

冷轧辊材质的现状与发展趋势浅谈

章大健

(常州金安轧辊制造公司, 江苏 常州 213126)

摘要: 轧辊制造业的发展将永远伴随着轧机和轧钢技术的进步, 本文介绍了近年来国内冷轧辊材质的现状和冷轧辊材质的发展趋势。

关键词: 冷轧辊; 材质; 现状; 发展

中图分类号: TG335.12

引言

2006 年我国钢产量已达 4.2 亿 t, 从冷轧行业来看, 工艺装备技术水平明显提高, 产品结构调整实现重大突破, 冷轧板比例大大提高, 冷宽带连轧机由 2002 年的 8 套增加到 24 套, 年生产能力由 1 106 万 t 增加到 3 130 万 t, 增长 2.83 倍, 再加上单机架等小型轧机, 2006 年的冷轧板产量约在 5 500 万 t。

从轧辊的使用角度来看, 耐磨性、粗糙度保持性、抗事故性、硬度均匀性等指标的要求越来越高, 目的是为了实现在自由轧制, 轧制高档次板材, 降低轧辊辊耗等, 具体表现为: 锻钢冷轧辊合金成分不断增加, 5%Cr、锻造半高速钢、高速钢等高合金钢和合金化冷轧辊材质在冷轧辊上的应用是一个趋势, 同时冷轧辊材质会保持多样性, 以适应不同轧制条件的需要。

1 冷轧辊材质的现状

1.1 2%Cr 材质

2%Cr 系列材质是传统的冷轧辊材质, 铬含量在 2% 左右, 作为工作辊淬硬层一般不大于 15 mm, 作为中间辊淬硬层一般不大于 20 mm, 此类材质组织中碳化物为 MC3 型, 辊身表面淬火后碳化物颗粒数量较少。由于合金含量低残余奥氏体量较少,

组织相对稳定, 但轧辊的耐磨性相对较差, 淬硬层浅, 不易出现深度剥落, 用作大型冷连轧机轧辊通常需进行 1—2 次重淬才能使用至设计尺寸。

1.2 3%Cr 材质

3%Cr 型材质是在 2%Cr 材质的基础上将铬含量增加至 3% 左右, 通过镍、钼等元素合金化, 提高了轧辊的淬透性, 淬硬层可达 30 mm。3%Cr 型材质组织仍以 MC3 型碳化物为主, 辊身淬火后碳化物数量较 2%Cr 系列材质增加约一倍, 其耐磨性较 2%Cr 系列材质提高约 30%, 淬硬层较深, 作为一般轧机工作辊不需重淬, 但出现轧制事故时造成深度剥落, 导致轧辊报废。

1.3 5%Cr 材质

5%Cr 型材质属超深淬硬层冷轧辊材质, 铬含量在 5%Cr 左右, 淬硬层深度可达 37 mm (半径方向 ≥ 90 HSD), 基本可满足所有冷连轧机、平整机等轧机的工作辊和中间辊的设计要求。由于铬含量的提高, 组织中碳化物类型由 M_3C 型 (800~1 000 HV) 转变为硬度更高的 M_7C_3 型 (1 600~1 800 HV), 碳化物颗粒尺寸平均在 0.6~0.8 μm 之间, 碳化物面积百分比 3.7%~5.6% 之间, 碳化物分布细小弥散, 圆整度也很好。因此, 轧辊的抗事故性和耐磨性得到明显地提高。

国内某钢铁公司在 2006 年使用 5%Cr 型材质的轧辊消耗 (见表 1), 不同材质耐磨性比较 (见表 2)。

表 1 轧辊消耗

轧机类别	吨钢消耗 / (kg · t ⁻¹)	按轧制长度计算轧辊吨钢消耗 / [mm · (10 km) ⁻¹]
2030	0.256	0.168 5
1420	0.408	0.128 3
1550	0.255	0.190 7

表 2 不同材质耐磨性比较

2%Cr	3%Cr	5%Cr
3 247 t/mm	4 853 t/mm	5 163 t/mm

注:数据来自国内某钢铁公司 2030 冷连轧机组。

1.4 抗辊印型冷轧工作辊

抗辊印型冷轧工作辊是在 3%Cr、5%Cr 型冷轧辊材质的基础上从化学成分和热处理工艺两方面作适当地调整,通过第二相强化、间隙固溶强化、置换固溶强化等方式强化轧辊基体组织,提高轧辊的抗压入能力。抗辊印型冷轧工作辊与一般冷轧工作辊相比,最主要的特征是辊身工作层的压入硬度值(97~100 HSD)更高,主要用于冷连轧机成品前机架和成品机架。

2 冷轧辊材质的发展趋势

近年来,随着冷轧产品向多品种、高强度、薄规格方向发展,用户对冷轧产品质量和使用性能要求越来越高,轧机的控制精度也越来越高,这就要求不断开发新型冷轧辊的材质,以适应轧机和生产的需求。

2.1 高铬冷轧辊

日本三菱钢铁公司开发了一种新型的高铬锻钢冷轧辊,实验证明:铬含量由 3%提高到 8%~10%,轧辊的耐磨性可提高近两倍,通过调整碳和铬的平衡,还可在较低的淬火温度下获得所需的冷轧工作辊硬度,从而降低断裂敏感性,减少轧辊断裂事故,抗裂性改善,可用于高载荷、高速度冷轧工作辊。

