

· 综合论述 ·

高速钢轧辊研究的现状及展望

符寒光

(北京冶金设备研究院)

摘 要 介绍了高速钢、半高速钢轧辊的性能、制造方法和应用现状。为扩大高速钢轧辊的应用,提出了今后轧辊研究中值得重视的一些问题。

关键词 高速钢 半高速钢 复合轧辊 热轧 冷轧

PRESENT SITUATION AND FORECAST OF STUDY ON HIGH SPEED STEEL ROLL

FU Hanguang

(Beijing Research Institute of Metallurgical Equipment)

ABSTRACT In this paper, the properties, manufacture methods and application of high speed steel roll and semi-high speed steel roll are introduced in order to promote the application of high speed steel roll, a few problems worth attention in future research are put forward.

KEY WORDS high speed steel, semi-high speed steel, composite roll, hot rolling, cold rolling

提高轧材内在质量和精度、降低生产成本是当今轧钢领域的重要研究课题。轧制新技术的应用可有效地提高轧材的质量,但同时也对轧辊的耐磨性、强度及韧性等提出了更高的要求。改变轧辊材质是提高轧辊性能的首要措施,轧辊材质发展的趋势是广泛使用合金元素,且合金化程度逐渐提高。如热轧带钢精轧前段由 60 年代的半钢工作辊发展到 70 年代的高铬铸铁辊,到了 80 年代末开始使用高速钢轧辊;冷轧带钢工作辊材质由 2% 铬钢发展到 3% 铬钢、5% 铬钢,到了 90 年代开始使用半高速钢。高速钢材料用于轧辊制造,使轧辊性能显著提高,轧材质量明显改善。本文总结了国内外高速钢轧辊研制和使用中的经验,对于推动我国高速钢轧辊的开发和应用具有积极意义。

1 高速钢轧辊的特点

20 世纪 80 年代末以前,锻造高速钢轧辊已用

于制造多辊轧机的工作辊和中间辊,使用的是标准类型钨钼高速钢,如美国 M2、M4 和高碳类型的 T15 等,其成分见表 1^[1]。但高速钢大型铸锭不但锻造和热处理难度极大,而且极易因组织不均匀、偏析和疏松等缺陷影响轧辊性能,此外,高速钢合金含量高,制成整体轧辊成本高,因此锻造高速钢轧辊的推广使用进展缓慢。

表 1 锻造高速钢轧辊成分^[1]

Table 1 Composition of forging high speed steel roll^[1]

牌号	化学成分/%					碳化物 类型	表面硬度 (HRC)
	C	Cr	Mo	V	W		
M2	0.83	4.2	5.0	2.0	6.5	10%MC+ 90%M ₆ C	60~65
M4	1.28	4.3	5.0	4.6	6.0	56%MC+ 44%M ₆ C	63~67
T15	1.55	4.3	0.8	5.0	12.5	60%MC+ 40%M ₆ C	63~67

高速钢复合轧辊是利用具有高硬度,尤其是具有很好红硬性、耐磨性和淬透性的高速钢作为轧辊的工作层,用韧性满足要求的锻钢、铸钢、高强度灰铁或球铁作为轧辊的芯部材料,把工作层和芯部以冶金结合的方式复合起来的高性能轧辊。其主要特点如下。

(1) 以往使用的轧辊工作层,其基体上分布的多为 M_3C 型或 M_7C_3 型共晶碳化物,组织粗大,硬度较低。高速钢轧辊的工作层一般采用高碳、高钒型高速钢,工作层的基体上分布着高硬度 M_6C 、 M_7C 型碳化物,而且随着钒含量的增加,高速钢组织的骨骼状 M_6C 型碳化物向粒状的 VC 型碳化物转化,各种碳化物的形态和硬度见表2。

(2) 高速钢轧辊外层因含有较多的钨、铬、钼、钒等元素,具有较好的热稳定性(表3^[3]),在高温下

具有高的硬度,用作热轧工作辊具有良好的耐磨性。高速钢轧辊还具有良好的淬透性,在室温下,工作层50 mm 范围内,从辊表面到芯部的硬度降小于3(HS)(图1),高速钢轧辊的硬度降明显小于无限冷硬铸铁轧辊,可确保轧辊从外到内都具有良好的耐磨性。

