

学生毕业设计（论文）原创性声明

本人以信誉声明：所呈交的毕业设计（论文）是在导师的指导下进行的设计（研究）工作及取得的成果，设计（论文）中引用他（她）人的文献、数据、图件、资料均已明确标注出，论文中的结论和结果为本人独立完成，不包含他人成果及为获得重庆科技学院或其它教育机构的学位或证书而使用其材料。与我一同工作的同志对本设计（研究）所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

毕业设计（论文）作者（签字）：

年 月 日

摘 要

近年来,随着我国经济的快速发展,对宽厚板的需求量越来越大,并且对宽厚板的质量、强度、板形以及厚度的要求也越来越高。这使得宽厚板行业迅猛发展,生产技术得以进一步成熟。

本设计主要介绍了宽厚板从原料到成品的整个生产过程,粗轧 5 个道次,精轧 5 个道次;粗轧采用三角形速度图,精轧采用梯形速度图,开轧温度 1200°C ,横轧开轧温度 1150°C ,精轧开轧温度 1000°C ,使产品的强韧性和力学性能有很大提高。在基本的轧制工艺设计基础上,本设计重点描述了板形控制工艺在宽厚板生产中的应用。本设计所采取的液压弯辊配合 HCW 轧机的板形控制技术,明显改善宽厚板产品的浪形、瓢曲、侧弯等板形问题,使得产品的组织更加均匀,晶粒更加细化,从而获得了良好的力学性能和工艺性能。并且液压弯辊技术和工作辊横移式 HCW 轧机技术较容易在现有传统四辊轧机上改造,具有很强的适用性。

关键词: 宽厚板 车间工艺 板形控制 液压弯辊 HCW 轧机

ABSTRACT

In recent years, along with the rapid economic development of our country, heavy plate to the growing demand, and to the quality of the heavy plate, strength and pl shape and thickness the demand higher and higher. This situation make heavy plate industry rapid development, production technology be further mature.

This design is mainly introduced the heavy plate from raw materials to finished products of the whole production process. In this design, rough rolling 5 passes a finish rolling 5 passes, rough rolling with the triangle velocity diagram and finish rolling with trapezoid, initial rolling temperature is 1200, initial rolling temperature is 1150, finish rolling initial rolling temperature is 1000, which makes product of strong toughness and mechanical performance has improved a lot. In the basic rolling technology based on design, the design mainly describe the shape control technology in the heavy plate of the application of the production. The design of hydraulic bending roll system with HCW mill of the shape control technology can significantly improve the thick plate waves of product form, gourd ladlesong and lateral bending plate shape etc, make the product structure is more uniform and more refined grains, and obtain a good mechanical properties and process performance. And hydraulic technology and work roll bending roll lateral movement type HCW mill technology are more prone to the existing traditional four roll rolling mill in transformation, and has a strong suitability.

Keywords : Heavy Plate; Workshop Process; Shape Control; hydraulic bending roll; HCW rolling mill

目录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
目录.....	III
1 绪论.....	1
1.1 国外研究现状分析.....	1
1.1.1 工艺方面.....	2
1.1.2 设备方面.....	2
1.2 我国中厚板产品生产现状.....	4
1.3 本课题的目的意义.....	5
1.4 本课题的主要内容.....	6
2 产品方案.....	7
2.1 产品大纲.....	7
2.2 金属平衡表.....	9
2.3 典型产品.....	9
2.4 生产方案.....	9
3 工艺流程.....	11
3.1 原料准备.....	11
3.1.1 原料加热.....	12
3.1.2 高压水除鳞.....	12
3.2 轧制.....	12
3.2.1 粗轧.....	12
3.2.2 精轧.....	12
3.3 冷却.....	13
3.3.1 轧制过程中的轧件冷却.....	13
3.3.2 轧后钢板的加速冷却.....	13
3.3.3 成品钢板的冷却.....	13
3.4 矫直、剪切和表面处理.....	13
3.4.1 矫直.....	13
3.4.2 剪切.....	13
3.4.3 表面清理.....	14
3.5 热处理.....	14
3.6 表面标识.....	14
4 主辅设备选型.....	15
4.1 主要设备选型.....	15
4.1.1 粗轧机.....	16
4.1.2 立辊轧机.....	16
4.1.3 精轧机.....	16
4.2 辅助设备选型.....	16
4.2.1 加热炉.....	16
4.2.2 高压水除鳞系统.....	17

4.2.3 轧后加速冷却系统 (ACC)	17
4.2.4 热矫直机.....	18
4.2.5 冷床.....	18
4.2.6 剪切机构.....	18
5 典型产品工艺设计.....	19
5.1 典型产品原料尺寸及成品尺寸	19
5.2 轧制道次确定及压下量分配	19
5.3 轧制各工艺参数的计算	20
5.3.1 轧制速度制度的确定.....	20
5.3.2 轧制延续时间的确定.....	20
5.3.3 轧制温度的确定.....	21
5.3.4 计算各道次轧制压力.....	22
5.3.5 计算传动力矩.....	25
5.4 工艺参数校核	28
5.4.1 电机负荷校核.....	28
5.4.2 轧辊强度校核.....	29
6 板形控制.....	31
6.1 板形的概念	31
6.2 常见板形缺陷及其原因	31
6.3 板形控制基本原理	32
6.4 本设计板形控制方法	32
6.4.1 HCW 轧机分析	33
6.4.2 液压弯辊技术分析.....	33
6.5 板形控制效果.....	34
6.5.1 直观效果	34
6.5.2 显微组织效果	34
6.5.3 力学性能效果	35
7 年产量计算.....	36
7.1 轧制图表	36
7.2 年产量计算	36
7.2.1 典型产品实际小时产量.....	36
7.2.2 轧机平均小时产量.....	36
7.2.3 车间年产量.....	37
8 车间平面布置与立面尺寸.....	38
8.1 车间平面布置的原则	38
8.2 金属流程线的确定	38
8.3 主要设备间距的确定	38
8.3.1 加热炉及其前后设备间距.....	39
8.3.2 轧机及其前后设备间距.....	39
总 结.....	40
参考文献.....	41
致谢.....	42

