

锻钢冷轧辊在铝行业的应用与发展

张青, 葛浩彬

(宝钢集团常州轧辊制造公司 技术中心, 江苏 常州 213019)

[摘要] 根据冷轧行业的不断发展和需求变化要求, 介绍了锻钢冷轧辊的材料、质量要求、制造技术等的变化进步历程, 以及对轧铝工作辊的质量要求和制造技术的应用与发展。

[关键词] 锻钢冷轧辊; 轧铝; 材质; 毛坯质量; 热处理

[中图分类号] TG333.17 [文献标识码] A [文章编号] 1003-8884(2011)01-0042-03

Development and Application of Forged Steel Cold Roll in Aluminum Industry

ZHANG Qing GE Hao-bin

(Technical Center Changzhou Baosteel Roll Changzhou 213019 China)

Abstract According to the requirements for continuously development and variable demand in cold rolling industry, this paper introduces the changed progress process about material quality requirement manufacturing technology of forged steel cold roll and presents the quality demand for aluminum-rolling working roll and the application and development of manufacturing technology of forged steel cold roll

Key words forged steel cold roll aluminum-rolling material blank quality heat treatment

冷轧锻钢轧辊作为轧机的重要工具和消耗件, 伴随着冷、热轧技术的进步和轧制装备的不断更新换代而发展。近年来, 我国钢铁和有色金属冷轧业发展迅速, 产量已经连续多年排名世界第一。全球金融危机以后, 在需求多样化的拉动下, 冷轧产品向多品种、高强度、薄规格、宽板幅、高表面质量方向发展; 为了更好地调控板形和板断面形状, 适应各类材料的轧制, 轧机的类型越来越多, 机型也愈来愈复杂。这些来自轧机和轧制产品的需求变化, 促使我国的轧辊制造企业一直在密切关注和深入了解轧制行业的发展趋势和实际需求, 不断开发新型冷轧辊制造和使用维护技术, 为自身的发展和技术进步, 不断调整和确定产品发展和服务方向。

铝冷轧工作辊作为冷轧辊的重要一支, 其产品技术质量要求受到铝冷轧行业发展的影响。与钢铁冷轧工作辊相比, 铝冷轧工作辊有如下特点:

(1) 高的表面硬度;

- (2) 淬硬层硬度下降慢;
- (3) 硬度均匀性要求高;
- (4) 近乎苛刻的机械加工精度;
- (5) 高的耐磨性;
- (6) 载荷相对较轻。

冷轧行业的发展离不开轧辊工业的支撑。冷轧辊材质和制造技术的发展动力来自轧制现场对轧辊质量需求的扩展, 更深、更耐磨、更均匀、更抗事故是轧机作业对轧辊质量要求持续的主题。同样, 对于轧铝工作辊, 特别是铝箔工作辊而言, 轧辊的表面质量、硬度和尺寸精度要求随着产品档次的提高变化已近似苛刻, 辊身表面的冶金质量要求高。

1 冷轧辊材质的发展与应用

轧辊材质的发展是冷轧辊技术发展的代表。目前, 国内常用冷轧辊材质有 2% Cr 3% Cr 5% Cr 和 SHSS(半高速钢)等 4 个主要系列。以前大体上冷轧辊材质的设计和制造工艺改进以钢铁行业为主要对象, 首先考虑的是淬透性、抗事故性等问题, 但随着钢铁冷轧行业的发展和细分, 其在均匀性、高硬度及尺寸加工的高精度方面与铝冷轧辊的一些特征有了更多的相似性。

2% Cr 材质目前在钢铁大型连轧机上已经淘

[收稿日期] 2010-09-29

[作者简介] 张青(1978-), 江苏丹阳人, 工程师, 硕士, 从事新材料开发与技术服务工作, 现任技术中心副主任。

葛浩彬(1966-), 江苏溧阳人, 研究员级高级工程师, 大学本科, 从事新材料开发与市场开拓工作, 现任宝钢集团常州轧辊制造公司副总经理。

汰,主要是其耐磨性不够及淬硬层深度太浅,在小型轧机工作辊、中间辊和支撑辊上尚有应用;而在轧铝行业,以 9Cr2Mn、9Cr2MoV 为代表的 2% Cr 材质仍有较广泛应用。一个原因是其含碳量高,能够获得高硬度;另一个原因是合金含量相对于 3% Cr、5% Cr 较低,材料偏析容易控制,均匀性好。但 2% Cr 材料固有的淬硬层深度不够导致的硬度下降过快问题一直存在。

