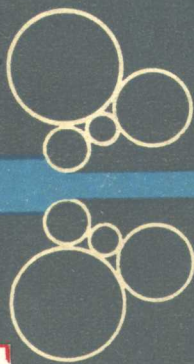


多辊轧机冷轧技术



冶金工业出版社



多辊轧机冷轧技术

李耀群 佟大瑞 编

冶金工业出版社

EY6/23

多辊轧机冷轧技术

李耀群 佟大瑞 编

*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 4 1/4 字数 92 千字

1978年8月第一版 1978年8月第一次印刷

印数 00,001~9,300 册

统一书号: 15062·3364 定价(科三) 0.36元

前 言

现代科学技术和工业的发展，对优质、高精度、宽而薄的冷轧带钢（材）的需要量越来越大，尤其对冷轧不锈钢带、硅钢带和一些具有特殊性能要求的高温难熔、精密、稀有合金冷轧带材的需要量激增。随着上述材料需要量增加和质量的提高，生产这些材料的多辊轧机也得到很快的发展和广泛的应用。

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，早在1958年大跃进的年代里，一些单位就开始了多辊轧机的实验研究工作。近二十年来，由于贯彻执行毛主席“独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国”的方针，多辊轧机的设计、制造和使用都取得了一定的成果，一些研究和生产单位已经开始掌握多辊轧机冷轧技术。为了使从事多辊轧机冷轧生产的操作人员和有关同志对多辊轧机冷轧技术有一概括了解，本书对多辊轧机冷轧技术所涉及的有关内容作一扼要介绍。

由于作者水平有限，生产实践经验不足，书中可能存在不少缺点和错误，请读者批评指正。

1977年12月

目 录

第一章 多辊轧机冷轧技术的概述	1
一、多辊轧机冷轧技术的发展概况.....	1
二、多辊轧机的特点.....	6
三、多辊轧机基本参数的选择.....	10
第二章 多辊冷轧机	12
一、工作机座.....	12
二、主传动.....	35
三、卷取机和重卷机.....	36
四、电气传动和自动控制.....	37
第三章 工艺、设备润滑和液压系统	45
一、工艺润滑和支撑辊润滑系统.....	45
二、轧制油过滤系统.....	47
三、设备润滑.....	51
四、液压系统.....	54
五、油库与管道.....	56
第四章 轧辊	57
一、轧辊的材质与制造.....	58
二、轧辊的磨削.....	61
三、轧辊的使用与维护.....	65
第五章 轧制参数的测量	69
一、厚度测量.....	69
二、压力测量.....	75
三、其他参数的测量.....	83

第六章 冷轧工艺	85
一、冷轧一般工艺.....	85
二、冷轧工艺润滑油.....	92
三、冷轧规程.....	95
四、轧制缺陷及其消除.....	105
第七章 辊系受力分析	114
一、12辊轧机辊系的受力分析.....	114
二、20辊轧机辊系的受力分析.....	117
附录一 部分合金冷轧压下率与机械性能变化关 系的曲线	122
附录二 森吉米尔型6辊、12 辊、20 辊轧机的有关 技术数据	128
参考文献	130

第一章 多辊轧机冷轧技术的概述

一、多辊轧机冷轧技术的发展概况

薄板、带钢的生产技术是钢铁工业发展水平的一个重要标志。目前，在工业生产较发达的国家中，板、带材在钢材中所占比例已超过了50%，而且在板、带材生产中，冷轧的比例也不断地在增加。冷轧钢板的生产主要是采用3~6机架的四辊连轧机，这种轧机的特点是生产率高，机械化、自动化程度高，产品质量好。目前全世界已有这种轧机约183台^[1]，生产能力为1亿多吨，约占冷轧能力的80%。1971年日本钢管公司福山钢铁厂兴建了第一台五机架全连轧轧机，由焊机、活套、飞剪等辅助设备实现了全连续轧制，全部操作由计算机控制，最高轧制速度为1830米/分，可月产 $0.15 \sim 0.16 \times 1270$ 毫米的薄带钢10万吨。这种全连续轧机除了具有上述一般连轧机的优点外，尚有可提高成材率，提高轧辊寿命，节省人力等优点。但连轧机仅适用于产量大，品种规格较为单一的钢种的冷轧生产；而对于生产量较小、质量要求高、品种规格复杂的高合金钢和合金冷轧带材，采用连轧机生产在经济上并不合适，连轧机的优点也得不到发挥，而大都采用多辊可逆轧机进行生产。

