

现代轧辊材料金相图谱



殷光虹 编著



机械工业出版社

TC 31-1 7-61
53

现代轧辊材料金相图谱

上海宝钢金属学会 殷光虹 编著
宝钢钢铁研究所



机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

内 容 简 介

本书详细介绍了宝钢 4 座现代化轧钢厂所遇到的各类轧辊的金相组织及特点。轧辊以材质分类,每一类材质之前,介绍该材质的发展及特点,然后以图谱形式介绍这种材质的优缺点,特别是组织上的微小差异对使用造成的影响,并从制造、使用等不同角度分析同一类材质轧辊的优劣。同时也介绍了一些轧辊的主要失效形式及原因分析。

现代轧辊材料金相图谱

上海宝钢金属学会
宝钢钢铁研究所 殷光虹 编著

*

责任编辑:武 江 版式设计:霍永明
封面设计:郭景云 责任校对:陈 松

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $11^{1/2}$ ·插页 2·字数 278 千字

1993 年 6 月北京第 1 版·1993 年 6 月北京第 1 次印刷

印数 0 001—1 430·定价:27.00 元

*

ISBN 7-111-03762-6/TG·823(X)

序 言

我国钢铁工业自 50 年代第一个五年计划起到现在走过了 40 年的历程，我国钢的年产量已经从不足 10 万吨发展到 8000 万吨，成为世界第四产钢大国。在钢铁工业的发展过程中，随着现代化轧机的引进，我国的轧辊工业从起步到成熟，大致经历了三个台阶。

第一台阶始于 50 年代末期，为了满足以鞍山钢铁公司为骨干的钢铁工业的需要，我国开始试制大型铸造、锻造轧辊。这是我国轧辊工业的起步。第二台阶始于 70 年代武汉钢铁公司从日本引进板卷热连轧机、从西德引进带钢冷连轧机。我国开始建设专业化的轧辊制造厂，并培养轧辊科研、开发、生产、使用的科技队伍，开始研究大型轧辊的表面感应加热淬火技术和离心浇注复合铸铁技术，瞄准国际质量标准，研制高性能、高精度的大型冷热工作辊，到 80 年代中期，这几种轧辊基本上可以满足国内的需要。这是我国轧辊工业的成长期。这时，宝山钢铁总厂的建设、引进自动化程度高、高速大型、产品精度要求高、具有 80 年代水平的初轧开坯机、板卷热连轧机、带钢冷连轧机与钢管轧机，我国的轧辊工业上升到第三台阶。对轧辊要求除了高质量、高精度以外，还向多品种、更大型外延。我国的轧辊科技水平向国际水平追赶，轧辊质量逐渐向国际标准靠拢。这是我国轧辊工业趋向成熟阶段。

宝山钢铁总厂钢铁研究所殷光虹高级工程师等，对国内外供应宝钢的各类轧辊作了长期的研究，汇集了各类轧辊的金相组织，汇集成册；并以金相组织为中心，结合轧辊的技术要求、制造方法、材料性能、服役条件、失效实例及其原因进行了较全面的分析。研究对象包括合金铸钢、复合铸钢、石墨铸钢、球墨铸铁、离心浇注复合高铬铸铁、离心浇注复合无限冷硬铸铁、合金锻钢、锻造半钢等各类新型轧辊，可以说是集国内外大型现代化轧机用辊于一册。本图册确是国内从事轧辊设计、研究、制造、使用等专业人员的非常难得的技术参考资料，也将是我国轧辊科技进一步提高可以借鉴的样本。本图册的出版将对我国轧辊工业的发展起有益的作用。

章守华

1993.1.10

前 言

轧辊是轧钢用的重要工具。轧辊的质量,尤其是内在质量,对轧材表面质量及尺寸精度有直接影响。目前,世界上的轧钢机正向重型化、自动化、连续化的方向发展。因此轧辊质量的优劣也直接影响到轧机效率的发挥。宝钢是当前国内最现代化的钢铁企业,宝钢轧机所配置的轧辊也基本上反映了当代世界轧辊发展的最先进技术。我们编著《现代轧辊材料金相图谱》一书的目的,是试图通过宏观、微观金相技术来反映轧辊的内在质量,为国内轧辊制造、研究、使用单位提供一个了解世界轧辊制造水平的窗口,为国内轧辊制造水平的提高作出贡献。