1 绪论

中厚钢板大约有 200 年的生产历史,它是国家现代化不可或缺的一项钢材品种,被广泛应用于大直径输送管、压力容器、桥梁、锅炉、海洋平台、坦克装甲、各类战舰、车辆、机器结构、建筑构件等领域。其种类繁多,使用温度要求广(-200 — 600°C),使用环境要求复杂(耐蚀性、耐候性等),使用强度要求高(强韧性、焊接性能好等)。一个国家的中厚板轧机水平也是一个国家钢铁工业装备水平的标志之一,进而在一定程度上也是一个国家工业水平的反映。^[1]随着我国工业的发展,对中厚板产品,无论是数量上还是品种质量上都提出了更高的要求。

1.1 国外研究现状分析

18 世纪初,西欧国家在二辊周期式薄板轧机上生产小块中板。美国在 1850 年左右,用二辊可逆式轧机生产中板。1864 年美国创建了世界上第一套三辊劳特式中板轧机,它不需要轧辊正反转而利用升降台进行来回轧制,当初盛行一时,推广与世界。1891 年,美国钢铁公司科茨维尔厂为了满足军舰用板的需要,建成了一套 5230mm 四辊式轧机,这是世界上第一套 5m 以上的特宽厚板轧机。1907 年美国钢铁公司南厂为了轧边,首次创建了万能式中厚板轧机,在精轧机组后设精整作业线,用于大量生产厚度为 10mm 左右的中板,满足了市场上对这类尺寸钢板的需要。

欧洲国家中厚板生产也是比较早的。1910 年,捷克斯洛伐克投产了一套 4500mm 二辊式厚板轧机。1940 年,德国建成了一套 5000mm 四辊式厚板轧机,1937 年,英国投产了一套 3810mm 中厚板轧机。1939 年,法国建成了一套 4700mm 四辊式厚板轧机。1940 年,意大利投产了一套 4600mm 二辊式厚板轧机。1913 年,西班牙建成了一套二辊式厚板轧机。这些轧机都是用于生产机器和兵器用的钢板,多数是二次世界大战备战的需要。

二次世界大战期间,美、苏、英、法、德、意、日、加等八国为了制造军舰和坦克等武器,先后都投产了一批厚板轧机。

二战之后,机器制造、造船、建筑、桥梁、压力容器罐及大直径输送管线等部门的发展,特别是海上运输,能源开发与焊接技术的进步,对中厚板的需要量和品种质量方面提出了更高的要求。^[1]

世界上中厚钢板生产的优势,60 年代以前在美国,60 年代以后被日本夺取,目前,日本的中厚板生产技术和轧机性能在世界上处于领先地位。以下将从工艺和设备两个方面分析国外的中厚板生产现状。

1.1.1 工艺方面

国外中厚板轧制工艺主要研究方向有微观组织控制，化学成分设计，TMCP工艺的开发应用等等。

微观组织设计是金属材料开发者的首要任务，中厚板产品也不例外。针对终端产品的性能要求，运用冶金学原理选择合适的主控微观组织，因此而成为所有合金设计人员的工作起点。可能成为当今高强度乃至超高强度中厚钢板的主控组织的有：针状铁素体、贝氏体、回火板条马氏体、双相组织、TRIP钢的多组织等。这些先进冶金学组织在中厚板产品上的应用正成为国际范围内冶金材料工作者们研究的热点课题。

降低碳含量作为提高HSLA钢韧性及焊接性的最佳经济有效手段已经成为冶金材料工作者们的共识，将低碳乃至超低碳作为当今HSLA钢成分设计首选已毫无争议。随着钢中碳含量的降低，虽然通过特定工艺手段在一定程度上可以获得强度补偿，但是这是有限度的。因此，考虑固溶强化、析出强化等强化手段的运用是十分必要的。HSLA钢发展至今天，人们对合金元素Mn, Ni, Cu, Mo及微合金化元素Nb, V, Ti, B等的作用已经越来越清楚了，无论是单独添加还是复合加入，这些元素通过在钢的整个冶金过程中的固溶——析出行为，都可以给最终钢板的强度、韧性、焊接性等带来奇异性的贡献，因而被人们广泛沿用。^[2]在确定这些元素的合理范围时，除了单独考虑其正面或负面作用外，还要考虑元素间的交互作用外，还要考虑元素间的交互作用、经济性、环保性、可回收性等因素，以达到经济适用的合金设计目的。总之，低C、高Mn、多元复合微合金化、Ti-B微处理等已成为当今开发高性能中厚板的合金设计路线。

TMCP概念对当今钢铁材料开发工作者而言不再陌生，同时人们也普遍认识到采用TMCP工艺生产的HSLA钢板不仅可以实现高强度，而且和传统工艺生产的钢板相比，韧性和焊接性也得到了改善，对于强度级别较低的HSLA钢而言，由于TMCP工艺完全可以替代传统的热轧+正火而缩短了生产工艺流程；对于强度级别较高的HSLA钢，采用TMCP—DQ+回火，或者TMCP—IDQ，或者TMCP—AC完全可以获得强韧性匹配良好的产品，因此也省掉了传统调质钢生产中的再加热淬火工艺。也就是说，TMCP是开发新一代HSLA钢材产品最为有效而经济的工艺手段之一。

1.1.2 设备方面

中厚板轧机最重要的标志是轧机的辊身长度，它可以体现一个国家制造船舶、舰艇和油气运输管线的实力。世界各国现有辊身长度 $\geq 3000\text{mm}$ 的中厚板轧机77套，其中辊身长度 $\geq 4700\text{mm}$ 的宽厚板轧机有19套，按国家分布，日本9套，原苏联3套，美国、德国各2套，意大利、法国、韩国各1套；辊身长度

