高板带钢生产效率的新方法·····	瑞典、德国 (82)
双鼓式不锈钢带坯连铸机的进展·····	日本 (87)
AST Terni钢厂双辊式薄带连铸工艺的发展近况·····	意大利 (93)
双鼓式薄带连铸质量状况·····	韩国、英国 (100)
双辊直接薄带连铸的开发·····	英国 (107)
对Allegheny Ludlum的Coilcast带钢连铸技术的展望·····	奥地利 (115)
双辊连铸用电磁侧封技术 (EMD) 的发展·····	美国 (121)
双辊连铸不锈钢的微观和宏观偏析·····	德国 (127)

KloECKner钢厂（不来梅、德国）在常规双 流连铸机上的薄板坯连铸试验

H.-U. Lindenberg, W. Juchhoff, A. Kroeker-Buhe', R. Heimann

(KloECKner Stahl GmbH, Bremen 德国)

摘 要 1992年位于不来梅(德国)的KloECKner钢厂对常规双流连铸机(常规板坯厚220mm)进行了改造,使其中的一流能连铸厚120mm的薄板坯。试验包括7个钢种:深冲钢、包晶凝固结构钢(Peritectically solidifying structural steels)、管线钢和微合金结构钢。结果表明,用改造后的常规板坯连铸机可生产直接供热轧用的、各种钢种的薄板坯,且产品质量符合用户提出的高标准要求。

1 序

不来梅的KloECKner钢厂年产约 300×10^4 t冷、热轧钢板,钢种包括轿车工业用超低碳和无间隙原子深冲钢、低碳深冲钢、微合金结构钢、各种结构钢和管线钢。

该厂平面布置的特点是热轧机与连铸机之间距离较近,热轧厂步进炉的进料辊道与连铸机的出料辊道相距仅50m。故十几年来即已实现部分板坯的热装炉生产。出于节约再加热与变形的能耗、减少运输、储存和生产时间的目的,该厂一直把连铸后直接热轧做为战略发展的目标。

1992年10月至1993年1月该厂重砌二号高炉内衬,此期间连铸机的作业率不高,借机在常规的双流板坯连铸机上进行了薄板坯的连铸试验。其目的在于验证通过改造能否在常规板坯连铸机上生产薄板坯及相应的限制因素;评价薄板坯连铸的产量以及产品,尤其是包晶凝固结构钢和管线钢的质量(表面、结晶组织、轧制的工艺性能等)。试验时,双流中的一流连铸薄板坯,另一流则维持原有的连铸条件不变,以便通过对照比较明确薄板坯连铸的可能性并发现有关的薄弱环节。

1992年12月1日至3日,将常规连铸机

二号流扇形段的出口厚度由220mm改为120mm,1992年12月4日至11日进行薄板坯连铸试验。试验时已达到设备允许的最大铸速——3m/min。1992年12月12日二号流又改回常规厚度,重新按用户需求进行单流生产。

2 二号流的改造

二号流的技术数据见表1,1991年曾对其进行改造并调整至目前的工艺状态。

为进行长时连包连铸,实现了在连铸过程中的中间包与钢种的变更和调宽。用钢包车实现了单流连铸。

为薄板坯连铸试验,二号流的厚度改为120mm。

选择120mm的厚度,是为了减少改造结晶器、弯曲机和备用扇形段的机加工量。共有2个试验用结晶器,其中一个的长度由900mm增至1100mm。新增了外延冷却(Cooling of the extension)用的喷水束。受拉坯机驱动功率、火焰切割机切割速度、辊道驱动功率及长度和取坯时间的限制,允许的最高铸速为3m/min。120mm薄板坯的引锭杆由扇形板坯制成,因没有适于薄板坯用的辊式标定器(roll-checker),扇形的过渡段只能用手工测量。为降低改造费用,第2冷却段未用动态而仅用静态冷却。为监测粘

结漏钢，在结晶器宽面上均设有11对热偶，其在长、宽方向上的间距均为150mm（常规连铸时共设8对热偶，长、宽方向上的距离分别为150mm和300mm）。结晶器窄面上未设热偶。在试验过程中对报警的判据进行了调节与完善。

3 试验过程

表1 Kloeckner厂板坯连铸机设备参数

一般情况: 热试车 1973 (VAI) 改造 1991 (SMS) 铸流数 2 立弯机组, 5点矫直 最大铸速 1.6m/min 板坯尺寸 220 × (900~2400) mm, 长6~15m 引锭杆长 23.40m 中间包: 容量 40t/最大装料高度1m Jumbo—SEN (935mm长) /充Ar塞棒 钢包净重 约275t 结晶器液面控制 Co—60射沉 液压塞棒控制 浇铸时中间包与钢种更换	结晶器: 结晶器板长 900mm/可调宽 宽面板 Ni板/厚40~60mm 正弦振动/偏心驱动可调 振幅 6mm/频率: 56~110次/min 结晶器升降台监控 7单元 粘结漏钢监控 热偶 一次冷却 闭环/每侧可调 铸坯导架/冷却 冶金长度 28.65m 扇形段 150~320mm辊径 拉辊 内侧7个/外侧5个 (扇形段5—11) 二次整体冷却 动态冷却模式 辊/轴承冷却 及框架冷却 (闭环) 火焰切割机: 烧咀数 2 (Messer—Griesheim) 切割速度 400mm/min
--	---

3.1 连铸辅料

试验前，按以前对薄板坯连铸的经验选择并制备了保护渣。在试验过程中，通过改变所选粉末的混合比对保护渣进行了改善。

3.2 浸入式水口

试验使用了浸入式水口，其顶部尺寸未加改变，因为并未为此试验对塞杆/中间包/水口部位进行改动。为防止磨损和划伤，用氧化锆加强了水口结晶器液面部位。试验时，为使结晶器内均匀散热，以减少纵向裂纹，对浸入式水口的形状尺寸做了改进：磨小了外径并在其底部开槽以改善流动条件。