国内自 2002 年起,轧钢业冷轧投资高峰期期间投产的单机架可逆轧机用辊以 3% Cr 材质为主。在轧

表 1 当前常用冷轧辊材质比较

材料	成分			碳化物类别	淬硬层深(最大)	耐磨性比较
	C	Cr	Ni			
2% Cr	0.9	2		M3C	12	1
3% Cr	0.86	3	0.2/0.5	M3C 为主	30	1.2
5% Cr	0.82	5	0/0.6	M7C3 为主	50	2.3

钢的回火稳定性; Mn 元素能够强烈提高淬透性。

同时,在冶炼控制及电渣重熔中控制杂质元素含量,保证合金元素的均匀性,使后续淬火得到均匀的轧辊基体组织,防止组织偏析。在淬火热处理工艺上也作了相应改进,如调质工艺、淬火工艺的改进等,使得 MC3C 轧铝工作辊在具有高硬度的同时,具有深的淬硬层深度。表 2 所示为 MC3C 型轧铝工作辊不同深度的硬度变化。可以看出,在单边 25 mm 处,虽然肖氏硬度下降了 4 个单位,但洛氏硬度仅下降了 1 个单位;在单边 19 mm 处,洛氏硬度基本不变,这是因为肖氏硬度受残余应力影响所致。

表 2 MC3C 轧辊不同深度处的硬度值

距表面尺寸/mm	3	5	11	19	25
硬度 HRC	65.5	65.8	65.7	65.4	64.4
硬度 HSD	101	100	99	98	97

国内 5% Cr 材质在 20 世纪 90 年代中后期研发成功,5% Cr 锻钢冷轧辊有效淬硬层深度已达到 50 mm 以上,与 3% Cr 材质的淬硬层深度相比,提高近一倍。由于 Cr/C 比提高到了 6 倍左右,实现了碳化物从 M3C 型向 M7C3 的转变,碳化物的硬度从 900 HV 提高到 1400 HV,而碳化物平均尺寸从 1.2 μm 减小到 0.7 μm,因而具有良好的淬透性和耐磨性,同时具有较好的抗冲击性能和抗粘钢能力。生产实际表明,5% Cr 材质是大型连轧机的理想轧辊用钢。目前,国内宝钢、武钢、鞍钢、首钢等大型轧钢企业的

铝行业,3% Cr 材质使用较 2% Cr 少,主要应用于淬硬层深度为 15~25 mm 的工作辊。近些年国内主要冷轧辊制造商先后开发了 3% Cr 的高硬度铝冷轧辊专用材质。如宝钢常州轧辊公司开发了 MC3C 型轧铝工作辊,与常规轧辊材质相比,MC3C 材料中调节了 C、Si、Mn 的含量。根据化学元素对轧辊材料性能的影响,C 含量的增加有助于提高轧辊的强度、硬度和耐磨性能,提高基体硬度并保持一定数量的碳化物;Si 主要固溶于基体中,不形成碳化物,除了提高钢的淬透性外,Si 有利于提高基体强度和增加

冷轧机组均已以该材质轧辊为主要选择。

5% Cr 材质在轧铝行业应用很少,目前国内几乎没有应用。但随着铝冷轧行业采用多机架连轧技术,5% Cr 材质具有的优势将逐步显现。宝钢常州轧辊制造公司出口到加拿大铝业(ALCAN)的大型轧铝工作辊使用的即为 5% Cr 材质,其规格为 Φ800 mm × 2700 mm × 4130 mm (直径 × 辊身长度 × 总长),表面硬度 100 HSD 左右,最小使用直径 Φ740 mm,此时硬度要求大于 94 HSD,在双机架轧机上用来进行铝的光整冷轧。因为此工作辊要求极高,故必须采用特殊热处理技术才能达到要求。

每次铝冷轧技术的改进,就有可能带来对轧辊要求的提高。如为了提高轧机效率和生产的安全性,采用水性冷却介质,可以大大加快轧制速度,但对轧辊的抗应力腐蚀性能提出了新的要求。所以从长远看,铝冷轧轧辊技术发展的关键动力来自于冷轧现场的技术拉动。

2 轧辊毛坯质量的控制

目前锻钢冷轧辊主要有两种冶炼工艺,一种是走炉外精炼后不进行电渣重熔,另一种是进行电渣重熔。对铝冷轧中精轧和箔轧机使用的工作辊一般须进行精炼 + 电渣重熔(ESR),充分去磷、脱硫和除气、除渣,使轧辊钢中夹杂质物的含量尽可能低,扩氢后的氢含量控制在 $2(\times 10^{-6})$ 之内,硫、磷的含量小于 0.03%。采用 ESR 技术,使得轧辊材质的组织