4700—4826mm 的轧机 6 套；5000—5500mm 轧机 13 套（日本 5 套、原苏联 3 套、美国 2 套、德国 2 套、法国 1 套），计划新建的 5 套（韩国 2 套、俄罗斯 2 套、印度 1 套）。

50—60 年代宽中厚板轧机建设较多的是美国，当时已 4064mm（160in）式中厚板轧机为主，此期间没过酱油 4064mm 中厚板轧机 7 套（8 台 4064mm 四辊轧机）。

60 年代后期至 70 年代初中厚板轧机的领先地位转向日本，这时期日本建有 4724mm（186in）双机架四辊式中厚板轧机 5 套（其中一套的粗轧机为 5335mm）。1971 年意大利建设 1 套 4826mm 双机架中厚板轧机，韩国建 1 套 4724mm 双机架中厚板轧机（1989/1978 年）。

1976—1977 年间，日本建设 3 套 5500mm 特宽中厚板轧机，1974 年住友鹿岛厂将 5335mm 粗轧机改造为 5450mm 轧机。建设这种特技中厚板轧机主要是为生产 $\phi 1626\text{mm}$ （ $\phi 64\text{in}$ ）大直径 UOE 钢管用宽钢板（宽度 5100mm）和宽幅面、长定尺的造船钢板。

日本在两三年内建设了 4 套 5450—5500mm 特宽中厚板轧机，是对 UOE 焊管市场和造船板的用户作了超前估计，而投产后至今的市场需求却有别于预计情况。长距离输送油气用 UOE 钢管最大为 $\phi 1422\text{mm}$ （ $\phi 56\text{in}$ ）。在世界造船业，一般制造 28—30 万吨级巨型油轮（VLCC）以满足市场需求。制造 $\phi 1422\text{mm}$ UOE 焊管用钢板和 30 万吨级油轮用钢板最大宽度为 4500mm。

1985 年德国迪林根厂在 4800mm 中厚板轧机前面增建 5500mm 四辊中厚板轧机，这是当时世界上最强大的一台特宽中厚板轧机。

宽中厚板轧机从 60 年代末以来辊身长度从 4064mm 增加到 4724mm 以上，不仅轧制的钢板宽度增大，而且从技术经济意义上说，现代的 4724mm 以上宽中厚板轧机所达到的各项技术指标是以往的中厚板轧机所不可比拟的^[3]，主要体现在以下几个方面。

①钢板最大成品宽度

4724mm 中厚板轧机的钢板最大成品宽度 4500mm，5500mm 中厚板轧机为 5200—5350mm，大大满足了社会对宽厚板的需求量。

②钢板最大轧制长度及定尺长度

中厚板轧机轧制钢板最大长度一般是 50m，而川崎水岛厂最长达到 58m，新日铁大分厂最长可达到 63m，得到显著提高。

成品钢板最长 25m，但大分厂达 30m。

③轧制钢板最大厚度

水岛厂 5500mm 中厚板轧机轧制钢板的最大厚度为 410mm，新日铁名古屋 4800/4700mm 轧机为 700mm，特厚板的出现为中厚板产业的多样化注入了活力。

- ④最大板坯单重
- 大分厂中厚板轧机设计最大坯重为 42.8 吨，实际最大坯重为 29.9 吨，水岛中厚板轧机最大坯重达 28 吨。鹿岛中厚板轧机设计最大锻制板坯重 50 吨，可轧制钢板最大单重为 40 吨。
- ⑤最大钢锭单重
- 日本钢管京滨厂最大钢锭单重为 50 吨，德国迪林根厂为 60 吨，日本名古屋为 80 吨，水岛厂为 110 吨，可生产最大单重为 85 吨特厚钢板。
- ⑥钢板成材率（板坯到成品板）
- 水岛厂 5500mm 中厚板轧机钢板成材率达 94.9%，是当今世界上的最高水平。

1.2 我国中厚板产品生产现状

我国经过 60 多年的发展建设，中厚板产品的生产已经取得很大的进步。截至 2003 年底，我国共有 26 套中厚板轧机，设计产能为 1568 万吨，较 2001 年底的设计产能增加了 412 万吨^[4]。其中，宽厚板轧机 5 套，产能合计 400 万吨，中板轧机 21 套，产能合计 1168 万吨。

尽管我国钢铁企业对中厚板轧机进行了多次的设备和技术改造，但是与国外发达工业国家相比，仍然存在以下差距：

从轧机结构上来看，国内的中厚板轧机普遍存在辊身长度小，单机产能以下的轧机共 19 套，设计产能 953 万吨，占全部中厚板产能的 60.78%；3000~4000mm 轧机 4 套，设计产能 325 万吨，占 20.73 %；4000mm 以上的轧机 3 套，设计产能 290 万吨，占 18.49 %。而国外发达工业国家的中厚板轧机一般都在 3 米以上，特别是日本，全部都是 4 米以上轧机。

表 1.1 我国与工业发达国家中厚板生产线轧机结构对比

	中国	日本	德国
轧机数量（套）	26	8	5
总产能（万吨）	1568	1620	600
平均产能（万吨）	60	202	120
最大生产线产能（万吨）	130	240	200
轧机组成	轧 2—3 米	19	0
	机 3—4 米	4	0
	种 4—5 米	3	3
	类 5 米以上	1	5
	单机架三辊	4	0
	单机架四辊	7	3
	双机架 2+4 辊	6	0
	双机架 3+4 辊	3	0
	双机架 4+4 辊	6	5
			3