3.3 连铸条件

薄板坯的连铸条件见表2。

考虑到薄板坯连铸的细节和现有设备条

件的限制，当铸速较高，即>2.0m/min时使用了二次冷却曲线，此时薄板坯在二次冷却段停留时间比较短。

薄板坯连铸试验是在下述条件下进行的：最长允许试验周期为10天；在常规铸流上进行热试生产；为防止引锭杆粘结或拉漏，仅当铸流进入最末架拉坯机(扇形段11)后才将铸速升至1.6m/min和/或2.0m/min以上；最大振动频率为140次/min；有一备用的试验结晶器和弯曲件。

3.4 粘结漏钢监测/结晶器钢液面控制

以前没有关于粘结漏钢监测用热偶布置、计算机辅助控制系统的报警判据和结晶器液面控制参数方面的经验，故只得在试验过程中进行调节与优化。为防止在试验开始时经常出现的因误报警而中断连铸，先令结晶器中部（浸入式水口）的几对热偶不工作，然后再逐步完善报警系统。

第3批连铸结束时，调整了结晶器钢液面控制系统的阻尼参数，以适应第1种振动方式。前3批（7炉钢水）以手动方式连铸，在改为第2种振动方式后才进行优化(见

表2 薄板坯 (120mm) 和常规板坯 (220mm) 的连铸参数比较

	参 数	试验板坯 (120mm)	常规板坯 (220mm)
可变参数			
结晶器尺寸	坯宽, mm	900~1800	900~2400
结晶器振动			
	振幅, mm	12	6
	频率, 次/min	80~100	33~105
	第2次试验		
第2次试验	振幅, mm	8	
	频率, 次/min	80~140	
中间包温度			
第1次试验	过热, ℃	35~40	25~30
第2次试验	过热, ℃	25~35 (2炉)	
不变参数			
结晶器锥度 (参考长度 1000mm)	宽端, %	1.1	1.1
	窄端, %	1.1	1.1
一次冷却	宽端, ℃	dT=5	7000 L/min
	窄端, ℃	dT=5	700 L/min
二次冷却	冷却曲线B/B*, L/kg	1.5/1.4	0.8~0.9
	冷却曲线C, L/kg	1.6	1.0~1.1
	冷却曲线D, L/kg	1.7	1.2~1.3
Ar用量	塞棒, L/min	0.5~1.5	2.0~3.0
	浸入式水口, L/min	0.0~2.0	3.0~5.0

表2)。

3.5 钢种/批次

对深冲钢、微合金细晶粒钢和结构钢进

行了连铸试验, 表3给出钢种、板坯数量及用途。

图1是14批连铸的铸速。可见, 第1批连铸时的铸速即已超过2m/min。

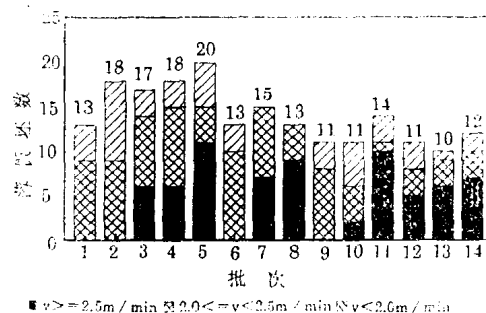


图1 1992年12月4日~11日薄板坯连铸试验时整个连铸批次中每片板坯可达到的铸速分布平均图

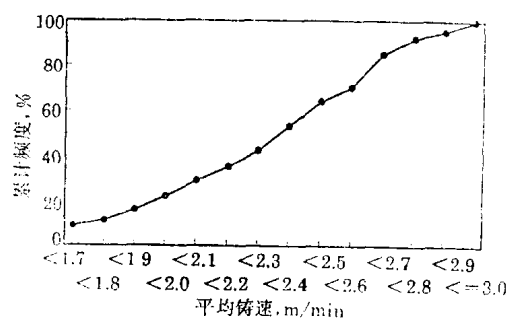


图2 连铸试验中每片薄板坯平均铸速的累计频度

图2表明, 约80%薄板坯的铸速 $V > 2.0$ m/min, 约30%薄板坯的铸速 $V > 2.6$ m/min。

表3 薄板坯的钢种和用途

钢 种	钢 号	碳含量, %	板坯数	宽 度 mm	用 途
深冲钢	St12/St13/St14/StW22	max0.07	48	1460~1485	汽车冲压件贸易/服务中心
	IF-steel	max0.006	11	1635	冷轧
	St14 boron-alloyed	max0.05	26	1635	开关柜面板, 建筑用钢材, 机械外罩
微合金细晶粒钢	ZStE340	0.06~0.08	13	1485	贸易/服务中心
结构钢与管线钢	St37	0.07~0.09	42	1485~1635	汽瓶, 加热设备, 冷成形
		或			
		0.09~0.13	45	1435~1660	制管, 管件, 开关柜面板
	St52	0.13~0.15	11	1635	油 罐

1100mm长的试验结晶器未对成批连铸造成影响。个别情况下出现浸入式水口的侵蚀,但并未中断连铸过程。

4 试验结果

本试验共铸出196片薄板坯,其中189片进行了热轧和/或冷轧并交付用户。有半数的薄板坯属于在非正常情况下铸出的,如每批次起始与终了的板坯、因误粘结漏钢报警而中断连铸的板坯等等。

4.1 连铸产量/浸入式水口的寿命

试验薄板坯宽度在1460和1660mm之间,最大连铸速率为4t/min(板坯宽1635mm)。这相当于以最高铸速(1.6m/min)铸出宽1450mm常规板坯时的最高连铸产量。试验中连铸速率受以下因素的限制:起始铸速偏低、误粘结漏钢报警(优化过程中)造成连铸中断、结晶器液面波动过甚造成减速等等。最长连铸时间是第2批试验时的124min。受允许试验时间的限制,而且还力求对更多的钢种进行试验,每批只铸3炉,故未能充分检验浸入式水口的寿命。第4批试验曾出现过堵塞。有4炉钢水进行过加Ca处理。