表 2 各种材质轧辊中碳化物的形态和硬度

Table 2 The form and hardness of carbides in roll with different material

轧辊材质	碳化物类型	组织形态	硬度(Hv)
冷硬铸铁	Fe_3C	网状	1340
高铬铸铁	Cr_7C_3	孤立分布	1600~ 1800
高速钢	VC	粒状	2800
高速钢	M_6C	细板条状	1600~ 2400

表 3 各种轧辊材料的热稳定性^[3]

Table 3 Hot stability of all kinds of roll material^[3]

材料	牌号	抗弯强度/ MPa	硬度(HRC)			
			20	200	400	600
硬质合金	YG8	1471	76~ 77	74~ 75	71~ 72	68~ 69
高速钢	W 18Cr4V	1961	64	64	62	63
工具钢	CrWMn	—	65	58	52	47
高铬铸铁 ¹⁾	—	—	805(HV)	743(HV)	657(HV)	217(HV)

1) 高铬铸铁硬度用维氏硬度计测量,其成分: 2.2 % C, 21 % Cr, 0.41 % Ni, 0.92 % Mo。

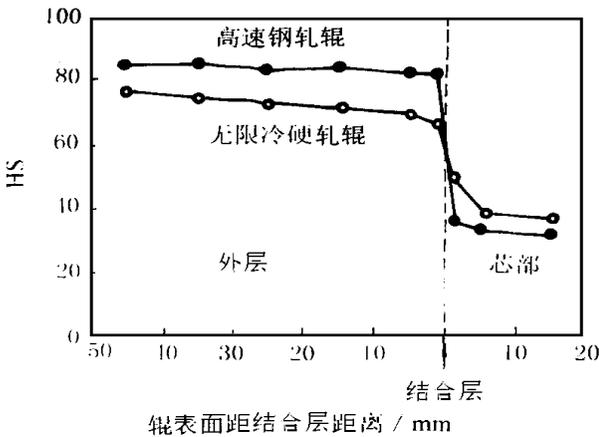


图 1 两种轧辊的硬度分布比较^[4]

Fig. 1 Comparison of hardness distribution between high speed steel roll and indefinite chilled roll^[4]

(3) 高速钢轧辊可以采用高强度的锻钢做芯部材料,芯部没有断裂危险,由此可提高轧辊的弯曲载荷,有利于获得较好的带钢板形。

(4) 普通轧辊使用初期由于无氧化膜保护,因此在一个轧制周期内初期的磨损较大,而高速钢轧辊使用中氧化膜能很快形成,同普通轧辊相比,高速钢轧辊的初期磨损较小,这对于提高高速钢轧辊耐

磨性是非常有利的。

(5) 常用锻钢冷轧工作辊(0.9 % C, 5 % Cr)在回火温度升高时,硬度下降,而半高速钢复合冷轧辊在 500 °C 回火仍然保持 94(HS)的高硬度(图2),由于半高速钢轧辊具有优异的抗回火软化能力,使其抗事故能力显著增强。

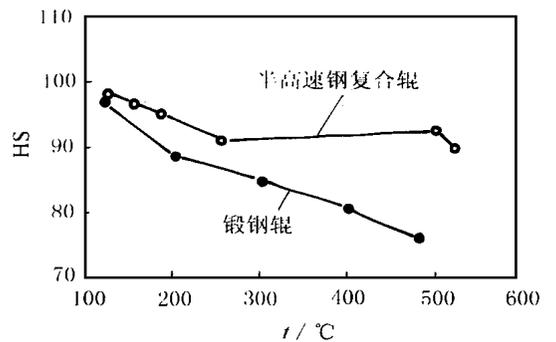


图 2 回火处理对轧辊硬度的影响^[5]

Fig. 2 Effect of temper on the hardness of roll^[5]