本图谱按宝钢现有四座轧钢厂分类,即分为热轧厂、冷轧厂、初轧厂、无缝钢管厂四章。每章前面,扼要介绍该轧钢厂的工艺特点以及轧辊材质的选择要点,使读者对每一章的中心内容有一概括的了解。随后按不同材质轧辊详细介绍其典型金相组织。本图谱共收集在宝钢使用的大约 80 支不同国别轧辊的 223 幅照片,这些图片除一部分是从国内外提供的轧辊实物切片上制取的以外,大部分是从宝钢引进轧辊的实物表面上制取的,由于实物轧辊不能破坏,我们采用醋酸纤维纸(AC 纸)制作表面金相复型。复型的表面喷碳后,再制作金相图片。

本图谱编著时,按实用的需要,收集了各种轧辊的化学成份、表面硬度、制造方法、使用条件等。并对每幅图片给予了必要的说明。除叙述各种显微组织的形成原因、形貌特征以及数量、分布外,还尽可能详细地说明各种显微组织的差异,以及这种差异对使用带来的影响。本图谱还收集了某些轧辊使用以后的表面形貌照片,以及各种损坏形式的照片,并对损坏的原因进行了分析说明。

材料科学主要是研究材料的成份、组织、性能之间的关系以及为得到这三者最佳配合的制造工艺技术。

从轧辊材料使用条件的要求出发,除要求其具有足够的强韧性外,对其耐磨性、耐热裂性、抗剥落性、咬入性能以及抗热冲击性、淬透性等都有一定的要求,因此,使得轧辊材料的化学成份范围变化较广,碳含量一般都在共析钢到铸铁的范围之内,并加有不同的合金元素。轧辊材料的金相组织也与一般钢铁材料有所不同,兼具钢和铁的特征。这是一般材料科学技术工作者较少关注的领域。希望本图谱的编著,对过共析钢领域内的材料研究能有所帮助。

本图谱经费伟若同志审核,并提出了许多宝贵意见。宝钢钢研所申小川同志为金相样品的制取和金相照片的制作做了大量工作。在图谱的编写过程中还得到了虞敌卫、黄玉琴、于杰、杨晓芳、孙焕德等同志的各种帮助。本图谱的出版,得到了常州冶金机械厂、太原钢铁公司轧辊厂、第一重型机器厂、第二重型机器厂、上海冶金设备总厂等单位的大力支持,并得到了宝钢马鄂云、徐纪滇、孙以容等同志的大力支持。在此一并表示感谢。

限于作者的水平,本图谱缺点、错误在所难免,欢迎读者批评指正。

作者
1992.10

目 录

绪论	1
第一章 热连轧辊	7
第一节 特殊合金铸钢轧辊	10
第二节 复合石墨铸钢轧辊	18
第三节 复合铸钢轧辊	30
第四节 高铬铸铁轧辊	39
第五节 高镍铬无限冷硬铸铁轧辊	57
第二章 冷连轧辊	75
第一节 冷轧工作辊辊坯金相组织	79
第二节 冷轧工作辊的表面感应热处理	84
第三节 复合铸钢支承辊	95
第四节 冷轧工作辊的辊面剥落	105
第三章 初轧及钢坯轧辊	114
第一节 合金铸钢和合金锻钢轧辊	116
第二节 石墨铸钢轧辊	122
第三节 铸造半钢轧辊	128
第四节 锻造半钢轧辊	135
第四章 钢管用轧辊	146
第一节 球墨铸铁轧辊	147
第二节 型钢类轧辊的断裂与失效	155
附录 硬度换算表	166

CONTENTS

Introduction	1
Chapter 1 Rolls for Hot Strip Mill	7
section 1 special alloy cast steel rolls	10
section 2 double graphic cast steel rolls	18
section 3 double cast steel rolls	30
section 4 high chromium cast steel rolls	39
section 5 indefinite chill cast iron rolls	57
Chapter 2 Rolls for Cold Strip Mill	75
section 1 metallographic microstructure of cold work rolls	79
section 2 induction heat treatment of cold work rolls	84
section 3 double cast steel back up rolls	95
section 4 spalling of cold work rolls	105
Chapter 3 Rolls for Slabbing and Blooming	114
section 1 alloy cast steel and alloy forged steel rolls	116
section 2 graphic cast steel rolls	122
section 3 adamite rolls	128
section 4 forged adamite rolls	135
Chapter 4 Rolls for Seamless Tube and Pipe	146
section 1 nodular cast iron rolls	147
section 2 breakage and failure of rolls	155
Appendix Conversion Tables of Hardness	166