4.2 表面温度

用高温计测量了第1批薄板坯在矫直段上的表面温度。当铸速 $V > 2.0\text{m/min}$ 时,铸流中心处的表面温度为930~1000℃,边缘处为900~950℃。

4.3 板坯内在质量

对每炉的2种板坯(薄板坯与常规板坯)均进行了鲍曼硫印和/或深浸蚀以及超声探伤检验。薄板坯的偏析较常规板坯多,个别情况下还有内裂(half-way cracker),但均未导致成品报废。尽管在结晶器液面控制系统完善化以前有些薄板坯已用手动方式生产,但所有板坯的内在洁净度还是十分好的。

精确调整扇形段(用辊式标定器)、采用动态冷却和优化二次冷却可进一步提高板

坯的内在质量。

4.4 近表面洁净度(Near Surface Cleaness)

对冷却并喷砂处理后的个别板坯进行了近表面洁净度的检验。结果表明,薄板坯的近表面洁净度与常规板坯相当。在前3批试验时,大部分深冲钢薄板坯都是在结晶器钢液面没有或缺乏充分自动控制条件下铸出的,但其近表面洁净度仍符合前述结果。

未发现振动参数与过热温度对近表面洁净度的影响。对由薄板坯轧出的钢带进行了全面的表面质量检验。有3条钢带有铸造表面缺陷,存在复合氧化物夹杂带。其中有2条钢带是在未对结晶器钢液面进行控制的条件下铸出的。其余全部钢带均能满足对表面质量的最高要求。

4.5 裂纹

薄板坯的纵向裂纹是最大的质量问题,需在精整工段用火焰法清理干净。纵裂产生的原因如下:由于浸入式水口的几何形状(结晶器壁和SEN间距甚小)、结晶器钢液面的波动以及铸速因误粘结漏钢报警导致的波动对结晶器散热条件的干扰;保护渣成份不当和一、二次冷却参数未优化。

试验中,曾直接观察到上述因素对产生纵裂的影响。稳定连铸条件(优化保护渣的成份、减少二次冷却时的喷水密度)、减小

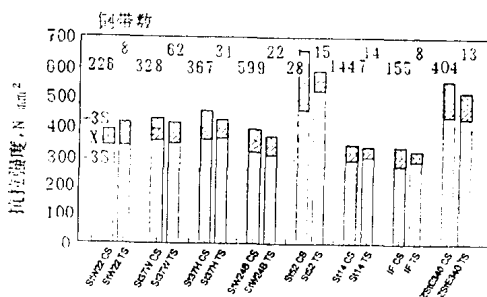


图3 由试验薄板坯和常规板坯轧出钢带抗拉强度的比较

CS: 常规板坯(1992下半年)

TS: 试验薄板坯

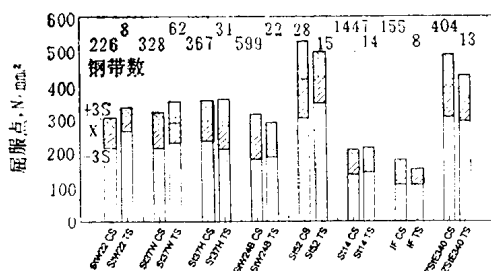


图4 由试验薄板坯和常规板坯轧出钢带
屈服点的比较

CS: 常规板坯 (1992下半年)

TS. 试验薄板坯

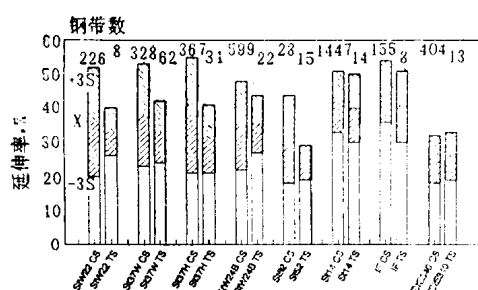


图5 由试验薄板坯和常规板坯轧出钢带延伸率的比较

CS: 常规板坯 (1992下半年)

TS: 试验板坏

浸入式水口的直径和改变出口角度能显著减少纵裂。

试验期间来不及优化, 因为难以对浸入

式水口的几何形状和喷水冷却系统加以改进。

4.6 薄板坯的进一步加工/性能

薄板坯热轧前,先在步进式加热炉内加热至1300℃,然后按与常规板坯相同的方式进行热轧和随后的冷轧,其区别仅在于热轧时4机架粗轧机的第1架不压下。冷轧条件与常规钢带相同。

图 3、4、5 是由薄板坯和常规坯轧出钢带拉伸试验的结果。图 3、4 表明, 试验钢带的抗拉强度与屈服点和常规钢带相当。Stw-22、St-37 和 St-52 试验钢带的伸长率偏低, 但与常规钢带的差别不大, 见图 5。上述结果可能受晶粒形状和沉淀相的影响, 因为薄带坯轧后冷却时会产生部分魏氏组织 (薄带坯与常规板坯的温度条件相同)。

1993年春, 试验料已发往9个不同的用户(表3)并由用户做进一步的加工, 未发现异议。

本试验的准备和实施是在SMS Schloemann-Siemag AG、Voest-Alpine 工业设备制造有限公司和Metallurgica公司雇员的支持下进行的。

陈其安译 周积智校

劳动生产率就达到小于 $0.5 \text{人} \cdot \text{h} / \text{t}$ 热带。

由于所有参与单位的全力保证,才有可能在仅仅15个月内完成这样一个大项目。这里尤其要提到各建设队伍、工厂建设者、供应商和纽柯雇员。除强有力的保证外,迅速作出决定和灵活性也是必须的。举一个例子,8月13日早晨决定试轧钢,下午快结束时铸了6块薄板坯,它们放在均热炉中,直到轧机准备好,8月14日早晨6:15时,第1卷带钢成功轧出并打卷,早晨10:30时,全部6块薄板坯被轧完并打卷,没有出现废品。

克劳福德斯维尔的纽柯钢铁公司的CSP工厂当时只建了1条连铸线,在此期间,它已扩建了第2条连铸线,于1994年4月投产,到1993年1月,轧机装备了第5机架,见图2。