从设计产能上来看,受厂房、公辅设施等方面影响,除了个别轧机外,多数轧机的设计产量一般不超过 80 万吨(但改造后的实际产量均能达到设计产能的 130%以上)。国外轧机规格一般在 4000mm 以上,设计产量一般为 120~180 万吨。

从设备布置上看,国内中厚板生产线一般只设计成一条流水线,所有的环节包括矫直、剪切、收集均从这一条线上通过,设备负荷过重而且对产量、质量形成严重制约^[5]。国外先进的中厚板厂一般都有多条剪切收集线,按照规格的不同从不同生产线通过。

从主要生产工艺装备上看:①除少数生产线外,基本上采用推钢式加热炉,小时产量低(60~80 吨/小时)。国外基本采用步进式加热炉,加热能力高达 250 吨/小时;②轧制力较低,一般在 9.8kN/mm 左右,国外一般为 19.6kN/mm;③除少数生产线(济钢 3500mm 厚板轧机和酒钢 3000 中板轧机)外,很少有企业成功地运用液压 AGC 和液压弯辊技术;④除酒钢和鞍钢生产线外,其它生产线基本无控冷控轧技术(有些生产线只采用了简单的喷淋冷却设备),难以生产一些特殊钢种;⑤矫直机能力普遍较弱,效率低、平直度要求不高,影响产品质量;⑥多数生产线没有采用先进的步进式冷床,冷却过程中对板面有损伤;⑦除酒钢、韶钢、重钢和济钢中板厂外,其它企业大多采用侧切剪,剪切质量较差;⑧除济钢和鞍钢在 2003 年的改造新上了探伤设备外,其它生产线大都没有这一设备;⑨很多生产线没有热处理工序。有些企业即使装备了相应设备,但除了武钢、舞钢、鞍钢和浦钢热处理能力较强外,其它企业均未能正常使用。

从技术掌握的程度来看,在线控制技术相对落后,板型控制能力偏低,头尾鱼型较大,剪切量多,成材率较低(一般在 88~93%左右),国外多为 96%左右。另外,尽管有些轧机进行了高压水除鳞、液压 AGC/、测宽测厚装备和计算机控制系统等方面的改造,但限于原料、场地和前后工艺配套,进行全面综合改造的轧机较少。即使是宽厚板轧机,成品板幅也多在 3700mm 左右,仍然不能满足大型造船、电站用钢等要求^[1]。综合来看,与现代化轧机的世界水平相比仍有较大差距。

综上所述,我国中厚板生产的工艺装备总体水平不高,品种板比例低,普碳中厚板产量大,3 米以下宽度的产品(特别是宽度在 2300mm 以下的产品)比较集中。这些情况说明我国中厚板消费层次偏低,消费结构多样,总体水平较低但正逐步向高层次演化。

1.3 本课题的目的意义

改革开放以来,随着我国经济的高速发展,对宽厚板的需求日益增加。宽厚板广泛用于造船,建筑工程,桥梁,汽车,军工,容器制造,机械制造等行业。

本课题主要研究 4300mm 宽厚板车间工艺设计，4300mm 宽厚板用于造船等行业，可以实现无焊缝设计。目前最宽厚板是 5500mm，在市场上有着广泛用途。宽厚板，具有较高的附加值，因而成为钢铁工业发展的重点。

作为世界上最大的发展中国家，我国要完成工业化和信息化的双重任务，面临着促进经济发展与节约能源、保护环境的双重压力，所以提出了全面可持续发展的科学发展观，而钢铁行业又是耗能大户，所以在本课题设计过程中注重低碳环保的相关工艺改进，降低能源消耗和环境污染，全面贯彻科学发展观的伟大思想。

通过本次设计，我将会综合运用大学四年所学知识，将以前的知识连成线，形成知识面，为以后的工作打下扎实的基础的知识。

1.4 本课题的主要内容

本课题主要就是车间工艺设计，主要包括产品方案编制，生产方案选择，轧钢厂生产工艺流程，轧机选择，轧钢厂年产量计算，辅助设备选择，车间平面布置与立面尺寸等内容。

本设计在宽厚板轧制工艺的基础上，重点在于采用液压弯辊技术和 HCW 轧机技术等板形控制工艺来控制产品板形，以得到板形更加优良的宽厚板产品。

2 产品方案

2.1 产品大纲

近年来，随着我国经济的高速发展，对中厚板特别是宽厚板的需求量很大，甚至需要大量从国外进口。我国中厚板生产线基本大量生产普碳板等经济价值不高的产品，优质宽厚板产量存在严重不足，所以，宽厚板在中国的市场潜力非常大，广泛用于交通工程、建筑工程、机械结构、汽车制造、压力容器、锅炉制造、油气输送管线、电厂、核电站、油田、造船、海洋平台等方面。所以本次设计中，产品多为高附加值产品。

产品大纲制定原则^[6]:

①满足市场和国民经济发展对产品的要求。产品大纲的编制根据国内外市场短期和长期对产品数量、质量和品种等方面的需要，同时，兼顾国民经济各部门情况，即考虑当前的需要，又考虑将来发展的需要。为此，设计者必须进行产品的市场调查。