2 高速钢轧辊制造技术的发展

2.1 离心铸造法

高速钢轧辊制造技术的改进主要围绕着两方面进行,即提高钢的纯净度和均匀性以及提高轧辊的强度和轧辊外层与辊芯的冶金结合。早期高速钢复合轧辊主要用离心铸造方法生产。常用的离心铸造法有三种:立式离心机浇铸法,采用这种方法生产大型高速钢复合轧辊的国家有美国、韩国及欧洲一些国家;卧式离心机浇铸法;倾斜式离心机浇铸法。采用后两种方法生产高速钢复合轧辊的国家主要是日本。用普通离心铸造法生产高速钢轧辊工艺简单,设备投资少。但是,由于高速钢轧辊外层含有较多的钨、铬、钼、钒等合金元素,而这些元素的密度差别很大,采用普通离心铸造方法时,合金易产生偏析而严重影响高速钢复合轧辊质量。90年代初,日本川崎制铁公司^[6]分析了离心铸造高速钢轧辊的偏析主要是MC型碳化物的偏析,严重影响轧辊的耐磨性,研究发现MC型碳化物主要是一次结晶VC碳化物的偏析,因VC与钢水的密度相差较大所致。防止VC偏析方法是采取添加钨元素提高MC型碳化物密度,限制添加偏析元素钼,选择其基本成分为2.0% C+ 6.0% V+ 7.0% Cr+ 2.5% Mo,添加1.0%~1.5% Nb进行试验,结果由于生成密度较大的MC型复合碳化物(钒、钼、铌系碳化物),其密度与钢水密度相接近,使VC碳化物减少,有效地控制了离心铸造高速钢的碳化物偏析,提高了高速钢轧辊的耐磨性。但含铌高速钢轧辊成本高,组织中缺少高硬度的钨碳化物,耐磨性能不如含钨高速钢轧辊好。

2.2 连续浇铸复合铸造法

为克服离心铸造高速钢轧辊的偏析缺陷,日本新日铁公司^[7]开发了高速钢轧辊的连续浇铸复合铸造法(CPC法),其基本原理是把作为轧辊外层材质的钢水浇铸到垂直竖立的芯棒(铸钢或锻钢)和水冷铸型间的空隙里,在钢水逐渐与芯棒熔融的同时,依次使其凝固,断续向下拉拔,制成复合轧辊。为了使浇铸的外层材质与芯棒完全熔融,通过电磁感应加热对钢水和芯棒供热(图3)。用CPC法生产的高速钢复合轧辊辊身组织细小、均匀、夹杂物少,几乎没有缩孔、疏松等缺陷发生,综合性能明显优于普通离心铸造高速钢复合轧辊。用CPC法制造高速钢复合轧辊,不仅克服了常规离心铸造方法所产生的合金元素偏析,而且新的复合轧辊芯部可采用高强度锻钢,辊芯具有较高的强度,这也是离心铸造方法所做不到的。目前国外CPC法已实现了工业化,日本日新制钢所设计的一套CPC装置,其设计能力如

下:

辊身直径	250~ 850 mm;
辊身长度	3 000 mm;
外层厚度	100 mm;
轧辊长度	5 700 mm;
轧辊重量	15 000 kg。

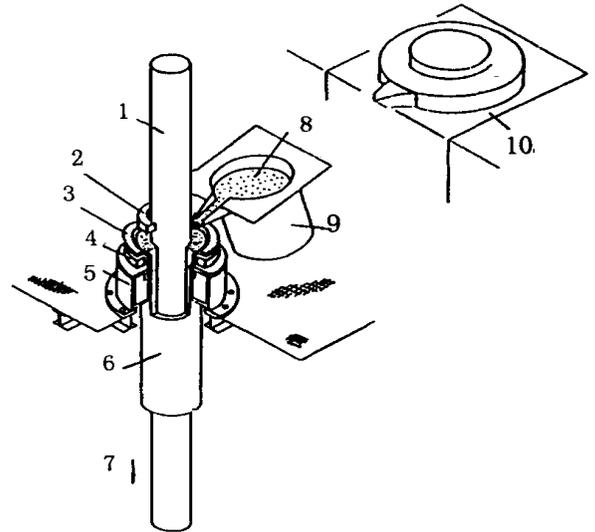


图3 CPC法生产高速钢轧辊示意图^[10]

Fig. 3 Schematic of CPC process^[10]

