

刀辊和砧辊硬度匹配试验研究

廖昌城

(三明市普诺维机械有限公司, 福建 三明 365009)

摘要: 提高刀辊材料硬度可减少磨损, 延长其使用寿命, 提高模切速度, 但会导致与之配合的砧辊损伤更为严重。为了使刀辊和砧辊系统总磨损量达到最小, 试验研究了刀辊和砧辊的硬度匹配问题。利用滚动磨损试验机研究了刀辊与砧辊的硬度匹配, 分析了不同硬度刀辊与砧辊匹配时的摩擦磨损与表面损伤行为。结果表明: 不同硬度刀辊和砧辊试样匹配对滚动摩擦系数基本无影响; 随刀辊硬度增加, 刀辊磨损量呈下降趋势, 砧辊磨损量表现为线性增加, 刀辊和砧辊总磨损量呈先降低后增加的趋势, 当刀辊与砧辊硬度比为 1.016 时, 刀辊和砧辊系统总磨损量达到最小。刀辊硬度对刀辊和砧辊试样表面损伤形貌没有影响, 刀辊和砧辊试样表面损伤形貌均表现为表面剥落损伤机制。

关键词: 刀辊; 砧辊; 硬度匹配; 摩擦; 磨损; 损伤

中图分类号: TH117.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2015)03-0250-04

Study on hardness matching of knife roller and anvil roller

Liao Changcheng

(Sanming PNY Machinery Co., Ltd., Sanming 365009, China)

Abstract: Increasing the hardness of knife roller material can reduce the knife roller's wear, prolong its service life and improve its cutting speed, but it might result in more serious damage of the matched anvil roller. To minimize the overall wear of the knife roller and the anvil roller, the hardness matching of the knife roller and the anvil roller was researched via rolling wear testing machine. The friction wear and surface damage behaviours of the knife roller and the anvil roller samples matched under different hardnesses were analysed. The matching of the knife roller and anvil roller samples under different hardness had no effect on rolling friction coefficient. The knife roller's wear decreased with the increase of the roller's hardness while the wear of the anvil roller increased linearly. The overall wear of the knife roller and the anvil roller samples decreased but then increased. When the hardness ratio of the knife roller to the anvil roller is 1.016, the overall system wear of the knife roller and the anvil roller minimized. The knife roller's hardness had no effect on the surface damage morphology of both the knife roller and anvil roller samples, with the damage samples' morphology showing surface spalling damage mechanism.

Keywords: knife roller; anvil roller; hardness matching; friction; wear; damage

圆压圆模切工作原理是通过刀辊和砧辊相对滚动接触作用将柔性材料加工成一定形状制品。刀辊和砧辊是一对滚动摩擦副,除了合理匹

配刀辊和砧辊材料外,合理匹配刀辊和砧辊硬度对提高刀辊和砧辊的综合使用寿命也十分重要。刀辊和砧辊之间各种载荷的传递依赖于大小约

收稿日期: 2015-03-08

基金项目: 福建省发改委 2014 产业技术联合创新专项 (FG20140514); 福建省教育厅科研项目 (JA14216)

作者简介: 廖昌城 (1977-), 男, 福建三明人, 工程师。

20 mm² 左右的接触斑,接触斑反复承受刀辊和砧辊间的各种复杂载荷,易产生以磨损和滚动接触疲劳破坏为特征的刀辊和砧辊接触表面剥离、压溃、波浪形磨损等典型现象。目前关于滚动摩擦副硬度与磨损之间关系的研究主要针对轮轨,如:Markov^[1]利用 3 种不同类型 Amsler 试验机分别在纵向蠕滑率恒定的滚滑摩擦、摩擦力恒定的滚滑摩擦、横向蠕滑率恒定的滚滑摩擦和纯滑动等 4 种条件下调查了车轮和钢轨材料硬度与磨损之间的关系;王文健、刘启跃^[2-3]等利用滚动磨损试验机研究了车轮钢与 U71 Mn 热轧钢轨的硬度匹配性能,研究发现车轮硬度对车轮和钢轨试样表面损伤模式有一定影响;钟雯^[4]、周清跃^[5]等分别在不同磨损试验机上模拟不同钢轨和车轮匹配时的服役过程,研究钢轨/车轮在不同硬度材料时,钢轨或车轮之间的磨损影响机理及使用寿命评估;马腾、朱桂兰^[6]则研究了不同硬度热处理钢轨和轨轮匹配关系,认为磨损率取决于轨轮间的硬度比,轨对轮硬度安全匹配区为 1.0~1.2。