试验表明:铬含量由 10%增加到 18%时,冷轧辊的耐磨性进一步提高,而且抗断辊能力增强,粗糙度保持性好,适应于轧制力大、产品精度高等苛刻工作条件下的冷轧辊。

表 4 改进型 5%Cr 冷轧辊材质化学成分/%

公司	w(C)	w(Mn)	w(Si)	w(Cr)	w(Mo)	w(Ni)	w(V)	w(Ti)
国外某公司 1	0.90	0.30	0.35	5.0	0.21	—	0.11	0.10
国外某公司 2	0.92	0.36	0.78	4.92	2.01	—	1.01	—
国外某公司 3	0.8/1.0	0.2/0.5	0.2/0.6	4.5/5.5	0.1/0.3	0.8/1.2	≤0.1	—

2.2 锻造半高速钢冷轧辊

冷轧辊在实际使用中,经常会遇到断带、粘钢、卡钢等轧制事故时,发现 3%Cr、5%Cr 材质轧辊易造成辊面局部组织和辊面硬度变化,辊面产生裂纹或局部剥落,降低了轧辊的抗事故能力。

锻造半高速钢冷轧辊材质是在 5%Cr 冷轧辊材质的基础上开发出来的(化学成分见表 3),高的铬、钼、钒合金元素都是强碳化物形成元素,淬火后得到的碳化物类型主要为富铬的 M₇C₃ 型和富钒的 MC 型(2 500~2 800HV)碳化物,高硬度碳化物的存在,确保了锻造半高速钢轧辊具有良好的耐磨性,而且还具有高的抗事故性。

表 3 锻造半高速钢材质的化学成分/%

	w(C)	w(Cr)	w(Mo)	w(V)	用途
国外某公司 1	0.8/1.5	8/13	0.5/2	0.5/3	多辊轧机工作辊、硅钢冷轧机工作辊、平整辊
国外某公司 2	0.55	8	1.5	2.5	多辊轧机工作辊、硅钢冷轧机工作辊、平整辊
国外某公司 3	0.66	5.09	1.43	0.49	多辊轧机工作辊、硅钢冷轧机工作辊、平整辊

锻造半高速钢材质与 5%Cr 材质相比,具有以下优点:

(1) 锻造半高速钢调质态与 5%Cr 相比,其屈服比明显地提高;

(2) 锻造半高速钢轧辊在适当的淬火温度下,该材质在 500 °C 左右回火会发生二次硬化现象;

(3) 锻造半高速钢轧辊需要高温淬火与高温回火,因此,在轧制过程中受到热冲击地作用下,能显示该材质的优势,在相同轧制事故下,裂纹的深度比 5%Cr 材质浅,磨削量只有 5%Cr 的 1/3 左右。

2.3 合金化改进型冷轧辊

2.3.1 钼、钒、钛合金化

为满足新型冷轧机对工作辊使用性能的要求,在 5%Cr 冷轧工作辊材料的基础上进行改进(见表 4),调整钼、钒含量或加入少量的钛等强碳化物形成元素,形成 5%Cr 系列材质,可明显改善轧辊的耐磨性和热冲击强度。

试验表明:在5%Cr冷轧辊材质,含碳量在0.8%左右,铬的碳化物以 M_7C_3 型存在,当含铬量继续提高时,碳化物的形态不变,但过多的合金含量反而会对金相组织、成分偏析等带来不利影响。

在5%Cr冷轧辊材质中增加钼、钒含量(特别是 $W(V)/W(C)>1$ 时)可提高耐磨性。

2.3.2 氮合金化

氮对材料机械性能有重要的强化作用,氮与钢种铬、钒、钛、铌等合金元素有极强的亲和力,形成极稳定的氮化物,以不同的形态存在于钢中。氮化物更易形成弥散的细小强化相,抑制了奥氏体化时晶粒的长大,具有明显的细化晶粒作用。

试验表明:随着氮含量的提高,晶粒尺寸细化,在氮含量不超过1%时,随着氮含量的增加,细小弥散的氮化物粒子增多,使得合金钢的硬度、强度等机械性能大大提高,含氮冷轧辊材料使用寿命可提高一倍以上。因此,在冷轧辊材料中加入适量氮提高其综合使用性能,是冷轧工作辊材料开发的一个重要研究课题。

2.4 高速钢冷轧辊

高速钢冷轧辊是近年来国内外研究开发的热点,Akers公司和新日铁公司先后开发出新型轧辊并投入大生产应用,取得了良好的使用效果。

Akers公司采用ESR+传统锻造工艺生产锻造

高速钢冷轧辊,新日铁公司则采用连续复合浇注(CPC)工艺生产高速钢冷轧辊。高速钢轧辊材料中含有大量的碳化物形成元素铬、钼、钒、钨,能够形成大的 MC 、 M_2C 型碳化物,大大提高了冷轧辊的强度、耐磨性、粗糙度保持性,其使用性能明显优于普通5%Cr型材质冷轧辊。

由于高速钢冷轧辊碳含量、合金含量较高,其生产工艺较复杂,目前尚无可靠的冶炼、锻造、热处理方法,因而加工工艺性较差,成材率较低,这也是未来要解决的关键技术。

3 结束语

目前及今后轧钢生产都在向着高速、高精度、连续化和自动化方面发展,对轧辊提出了更高的要求,其质量和使用寿命直接关系到轧机的生产率、产品的质量及生产成本。因此,轧钢生产的发展将给轧辊制造业带来很大发展空间。

冷轧辊材料的发展方向是不断优化5%Cr系列、锻造半高速钢材质的合金成分,以改善冷轧工作辊的碳化物和基体的组织性能,提高其使用性能。同时发展具有更高综合性能的高速钢作为冷轧辊材料,确保冷轧工作辊能适应新型轧机和轧制技术发展的需要。