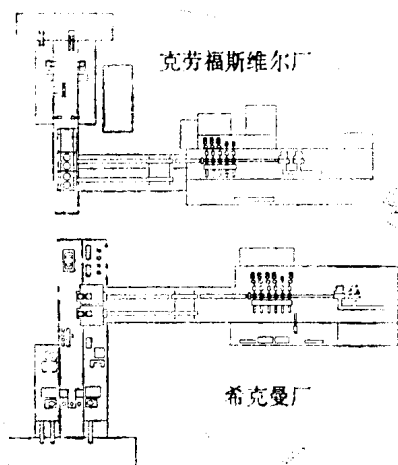


图2 扩充到两条连铸线后,克劳福德斯维尔和希克曼的CSP工厂

希克曼厂的原设计包含了预备扩充的第2条连铸线的位置,见图2。第2条线于1994年5月投产,这将使生产能力增加到 $2.2 \times 10^6 \text{t}$ 。该厂有2台150t直流电弧炉以及2台钢包炉,连铸薄板坯1220~1620mm宽(48in~64in)、厚50mm(2in)。在最大宽度时,经过6机架轧制后的最小成品厚度为1.8mm

(0.071in)。

3 CSP连铸机和CSP工艺

①结晶器。专利结晶器,为了让大直径的水口可以进入结晶器,其上部是漏斗状的,这是CSP技术的核心。为了决定最优曲率以及对浸入式水口进行配置,其形状已经在数字水力模型试验中进行了研究。

漏斗形状是与铸坯外壳的收缩成比例的,它的尺寸要足以防止在连铸坯外壳和水口之间形成搭接;它的曲率要保证在拉坯过程中铸坯外壳自由凝固。由SMS开发的结晶器与通常在其它薄板坯连铸工艺中采用的平行结晶器相比有许多明显的优点。

结晶器用铜-银合金而不是钢板制造,其寿命已达 $1 \times 10^5 \text{t}$,这稍稍短于常规工厂。但是,在 $5 \sim 6 \text{m} / \text{min}$ ($200 \sim 400 \text{in} / \text{min}$) 较高的连铸速度下,摩擦接触的持续时间大约长5倍。

②浸入式水口。自从克劳福德斯维尔的CSP工厂投产以来,浸入式水口的最初形状已经优化。在铸造中,水口在结晶器中深度的变化已将它的寿命提高到每次18炉钢,这样,就没有必要建造活动中间包或更换水口,见图3。

即使每次铸10炉将会出现堵塞,为了允许钢水的流动,水口设计了一个大的出口截面,见图4。为了使保护渣溶化,表面积是足

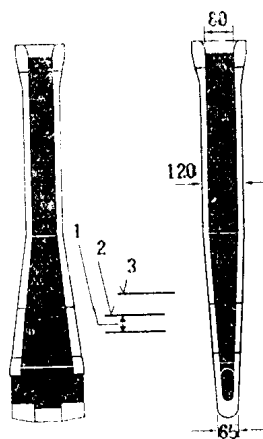


图3 大直径浸入式水口 (SEN)

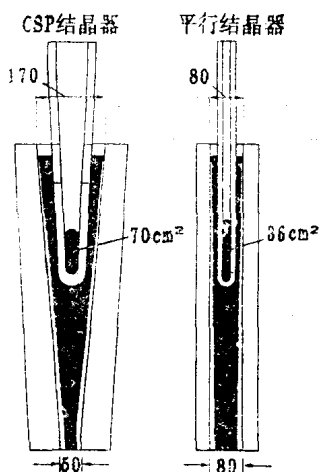


图4 CSP结晶器的大出口断面浸入式水口和平行结晶器的比较

够大的。并且水口和铸坯壳体的间隙足够防止它们搭接,见图5。在希克曼工厂,水口和铜壁的间隙是26mm (1in),连铸速度为5m/min,在水口顶部所形成的壳厚大约5mm。

③CSP连铸机。主要设备示于图6,即钢包转台,中间包,结晶器,铸坯导架,夹紧辊装置,弯曲和拉引设备以及剪机。

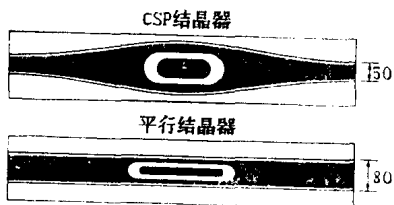


图5 CSP结晶器中水口和铸坯壳的较大间隙与平行结晶器的比较

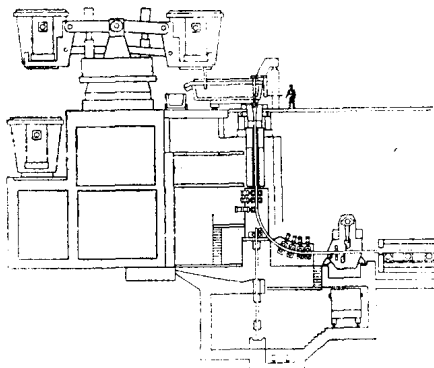


图6 希克曼纽柯钢厂的CSP连铸机

由炼钢厂来的钢包,每个盛有150~160t钢水,精确的重量显示在显示板上。

当压紧滑动滑门时,为了防止空气侵入,钢包罩配备了一个可熔化的密封装置。

中间包的能力为28t,设计成对于所有宽度的薄板坯以最大速度连铸时,可有8~12min的缓冲时间,中间包通过电机升降,并且在结晶器中水口的微调通过一个驱动主轴的提升装置来完成。

结晶器出口可以从50mm (2in)加宽到几乎200mm (8in)宽,以便使引锭杆能够通过而不接触结晶器壁。为了满足不同的板坯宽度和锥度,在连铸时两窄边是可以调节的,在以一定的速度连铸时,结晶器用一个4偏心振荡器以连铸速度每米66次的频率来控制,行程为±3mm,钢液面由射线检测控制并保持在±3mm。在最大的连铸速度下,最高的振动频率将使保护渣消耗降低到小于0.1kg/m²,而常规连铸耗量为0.3kg/m²。