绪 论

一、轧辊的种类

轧辊是轧机所用重要工具之一。一百多年来，随着轧钢技术的发展，轧机种类在不断增加，由于轧钢条件的变化以及对轧材表面质量要求的不断提高，对轧辊材质性能也提出了各种不同的要求，出现了多种轧辊。若以轧辊中含碳量的多少来分类，目前世界上常用轧辊可以分成三类：钢轧辊（含C0.4%~1.4%）、半钢轧辊（含C1.4%~2.4%）和铸铁轧辊（含C2.5%~3.5%）。见图1。

上述分类仅局限于辊面材料，实际上近年来因复合铸造技术，尤其是离心铸造技术的飞速发展，辊面为钢、半钢、石墨钢、无限冷硬铸铁或高铬铸铁等，而芯部为成份完全不同的中低碳钢或球墨铸铁或灰铁的轧辊已有多种，宝钢引进轧辊中也有此类。因此，单纯地指这种轧辊属于哪一类，就比较困难。随着轧辊技术的发展，期待着对复合轧辊作更科学的分类。

钢系轧辊的含碳量在0.4%~1.4%左右。由于含碳量较低，其组织一般由铁素体和珠光体构成，并随着含碳量的增加，铁素体含量逐渐减少。由于含碳量不高，尽管轧辊的强韧性较高，但是硬度较低。为了提高硬度，一般加入Cr、Mo等合金元素，或者进行特殊的热处理。因此适用于轧制温度高，轧制载荷大的开坯轧机或粗轧机，也可作支承辊。另外，如果进行强烈的水冷，得到HS90以上的高硬度，还可用于冷轧工作辊。

半钢系轧辊的含碳量在钢系和铸铁系的中间约1.4%~2.4%左右。其组织主要由珠光体构成，并含有少量渗碳体（15%以下）。因此其强度比钢轧辊稍低，但比铸铁轧辊高，其硬度也比一般钢系轧辊高。这类半钢系轧辊也可通过石墨化或锻造来提高抗热裂性和强韧性。这类材料的最主要特点是内部的硬度降落很小，因此特别适宜于制造深孔型轧辊。主要用于粗轧、中轧或型钢精轧。

铸铁系轧辊的含碳量在2.5%~3.5%左右。铸铁系轧辊大致可以分成无石墨和有石墨两大类。

传统的无石墨轧辊为冷硬铸铁轧辊，其工作层表面为高硬度的白口层，但工作层深度不

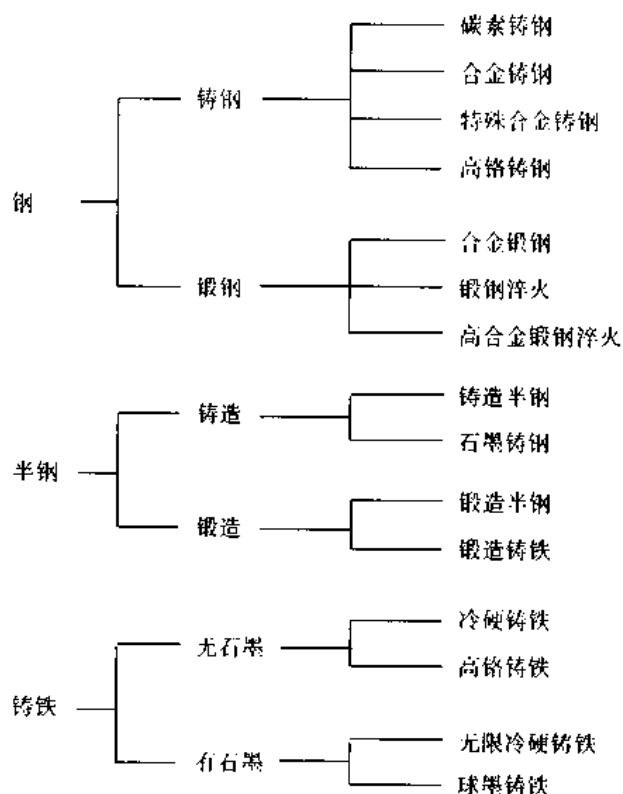


图1 轧辊分类

金碳化物的硬度也有很大的变化，其显微硬度的大致范围见图 3。

由于碳化物硬度高，耐磨性极好，相反，其韧性极低。因此其承受热冲击能力较差，易产生热裂纹。

轧辊的基体组织主要有奥氏体、铁素体、珠光体、贝氏体和马氏体几种。奥氏体主要存在于含碳量在 1.0% 以下的轧辊中，且以残余奥氏体形式存在。奥氏体承受冲击能力较好，延展性也不错，但是其硬度较低，对于要求较高硬度的轧辊，可以通过深冷或两次硬化处理