冷轧生产最初是在二辊、四辊轧机上进行的。科学技术和工业的发展需要更薄的带材，尤其是用在高频下的仪器仪表，电子、通讯设备上的电器元件需要极薄带材。原有的四

辊轧机已经不能满足这一要求了。因为轧辊本身的弹性压扁值往往比所要轧的带材厚度还要大,而轧辊的弹性压扁(当单位压力相同时)是与辊径成正比的。当轧辊材质一定时,要降低轧辊的弹性压扁,就必须减小辊径,而辊径的减小相应又会出现刚性不够。为解决这一矛盾,就需要有良好刚性的塔形支撑辊系,这样便出现了新型结构的轧机——多辊轧机。开始是6辊轧机,但由于工作辊径的减小受到两支撑辊间隙尺寸的限制,以及操作不方便而未被推广。之后发展为12辊、20辊轧机。上述轧机辊系的配置示于图1。最近,为了获得 <0.001 毫米的极薄带,还出现了工作辊径为 $\phi 1.5$ 毫米的36辊实验多辊轧机。在发展多辊轧机的过程中还出现过一些复合式多辊轧机,其辊系配置示于图2。复合式多辊轧机

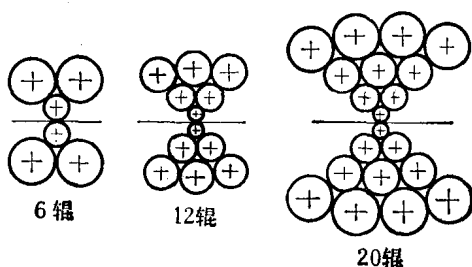


图 1 6、12、20辊轧机辊系配置图

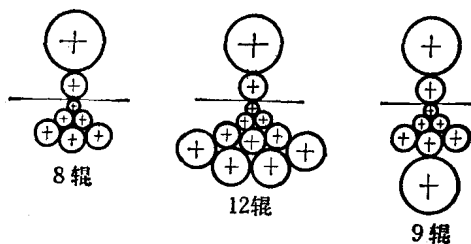


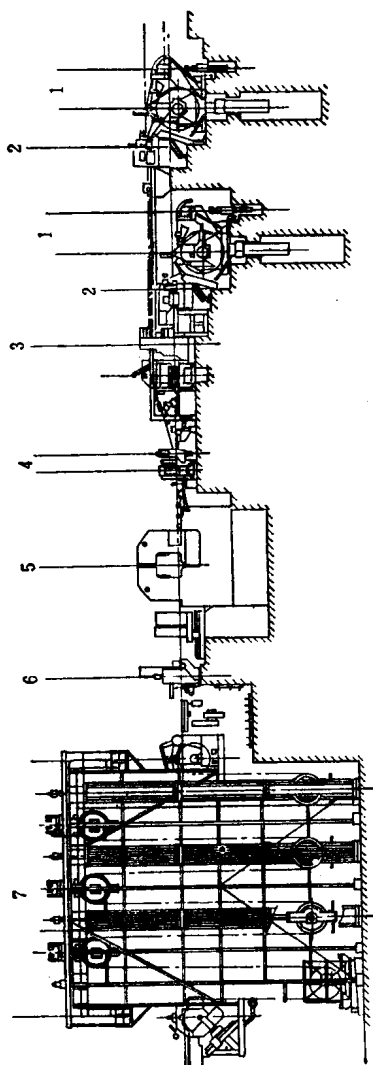
图 2 复合8、12、9辊轧机辊系配置图

的特点是两个工作辊的辊径相差较大，结构简单，制作方便，轧制稳定性好，但与20辊相比，也还存在着轧制力大，精度差等缺点，因而未被大量推广。此外，还有一些8辊、14辊、16辊、30辊等类型的多辊轧机。