铸坯导架由两段扇形体组成,第1段的上部有许多栅架,用以改善与铸坯壳体的接触。在最大的连铸速度时,当它离开结晶器时,壳体大约11mm厚,大约70%的栅架区有用于冷却板坯的喷水装置的喷水口。结晶器和扇形段能作为一体安装或更换,假如必要,第1段和第2段也可作为一体安装和更换。在希克曼工厂,关闭和打开塞棒的连铸机准备时间仅仅是15~20min。

在每次连铸开始时,摆动剪将热铸坯切头并将它切成预选的长度,剪机处带坯的温度(取决于连铸速度)在1000~1050℃。均热炉将铸机和轧机衔接起来,坯料离开炉子时的温度为1100℃,所以只需要少量的能量来进行温度补偿。

4 希克曼CSP工厂的性能

最近,该工厂正在生产1.8~15.8mm厚(0.071~0.625in)的热带,CSP轧机从连铸坯到成品带已达到了33:1的总压缩率,在

大多数常规轧机上,该比率为21:1。除了HSLA和X65钢外,该工厂还生产1006~1035钢的许多规格产品,见表1。

为了保证各炉最终产品的性能均匀,在炼钢过程中,要保持钢成分的误差非常小,C含量的变化仅仅为0.02%,而AISI标准允许0.05%,见表1。

①质量。术语“高技术热带”频繁地被

表1 所铸钢号

	C	Mn	P, max	S, max	Si, max
1006	0.064max	0.25-0.35	0.15	0.010	0.03
1008	0.05-0.07	0.35-0.45	0.15	0.010	0.10
1015	0.16-0.18	0.45-0.55	0.15	0.010	0.10
1017	0.17-0.19	0.45-0.55	0.15	0.010	0.10
1018	0.16-0.18	0.65-0.75	0.15	0.010	0.10
1020	0.19-0.21	0.45-0.55	0.15	0.010	0.10
1021	0.20-0.22	0.80-0.90	0.15	0.010	0.50
1025	0.24-0.26	0.45-0.55	0.15	0.010	0.10
1026	0.25-0.27	0.65-0.75	0.15	0.010	0.10
1030	0.27-0.29	0.65-0.75	0.15	0.010	0.10
1035	0.32-0.34	0.65-0.75	0.15	0.010	0.10

用来描述CSP产品,它指的是具有最好的尺寸公差和冶金稳定性的产品。其中原因之一为板坯的热均匀性,它不仅有助于最佳厚度和板形控制结果,而且也有助于沿带宽方向的屈服点相当稳定。传统的轧机已经在精轧机前安装了保温罩,以便获得与希克曼工厂相当的屈服点,见图7。

图8显示与纽柯材料相比,低碳钢带的典型机械特性,其中由电炉钢厂生产的材料具有较高的抗拉强度,大约1000t纽柯热带已经在克鲁伯钢铁公司EKO钢厂完成了各种工艺,即冷轧、退火、平整。

图9显示了这些CSP带的机械特性和与这些工厂典型产品的比较结果。

②厚度和板形控制。厚度控制可以借助

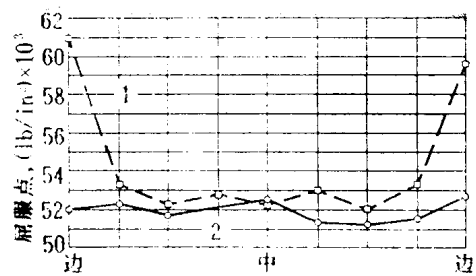


图7 沿带卷宽度的强度梯度
1-20卷典型带的平均—所有轧机; 2-29卷CSP带的平均值—带克曼纽柯材料

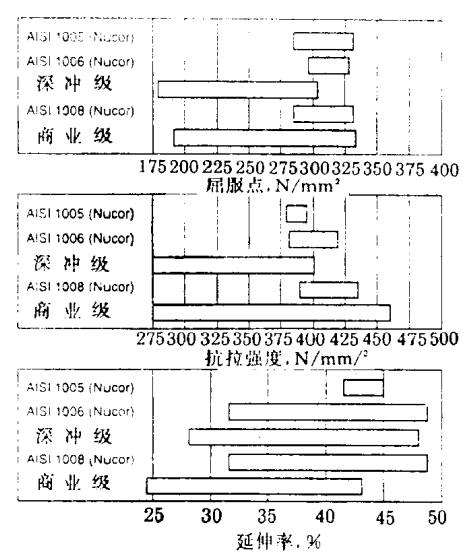


图8 低碳钢带的典型机械性能

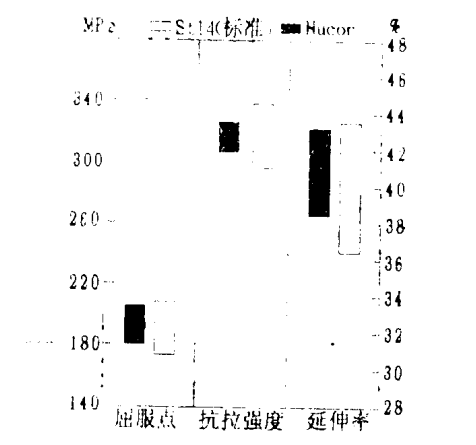


图9 冷轧带机械性能的比较

于大量分级和尺寸范围来表达。确定其特性最恰当的数据是带材其中心厚度波动范围在±0.001in之间的长度百分比,在该长度

上, 对于所生产的各个牌号的钢带和宽度, 包括在尺寸改变后 (估计超过13000卷后), 第1块板坯断面获得了如下结果:

1.8~9.4mm (0.071~0.370in) 带,

对于所有带卷, 尺寸变化

在±0.025mm (±0.001in) 之间, 超过98%带材长度;

9.5~15.8mm (0.371~0.625in) 带

对于所有带卷, 尺寸变化

在±0.05mm (±0.002in) 之间, 超过整个带材长度97.7%。

对于每一卷带钢都作了记录并存档, 以备将来参考。图10显示了一个典型带卷的厚度和宽度记录。

厚度: 整个长度的98.9%, 其厚度在参考值的±0.025mm (±0.001in) 内;