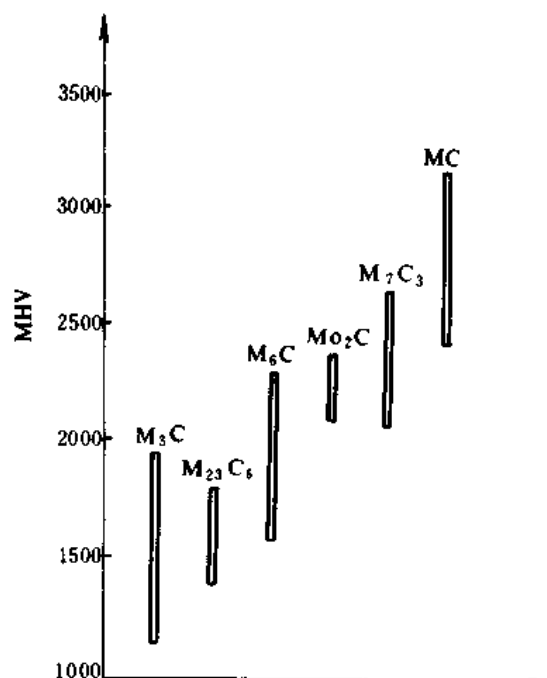


图 3 各种碳化物硬度

而加以消除。

铁素体的韧性很好，冲击韧性 a_k 值可达 $300J/cm^2$ 左右，但是硬度很低，因此，在轧辊工作层内一般避免出现铁素体。为了提高轧辊的韧性，可用于辊颈组织之中。

珠光体、贝氏体、马氏体是轧辊工作层内最常见到的组织。珠光体中的渗碳体又分为片状、球状、颗粒状等各种形态。其中以渗碳体为颗粒状即索氏体组织的综合性能最好。当寻求更高的硬度时，组织中要求有贝氏体或马氏体。而贝氏体中的针状下贝氏体和马氏体中的位错型马氏体都具有较高的韧性和硬度，也都是经常需要的组织。

三、轧辊化学成份和性能

从使用角度出发，轧辊一般可分成两大类：热轧辊和冷轧辊。虽然对其性能有不同的要求，但是这两类轧辊在其化学成份上都没有十分严格的界限。一般可按照铸造和锻造两种情况进行分类，见表 1 和表 2。

四、轧辊常用热处理制度

为实现轧辊的各种性能，满足使用要求，除了选择不同轧辊材质外，尚需进行各种不同热处理，以得到不同的组织和性能。由于轧辊直径一般都很大，因此铸造、锻造后的内应力也很大。加上现代轧辊对辊身硬度的均匀性要求很高，因此，对热处理工艺及设备的要求也很严格。常用的热处理工艺见表 3。

表 1 铸造轧辊的化学成份和力学性能

轧辊材质	化学成份(%)						硬度 HS	σ_b MPa	δ %	a_k J/cm ²
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo				
碳素钢	0.4~0.9	0.2~0.7	0.4~1.0	—	—	—	30~45	600~800	5~25	10~50
合金钢	0.4~1.4	0.2~0.7	0.4~1.0	0.2~1.5	0.4~1.2	0.2~0.6	30~50	600~1000	5~25	10~50
高铬钢	0.6~1.4	0.5~2.0	0.4~1.0	0.5~1.5	10~15	0.5~5.0	65~85	1000~1200	—	—
铸造半钢	1.4~2.4	0.3~1.0	0.4~1.0	0.5~1.5	0.5~1.5	0.2~0.6	40~60	350~900	1~5	1~5
石墨钢	1.4~2.4	0.5~2.0	0.4~1.0	0.5~1.5	0.5~1.5	0.2~0.6	40~55	400~800	3~7	5~20
高铬铸铁	2.5~3.2	0.2~1.0	0.4~1.0	1.0~2.0	12~20	0.5~3.0	60~85	600~900	0.2~0.3	2.5~3.5
无限冷硬铸铁	2.8~3.6	0.3~1.5	0.4~1.0	3.0~5.0	1.5~2.0	0.2~0.6	65~85	300~400	0.2~0.3	2.5~3.5
球墨铸铁	2.8~3.6	1.0~2.5	0.4~1.0	1.0~5.0	0.2~1.0	0.2~0.6	35~75	400~600	1~3	2.0~4.0