偏析、纯净度有了很大改善,作为轧辊非常关键指标的整个工作层的组织均匀性亦有很大提高,从而保证了轧辊无论在新辊还是使用磨削后,均有较好的硬度均匀性,保证了深淬硬层轧辊的正常使用。

毛坯制造企业通常在电渣锭通过扩散退火后进行锻造。辊坯锻比要 > 3 以消除网状碳化物、缩松、缩孔,改善心部组织与性能。中心疏松 < 1.5 级,锭型偏析 < 2 级,碳化物的网状级别 > 2 级,以防止网状碳化物导致轧制时疲劳性能的下降。

锻后进行球化退火,球化级别达 2~3 级。对于轧铝工作辊毛坯而言,要严格控制热处理加热温度和炉膛温度,均匀性 < 5℃,在整个热处理加工过程中,轧辊不允许矫直,防止产生残余应力而导致轧辊精度变化。

3 轧辊热处理技术的应用与发展

在轧辊预先热处理技术方面,国内企业大多采用球化退火、调质等,以确保轧辊机械性能,同时为后道热处理作组织准备。但随着节约资源、节能降耗要求提高,已逐步在关注预先热处理的优化和简化工作。目前轧辊制造企业对于轧铝工作辊大都进行调质处理,以保证力学性能,改善碳化物分布。

辊身淬火技术包括加热技术、冷却技术及相应的工艺工装和设备。传统的辊身淬火采用整体加热淬火后水冷,但因整体加热会导致辊身内部很大的热容量,存在难以达到高硬度、心部残余应力较大等问题。目前大部分冷轧辊制造企业已采用表面加热的方法进行铝轧辊热处理,但又有所差别。如日本日立协和采用低周波(相当国内的低频率中频)多圈感应单频连续加热方法,德国斯坦霍夫采用火焰表面加热和感应加热两种方法,美国联合电炉钢公司采用整体表面加热 (state heating) 整体淬火方法。国内的宝钢常州轧辊、邢台轧辊等大型企业采用双频连续加热淬火方法,在淬火温度的控制和质量稳定方面,较一般的单工频加热法优势明显。

表 3 几种加热淬火技术的应用范围

	盐浴炉	中频感应	工频感应	双频感应	差温炉
小工作辊	合适	合适			
大工作辊			合适	合适	
支承辊			合适	合适	合适
森辊	合适				

随着淬硬层深度要求的提高及报废硬度的不断提高,在淬火技术上,轧辊制造企业研究开发了新技术,包括计算机控制淬火、先进的测温控温技术、不断地工装改进等。为了配合轧辊材质的提高,达到更深的淬硬层,淬火工艺系列化已成为各个企业研究的重点。利用时间、温度和冷却(包括深冷处理)的不同组合,达到不同的淬火效果、深度和硬度均匀性,从而达到不同的使用效果。

例如,在进行 2% Cr 和 3% Cr 轧辊的热处理时,对于轧铝工作辊,淬火温度要适当调整,使合金元素充分熔入基体,提高基体硬度;冷处理时,温度要控制在 -100℃ 左右,降低残余奥氏体含量,稳定轧辊组织,有时要进行两次冷处理。这些热处理技术,都是在原来轧辊热处理技术上的应用与发展。

4 轧辊使用维护技术的应用与发展

目前,轧辊的使用维护技术也不断提高。在硬度检测方面,里氏硬度的应用得到推广。在剥落控制问题上,各厂家通过长期实践及与轧辊制造企业间的合作,对控制表面裂纹与控制剥落之间的关系有了明确认识,因而表面波、涡流等先进表面检测技术得到应用。在使用过程中,应定期对辊身硬度、圆度、同心度和轴承内圈进行检查;每根轧辊的使用应建立管理卡片,记录磨削量、换辊原因、探伤检测和使用情况,确保轧辊表面无缺陷上机使用,能有效降低轧辊非正常消耗。对于事故辊,在表面裂纹消除后,轧辊使用过程中产生的热损伤须彻底磨削掉,否则将对带材产生质量影响,并可能引起微裂纹,导致更大的剥落事故。轧铝工作辊与轧钢工作辊一样,应存放在干燥、温度为 20℃ 左右的环境中。

5 结束语

随着我国冷轧装备的改造和不断从国外引进先进轧机,轧机向自动化、连续化、重型化、精密化方向发展,对轧辊的尺寸精度、表面质量要求、机械性能要求更高。这些来自轧机和轧制产品的需求变化,正在促使冷轧辊制造企业不断提高轧辊的耐冲击、耐磨、强度、韧性、抗疲劳、高均匀性、高精度等性能,不断开发新型冷轧辊制造和使用维护技术,以适应现代轧机和生产的需求,同时,也为轧铝行业的轧机、轧制产品升级带来重大益处。 ▲