②产品的平衡。产品大纲的编制应考虑国内外钢厂生产的布局和配套及出口的问题。

③建厂地区的条件、生产资源、自然条件、运输条件、投资等的可能性。

在进行产品大纲的编制时，要以以上三点作为依据，全面考虑，三者不可偏废。

表 2. 1产品大纲

品种	代表钢号	钢板规格 mm	执行标准	产量 万吨/ 年	比 例 %
碳素结构板	Q195~Q275	5~100×900~4000 ×3000~25000	GB/T3274-2007	9	5
	SS330, SS440, SS490, SS540		Q/HG005-2004		
优质碳素结构板	08, 20, 45, 55	5~100×900~4000 ×300~25000	GB/T14975-2002	18	10
	S45C, S50C, S58C		JIS G4051		
低合金高强度板	Q295, Q345, Q390, Q420	5~100×900~4000 ×300~25000	GB709	27	15
	SM400, SM490, SM520, SM570		JIS G4051		
	A572, A573, A633		ASTM		
造船及海洋石油平台用板	A, B, D, E, AH32, AH36, AH40, DH32, DH36, DH40, EH36, EH40, FH32, FH36, FH40	5~100×900~4000 ×300~25000	GB712-2000	45	25
管线钢材	X42~X80	5~100×900~4000 ×300~25000	API 5L	36	20
工程机械用板	09CuCrNi, 16CuCr, StE460	5~100×900~4000	ASTM	11	6
		×300~25000	DIN17102		
锅炉板	20g, 16Mng, 15MnVg	5~100×900~4000 ×300~25000	GB713-1997	9	5
	SB410, SB450, SB480		JIS G3115(2005)		
	A202, A299, A302, A516		ASTM		
压力容器板	16MnR, 15MnVR	5~100×900~4000 ×300~25000	GB6654-1996	9	5
	SPV355, SPV490		JSI G3115		
	A622, A203, A517		ASTM		
桥梁及耐大气腐蚀板	Q235q, Q345q, Q370q,	5~60×900~4000 ×300~25000	GB/T714-2000	9	5
	16Mnq, 09CuPCiNn				
	SM490, SM540, SM570		JSI G3106		
	A709 , Grade50, 50W, 100, 100W		ASTM		
合计				173	100

2.2 金属平衡表

金属平衡是反映在某一定时期（通常是一年），产品金属材料的收支情况。它是编制车间生产预算与制订计划的重要数据，同时对于设计车间的内部运输与外部运输以及平面布置，也是极为重要的依据[6]。因此，必须在确定产材率及金属损失率的基础上，编制出各种计算产品的金属平衡表。

表 2.2 金属平衡表

编号	产品	原料重量 t	成品重量 t	烧损 %	切损 %	轧损 %	成材率 %
1	碳素结构板	98900	90000	1.6	6.0	1.4	91.0
2	优质碳素结构板	197800	180000	1.6	6.0	1.4	91.0
3	低合金高强度板	297030	270000	1.3	6.0	1.8	90.9
4	造船及海洋石油平台用板	496141	450000	1.4	6.2	1.7	90.7
5	管线钢材	396040	360000	1.7	5.8	1.6	90.9
6	工程机械用板	121145	110000	1.9	5.8	1.5	90.8
7	锅炉板	98900	90000	1.6	6.0	1.4	91.0
8	压力容器板	98684	90000	1.7	6.1	1.0	91.2
9	桥梁板及耐大气压腐蚀板	98900	90000	1.8	6.0	1.2	91.0
合计		1907387	1730000	1.6	6.0	1.4	90.7

2.3 典型产品

近年来，我国造船业发展迅速，所以对船板用钢的需求量很大，所以典型产品选择 DH36 船板用钢。化学成分如下：

表 2.3

化学元素	C	Mn	Al	Si	P	S
DH32	≤0.21	≥2.5	≥0.015	0.1—0.5	≤0.035	≤0.035

注：屈服强度不小于 235MPa ， 抗拉强度 400~520MPa 。

2.4 生产方案

宽厚板生产方式一般可分为单机架轧制、双机架轧制和连轧三类，其布置形式分为单机架布置、双机架布置和连续式多机架布置。

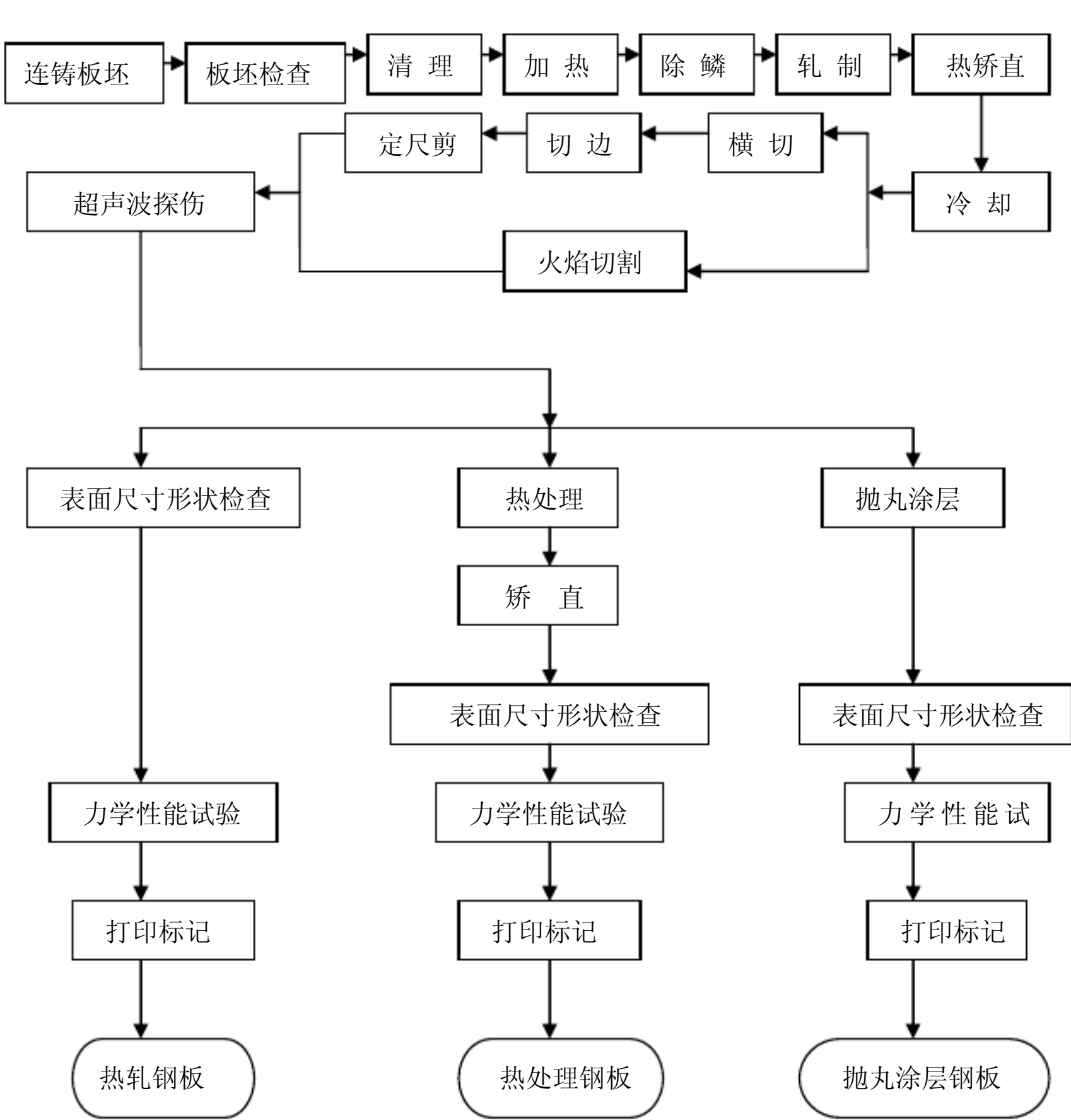
①单机架轧制。单机架布置生产是指在一架轧机上完成宽厚板的轧制。这种方式，粗轧与精轧都在一架轧机上完成，因此产品质量较差，规格受限，产量较差，投资小，适合对产品质量要求不高的钢板。