自1932年出现第一台多辊轧机以来的四十多年中，多辊轧机发展得很快，生产最多的是20辊轧机，其中又以森吉米尔20辊轧机为主。第一台用于生产的森吉米尔20辊轧机1946年建于美国。目前全世界已有20辊轧机三百多台。世界不锈钢冷轧板带已有96%以上采用这种轧机生产。随着多辊轧机数量的增加，多辊轧机的技术水平也在不断提高。目前，产品最薄厚度：有色金属为0.001毫米（宽100毫米），不锈钢为0.01毫米（宽200毫米），硅钢为0.002毫米（宽120毫米）。产品最大宽度可达2000毫米，最大卷重可达27吨。轧机最大轧制速度：轧制普通钢为1030米/分，硅钢为800米/分，不锈钢为600米/分。这种轧机已广泛采用可控硅供电和电子计算机控制技术。1956年来，西德施劳曼公司生产了几十台偏8辊轧机，有单机座可逆的，也有二、四机架连轧的。1969年日本日新制钢公司的周南工厂兴建了世界第一台四机架连续20辊轧机，轧件规格为 0.3×1280 毫米，卷重22吨，轧制速度为600米/分。该轧机的布置图示于图3。

在我国多辊轧机是在大跃进年代中出现的。在毛主席革命路线指引下，十几年来，一些单位对多辊轧机进行了研究、设计、制作和试生产，取得了可喜的成果。目前，已经有一批生产和科研单位采用了多辊轧机的冷轧技术。另外，不少单位在群众性的技术革新活动中，把原有的四辊冷轧机改装成各种类型的多辊轧机，也取得了一定进展。

出側



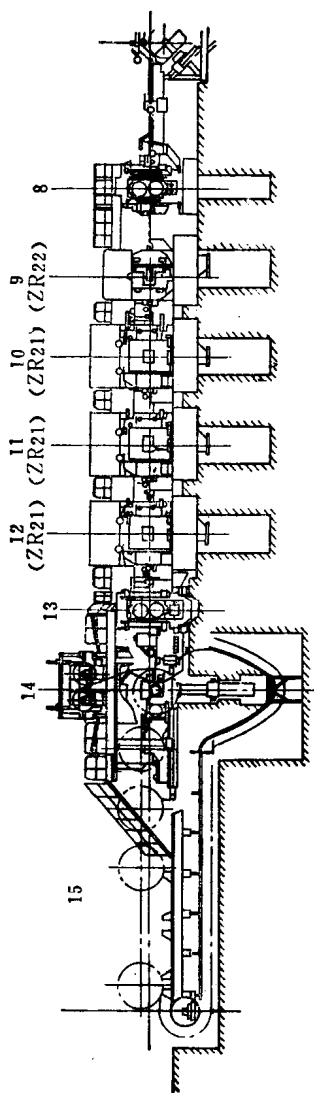


图 3 连续式森吉米尔轧机

1—开卷机，2—矫直机，3—剪切机，4—缝焊机，5—焊接机，6—夹送辊，7—活套塔，8—进口二辊轧机，9—1号森吉米尔轧机 (ZR22)，10—2号森吉米尔轧机 (ZR21)，11—3号森吉米尔轧机 (ZR21)，12—4号森吉米尔轧机 (ZR21)，13—出口二辊轧机，14—卷取机，15—带卷输送机