1—芯部材料; 2—感应圈; 3—中间包; 4—感应圈; 5—水冷结晶器;
6—外层材料; 7—拉出方向; 8—熔融金属;
9—浇铸炉; 10—熔炼炉

2.3 旋转电渣熔铸法

锻造成形法是生产冷轧工作辊的主要方法。但由于合金含量高,锻造难度大,材料利用率低,生产成本高,限制了高速钢轧辊在冷轧中的推广使用。高速钢通常用感应炉熔炼,这一方法生产的钢水质量很难达到冷轧辊对钢的纯净度要求。近年开发的旋转电渣熔铸法是生产半高速钢复合冷轧工作辊的有效方法(图4)。作为辊芯与辊颈的锻钢轴放于水冷结晶器中间,两者同心;半高速钢制成的管状电极插在锻钢轴与结晶器之间,它熔化后形成复合轧辊的外层;管状电渣重熔的同时,锻钢轴与结晶器同步旋转,二者之间的空隙不断被重熔的半高速钢钢液充满,钢液将锻钢轴表面熔融,使钢水凝固后与锻钢轴形成冶金结合;随着钢液不断注入,不断凝固,结晶器向上移动,最终形成外层为半高速钢,辊芯和辊颈为锻钢的复合轧辊。

用旋转电渣熔铸法生产的半高速钢复合轧辊有如下特点:

(1) 外层厚度均匀;

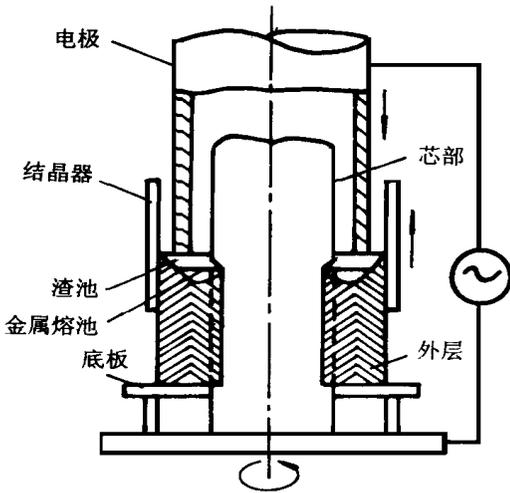


图 4 旋转电渣熔铸法生产复合轧辊示意图^[5]

Fig. 4 Schematic drawing of rotational ESR bimetallic method^[5]

1—电极; 2—结晶器; 3—渣池; 4—金属熔池; 5—底板; 6—芯部; 7—外层

- (2) 外层与辊芯冶金结合良好;
- (3) 结合部有高的强度;
- (4) 外层宏观组织致密;
- (5) 外层纯净度高。

表 4 列出了旋转电渣熔铸法与钢包除气法、整体电渣重熔法纯净度的比较, 随着纯净度提高, 轧辊抗剥落性能改善, 使用寿命延长。

表 4 各种炼钢方法生产半高速钢轧辊纯净度比较^[5]

Table 4 Microcleanliness of semi-high speed steel roll by various steelmaking method^[5]

生产方法	炼钢法的纯净度(JIS 法, 60 视场 × 400)			
	dA	dB	dC	dD
钢包除气	0.020	0.005	0.010	0.035
整体电渣重熔	0.011	0.003	0.004	0.018
旋转电渣熔铸	0.010	0.002	0.004	0.016

2.4 喷射工艺

近来, 喷射成形工艺(O spray)的研究引起了国内外的广泛关注, 它是从熔融金属制成半成品的先进工艺, 所获得的半成品具有以下特征:

- (1) 没有宏观偏析;
- (2) 各向同性而且组织均匀弥散;
- (3) 初始晶粒弥散析出;
- (4) 氧含量低;
- (5) 热加工性能得到改善。

正由于 O spray 工艺具有上述优点, 将它用于制造高速钢轧辊已引起了人们的重视。据报道^[8], 英国国家轧辊制造公司用 O spray 工艺生产的高速钢

复合轧辊, 辊身尺寸达 $\Phi 400\text{mm} \times 1000\text{mm}$, 其组织比锻造组织细微得多, 而且完全消除了粗大的共晶碳化物, 在辊芯和喷射层之间边界的结合是良好的冶金结合, 轧辊疲劳性能提高, 使用寿命延长, 目前正在开发制造 $\Phi 800\text{mm} \times 2000\text{mm}$ 的高速钢复合轧辊设备。美国的 BABCOCK 公司和 W L COX 公司与国家轧辊公司也正在计划同样的项目, 研究用 O spray 工艺制造高速钢复合轧辊。