②双机架轧制。将粗轧和精轧分到两个轧机上分别完成，这种方式，产品质量较好，产量也较高。粗轧机可选用二辊可逆式或四辊可逆式，精轧机一律选用四辊可逆式轧机。目前在轧机布置上，四辊双机架布置是主要形式。

③连轧。这种方式，宽度一般不大，对于较厚的中板，轧制中用不着抢温保温，在一般单、双机架可逆式轧机上轧制就可以满足质量要求，因此也不必采用连轧机生产。

本设计采用双机架四辊可逆式轧制。

3 工艺流程



3.1 中厚板生产工艺流程图

3.1 原料准备

原料选用连铸坯，连续铸钢简称连铸，其生产的钢坯称为连铸坯。连铸坯具有很多的优势，省去了模铸生产工艺中的脱模、整模、均热和粗轧等工序，起到了节省投资的效果；提高了金属收得率和轧钢过程成材率；降低了能源消耗；提高了钢坯质量，为钢材质量的提高创造了条件。采用连铸技术还可以起到改善劳动强度、提高劳动生产率、改善操作环境等作用，同时还有助于铸钢生产的连续

化和自动化，为炼钢生产实现高产、优质、低消耗创造了条件。

3.1.1 原料加热

加热是轧钢生产过程中的一个重要工序。在轧钢之前，对原料进行加热，目的在于提高钢的塑形、降低变形抗力、改善金属内部组织和性能，便于轧制加工。通常将原料加热到奥氏体单相固溶组织的温度范围内，并使其具有较高的温度和足够的时间以均化组织和溶解碳化物，从而得到塑性高，变形抗力低、加工性能好的金属组织。

3.1.2 高压水除鳞

高压水除鳞是将加热时生成的初生氧化铁皮（一次氧化铁皮）和轧制过程中形成的二次氧化铁皮除去和清理，以免压入钢板表面形成表面缺陷（麻点、氧化铁皮压入）。

高压水除鳞分为粗除鳞和轧制过程中的精除鳞两个阶段。粗除鳞是在轧制之前清除原料表面在加热过程中产生的初生氧化铁皮。初除鳞箱安装在加热炉和粗轧机或立辊轧机之间的辊道上^[6]。精除鳞是在轧制过程中清除轧件表面出现的二次氧化铁皮。精除鳞箱一般设置在轧机的入口或者出口处。

3.2 轧制

3.2.1 粗轧

粗轧阶段通常先将原料沿纵轴方向轧制 1—4 道，主要是进行原料表面的清理，消除原料的厚度不均，得到精准的轧件厚度，提高后面展宽轧制的精度；展宽轧制主要是为了得到既定的轧制宽度，将成形轧制后的轧件转动 90° ，沿轧件延伸方向与原料纵轴方向垂直轧制至所要求的宽度；延伸轧制是指将展宽到既定宽度的轧件，再一次旋转 90° ，回到原料的长度方向，轧制到要求的中间坯厚度。中间坯对成品钢板有着重要的影响，粗轧阶段不仅要为精轧阶段提供厚度准确、平面形状矩形的中间坯，而且要减小中间坯凸度，这样才能适应钢板高精度的精轧要求。

3.2.2 精轧

精轧阶段主要是对中间坯（或中间厚度的坯料）继续进行延伸轧制，此阶段的轧制重点是保证钢板的平直度，控制钢板的性能，进一步提高钢板的表面质量（降低表面粗糙度），完成钢板尺寸的精确控制。精轧阶段在对中间坯继续延伸轧制的过程中，钢板的性能控制、平直度控制、厚度精度控制等几个方面是密不可分的，是有机地联系在一起，以温度控制和形变控制为前提的轧制过程的细化。

3.3 冷却

在现代化的中厚板厂中，冷却已不是单纯意义上的成品钢的冷却，而是贯穿于整个中厚板生产过程中，是一个不可缺少的工艺环节，它对轧制和成品钢板的性能、外观质量有着极为重要的作用。

3.3.1 轧制过程中的轧件冷却

轧制过程中的轧件控制冷却，是保证控制轧制中温度变形制度、实现不同钢板轧制方式的重要保障。通常情况下，轧制道次间轧件的降温采用机前或机后辊道轧件游动降温、旁通辊道移出游动降温、粗轧机和精轧机之间轧件的冷却装置。