二、多辊轧机的特点

多辊轧机之所以得到迅速发展，是与其本身所具有的特点分不开的。与一般冷轧机相比，多辊轧机具有下述优点：

1. 多辊轧机的最大特点之一就是采用小直径的工作辊。辊径与带材厚度的关系可从下式看出：

$$D = \frac{0.28 E h_{\min}}{\mu (K - \sigma)} \quad (1)$$

式中 D ——工作辊径，毫米；

E ——轧辊弹性模量，公斤/毫米²；

$h_{\min}$ ——带材最小厚度，毫米；

μ ——轧辊与带材间的摩擦系数；

$K = 1.15 \sigma_s$ ，公斤/毫米²；

σ ——由带材张力产生的应力， $\sigma = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2}$ ，公斤/毫米²；

σ_0 ——后张力；

σ_1 ——前张力。

由上式可见，允许轧制带材的最小厚度与轧辊直径成正比。这样就可以用多辊轧机生产用四辊冷轧机轧不出来的更薄的带材。例如轧制1250毫米宽的软钢带时，普通四辊冷轧机的可轧最小厚度为0.25毫米，而用森吉米尔轧机可轧到0.06毫米^[2]。

2. 工作辊径小，总轧制力便小。轧制时被轧金属对轧辊（通过它传递给辊系和机架）的总压力 P 可用下式计算：

$$P = F p \quad (2)$$

式中 p ——平均单位压力，公斤/毫米²；

F ——接触面积，毫米²。

对于简单的轧制情况，当工作辊径相同时，金属与轧辊的接触面积可用下式计算：

$$F = B \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h} \quad (3)$$

式中 B ——带材宽度，毫米；

R ——轧辊半径，毫米；

Δh ——绝对压下量，毫米。

从式(3)看出接触面积与轧辊半径的平方根成正比。当带材宽度、压下量相同时，辊径愈小接触面积也愈小。这一关系也可从图4中直观地看出：当压下量 $\Delta h = h_0 - h$ 相同、宽展 $\Delta B \approx 0$ 时，采用不同的辊径 $D_2 > D_1$ ，则接触面积的投影 $a'bcd'$ (D_2 的) $> abcd$ (D_1 的)。

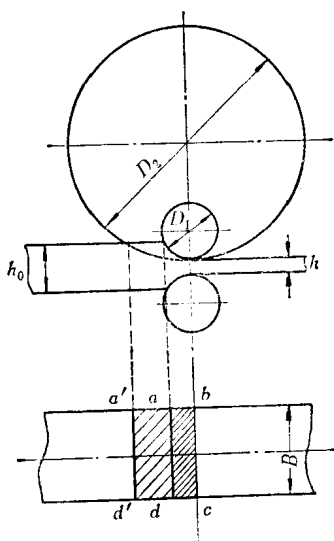


图 4 不同辊径变形区的投影图

从(2)、(3)式中可得出:轧辊直径的减小导致变形区接触面积减小,从而使总轧制力减小。20辊轧机的轧制力(在轧制条件相同时)约为四辊轧机的1/4。由于轧制力的减小使轧制力矩减小,从而可节约电能30~40%。表1〔2〕列出了在轧制软钢带(宽915毫米)时四辊轧机和森吉米尔轧机的能耗比较。

表 1 四辊轧机和森吉米尔轧机的能耗比较

道 次		1	2	3	4	5
带 厚 (毫米)		2.70	1.60	1.00	0.60	0.40
压下量 (毫米)		1.10	0.60	0.40	0.20	0.11
道次压下率 (%)		40.7	37.5	40.0	33.4	27.5
总压下率 (%)		40.7	63.0	77.8	85.2	89.2
轧制力 (吨)	森吉米尔轧机	290	230	220	140	120
	四辊轧机	890	900	920	770	830
轧制功率 (千瓦)	森吉米尔轧机	2010	1680	1320	730	440
	四辊轧机	2490	1750	1650	950	510

另外,轧制力的减小还会相应地减小摩擦发热和轧辊的磨损。

3. 由于工作辊径小,轧辊的弹性压扁减小,因而每个轧程的总压下量可增大。此外,当轧制力相同时,与四辊轧机相比,用小辊径的多辊轧机可使道次压下量增加,最大可高达80%。这对于变形抗力大或硬化速率大的高合金钢和合金材料的轧制是很有利的。此外,对于同样的变形量,可用较少的道次来完成,从而提高了生产率。对于多辊轧机来

