

# 谈铝箔冷轧工作辊的设计与制造

钱志清

(宝钢轧辊科技有限责任公司技术中心, 江苏 常州 213019)

摘要: 铝箔冷轧工作辊是铝箔轧机的核心零件, 对其要求不同于轧材为钢的冷轧工作辊, 要求更高。文章介绍了在铝箔冷轧工作辊设计、制造方面的技术分析, 提出了冷轧铝箔工作辊在选材、加工制造、热处理方法等工艺流程方面的设计要点。

关键词: 冷轧工作辊; 铝箔; 高精度; 高硬度

中图分类号: TG156

文献标识码: A

文章编号: 1009-2374(2013)25-0016-02

随着人民生活水平的提高和旅游事业的发展, 近十多年来我国的铝箔消费量呈逐年增长趋势, 已从2001年的30万吨增长到2012年的180万吨, 年复合增长率达到18%。铝箔因其优良的特性, 广泛用于食品、饮料、香烟、药品、家庭日用品等方面, 通常用作其包装材料; 电解电容器材料; 建筑、车辆、船舶、房屋等的绝热材料; 还可以作为装饰的金银线、壁纸以及各类文具印刷品和轻工产品的装潢商标等。铝箔产品是技术含量很高的高附加值产品, 它在烟草业、食品包装业、电力电容器工业、药品包装业等诸多领域中都显示出了广阔的应用前景。

与此同时, 国内铝箔生产企业投资也在不断加大, 技术水平不断提高, 铝箔产能及产量不断扩大, 近几年来铝箔产量年增长率达到25%以上, 从2005年近60万吨增长到2012年约300万吨。为了提高轧制效率和铝箔产品的质量, 现代化铝箔轧机向大卷、宽幅、高速、自动化四个方向发展。当代铝箔轧机的辊身宽度已达到2200mm以上, 轧制速度达到2000m/min以上, 卷重达到20吨以上, 相应的轧机自动化水平也大大提高。铝箔工业正面临一个高速发展的时期。

铝箔冷轧工作辊是铝箔轧机的核心零件, 对其要求不同于轧材为钢的冷轧工作辊, 对铝箔冷轧工作辊制造的精度要求高, 对辊身表面硬度要求高, 对硬度均匀性要求高。

## 1 铝箔冷轧工作辊的特性

### 1.1 设计要求

铝箔是指厚度小于0.2mm的金属铝薄板, 铝箔按厚度差异可分为厚箔、单零箔和双零箔。厚箔是指厚度为

0.1~0.2mm的箔, 单零箔是厚度为0.01~0.1mm的箔, 所谓双零箔就是在其厚度以mm为计量单位时小数点后有两个零的箔, 一般为0.005~0.009mm的铝箔。

对轧制铝箔所需的冷轧工作辊的制造要求与轧制薄板钢的要求不同, 主要具体要求是:

- (1) 辊身、辊颈的圆跳动1~3级精度, 0.001~0.003mm;
- (2) 工作辊辊身表面粗糙度Ra0.2~0.05;
- (3) 工作辊磨削基准中心孔粗糙度不大于Ra0.8~0.4;
- (4) 铝箔工作辊辊身硬度为不小于100HSD, 硬度均匀度为±1.0HSD;
- (5) 材料为电渣精炼的2%Cr、3%Cr。

### 1.2 铝箔冷轧工作辊的制造工艺流程

针对设计要求制定出相应满足的制造工艺流程如下:

设计 电弧炉冶炼 制作电极棒 电极退火 ESR钢锭 高温扩散 锻造 球化扩氢退火 粗车(割试块) 检验(UT、低倍、高倍、尺寸、外观) 粗加工 超声波探伤 调质处理 检验 机加工(磨辊身) 超声波探伤 辊身淬火(冷处理+低温回火) 检验 机加工(粗磨辊身) 除应力 精加工 检验 防锈+包装 交付 使用 现场服务 改进设计。

## 2 设计制造要点

### 2.1 材料及冶炼

2.1.1 材料有2%Cr、3%Cr两种, 大直径(淬硬层大于15mm)取3%Cr, 小直径(淬硬层小于10mm)取2%Cr, 一般不用5%Cr材料。

表1

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
Cr2	0.85~	0.25~	0.20~			1.70~		0.20~	/
	0.95	0.45	0.35	0.020	0.015	2.10	0.25	0.40	
Cr3A	0.80~	0.30~	0.20~			2.50~	0.50~	0.20~	0.10~
	1.0	0.70	0.6	0.020	0.015	3.50	1.20	0.60	0.30
Cr3B	0.90~	0.70~	0.30~			2.50~	0.20~	0.20~	0.10~
	1.10	1.3	0.80	0.020	0.015	3.50	0.60	0.60	0.30

2.1.2 采用电渣精炼钢。电渣精炼钢结晶致密，成份均匀、偏析小、一致性好，材料纯净、夹杂物细小，主要应用在轧制铝箔、汽车、家电面板。

要求轧辊毛坯总锻造比为3~5，锻后进行球化退火，严格控制热处理加热温度和炉膛温度均匀性不大于5℃，整个加工过程轧辊不允许矫直。

2.1.3 确定的三种材料的化学成分如表1所示。

2.1.4 材料中主要合金元素的作用：碳（C）含量越高，钢的硬度就越高，硅（Si）也可以提高钢的硬度，锰（Mn）能提高钢的强度，能减少和消除硫的不良影响，并能提高钢的淬透性。铬（Cr）能提高钢的淬透性和耐磨性，能改善钢的抗腐蚀能力和抗氧化作用。镍（Ni）能提高钢的强度，而又保持良好的塑性和韧性，提高淬透性。钼（Mo）能提高钢的强度，能减少和消除硫的不良影响，并能提高钢的淬透性。在炼钢时，钼是良好的脱氧剂和脱硫剂。钒（V）能细化钢的晶粒组织，提高钢的强度、韧性和耐磨性。材料中合金元素的有机组合充分满足了工作辊在使用中的要求。

