

# 造纸冷硬铸铁压光辊车削加工研究

高奇

(西安交通工程学院,陕西省西安市,710300)

**摘要** 本研究针对某造纸企业的冷硬铸铁压光辊车削加工工艺进行了系统性的优化研究。当前,该企业面临加工精度和表面质量的挑战,主要表现为刀具磨损快、加工效率低及表面粗糙度不达标等问题。通过对现有加工工艺的分析,提出了三种技术方案:采用高性能硬质合金刀具、引入先进的刀具冷却系统以及实施刀具振动监测与智能控制系统。经过综合评估,选择了高性能YG6X系列硬质合金刀具作为主要刀具材料,并结合刀具参数优化、切削参数调整、夹装方式改进及冷却液喷射等措施进行加工流程优化。实验结果表明,优化后的加工方案在加工时间、刀具更换频率、表面粗糙度和产品一致性等方面均取得了显著提升。

**关键词** 造纸机械;冷硬铸铁;压光辊;车削加工

中图分类号:TG51 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)06-0013-03

随着造纸行业的不断发展,市场对纸品质量的要求日益提高,尤其是在高端纸品的生产中,压光辊的加工精度和表面质量显得尤为重要<sup>[1]</sup>。冷硬铸铁压光辊作为纸张生产过程中的关键设备,其加工质量直接影响到纸张的光滑度、平整度以及最终产品的品质<sup>[2]</sup>。然而,当前许多造纸企业在冷硬铸铁压光辊的车削加工过程中面临着一系列挑战,包括刀具磨损速度快、加工效率低下及表面粗糙度不达标等问题。

## 1 研究项目概况

本次研究主要针对某造纸企业的冷硬铸铁压光辊车削加工进行,当前该企业所使用的冷硬铸铁压光辊在生产过程中面临着加工精度和表面质量的挑战。经过初步调查,该企业的压光辊车削加工工艺存在刀具磨损快、加工效率低以及表面粗糙度不达标等问题,影响了产品的整体性能和生产效率。该企业现有的车削设备包括数台高精度数控车床,具备较强的加工能力,但在实际应用中,由于刀具材料和切削参数的选择不当,导致加工过程中产生较大的切削力和热量,进而影响了加工效果。

作者简介:高奇(1995~),男,陕西榆林人,本科,助理工程师,研究方向:机械设计制造及其自动化。

目前,压光辊的车削加工精度普遍在 $\pm 0.05\text{mm}$ 范围内,表面粗糙度则高达 $Ra 1.6\mu\text{m}$ ,未能满足高端纸品生产对压光辊的严格要求。为了解决上述问题,研究团队经过深入分析,决定从刀具材料的改进、切削参数的优化以及冷却液的选择等多个方面入手,对冷硬铸铁压光辊的车削加工工艺进行系统性的优化研究。

## 2 技术方案选择

### 2.1 技术方案初选

在对冷硬铸铁压光辊的车削加工进行深入研究后,结合实际生产条件,初步提出三种技术方案供选择。方案一:采用高性能硬质合金刀具,特别是YG系列硬质合金,其具有优异的耐磨性和韧性,能够有效应对冷硬铸铁材料的高硬度特性。该方案的核心在于优化刀具的几何参数和涂层技术,以提高刀具的切削效率和使用寿命;方案二:引入先进的刀具冷却系统。通过优化冷却液的喷射方式和流量,降低切削区域的温度,减少刀具磨损和热变形,从而提升加工质量。该方案还建议采用高压冷却液,以确保切削区域的温度控制在合理范围内,进一步提高切削性能;方案三:实施刀具振动监测与智能控制系统。通过实时监测刀具的振动情况,及时调整切削参数,以防止刀具在加工过程中因振动而导致的损坏或加工误差。这一方案旨在通过智能化手段提升加工过程的稳定性和可靠性。