表 2 锻造轧辊的化学成份和力学性能

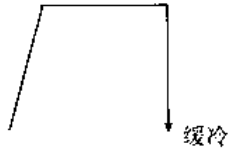
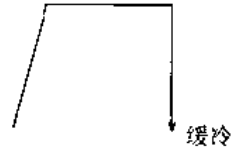
轧辊材质	化学成份(%)						硬度 HS	δ_b MPa
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo		
锻造半钢	1.4~2.4	0.3~1.0	0.4~1.0	0.5~1.5	0.5~1.5	0.2~0.6	40~60	500~1000
合金锻钢	0.4~1.0	0.1~0.5	0.2~0.8	—	0.5~3.0	0.2~1.2	25~55	850~1100
锻钢淬火	0.7~1.0	0.2~1.0	<0.5	<0.5	2.0~5.0	<0.5	80~100	—
高合金锻钢淬火	1.0~2.0	<0.4	0.3~0.8	—	5.0~13.0	0.5~3.0	75~90	—

五、轧机的选辊原则

各类轧机的使用条件不同。对轧辊性能的要求也不同。对工作辊主要考虑的问题见表 4。

表 4 中选辊原则项目如耐磨性、抗热裂性、抗冲击性、抗剥落性等可以根据长期的经验, 以及实验对比来确定。而抗弯强度和扭转强度则应通过强度计算来确定。

表3 轧辊常用热处理工艺

热处理种类	热处理温度	处 理 目 的	适用材质
扩散退火	900 ~ 1200℃ 	改善铸造偏析, 分解游离碳化物, 改善力学性能, 提高耐热裂性, 提高切削加工性	锻钢 铸钢 半钢
球化退火	650 ~ 800℃ 	使片状珠光体中的碳化物球化, 提高基体韧性, 改善切削性能	锻钢 铸钢 半钢

(续)

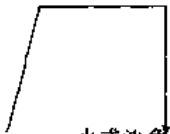
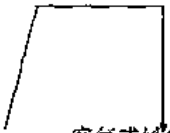
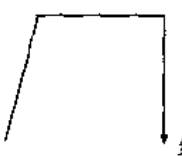
热处理种类	热处理温度	处 理 目 的	适用材质
淬火	800 ~ 1100℃  水或油急冷	由 A_{r1} 温度以上水冷或油冷, 将奥氏体转变成马氏体或贝氏体提高硬度, 改善耐磨性	铸钢 锻钢 半钢
正火	800 ~ 1000℃  空气或风急冷	调整晶粒度, 改善基体组织, 提高韧性, 提高硬度, 使奥氏体转变成珠光体或贝氏体	锻钢, 铸钢 半钢或 部分铸铁
回火	A_{C1} 以下 200 ~ 700℃  缓冷	消除铸造应力, 消除淬火残留应力, 调整硬度	各类轧辊

表 4 各类轧机选辊原则

轧 机	选 辊 原 则
初轧机、型钢粗轧机	强度、咬入性、抗热裂性、耐磨性
型钢精轧机	耐磨性、强度、抗热裂性
板带钢粗轧机	抗热裂性、强度
板带钢精轧机	抗热裂性、抗剥落、耐磨性
冷连轧机	耐磨性、抗热冲击性、抗剥落性强度

轧辊强度的计算内容、方法和轧辊的用途、形状、工作条件有关。通常二辊轧机对辊身仅计算弯曲, 对辊颈则计算弯曲和扭转, 对传动端只计算扭转。对于四辊轧机, 支承辊应根据全部轧制力来计算辊身弯曲, 而对于工作辊, 则只计算传动端的扭转应力, 常用计算公式如下⁽²⁾。

1. 弯曲应力的计算

弯曲应力

$$\sigma_D = \frac{M_D}{W_D} = \frac{M_D}{0.1D^3}$$

式中 M_D ——危险断面处的弯矩;

D ——计算断面处的轧辊直径。

(1) 有槽轧辊

$$M_D = p \frac{x}{a} (a - x)$$

式中 p ——轧件作用在轧辊上的压力;

a ——压下螺丝间的中心距;

x ——压下螺丝至计算危险断面距离。

(2) 钢板轧辊

$$M_D = \frac{P}{4} \left(a - \frac{b}{2} \right)$$

式中 b ——钢板宽度。

(3) 辊颈危险断面处的弯矩

$$M_D = \frac{P}{2} \cdot c$$

式中 c ——辊颈长度之半。

2. 扭转应力的计算

扭转应力

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{D^3}$$

式中 M_k ——辊颈危险断面处的扭矩；

D ——辊颈直径。

3. 辊颈强度按弯扭合成应力计算时，有两种情况

(1) 采用钢轧辊时，合成应力按第四强度理论计算：

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

(2) 采用铸铁轧辊时，则按莫尔理论计算：

$$\sigma_{\Sigma} = 0.375\sqrt{\sigma_D^2} + 0.625\sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$$