宽度: 整个长度的99.3%, 其宽度在参考值的±0.05mm (±0.0002in) 内。

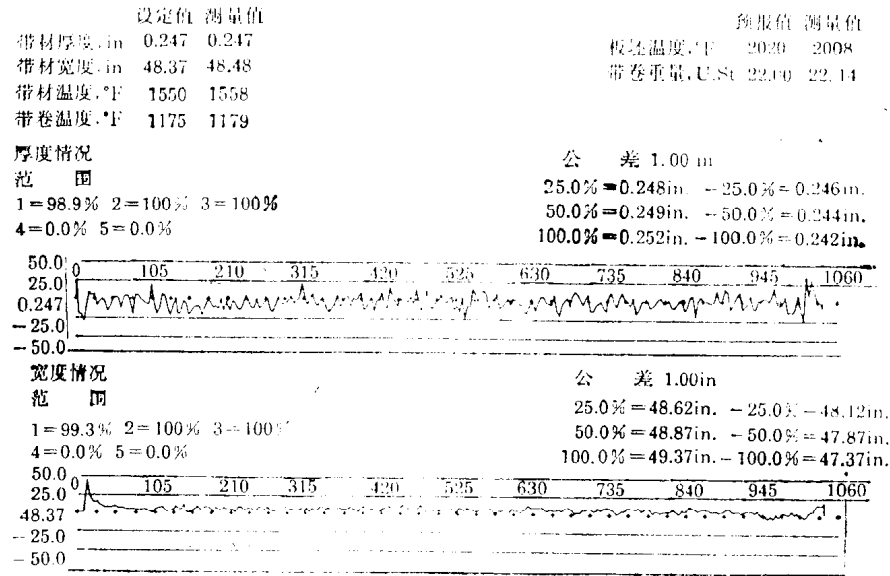


图10 厚度和宽度情况

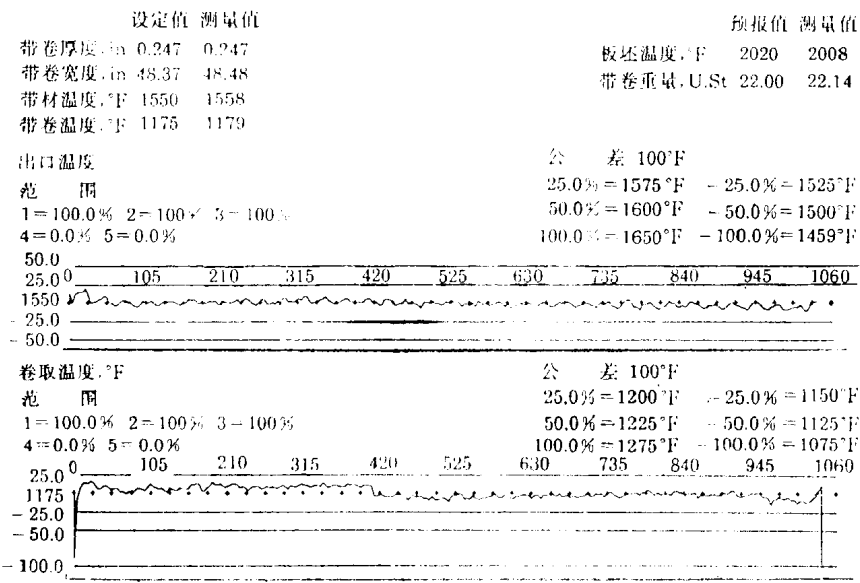


图11 带材温度和卷取温度

关于厚度控制,对于6.2mm (0.247in) 带来说,很明显这个带卷厚度公差在工业标准的 $1/4$ 以内。距带材边部19mm (0.247in) 测量所得的平均凸度,对于所有厚度、宽度和钢种来说,为0.025mm (0.001in)。相应地在1220mm (48in) 宽的热轧带钢中测

自动板形控制系统也为每卷带钢提供一份板形记录。图12是一个3.2mm (0.126in) 厚的典型带卷实例，上部表示1622mm (63.86in) 宽的带材，凸度为0.12mm (0.0048 in)，平均楔形为0.005 mm (0.0002in)带材的最后宽度仅由连铸宽度和

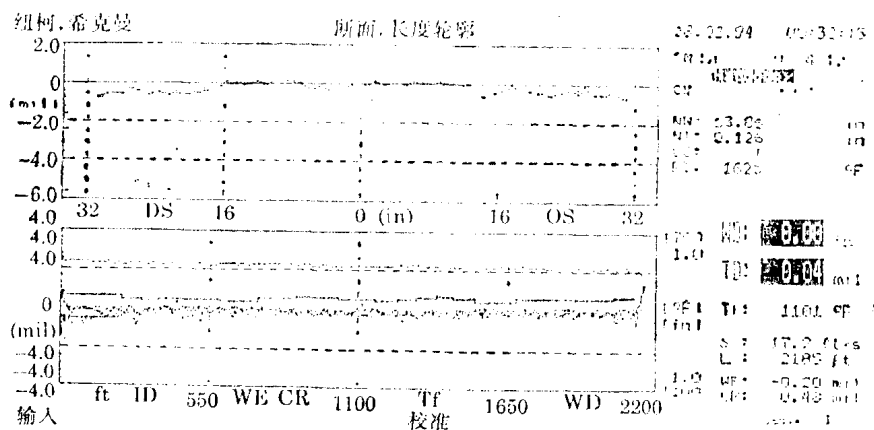


图12 CSP热带尺寸精度

一级控制系统：热轧机的一级基础自动控制功能已由Siemens和SMS所提供。SMS提供轧机机架的技术功能，包括液压辊缝控制、AGC和CVC控制、工作辊弯辊和抽动、板形和平直度控制。机架控制器包括安装在机柜里的用于液压缸控制的，具有11个闭环控制器的多通道工业PC机。除IRM平直度测量仪以及IMS厚度和板形测量仪的接口外，操作台显示和接口也均由工业计算机提供。板凸度和平直度控制设定功能由Vax3100工作站提供。图13显示了希克曼的纽柯热带轧机的现代化控制台。