3.3.2 轧后钢板的加速冷却

控制冷却是控制轧后钢板的冷却速度从而钢材组织和性能的工艺。为了细化铁素体晶粒、阻止碳化物在高温下析出，以提高析出强化的效果而采用的冷却工艺。轧后加速冷却被用在控温轧制之后，主要有 4 种方式：水幕冷却、层流冷却、气幕冷却、喷射冷却。

3.3.3 成品钢板的冷却

成品钢板的冷却是指轧制过程结束后，对通过矫直机矫直后（或不经矫直）的钢板进行冷却。成品钢板的冷却是中厚板生产的主要工序，也是保证钢板质量的重要环节，对钢板外观质量和性能具有重要的影响。根据钢板品种的不同，冷却方式可以采用自然冷却（空冷）、强制冷却（风冷、水冷）、缓慢冷却（堆冷、缓冷）等方式。不管采用何种冷却方式都要冷却均匀，保持钢板平直，避免瓢曲、弯曲、划伤、魏氏组织出现等问题的发生。

3.4 矫直、剪切和表面处理

3.4.1 矫直

钢板在轧制时，由于轧件温度不可能很均匀，延伸也存在偏差，以及随后的冷却和输送原因，不可避免地造成轧后钢板出现波浪和瓢曲。为了确保成品钢板的平直度符合产品标准规定，轧后钢板必须进行矫直。矫直按钢板的矫直状态分为热态矫直和冷态矫直，矫直方式有辊式矫直和压力矫直。

3.4.2 剪切

轧制后的钢板由于温度的分布不均匀，延展和宽展不均匀，在头部、尾部和边部出现不规则的变形部分需要切除。同时轧制后的钢板长度需要按用户的要求进行分段定尺剪切。按钢板的剪切方向有横剪和纵剪之分，按钢板的剪切状态分为热态剪切和冷态剪切，剪切方式有机械剪切、火焰剪切、等离子剪切。机械剪切有斜刀式剪（或称铡刀剪）、圆盘式剪、辊切式剪。

3.4.3 表面清理

钢板表面的清理是指对钢板表面（上、下表面）存在的缺陷，如麻点、夹杂、轻微裂纹、划伤、重皮、折叠等用砂轮机进行磨削去除。

3.5 热处理

热处理是将钢板加热到一定温度并保持一定的时间，然后用选定的冷却速度和冷却方法进行冷却，从而得到所需要的显微组织和性能的操作工艺。随着工业技术水平的不断发展，人们对钢板的质量越来越高。为了达到最终的要求，人们在钢中加入微量合金元素，以通过产生细化铁素体晶粒、产生沉淀硬化相或通过固溶强化及晶粒内位错强化来达到力学性能提高的最终效果。这样的钢板必须采用热处理工艺才能达到性能的要求。中厚板热处理可分为常化处理、调质处理、高温回火和球化处理。

3.6 表面标识

钢板进入成品库时，在钢板表面必须有明显的产品标识。钢板标识的目的是为了钢板的识别，便于钢板的出、入库管理，防止钢板在运输或使用过程中出现差错，避免钢号混乱，实现按炉送钢制度的延续性，保证生产过程和质量责任的可追溯性。

4 主辅设备选型

4.1 主要设备选型

本设计重点内容是在宽厚板车间工艺设计基础上的板形控制，随着 AGC 技术的快速发展，热轧钢板纵向厚度已经能够得到很好的控制，但是由于轧辊外型和轧辊凸度温差等因素，横向厚度控制仍然未得到明显的改善。目前，在设备方面，国外技术控制中厚板板形主要采用 HC 轧机，CVC 轧机，VC 轧机和 PC 轧机等技术。

HC 轧机。HC 轧机是 1972 年日本日立公司和新日铁钢铁公司联合研制的六辊轧机，该轧机就是在普通四辊轧机的基础上，在工作辊和支撑辊之间加装一对可以轴向移动的中间辊，且中间辊轴向移动方向相反，通过中间辊的移动，可消除工作辊和支撑辊之间的有害接触区，提高了轧制的板形控制能力，而且适用于任何宽度板带材的轧制。

VC 轧机。VC 轧机的支撑辊（VC 辊）采用了液压胀形技术。VC 辊为辊套型轧辊，主要由芯轴、辊套、密封油腔、油路、回转接头和高压泵站等部分组成。VC 辊在工作时芯轴和辊套作为整体旋转，在芯轴和辊套间设有液压腔，提高调节液压腔内高压油的压力来控制辊套鼓凸的大小以调节辊型。

CVC 轧机。该轧机就是将上下轧辊辊身磨削成相同的 S 形曲线，上下辊的位置倒置 180° ，当曲线的初始相位为零时，形成相等距离的 S 形平行辊缝，通过轧辊轴向窜动机构，使上下 CVC 轧辊相对同步窜动，在辊缝处获得从中凹到中凸连续变化的辊缝形状，从而适应在不同工艺条件下，轧辊能迅速、连续、任意改变辊缝凸度的要求。但 CVC 轧机多用于冷轧板带生产。

PC 轧机的工作原理是通过交叉上下成对的支撑辊和工作辊的轴线，形成上下工作辊间辊缝的抛物线，并与工作辊的辊凸度等效。^[8]

比较以上几种轧机，CVC 轧机主要用于冷轧，PC 轧机和 VC 轧机换辊较为繁琐，HC 轧机具有一定优势，但是 HC 轧机必须新建，耗资较大，而我国有大量旧的四辊轧机，不易改造。所以，本设计采用工作辊横移式四辊轧机。