4. 强度验算

轧辊受力计算完成后，可以计算其许用应力。为了充分利用轧机能力，轧辊的许用应力取得比较高，一般安全系数取 3~5。对锻钢轧辊安全系数取 3~4；对铸铁安全系数取 4~5。

第一章 热连轧辊

一、宝钢热轧厂概述

宝钢 2050mm 钢板热轧机，是由德国 SMS 公司引进的一套高产量、高速度、高质量和全线自动化的第三代轧机。设计年产量 400 万吨板卷。生产钢种有碳素钢和低合金钢。产品规格为厚 1.2~25.4mm，宽 600~1900mm 的热轧板卷。

为适应这套现代化全自动轧机的需要，随机引进了一批高质量轧辊。除立辊为单一材质外，其余均为复合铸造轧辊，而且其中绝大多数为离心浇注复合轧辊。复合轧辊既可以根据大型轧机对轧辊强韧性要求，选择不同的芯部材料，又可以满足轧制条件对轧辊表面耐热裂性、耐磨性、抗剥落性的要求，选择不同的表面材料进行复合铸造。复合铸造轧辊代表了当前世界热轧带钢的发展方向，也是我国轧辊制造技术的薄弱环节。

宝钢热连轧机由四架粗轧机 ($R_1 \sim R_4$) 和七架精轧机 ($F_1 \sim F_7$) 组成。每架粗轧机前设有立辊 ($E_1 \sim E_4$)。轧机的具体布置见图 1-1

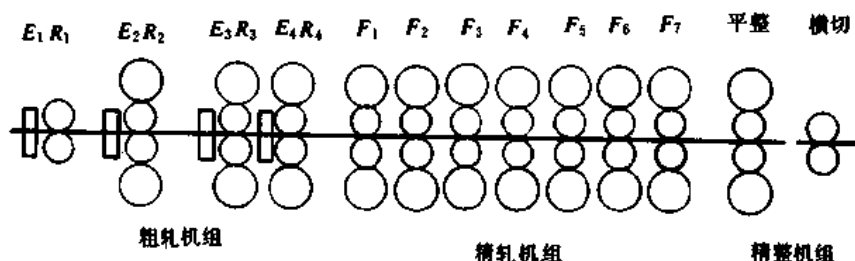


图 1-1 热连轧机布置

这些轧机中除 R_1 机架为二辊式外，其他均为四辊轧机。 E_1R_1 和 E_2R_2 为可送式万能轧机， E_3R_3 和 E_4R_4 靠近布置、不可逆，采用微张力连轧。在粗轧机组上可以轧成 35~65mm 厚的中间坯。

$F_1 \sim F_7$ 七架精轧机均设有液压厚度自动控制(AGC)和液压弯辊系统。工作辊采用了新型的“连续可变轧辊凸度系统”(CVC)。 $F_1 \sim F_4$ 机架间采用微张力控制系统。末架最大速度为 25.1m/s。轧机的主要技术数据见表 1-1。

表 1-1 轧机技术数据

项目 \ 轧机		E_1	R_1	E_2	R_2	E_3E_4	R_3	R_4	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
最大轧制力	kN	8000	30000	3800	40000	1800	40000		45000			40000			
电机功率	kW	3000	2×2850	2×600	2×6200	2×380	9000		2×5000				2×4500		5000
电机力矩	kN·m	290~200	2700~1800	60~30	3000~1450	17.0	345~150	230	380~170	380~160			345~145	345~145	190~75
轧辊力矩	kN·m	1200~825	2700~1800	240~120	3000~1450	83.0	2920~1220	1300	2620~1190	1720~730	1130~480	680~290	450~190	350~145	190~75
轧速	m/s	1.38~2.0	1.41~2.12	2.5~5.0		4.0	1.8~4.2	4.2	1.6~3.6	2.5~5.8	3.8~8.9	5.6~13.2	7.6~18	10~23.6	10~25.1

二、热连轧辊材质

粗轧 E_1 主辊采用宽度大倾压工艺, 使得一种宽度的连铸坯可以轧成不同宽度的成品。但同时, 由于压下量大, 一至三道次最大宽度压下量分别达 120mm 和 150mm。因此, E_1 立辊材质要求有较高耐磨性和抗冲击性能。一般采用共析或过共析铸钢制造。 E_1 立辊由于孔型较深, 一般采用整体铸造。