2.5 热等静压工艺

用热等静压工艺(H IP)生产的高速钢复合轧辊, 与相同成分的铸造高速钢轧辊相比, 碳化物更细小、均匀, 而碳化物的形貌及分布对轧辊的热疲劳性能、抗剥落性能及韧性起决定性作用, 因此用 H IP 工艺生产的高速钢轧辊的综合性能明显优于铸造轧辊^[9]。此外, 为了进一步提高耐磨性, H IP 工艺采用更高的碳含量和合金含量, 保持良好的碳化物形貌。用 H IP 工艺生产高速钢轧辊时, 一般是用铸、锻钢材制成辊芯, 在辊芯外填充辊身外层所用的高速钢粉末, 抽真空后在 1000 以上高温和 100 MPa 以上压力下烧结成轧辊。目前由于设备限制, H IP 工艺还只能生产小直径的高速钢轧辊。

3 高速钢轧辊的化学成分及性能

常用高速钢、半高速钢轧辊的成分见表 5、6。高速钢轧辊与普通轧辊力学性能和物理性能示于表 7、8。与普通工具钢相比, 高速钢碳含量较高, 含有先共晶碳化物, 淬火后的组织为回火马氏体和贝氏体。外层材料中的碳化物量可根据轧辊材料的用途而定, 提高碳化物量可提高耐磨性, 降低碳化物量可优化抗裂纹性能。与合金铸铁轧辊相比, 高速钢复合轧辊的工作层含有较高的钨、钼、铬、钒等合金元素, 工作层的基体上分布有 10% ~ 15% 高硬度共晶型碳化物, 因此高速钢轧辊具有优良的耐磨性能。

4 高速钢轧辊的应用

4.1 国外高速钢轧辊的应用

目前, 世界上包括日本新日铁公司、美国 Inland 钢公司、加拿大 Dofasco 公司等数十家钢铁企业已应用了高速钢复合轧辊, 并取得了可喜的成果。1996 年在英国召开的“轧辊 2000 年”学术交流会上, 探讨了世界轧辊的现状 & 21 世纪的发展趋势。会上提供的资料表明, 高速钢轧辊是今后一个时期内的发展方向, 预计在 10 年内高速钢轧辊将完全取代目前使用的高铬铸铁轧辊^[8]。

据报道^[13], 日本新日铁公司用 CPC 法生产的高速钢复合轧辊具有极高的耐磨性, 见表 9。使用高

速钢轧辊后, 辊耗明显下降, 换辊次数显著减少, 轧辊研磨量减少, 轧机能力提高, 燃料和动力消耗降低, 有助于降低轧制成本和提高带钢质量。
日本川崎制铁公司知多厂在连续轧管机组上试

表 5 常用高速钢轧辊的成分
Table 5 Composition of high speed steel roll

轧辊材质	化学成分/%									
	C	Si	Mn	W	Cr	Mo	V	Nb	Ni	Co
高速钢 A	1.5~ 2.0	—	—	0~ 5.0	5.0~ 10	1.0~ 7.0	0~ 5.0	0~ 5.0	—	—
高速钢 B	1.6~ 2.0	0.3~ 1.0	0.3~ 1.0	1.5~ 2.5	4.0~ 8.0	4.0~ 6.0	3.0~ 5.0	0.5~ 1.5	0.5~ 1.5	—
高速钢 C	1.5~ 3.5	—	—	20	2.7	9.0	3~ 15	—	—	—
高速钢 D	1.0~ 3.7	0.2~ 1.0	0.2~ 1.0	0~ 11.1	3.6~ 20	2.0~ 15	3.1~ 8.6	0~ 2.5	0~ 3.0	0~ 10
高速钢 E	1.5~ 2.4	—	—	2.0~ 10	2.0~ 10	2.0~ 10	2.0~ 10	—	—	10
高铬铸铁	1.0~ 3.0	—	—	—	10~ 25	1.0~ 3.0	3	—	1.0~ 2.0	—
无限冷硬	3.0~ 3.4	—	—	—	2.0	1.0	—	—	4.0~ 5.0	—