说，工作辊的更换十分方便，由于减少辅助时间，也可提高生产率。

4. 由于多辊轧机具有塔形的支撑辊系，尤其是森吉米尔20辊轧机，具有整体铸造机架，刚性很好。一般冷轧机的轧辊仅通过辊颈传递轧制力，而多辊轧机最外层支持辊（轴承）通过鞍座把轧制力均匀地传递给机架，轧辊整个长度上都承受轧制力，加之有特殊的辊型调整系统，轧辊挠度很小，因而可获得高精度的成品。例如轧制0.2毫米不锈钢带，用一般四辊轧机轧制时公差为0.01~0.03毫米，而用森吉米尔20辊轧机轧制时其公差仅为0.003~0.006毫米，精度可提高四倍。

5. 由于变形区小，摩擦阻力小，带材的宽展也随之减小，这便会减少某些材料裂边的趋势。

6. 轧机体积小，重量轻。生产同规格的产品时，与四辊轧机相比，20辊轧机的重量为前者的1/3，设备总重约为前者的一半。由此，可减少车间生产面积，降低车间高度，减小天车的跨度与吨位，减少磨床以及其他辅助设备的吨位等，从而减少基建投资。

7. 机械化、自动化程度高。

总之，多辊轧机由于具有上述优点，在用于冷轧生产中，可使产品的产量增加，质量提高，消耗减少。

当然，正由于上述优点，也随之带来了多辊轧机设备制造加工、安装调整的精度要求高这一难点；由于轧辊之间配合的要求，使轧辊辊径使用范围小，轧辊的备件数量也会相应增加；与四辊轧机比，辊系的冷却比较困难，因此限制了轧制速度的提高，目前20辊轧机的轧制速度最高为1030米/分。

三、多辊轧机基本参数的选择

多辊轧机基本参数的选择主要依据产品方案。冷轧带钢(材)可按厚度分为三类:

薄带钢(材)	0.5~0.15毫米
超薄带钢(材)	0.015~0.05毫米
极薄带钢(材)	0.05~0.001毫米

目前,超薄带钢(材)和极薄带钢(材)都采用多辊轧机生产。当带材宽厚比大于10000时,均采用20辊生产。

根据产品方案的最小厚度来确定多辊轧机的工作辊径。工作辊径可按公式(1)计算。从公式(1)中可看出,工作辊径的选择与带材的厚度、带材的机械性能、带材的张力、轧辊的弹性模量和摩擦系数有关。因摩擦与轧制速度有关,由此也间接地考虑到轧制速度的影响。

通常按辊径与成品带材厚度的比例关系来选取 D :

$$D \leq 2000h \quad (4)$$

这是最大的比例,轧制较困难,往往需增加中间退火和轧制道次,对轧辊材质的要求也更高,为采用合理的轧制制度,一般都按下式来选取 D :

$$D \leq 1000h \quad (5)$$

工作辊辊身长度 L 主要依据带材的最大宽度 B 来确定:

$$L = B + a \quad (6)$$

当 $B < 300$ 毫米时, $a \approx 50$ 毫米;当轧制宽带材时, a 选用100~200毫米。

根据产品方案求出工作辊径和辊身长度后,即可按表2选定轧机机构的方案^[3]。

表 2 轧机机构方案选择

轧机类型	工作辊身长 与直径之比 L/D	支撑辊与工作辊 辊径之比	带材宽度与厚度比 B/h
2 辊	0.5~3	—	500~2500
4 辊	2~7	2~6	1500~6000
6 辊	2.5~6	2~2.5	2000~5000
复合式	—	2~3	5000~15000
8 辊	5~10	4~7	6000~12000
12 辊	8~14	3~4	7000~12000
14 辊	15~28	—	10000~30000
20 辊	12~30	5~7.5	10000~36000