### 2.2 刀料选择

在对冷硬铸铁压光辊进行车削加工时,刀具材

表1 刀料选择

刀具材料	硬度(HRA)	耐磨性	韧性	加工类型	备注
YG6X	92-94	优秀	良好	粗加工	碳化钨和钴的混合物,适合高硬度材料
YG8	90-92	良好	中等	半精加工	适合承受较大冲击负荷
YG15	88-90	中等	优秀	精加工	提供良好的表面光洁度

表2 刀具材料性能对比表

刀具材料	切削速度(m/min)	进给率(mm/rev)	切深(mm)	刀具寿命(h)	适用范围
YG6X	150	0.1	2	20	粗加工
YG8	120	0.08	1.5	15	半精加工
YG15	80	0.05	1	10	精加工

料的选择是确保加工效率和产品质量的关键因素。考虑到冷硬铸铁的硬度可达到HS70~72°,这要求刀具材料具备极高的耐磨损性、强度和韧性。经过综合评估,以下三种刀具材料被选为主要候选:

方案一:高性能硬质合金刀具。选用YG6X系列硬质合金刀具,其优异的耐磨性和韧性使其能够有效应对冷硬铸铁材料的高硬度特性。该方案的核心在于优化刀具的几何参数(如刀尖角度、刃口形状等)和涂层技术,以提高刀具的切削效率和使用寿命;方案二:刀具冷却系统。在该方案中,引入先进的刀具冷却系统,采用YG8系列刀具。通过优化冷却液的喷射方式和流量,降低切削区域的温度,减少刀具磨损和热变形,从而提升加工质量。高压冷却液的使用能够有效控制切削区域的温度,进一步提高切削性能;方案三:刀具振动监测与智能控制系统。该方案建议使用YG15系列刀具,结合刀具振动监测与智能控制系统。通过实时监测刀具的振动情况,及时调整切削参数,以防止刀具在加工过程中因振动而导致的损坏或加工误差。这一方案旨在通过智能化手段提升加工过程的稳定性和可靠性。

### 2.3 刀片夹装

方案一:高精度液压夹紧系统。采用高精度的液压夹紧系统,为直径25.4mm(1英寸)的硬质合金车刀片提供300~500N的稳定夹紧力,以确保刀具在高转速下的稳定性。刀具的定位精度需控制在0.01~500N的稳定夹紧力,以确保刀具在高转速下

的稳定性。刀具的定位精度需控制在0.01~0.02mm以内,通过精密的刀具预调仪或对刀仪实现精确定位,从而减少加工误差;方案二:热装夹紧系统。在热装夹紧系统中,考虑刀具材料的热膨胀系数,确保工作温度下刀具与夹具之间的间隙最小化,以防止刀具因高温而失效。该系统能够提供稳定的夹紧力,并在热膨胀过程中保持刀具的固定位置;方案三:刀具磨损监测与自动换刀系统(ATC)。该方案配备刀具磨损监测传感器,实时监控刀具的磨损状态,一旦达到预设磨损值,系统会自动发出警报,提示更换或磨削刀具。同时,配备自动换刀系统(ATC),实现快速刀具更换,减少换刀时间至10s以内,提高生产效率。

综合考虑上述三个方案的优缺点,推荐采用高精度液压夹紧系统(方案一)作为主要夹装方式,以确保刀具在高转速下的稳定性和加工精度。同时,结合热装夹紧系统(方案二)和刀具磨损监测及自动换刀系统(方案三),进一步提升加工效率和质量。

### 2.4 刀片刃型和几何角度

方案一采用高性能的YG系列硬质合金刀具,其具有优异的耐磨性和韧性,能够有效应对冷硬铸铁材料的高硬度特性。该方案的核心在于优化刀具的几何参数和涂层技术,以提高刀具的切削效率和使用寿命。方案二引入了先进的刀具冷却系统,通过优化冷却液的喷射方式和流量,降低切削区域的温度,减少刀具磨损和热变形,从而提升加工质量。