⑤顾客反应。在许多情况下,希克曼的顾客们已成功地使用热带代替平整带材,作为一个优选方案。在一个有效的矫直机上厚度仅1.5mm (0.059in)的带材经过矫平然后

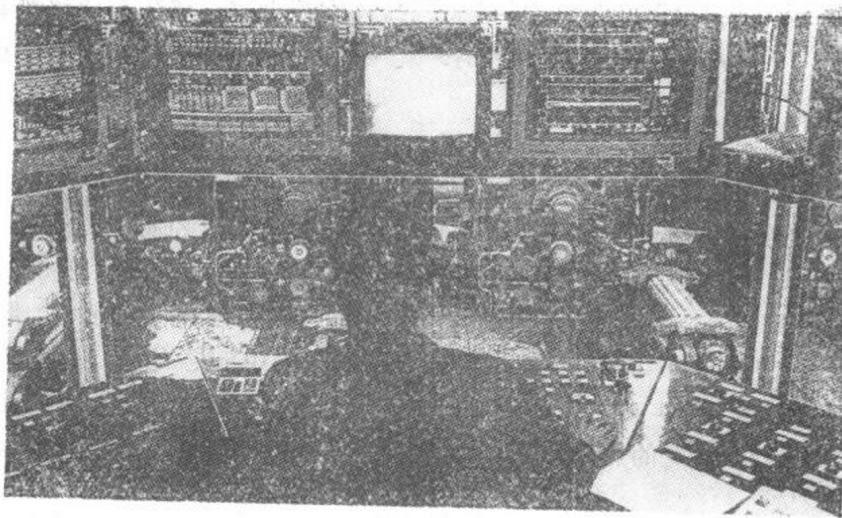


图13 只有1J操作者的现代化控制台

横切，而不必平整或去除应力。一个将CSP热带在希克曼地区进行切板的顾客认为：平整机不再需要。

进入精轧机的板凸度非常均匀，只需要轻微的矫平。这不仅对一块板坯如此，而且，对所有的板坯都是一样。由于带材实际上没有侧弯，因而切边废料很少，从而使顾客能获得最大的成材率。

希克曼生产的CSP热带的使用范围正不断扩大，它包括：焊管和结构管；经酸洗的热带和制作冷带；汽车元件；深冲和成形零件。

⑥轧制工艺。为了加热工作辊及由此而获得较优的轧制结果，大多数热轧机必须遵守一个严格的轧制规程；在安装有CVC抽动系统和工作辊弯辊系统的CSP轧机中，在选择带材宽度时，在一个轧制周期内，宽度很少连续变化，这样从第1块板坯起便可获得极好的厚度和板形控制效果。工作辊使用了2套不同的CVC辊形，一套用于F1-F3，适用于所有产品、所有钢种和宽度，第2套用于F4-F6，适用于所有产品。这种辊形标准化使得在任何时候使用只需少量轧辊。

⑦人员。热轧机每天4班，每班14人。这么少的人员是由于操作人员也完成一些在

其它工厂通常属于维修人员的任务，质量保证人员包括1名冶金专家和2名实验室工作人员，它们提供7天服务，“计划部门”的工作由1个人负责。

⑧辅助设备。工厂用一个非常小的原料和成品仓库进行生产。在连铸机和轧机之间，在均热炉中，与工艺有关的备料为2块薄板坯。年末库存水平为：

原材料（各种废品） 36040t

成品带钢（一级品和二级品）5812t

低水平是由于工厂安排和操作连续的直接结果。

在7h里，废钢炉料从密西西河的驳船中卸下、熔炼、铸成板坯、热轧、最后又成卷装进驳船运走。

5 第二个扩充阶段

1994年1月，第1座炉子的滑闸已经安装完毕并且性能良好，第2座均热炉与滑闸一起将于1994年3月投产，见图14。按计划，连铸机的建设也已进行，设备的最后一部分已于3月份交货，因此工厂可于5月开工。纽柯公司预期工厂能力将增大到 $2.2 \times 10^6 \text{ t/a}$ ，并且只有340名雇员。 $0.35 \text{ 人} \cdot \text{h/t}$ 热带的劳动生产率以及“高技术带钢”（在市场上那是属于最好的）的生产，将保证希克曼

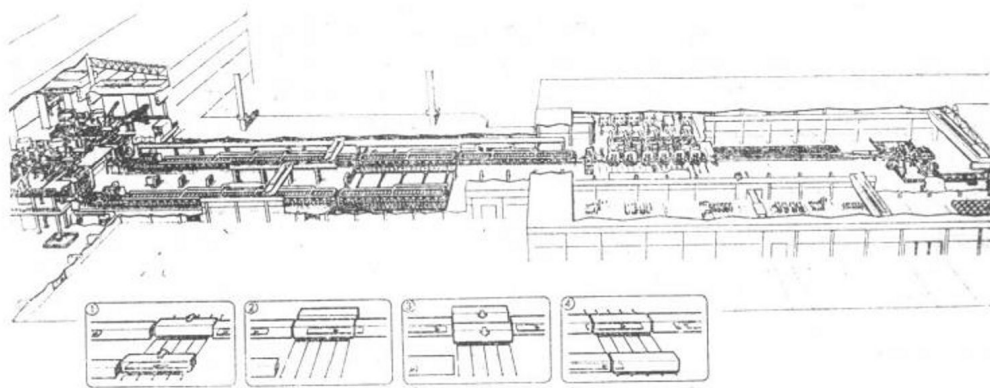


图14 在扩建到2条连铸线后的CSP工厂
①至④为往返传送位置

工厂具有一个相当优越的竞争地位。

6 展望

新建立的纽柯钢铁公司希克曼分厂CSP工厂的热带生产曲线实际上有一个向上飞跃,不考虑工业部门的严酷现实和经济衰退,纽柯获得了收益。CSP已使美国钢铁

生产者有可能扩充其市场份额。成功的新闻迅速传开,越来越多的生产者决定优先采用CSP工艺,仅仅几年,由SMS研制的薄板坯连铸和轧制技术已变成整个钢铁工业的技术前沿。