由于圆压圆模切与平压平模切相比具有高效、安全、节能、用工少等特点,近年来,圆压圆模切装备逐步替代平压平模切装备,已成为柔性材料行业的首选装备。但目前针对圆压圆模切装备核心工作部件——刀辊和砧硬度的匹配,至今没有统一合理的规定。利用 MMS-2A 型微机控制摩擦磨损试验机研究了不同硬度刀辊与砧辊的匹配情况,分析了不同硬度刀辊与砧辊对摩时的摩擦磨损性能与表面损伤情况。研究结果可对刀辊和砧辊硬度的优化匹配提供有益的技术指导,也对认识刀辊和砧辊损伤机理和降低损伤具有重要的参考意义。

1 实验部分

试验在 MMS-2A 型微机控制摩擦磨损试验机上以刀辊和砧辊对滚接触方式进行。在保证实验室条件下,模拟刀辊和砧辊试件间的平均接触

应力和接触圆与现场中的相同。由于受坯料送料速度、张力等因素的影响,模切过程中上下辊并非完全同步旋转,上下辊之间既存在滚动摩擦,又存在滑动摩擦,转动滑差率越大,单位时间磨损量越大,因此,转动滑差率按最大值 10% 选取;由于 W6Mo5Cr4V2 是制造刀辊和砧辊最常用、最具代表性的材料,并且文献[1-2]没进行相关研究,因此,选取 W6Mo5Cr4V2 作为试样材料;W6Mo5Cr4V2 材质刀辊和砧辊额定模切线速度为 140 m/min,因此,选取下试样转速为 300 r/min,上试样转速为 270 r/min。试验过程中上试样为刀辊试样,下试样为砧辊试样,两试样 ϕ 均为 150 mm。试验上下试样结构尺寸如图 1。试验参数:下试样转速为 300 r/min,上试样转速为 270 r/min,转动滑差率为 10%;接触应力为 1 MPa;试验时间 100 h。刀辊和砧辊试样材料均为 W6Mo5Cr4V2,材料成分见表 1。刀辊和砧辊试样接触面的表面粗糙度为 Ra0.8 μ m。砧辊试样通过热处理方式获得硬度(HRC)为 63,刀辊试样通过热处理方式获得 4 种不同硬度,对应的刀辊试样和试验编号分别为 1#、2#、3#、4#。试验在干态下进行;利用洛氏硬度仪(HR-150B)测量试样的硬度值;用电子分析天平(TG328A)通过称重法测量试样磨损量;利用扫描电子显微镜(SEM)(JSM-7001F, Japan)观察试样磨损后的表面磨痕损伤形貌。

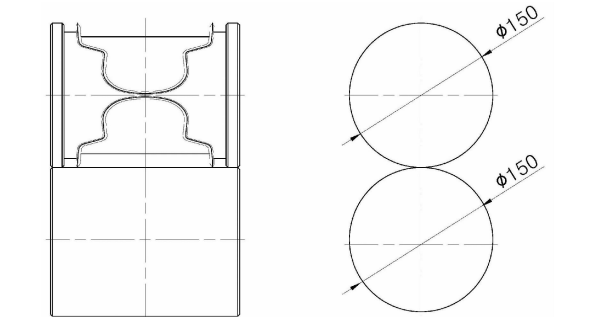


图 1 刀辊和砧辊试样尺寸示意图

Fig.1 The size of knife roller and anvil roller samples

表 1 刀辊和砧辊试样材料(W6Mo5Cr4V2)化学成分

Tab.1 Chemical composition of knife roller and anvil roller sample materials								
化学成分	Mn	S	P	Cr	Ni	V	Mo	W
质量分数/%	0.15~0.40	≤0.030	≤0.030	3.80~4.40	≤0.30	1.75~2.20	4.50~5.50	5.50~6.75