表3 方案比较

方案	刀具类型	刀具冷却	振动监测	切削效率提升	刀具寿命提升
方案一	高性能硬质合金刀具	无	无	中	高
方案二	常规刀具	先进冷却系统	无	高	中
方案三	常规刀具	无	智能监测	中	中

表4 加工优化效果数据表(单位:mm)

处理环节	加工时间	刀具更换频率	表面粗糙度	产品一致性
优化前	120h	5次	1.5	85%
优化后	90h	2次	0.8	95%
效率提升	25%	60%降低	46.7%改善	11.8%提升

该方案还建议采用高压冷却液,以确保切削区域的温度控制在合理范围内,进一步提高切削性能。方案三则实施刀具振动监测与智能控制系统,通过实时监测刀具的振动情况,及时调整切削参数,以防止刀具在加工过程中因振动而导致的损坏或加工误差。这一方案旨在通过智能化手段提升加工过程的稳定性和可靠性。

通过对刀片刃型和几何角度的优化设计,显著提升冷硬铸铁压光辊的车削加工性能。方案一在刀具材料和几何参数的优化方面表现突出,方案二通过冷却系统的引入提升了切削效率,而方案三则通过智能监测提升了加工过程的稳定性。

### 3 流程优化

经过对方案一、方案二和方案三的详细分析,推荐采用方案一结合方案三的方式。该方案采用YG6X系列硬质合金刀具,具备极高的耐磨性和韧性,能够有效应对冷硬铸铁材料的高硬度特性,从而在长时间的切削过程中保持良好的切削性能,减少刀具更换频率。此外,优化刀具的几何参数(如前角、后角、主偏角和副偏角)能显著降低切削力和切削热,提高加工效率,而较小的前角和较大的后角设计有助于保持刀具的稳定切削状态<sup>[3]</sup>。高性能刀具的使用不仅提升了加工表面的光洁度,减少了加工误差,还确保了最终产品的质量,进一步提升产品的一致性。在选择方案一后,针对冷硬铸铁压光辊的车削加工流程进行优化,具体措施包括刀具参数优化、切削参数调整、刀具夹装方式改进、冷却系统引入以及监测与反馈机制的建立<sup>[4]</sup>。具体优化效果如表4所示。根据表4中的数据可见,经过优化后的加工方案在加工效率和产品质量方面均取得

了显著提升。刀具的使用寿命得到了有效延长,加工表面的光洁度和一致性也有了明显改善<sup>[5]</sup>。因此,认为本次基于高性能硬质合金刀具的冷硬铸铁压光辊车削加工优化方案在实际工程中得到了初步的成功应用。

通过表4的数据分析看出,优化后的加工方案在加工时间上缩短了25%,刀具更换频率降低了60%,表面粗糙度改善了46.7%,而产品一致性提升了11.8%。这些结果表明,基于高性能硬质合金刀具的车削加工优化方案在提升加工效率和产品质量方面具有显著的效果。

### 4 结语

通过本研究的深入分析与优化,成功解决了造纸企业在冷硬铸铁压光辊车削加工过程中面临的主要问题。高性能硬质合金刀具的应用及相关工艺的优化有效提升了加工效率与产品质量,满足了行业对压光辊的严格要求。同时,引入刀具振动监测与智能控制系统为加工过程的稳定性提供了保障。

### 参考文献

- [1] 高杰,郭克星,支泽林,等.钒添加量对冷硬铸铁组织及耐磨性的影响[J].机械工程材料,2023,47(12):45-50.
- [2] 刘姣艳.基于造纸机械的冷硬铸铁压光辊车削加工工艺研究[J].模具制造,2024(8):147-149
- [3] 左青,甘光生,孙勤.轧坯机主体轧辊的质量及其使用注意事项[J].中国油脂,2022,47(4):143-148
- [4] 杨林.基于ShopTurn软件的“三潭印月”工艺品数控车削加工[J].造纸装备及材料,2022,51(7):72-74.
- [5] 刘飞.机械模具数控加工制造技术及其应用[J].造纸装备及材料,2023,52(2):105-107.