对于轧制力大、钢坯温度高、轧制速度低的 R_1 可逆机架来说, 轧辊材质的选择主要考虑强度、耐热裂性和耐磨性。武钢热连轧机 R_1 机架采用共析成份合金铸钢整体铸造。宝钢采用的是表面为过共析石墨钢、芯部为中低钢的复合石墨铸钢轧辊。石墨铸钢材料相当于在共析成份合金铸钢的基体组织上增加了 3%~5% 的球状石墨, 可以提高轧辊的耐热裂性。而芯部采用中碳钢可以使轧辊具有足够的强韧性和抗冲击性。

从 R_2 到 R_4 机架, 对轧辊的要求逐渐由抗热裂为主, 转变为耐磨为主。与此相适应, 宝钢也配备了三种不同材质的轧辊。其表面材料分别为石墨铸钢、合金铸钢、高铬铸铁。这三种轧辊各有优缺点: 石墨铸钢和合金铸钢用于粗轧后段机架, 耐磨性较差, 易于出现斑带缺陷; 而高铬铸铁材质用于粗轧前段机架, 易产生打滑和热裂纹。目前世界上热连轧机粗轧辊选材的发展趋势, 是将一种碳、铬含量比高铬铸铁要低的高铬铸钢轧辊 (C0.5%~1.5%, Cr10%~15%) 推广到各粗轧机架上使用。

精轧机组属于成品机架, 与粗轧机组相比, 其工作辊要求更高的耐磨性。在精轧前段机架 ($F_1 \sim F_3$) 上, 目前欧美各国普遍使用高铬铸铁 (C2.5%~3.0%, Cr15%~20%)。宝钢也是使用这类轧辊。此类材质, 由于组织中含有大量的 M_7C_3 型铬合金碳化物 (约 20%), 耐磨性大大提高。高铬铸铁复合轧辊芯部材料一般有三种: 灰口铸铁、蠕虫状石墨铸铁、球墨铸铁。这要根据轧机的使用条件、受力状况来选择。

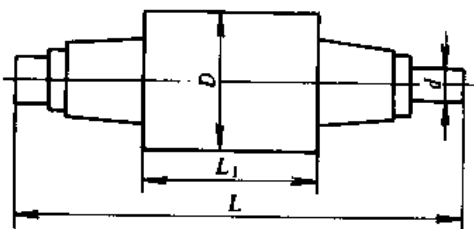
对于精轧后段机架 ($F_4 \sim F_7$), 目前世界各国普遍采用高镍铬无限冷硬复合铸铁轧辊。这种材料中, 碳化物含量高达 30% 左右, 耐磨性很好。同时组织中又有 3%~5% 左右的石墨, 使其具有一定的抗热裂性能。这类轧辊芯部材料一般选用灰口铸铁。

热连轧工作辊材质虽然种类繁多, 但是目前世界各国的发展方向是一致的, 采用复合铸造轧辊。芯部 (包括辊颈) 材料根据使用条件, 以强韧性为主; 辊面材料以抗热裂性和耐磨性为主。轧辊质量的好坏主要表现在两个方面, 一是表面和芯部两种材料结合层质量, 如果结合不好, 易造成辊面剥落事故; 二是工作层显微组织是否满足使用要求。这主要是通过铸造工艺和热处理工艺来加以控制的。

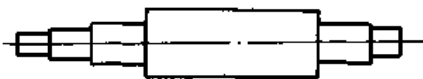
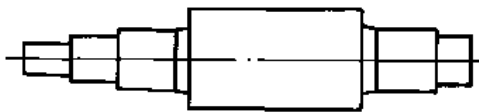
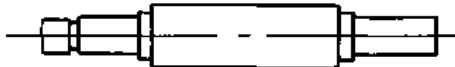
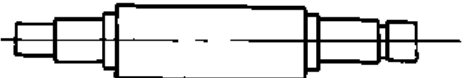
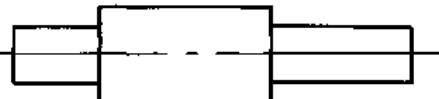
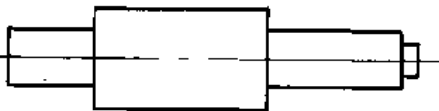
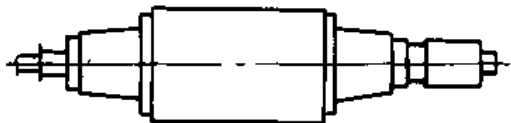
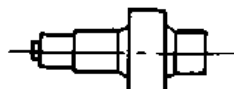
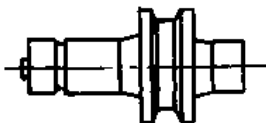
三、宝钢热连轧辊尺寸