2 结果与讨论

2.1 滚动摩擦行为

试验通过对刀辊和砧辊试样采取整体淬火 + 3 次回火的热处理工艺,并分别采取不同的淬火和回火温度,获得的刀辊试样硬度(HRC)分别为 60、61、62 和 63,砧辊试样硬度(HRC)为 63,砧辊与刀辊试样的硬度比分别为 1.05、1.033、1.016 和 1。图 2 为测得的刀辊和砧辊试样硬度。滚动摩擦系数一般用滚动摩擦力矩来度量。通过测试刀辊和砧辊滚动摩擦力矩,结果表明:随循环次数的增加,刀辊和砧辊摩擦副滚动摩擦系数首先呈现增加的趋势,一定循环次数后摩擦趋于稳定状态,其值约为 0.1,此时摩擦系数较平稳。由于转动过程中振动等因素的影响,使摩擦系数呈现较小的波动,对比发现 4 种硬度刀辊试样与砧辊试样对摩时的滚动摩擦系数变化不大,其值基本相近。这表明硬度对刀辊和砧辊试样的滚动摩擦系数无明显影响。图 3 为测得的刀辊和砧辊试样的滚动摩擦系数。

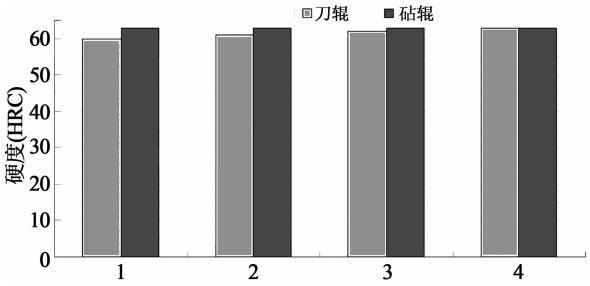


图 2 刀辊和砧辊试样硬度

Fig. 2 The hardness of knife roller and anvil roller samples

2.2 滚动磨损行为

图 4 给出了刀辊和砧辊试样的磨损量。结果表明:刀辊试样随硬度增加,其磨损量呈明显下降趋势,这表明提高刀辊试样硬度后可增加其耐磨性,导致磨损量降低,即硬度越大,耐磨性越好,磨损量越小。随刀辊硬度增加,对摩副砧辊的磨损量呈增加的趋势,这表明增加刀辊硬度将导致对摩副砧辊试样的磨损量增加,降低了其使用寿命。从刀辊和砧辊系统的角度分析可知,刀辊和砧辊总磨损量随刀辊硬度增加呈现出先降低后增加的趋势,这表明通过提高刀辊硬度来降低刀辊磨损量的同时会导致刀辊和砧辊总磨损量发生变化。

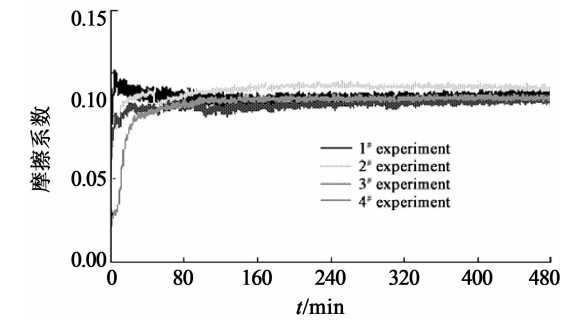


图 3 刀辊和砧辊试样的滚动摩擦系数

Fig. 3 The rolling friction coefficient of knife roller and anvil roller samples

从图 5 中刀辊和砧辊系统总磨损量与硬度比之间关系曲线可知,刀辊和砧辊系统总磨损量随轨轮硬度比增加呈现二次抛物线变化趋势,当刀辊与砧辊硬度比为 1.016 时,刀辊和砧辊系统总磨损量达到最小。上述结果表明:单独从降低刀辊和砧辊系统总磨损量的观点出发,选择刀辊和砧辊硬度比约为 1.016 时,刀辊和砧辊系统总磨损量达到最小。

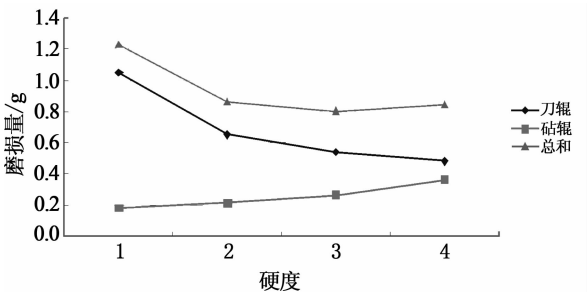


图 4 刀辊和砧辊试样磨损量

Fig. 4 The wear of knife roller and anvil roller samples

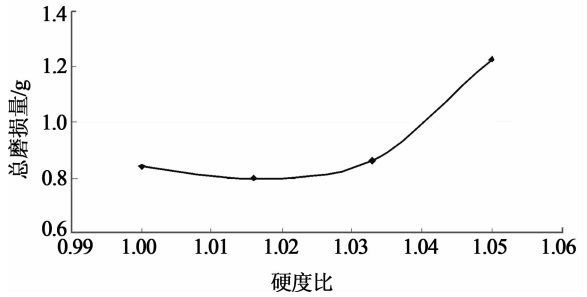


图 5 刀辊和砧辊总磨损量与硬度比之间关系

Fig. 5 The overall wear of knife roller and anvil roller vs the hardness ratio of knife roller to the anvil roller