工作辊横移式四辊轧机采用了 HC 轧机轧辊轴向移动的创意，但轴向移动的不是中间辊，而是将这种轴向移动直接应用于工作辊上，由此产生了 HCW 轧机。HCW 轧机可以在原四辊可逆式轧机的基础上加装工作辊横移机构而成^[9]。该轧机可以通过调整工作辊横向位移，并配合弯辊缸可以比较灵活地控制工作辊的辊凸度，从而轧出板形良好的宽厚板。

4.1.1 粗轧机

四辊可逆式粗轧机，基体参数如下：

工作辊：	$\phi (1110—1210) \times 4300\text{mm}$
支撑辊：	$\phi (2000—2200) \times 4200\text{mm}$
最大轧制压力：	90000KN
刚性模数：	$>8.5\text{MN/mm}$
主电机转速：	0/40—80r/min
主电机功率：	7000kW $\times 2$
轧制速度：	Max. 4.65m/s
最大轧制力矩：	10250kN $\cdot \text{m}^{-1}$
最大开口度：	400mm

4.1.2 立辊轧机

主要参数：

立辊形式：	双电机上传动
轧辊：	$\phi 1000$
最大轧制力：	5000KN
轧辊开口度：	1350—4300mm
主传动电机：	N=1200kW $\times 2$ ，AC

4.1.3 精轧机

4300mm 四辊 HCW 精轧机，主要参数：

工作辊：	$\phi (1110—1210) \times 4300$
支撑辊：	$\phi (2000—2200) \times 4200$
最大轧制压力：	90000kN
刚性模数：	$>8.5\text{MN/mm}$
主电机转速：	0/50—120r/min
主电机功率：	7500kW $\times 2$
轧制速度：	Max. 7.0m/s
最大轧制力矩：	10250kN $\cdot \text{m}^{-1}$
最大开口度：	400mm ^[8]

4.2 辅助设备选型

4.2.1 加热炉

加热炉选用双排料蓄热式三段步进梁式加热炉，燃料为高炉、焦炉、转炉混

合煤气，步进机构采用双轮斜轨、液压传动形式。加热炉有效长度 36.8m,有效内宽为 9.3m,具体参数如下：

表 4.1 加热炉参数表			
加热炉炉型	双排料蓄热式、 步进梁式	单位热耗 KJ/kg	450 (900℃ 热装) 1260 (冷装)
板坯规格 mm	(200-300) × (1500-2300) × (2500-4100)	钢压炉底强度 Kg/(m ² · h) ⁻¹	1300 (热装料) 720 (冷装料)
标准板坯 mm	200 × 2000 × 3000	煤气最大消耗量 m ³ · h ⁻¹	31200
板坯入炉温度 ℃	900℃ (热装) 常温 (冷装)	空气最大消耗量 m ³ · h ⁻¹	62400
板坯出炉温度 ℃	1050—1250	供热方式	蓄热式，空煤气 双预热
加热能力 t · h ⁻¹	240 (标热坯)，180 (标冷坯)	步进机构形式	双轮斜轨式，液 压传动
有效炉地面积 m ²	7.4 × 39=288.6	步进行程 mm	升降为 200，水平 为 550
燃料及热值	混合煤气，Q=8.374—9.600	步进周期 s	35

4.2.2 高压水除鳞系统

板坯在加热和轧制过程中会产生氧化铁皮，如不去除，会被压入钢板表面产生表面缺陷，影响钢板质量。氧化铁皮的去除是通过机械冲击和利用钢坯基体与氧化铁皮之间过热水的爆炸来实现的，因此需要足够的冲击能量使氧化层与基体“分离”，并有足够的水量进入裂纹界面，然后分离氧化层。对于含有 Cu, Ni, Cr 等合金元素的合金钢，其板坯表面氧化铁皮不易清理，需要高压力的除鳞水。

除鳞水压力设计为 250bar，粗除鳞箱设有 4 组喷头（上、下部各 2 组），粗、精轧机机架出、入口都设有二次除鳞设备。

4.2.3 轧后加速冷却系统（ACC）

轧后加速冷却系统是将热轧后的钢板在线立即进行冷却，通过控制相变获得所需要的组织和性能的技术。具体参数如下：

- 集管数：24 (上部)+24 (下部)
- 喷嘴数：-50000
- 平均流量：5000m³/h (在 2.5bar 时)
- 尖峰流量：12900m³/h (在 1.5bar 时)
- 侧喷流量：750m³/h (在 10bar 时)
- 冷却速率 (△T=300℃)：

20mm：30℃/sec

30mm：20℃/sec

50mm：10℃/sec

4.2.4 热矫直机

主要参数:

型式: 四重 9 辊全液压可逆式
矫直钢板规格: 厚度: 5—60 (100) mm
宽度: 1200—4200mm
长度: Max. -43000mm
矫直辊直径: $\Phi 320\text{mm}$
矫直辊辊身长度: 4300mm
矫直辊开口度: Max. -300mm
最大矫直力 (AGC): 35000kN
主传动: AC600kW $\times 2$, 0/60/120rpm

4.2.5 冷床

主要参数:

数量: 三座
冷床型式: 1#、2#辊盘式, 3#冷床步进式 (厚板冷床)
1#、2#冷床宽度: 43000mm
3#冷床宽度: 30000mm
1#、2#冷床有效面积: 5600m²
3#冷床有效面积: 1100 m²

4.2.6 剪切机构

主要参数:

型式: 切头剪、定尺剪: 双轴双偏心滚切式
双边剪: 三轴三偏心滚切式
剪切钢板规格: (5-50) $\times$ (1200-4150) $\times$ (-43000) mm
钢板冷态抗拉强度: 厚度 40mm: Max. 1200MPa
厚度 50mm: Max. 750MPa
剪切次数:
切头剪: Max. 18 次/min (启-停工作制)
定尺剪: Max. 18 次/min (启-停工作制)
双边剪: 15—30 次/min

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/868010126031006137>