表 6 几种半高速钢轧辊的主要成分^[5]
Table 6 Main composition of some semi-high speed steel roll^[5]

轧辊材质	C/%	Cr/%	其他元素含量/%	硬度(HS)
半高速钢 A	1.0	4.0	0.5V、M _α 、W	94~ 98
半高速钢 B	1.0	4.0	1.0V、M _α 、W	96~ 102
半高速钢 C	1.0	4.5	1.5V、M _α 、W	92~ 96
半高速钢 D	1.0	4.0	0.5V、M _α 、W、Co	93~ 97
普通锻钢	0.9	5.0	—	92~ 96
高铬铸铁	1.5	17.0	3.0Mo	88~ 92

表 7 轧辊的主要力学性能
Table 7 Main mechanical properties of roll

部位	项目	轧辊材质(外层)		
		高合金无限冷硬铸铁	高铬铸铁	高速钢
外层	硬度(HS)	75~ 85	70~ 80	70~ 90
	抗拉强度/MPa	400~ 600	700~ 900	700~ 1000
	抗压强度/MPa	1900~ 2500	1700~ 2200	2500~ 3200
	断裂韧性 ¹⁾ /MPa·m ^{1/2}	—	39.3	54.5~ 136.0
结合层	抗拉强度/MPa	300~ 500	300~ 400	500~ 700
芯部	抗拉强度/MPa	300~ 500	400~ 500	700~ 1000

1) 断裂韧性值来源于文献[12]。

表 8 轧辊的主要物理性能
Table 8 Main physical properties of roll

制造方法	材质 (外层) 芯部	热导率/	比热容/	密度/	线膨胀系数/	杨氏模量/	泊松比
		W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹	kg·m ⁻³	10 ⁻⁵ K ⁻¹	10 ⁴ MPa	
CPC	(高速钢)	25.5	0.50	7700	13.0	23.5	0.27
	合金锻钢	42.0	0.50	7850	14.0	20.6	0.29
CF	(高铬铸铁)	20.0	0.59	7600	13.0	22.0	0.30
	球墨铸铁	27.0	0.59	7200	12.0	20.5	0.30
	(无限冷硬铸铁)	23.5	0.54	7500	8.0	17.5	0.27
	球墨铸铁	27.0	0.59	7200	12.0	20.5	0.30

注: CPC——连续浇铸复合铸造法; CF——离心铸造法

表 9 新日铁公司各种轧辊的辊耗比较^[13]

Table 9 Roll consumption for all rolls in Nippon Steel Corp.

轧辊类型	前部轧机/ t·mm ⁻¹	后部轧机/ t·mm ⁻¹	硬度(HS)
CPC(1%Co)高速钢	33680	11725	80~90
CPC(5%Co)高速钢	—	17235	80~90
CF 高速钢	21827	—	75~85
CF 高铬铸铁	4163	—	70~80
CF 无限冷硬铸铁	—	2157	75~85

用了高速钢轧辊,其成分如下:2%~3%C、5%~8%Cr、5%~7%V、1%~3%Nb。结果表明,使用球墨铸铁轧辊时,孔型底部的平均粗糙度(R_a)随着轧制量的增加而增加,轧制2000根时需进行换辊;使用高铬铸铁轧辊时,在轧制初期 R_a 随着轧制量的增加而增加,其后 R_a 变化不大;而使用高速钢轧辊后,从轧制初期开始, R_a 就稳定在较低值,可以连续轧制12000根钢管。因此,使用高速钢轧辊后,可大幅度提高轧辊使用寿命和降低轧辊消耗。

加拿大Dofasco公司自1993年试用铸造高速钢轧辊以来,比例不断提高,目前 F_2 、 F_3 和 F_4 机架上已全部采用铸造高速钢轧辊,使用高速钢轧辊后,轧辊消耗明显减少,轧机作业率明显提高, F_4 机架的平均过钢量从1992年6月的360t/h提高到1994年11月的490t/h,带钢表面质量提高了20%。