2.3 刀辊和砧辊表面损伤行为

图 6、7 给出了刀辊和砧辊试样表面损伤 SEM 照片,图中黑色部分为未剥落表面,灰色部分为剥落表面。因此从图 6、7 可看出刀辊和砧辊试样表面的剥落面积大,剥落痕迹均较为平坦。经分析,试样表面磨痕损伤形貌表现为明显的剥落损伤,且剥落块较大是因为刀辊和砧辊硬度都很高,耐磨性好,表面材料在滚动磨损过程中不容易从表面脱落而造成麻点式剥落损伤,在反复切向力作用下,试样材料产生微裂纹并导致扩展和贯通,从而造成在高硬度时的大块剥落损伤形貌。上述结

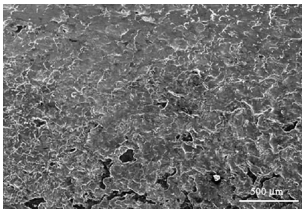


图 7 砧辊试样表面损伤 SEM 照片
Fig. 7 The surface damage SEM photos of anvil roller sample

果表明,改变硬度对刀辊和砧辊试样表面损伤形貌没有影响,刀辊和砧辊试样表面损伤形貌均表现为剥落损伤机制。

3 结论

1)不同硬度刀辊和砧辊试样匹配时滚动摩擦系数基本保持不变;相同砧辊情况下,随刀辊硬度增加,刀辊磨损量呈降低趋势,砧辊磨损量呈增加趋势。

2)随刀辊和砧辊硬度比增加,刀辊和砧辊系统总磨损量呈先降低后增加的变化趋势;单从降低刀辊和砧辊系统总磨损量观点出发,选择刀辊与砧辊硬度比为 1.016 时,刀辊和砧辊系统总磨损量达到最小。

3)由于刀辊和砧辊硬度都很高,刀辊硬度对刀辊和砧辊试样表面损伤形貌没有影响,刀辊和砧辊试样表面损伤形貌均表现为剥落损伤机制。

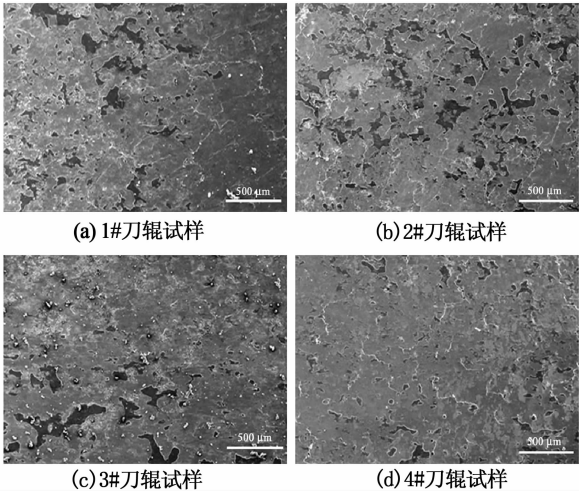


图 6 1#~4#刀辊试样表面损伤 SEM 照片
Fig. 6 The surface damage SEM photos of knife roller sample 1-4

参考文献：

[1] Markov D. Laboratory tests for wear of rail and wheel steels[J]. Wear,1995,1(2):678-686.
[2] 王文健,刘启跃,朱旻昊. 轮轨材料硬度匹配性能试验研究[J]. 摩擦学学报,2013,33(1):65-69.
[3] 郭俊,王文健,刘启跃. 高速轮轨损伤及材料优化匹配研究[J]. 润滑与密封,2010(9):118-121.
[4] 钟雯,董霖,陈朴,等. 高速铁路轮/轨材料匹配性能研究[J]. 润滑与密封,2014(10):35-38.
[5] 周清跃,刘丰收,朱梅,等. 轮轨关系中的硬度匹配研究[J]. 中国铁道科学,2006(5):35-41.
[6] 马腾,朱桂兰. 热处理钢轨的轨/轮匹配关系研究[J]. 物理测试,1999(5):1-3.

(责任编辑：陈雯)