## 2.2 热处理（调质、淬火）

2.2.1 调质处理：淬火加高温回火，保证力学性能，消除网状碳化物，消除片状珠光体，为表面淬火做组织准备。

经以上锻造、热处理后，淬火前的显微组织为：网状碳化物完全消除，球状颗粒碳化物尺寸为1~2 $\mu\text{m}$ 以下，非金属夹杂物尺寸在10~20 $\mu\text{m}$ 以下，基体组织为回火索氏体（极细的珠光体）。所能达到的机械性能为（平均值）：屈服强度860MPa；抗拉强度1030MPa；延伸率14%；断面收缩率34%；冲击功10J。

2.2.2 淬火处理：保证淬火硬度及深度。

淬火流程：预热 加热 淬火冷却 深冷处理 一次回火 二次回火。

预热：感应圈或箱式炉，感应圈预热应2~3次，预热温度300~350℃，小直径取低温。

加热：取Cr3B试验，加热温度取950℃，加热时间可适当延长。

淬火冷却：加强冷却，延长续冷时间。

冷处理：冷却至室温，然后深冷至-120~-50℃。

回火：第一次100~110℃，冷却至室温，第二次100~110℃回火。

某材料为Cr3B试验辊经上述热处理工艺，在切割检测后发现：辊身表面硬度100~102HSD；大于100HSD硬度值的深度大于10mm，达到了设计要求。经金相检测其组织为：回火马氏体+极少量贝氏体、屈氏体+点、粒状碳化物+少量残余奥氏体。

## 2.3 工作辊中心孔加工

工作辊的中心孔既是制造基准，又是使用维护（修磨）基准，中心孔精度是铝箔工作辊机加工的根本。

可以采用“强应力定位顶尖”进行，该顶尖为中国专利产品，它既是工具，又具有刀具的功能（微量修正），

是工具和刀具的结合体，它虽是死顶尖，但又具有活顶尖的功能，是死顶尖和活顶尖的集合体。

2.3.1 结构：“万能顶尖”是以减少顶尖头部部分材料，使原来的连续定位圆锥面改造成为周向等分的、间断的定位圆锥面，消除了中心定位件之间的间隙和震动。

2.3.2 机理：强应力定位，顶尖对辊轴的中心孔进行研磨，运动副间无极限间隙，可提高刚度、降低振动。

2.3.3 功能：具备自修正、自清洁、自补偿的特点（即在中心定位工作的同时能自行修正并清洁好中心孔）。

2.3.4 结果：加工精度高：用于普通外圆磨床，在磨削前不需修正中心孔（小于Ra6.4），只需要加一定的预紧力进行定位修磨中心孔，稳定后就可进行磨削加工，刚性件精磨后的圆度类误差可小于1 $\mu\text{m}$ ，使铝箔工作辊的高精度要求得到了保证。

## 2.4 工作辊辊身低应力磨削

要获得高硬度、高的硬度均匀性的辊身表面，最终磨削质量的优劣至关重要。首先应按粗磨、半精磨、（超）精磨工序区分加工，粗磨的横向进给量应不大于0.05mm/单程，磨后余量应在0.5mm之内；半精磨的横向进给量应控制在0.01~0.03mm/单程之间，磨后余量应控制在0.05mm左右；精磨的横向进给量应在0.005~0.01mm/单程，磨削完成之后还应空程2~4次，冷却液的清洁和充分也是必需的。

铝箔板在轧制过程中，产品的表面及板形很大程度上取决于轧辊的表面质量，因此轧辊辊身的磨削在铝箔板的轧制中有着重要的地位。优化铝箔辊辊身的磨削方法，从微观的角度加以分析和研究还有许多的工作要做。

## 3 使用和修磨

要使铝板变薄主要是依靠轧制力，利用轧制力的变化控制辊缝保持一定值，能获得厚度一致的板带材，轧制铝箔是在恒压力条件下的无辊缝轧制，调整铝箔厚度主要依靠后张力和轧速度，对于厚度极薄的铝箔可利用叠轧等方法实现。在轧制时，正确地使用、调试轧机，使得工作辊在正常的状态下工作，减少轧制事故对工作辊的损伤，定期对轧辊进行修磨和探伤，采取正确的修磨方法，防止修磨过程中不正确的操作对轧辊辊身表面的烧伤，是高效、优化地发挥轧辊效益最大化的保证。

### 参考文献

- [1] 2013~2017年中国铝箔行业产销需求与投资预测分析报告[R]. 前瞻产业研究.
- [2] 刘峰. 外圆磨床加工质量分析及对策[J]. 冶金设备, 2009, (S1): 103-104.
- [3] 王国栋. 板形控制和板形理论[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986: 289-306.
- [4] 雷廷权, 傅家骐. 热处理工艺方法300种[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982: 307.