至1992年,已有150支以上的半高速钢复合轧辊由日本日立公司生产并在轧机上使用^[14],轧辊直径为250~630mm,在实际轧制中取得了良好的效果,与常规的含5%Cr和含10%Cr的整体锻钢轧辊相比,半高速钢轧辊的磨损少,疲劳层浅,因而轧辊消耗显著减少,生产相同数量的冷轧带钢,轧辊消耗量仅为5%Cr钢的21%。

4.2 国内高速钢轧辊的应用

近年来,我国也开展了高速钢轧辊的研究,据报道^[11],钢铁研究总院与河北唐山联强冶金轧辊有限公司共同开发了高速钢复合轧辊,采用普通离心铸造方法生产,在热轧窄带钢成品机架上使用,在轧制2.1mm厚、120~183mm宽的普碳钢时,每次轧钢量比原来使用的高镍铬钼无限冷硬铸铁轧辊提高2.5~3倍,修磨量仅为原来的1/4,其综合使用效果比原来提高10倍以上。

浙江新安江特种合金铸造厂采用普通离心铸造方法生产的高速钢辊环,在新余钢铁公司第三钢厂无扭高速线材轧机精轧机组1~4号使用,经多次

上机后检测,1号和3号轧机(孔型为椭圆孔)每生产千吨钢材磨损0.35~0.41mm,在2号和4号轧机(孔型为圆孔)每生产千吨钢材磨损0.26~0.35mm。轧槽磨损均匀,耐磨性好,使用寿命达到碳化钨辊环的50%,但其价格仅为碳化钨辊环的1/3,性能价格比高,而且该产品具有良好的韧性和抗热裂性能,解决了碳化钨辊环的裂辊问题,提高了作业率,降低了生产成本。

5 建议与对策

高速钢轧辊正式用于工业生产仅有10年时间,但国外发展十分迅速,目前已在热轧和冷轧生产中获得了广泛应用。相比之下,我国高速钢轧辊的研究起步较晚,国产高速钢轧辊的品种、规格、性能和制造方法与国外先进水平相比,存在相当大的差距。为提高国产高速钢轧辊的性能,扩大高速钢轧辊的应用范围,今后应着重加强以下五方面的研究。

(1) 加强高速钢轧辊成分的研究。目前高速钢轧辊成分范围非常宽,国外总的趋势是钼高钨偏低,但我国钨资源十分丰富,钼资源相对缺乏,因此应结合国内资源状况,着重发展高钨低钼高速钢轧辊,具体成分应在充分试验的基础上确定,在此基础上,尽快制订高水平的高速钢轧辊标准。

(2) 加强高速钢轧辊成形工艺的研究。建议国内组织科研、设计和制造部门尽快开展这些先进工艺的研究。针对国内普通离心铸造机多的特点,还应集中精力研究用普通离心铸造的方法提高高速钢轧辊质量。通过采取高速钢变质处理,适当降低浇铸温度,在凝固过程中增加电磁搅拌等措施,可以减轻甚至消除元素偏析,提高高速钢轧辊质量。

(3) 加快挤压铸造高速钢辊环的研究。挤压铸造是使液态金属在高的机械压力下进行结晶,挤压铸造具有很多的优点,用于制造高速钢辊环,不仅可解决元素偏析难题,还可明显提高辊环质量,因此值得深入研究和推广应用。

(4) 加强高速钢轧辊热处理工艺及辊芯材质的研究。复合高速钢轧辊的辊芯通常采用铸铁或锻钢,而高速钢的常规淬火温度在1200℃以上,若高速钢轧辊的淬火温度选择在1200℃以上,则辊芯的组织显著粗大,甚至出现局部熔化现象,使辊芯强度显著降低,轧辊使用中易出现断辊现象,影响轧机设备的正常运行。所以应立足于国内,尽快开发高速钢轧辊热处理工艺及辊芯材质,新开发的热处理工艺应该在保证辊芯具有较高强度的前提下,做到简便易行,能耗低,污染少,只有开发成功了效果良好的热处理