宝钢热轧厂轧辊种类很多, 其尺寸及重量见表 1-2。

表 1-2 轧辊尺寸

机 架	轧 辊 外 形	轧辊尺寸(mm)($D/d \times L_1 \times L$)	单重 T	硬度 HSC
E_1		1100 / 1050 × 650 × 2680	11.03	40~50

(续)

机 架	轧 辊 外 形	轧辊尺寸(mm)($D/d \times L_1 \times L$)	单重 T	硬度 HSC
E_2		1000 / 950 × 470 × 2015	4.88	40~50
E_3, E_4		880 / 830 × 450 × 1930	3.51	40~50
R_1		1350 / 1200 × 2050 × 5720	31.80	45~55
R_2		1200 / 1080 × 2050 × 4940	24.60	50~60
R_3, R_4		1200 / 1080 × 2050 × 4780	24.435	55~65 60~70
$F_1 \sim F_3$		850 / 765 × 2250 × 4690	13.268	65~75
$F_4 \sim F_7$		760 / 685 × 2250 × 4690	10.711	70~80
平正 RW		520 / 470 × 2100 × 3706	4.685	78~85
平正 RB		1200 / 1100 × 2100 × 5360	26.75	70~75
横切 R		860 / 790 × 2050 × 4570	11.45	78~85
R_B, F_B 支撑辊		1630 / 1440 × 2050 × 5385	46.75	50~60

第一节 特殊合金铸钢轧辊

一般将含碳量在 0.4%~1.4% 之间, 并含有 Ni、Cr、Mo 等合金元素, 其强度和耐磨性优于普通低合金铸钢的轧辊称为特殊合金铸钢轧辊。

宝钢热轧厂连轧机粗轧机组的四台粗轧机架前均设有立辊机架, 分别为 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 。立辊机架主要用于板坯侧面棱边轧制。根据使用条件, 这四架立辊轧机的轧辊均选用了特殊合金铸钢材料, 整体铸造。表 1-3 给出了宝钢使用的几种特殊合金铸钢轧辊的化学成份。

表 1-3 几种特殊合金铸钢化学成份(%)

使用机架	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
E_1	0.7~0.9	0.3~0.5	0.4~0.6	0.2~0.4	0.8~1.1	—
E_2	1.1~1.3	0.3~0.5	0.7~0.9	0.2~0.4	0.8~1.1	0.1~0.3
E_3 、 E_4	0.7~0.9	0.5~0.7	0.7~0.9	0.2~0.4	1.2~1.4	0.2~0.4

特殊合金铸钢轧辊硬度在 HS35~45 时的力学性能和沿轧辊截面上的硬度变化见表 1-4 和图 1-2。

表 1-4 特殊合金铸钢的力学性能⁽³⁾

硬度 HSC	抗拉强度 MPa	抗弯强度 MPa	断裂韧性 MPa $m^{1/2}$
28~45	650~800	1100~1400	45~50

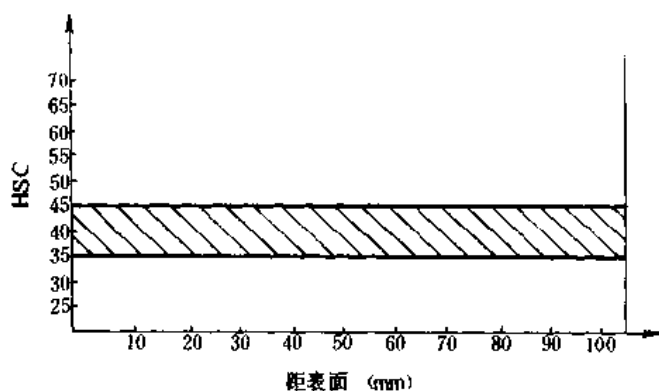


图 1-2 硬度曲线

宝钢的四架立辊轧机, 如前所述, 除 E_1 立辊受力较大 (约 8000kN) 外, 其余立辊受力均不大。除 E_1 立辊带有较深的孔型外, 其余均为平辊。

从受力条件分析, E_1 辊要求有足够的强度, 为了保证板型质量, E_1 辊孔型侧壁又要求有足够的耐磨性。从强度要求出发, 应选择铸钢材质, 而从耐磨性要求出发, 最好使用铸铁材质。但是从综合角度考虑, 采用了特殊合金铸钢材质。因为特殊合金铸钢材质的强度可以达到 650MPa 以上。如采用高碳级的合金铸钢, 其硬度也可以达到 HS40 以上。基本可