梅富强译 周积智校

克里蒙那 (Cremona) 阿尔维迪 (Arvedi) I.S.P.厂 薄板坯连铸、生产工艺及产品质量

Dr.G.Gosio, Dr.M.Morando, L.Manini, A.Guindani, (意大利)

Prof.Dr.F.-P.Pleschiutchnigg, B.Krueger, H.D.Hoppmann, Dr.I.V.Hagen (德国)

序

意大利克里蒙那第1个小型钢厂阿尔维迪I.S.P. (Inline Strip Production) 厂生产优质碳钢与不锈钢热轧带钢。该厂经2年半的筹划与设计后于1992年1月投产,进行了15个月的热试车后于1993年3月达产。

该厂的平面布置及主要技术参数见图1~4,计划年产量 $50 \times 10^4 t$ 。其第1期扩建工程,包括更新一个100t的MRP (分炉熔化精炼) 转炉和VOD装置,以便除碳钢外还能生产各种热轧不锈钢带钢。

该厂的热试车于1993年3月结束,达到

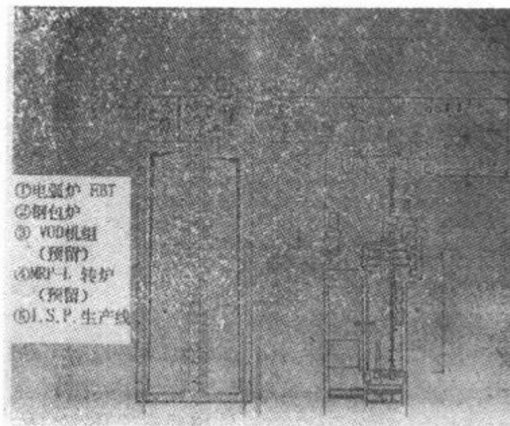


图1 意大利克里蒙那 (Cremona) 阿尔维迪 (Arvedi) I.S.P.的车间平面布置

图2 Arvedi I.S.P生产线主要技术参数

①电弧炉EBT

容量, t 100
炉膛直径, m 6.4
最大变压器容量, MVA 95

②钢包炉

容量, t 100 (120)
最大变压器容量, MVA 18

③VOD机组(预留)

钢包中去气与均匀化
容量, t 100
真空泵排量, kg/h 300 (0.67mbar)

④MRP-L转炉(预留)

容量, t 100

⑤I.S.P生产线

薄板坯连铸机

· 1流, $R=5.2m$
· $60 \sim 15 \times 650 \sim 1330mm$
· 碳钢及不锈钢
· 干膜连铸
· 铸轧 ($60/40mm$)

高压下轧机

· 3机架, 带AGC
· 每机架驱动功率, kW 1×500
· 进口厚度, mm $60 \sim 40$
· 板厚, mm $30 \sim 15$ (10)
· 进口速度, m/s $0.07 \sim 0.09$
· 出口速度 (max), m/s 0.3

感应加热

· 最大温差, $^{\circ}C$ 350
· 加热功率, MW20

Cremona带卷箱

· 双箱, 可放2个板卷
· 天然气加热, $^{\circ}C$ 1200
· 天然气加热炉 (Thermos炉)

热轧机组

· 4机架, 带AGC和UPC系统
· 驱动功率, kW $2 \times 6000; 2 \times 4000$
· 压缩空气定位的热带卷取机
· 最大卷重, t 26.6
· 成品带厚, mm 碳钢1.7~12; 不锈钢2.0~12

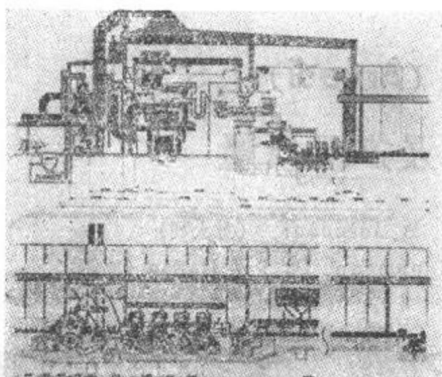


图3 意大利克里蒙纳 (Cremona)阿尔维迪 (Arvedi) I.S.P.厂的侧视图

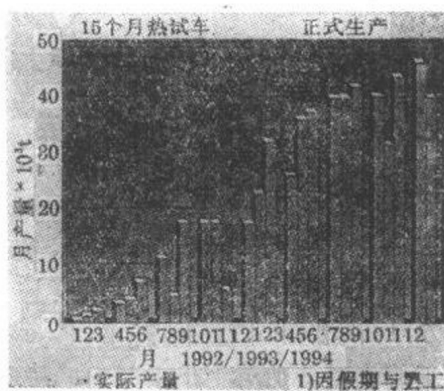


图5 阿尔维迪 (Arvedi) I.S.P.厂的热试车与正式生产产量

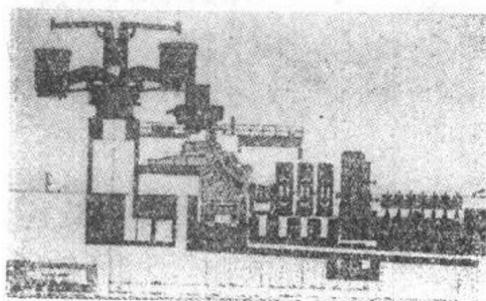


图4 带液一固芯铸轧的I.S.P.薄板坯连铸机

了保证年产 $40 \times 10^4 t$ 的目标 (图5), 到此时为止共生产了近 $50 \times 10^4 t$ 成品。1993年9月达到了该厂年产 $50 \times 10^4 t$ 的设计能力。自此, 生产热轧带钢的工序一直未改变, 收集整理有关工艺与生产数据, 为改进与优化不同品种与尺寸规格的带钢质量积累了重要资料。按照设计要求, 本厂生产带钢的保证