工艺, 高速钢轧辊的性能才能得到保障。

(5) 加快高速钢轧辊的引进。在我国高速钢轧辊制造技术和生产装备还难于满足高性能高速钢轧辊生产情况下, 国家应组织部分企业适量引进高速

钢轧辊, 在使用中总结经验, 探索高速钢轧辊的使用特性, 为我国今后大规模推广高速钢轧辊积累宝贵经验。

参 考 文 献

- 1 Odin G, Terrass J. Steel Used for Cluster Mill Work Rolls-interest of Grades With High Vanadium Content. 30th Mechanical Working Steel Processing Conference Proc., 1988, 379~ 389.
- 2 文铁峥, 郭玉珍. 冶金轧辊技术特性概论. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1995.
- 3 喻世禄. 高速钢和高速钢锻造. 北京: 国防工业出版社, 1989.
- 4 Sano Y, Hattori T, Haga M. Characteristics of High-carbon High Speed Steel Rolls for Hot Strip Mill. ISIJ International, 1992, 32(11): 1194~ 1201.
- 5 Shimizu M, Shitamura O, Matsuo S, et al. Development of High Performance New Composite Roll. ISIJ International, 1992, 32(11): 1244~ 1249.
- 6 市野键司, 片冈义弘, 汤田浩二. 离心铸造による热延仕上ミル用高耐磨耗ロールの開発. 川崎制铁技报, 1996, (2): 89~ 94.
- 7 桥本光生, 吉日幸一郎, 大有清司, ほか. CPC プロセスによる高性能ロール開発. 材料とプロセス, 1991, (2): 450~ 453.
- 8 Rolls 2000. Ironmaking and Steelmaking, 1996, 23(3): 211~ 225.
- 9 井崎正义, 梅田孝一. HIP 复合热间压延ロール. 神戸制钢技报, 1993, 43(2): 145.
- 10 宫开令, 董鹤军, 高春利. 高速钢复合轧辊的研制与生产. 钢铁, 1998, 33(3): 67~ 71.
- 11 周宏, 大城桂作, 王全国, 等. 轧辊用高碳高速钢系合金的 KIC 及力学性能. 钢铁, 1997, 32(8): 59~ 62.
- 12 王世栋译. 新日铁公司开发的 CPC 高速钢轧辊具有极高耐磨性. 世界金属导报, 1998-04-23.
- 13 早濑直树, 手柴东光, 中西敏修, ほか. 冷间タンデムミルにおけるセミハイス锻钢ワークロールの适用. CAMP-ISIJ, 1993, 6(2): 503.

(上接第 66 页)

生产线; 分批退火炉; 平整机和张力平整机; 带卷拼卷作业线; 两条包装线; 所有生产线的 VA DNEER^R 过程控制和自动化系统。

5.1 生产线速度

处理段 260 m/m in, 轧机出口处 1250 m/m in。

5.2 酸洗线特点

两个独立的入口段(2台开卷机); 实现连续酸洗的带钢闪光对焊机; 位于酸洗段之前的张力平整机/除鳞机; 位于酸洗段之后的切边剪; 实现连续运转的3个活套; 酸洗和涂油操作时使用的张力卷取机。

5.3 串联式轧机的特点

安装于所有机架的液压压下装置; 1~4号4辊机架装配了正负工作辊弯辊; 5号4辊机架采用了正负工作辊弯辊, CVC 技术和多区冷却; 用

于轧制线自动调整的单楔调节装置; 工作辊快速更换装置; 用于优化控制的4台X射线厚度仪, 4台激光测速仪和2台板形测量辊; 安装在轧机出口、用于切割连续带钢的圆盘剪; 2台带有充填式卷轴的张力卷取机。

5.4 平整机和张力平整机

平整机具有液压压下、正负工作辊弯辊以及干法和湿法平整等特点。平整压下量最大3%, 最大平整速度为800 m/m in。平整机和张力平整机可满足带钢平直度、表面质量和延伸公差的最高要求。

6 结 论

未来钢铁生产的成功之道, 在于生产高质量、高附加值产品, 由此获得相对高的利润。上述项目显示出不同生产厂家为了满足市场对冷轧产品的需求而采取的不同策略。