

孙健峰, 杨 洲, 张庆茂, 等. 果园电动修剪刀片摩擦磨损性能研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 371–373.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.105

果园电动修剪刀片摩擦磨损性能研究

孙健峰¹, 杨 洲¹, 张庆茂², 郭 亮², 冯志恒¹

(1. 华南农业大学工程学院, 广东广州 510642; 2. 华南师范大学广东省微纳光子功能材料与器件重点实验室, 广东广州 510006)

摘要: 为了解果园电动修剪刀片的耐磨性, 采用 HT-500 高温摩擦磨损试验机对修剪刀片进行磨损试验研究, 检测 200~500 g 载荷下修剪刀片的摩擦系数, 计算体积磨损率, 观察磨痕形貌, 测量磨痕宽度和磨损面积, 探索磨损机制。研究结果表明: 200~500 g 载荷下, 摩擦系数由 0.140 3 增加到 0.401 9; 200 g 载荷下平均摩擦系数最小, 体积磨损率最大; 500 g 载荷下平均摩擦系数最大, 300 g 载荷下体积磨损率和磨损面积最小; 400 g 载荷下磨损面积最大。随载荷增加磨损机制逐渐向磨粒磨损、黏着磨损和氧化磨损的复合磨损方式转化。

关键词: 电动修剪; 刀片; 摩擦磨损; 摩擦系数; 65Mn

中图分类号: S224.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)04-0371-03

中国是水果生产大国, 2012 年种植面积和产量均居世界首位^[1]。果树修剪是果园管理的一项重要工作, 修剪可有效提高果品产量和品质^[2-3]。目前我国果树修剪以人工作业为主, 劳动强度大, 作业效率低, 人工成本高, 很多工人为了省力往往生拉硬拽, 造成枝干破裂影响果林产量, 另外, 长时间修剪工作会严重伤害工人的手臂和肩膀, 造成肌肉慢性劳损^[4-6]。为降低修剪作业人员的劳动强度, 提高作业效率, 电动和气动修剪技术在国内逐步得到推广和应用。我国南方大面积种植的龙眼、荔枝由于其树枝硬度高, 剪切强度大, 制约了电动、气动修剪机具的剪切能力, 影响电动、气动修剪机具在南方普及^[7-9]。修剪过程中修剪刀片的抗磨能力决定了修剪机具的作业效率、修剪质量和刀片的使用寿命, 因此对目前电动修剪机具中常用的修剪刀片进行抗磨性能研究就显得尤为重要。本研究以电动修剪机具中最常用的 65Mn 弹簧钢刀片为切入点, 采用摩擦磨损试验机研究其磨损情况, 通过体视显微镜观察磨痕形貌, 测量磨痕宽度和磨损面积, 计算体积磨损率, 揭示 65Mn 弹簧钢磨损机制, 为今后电动修剪机具刀片材料的改进提供基础数据。

1 试验方法与设备

电动修剪过程主要是修剪刀片与果树之间的摩擦磨损, 由于刀片相对于果枝较硬, 磨损中主要磨损果枝, 对 65Mn 弹簧钢的磨损性能表征不明显, 因此本试验中选用 GCr15 小球为上磨样, 磨损更加强烈, 更能反映出 65Mn 弹簧钢的模型性能。试验中选用电动修剪机具中常用的 65Mn 动刀为下磨样, 成分如表 1 所示。采用图 1 所示 HT-500 高温摩擦磨损试验机, 磨损温度为室温。HT-500 高温摩擦磨损试验机基本工作原理如图 2 所示, 将 2 刀片固定在 3 载物台上, 通过加载试验所需载荷砝码, 启动电机使 4 主轴转动, 驱动样品盘上的试块转动, 使其与 GCr15 钢球进行滑动摩擦, 通过压力传感器感知加载机构上的载荷 F 及该面的压强 P , 传递信号给机械摩擦系统, 由计算机检测出试验温度、摩擦系数等数据并进行图形显示和数据存储。摩擦磨损试验主要参数见表 2。试验中为研究修剪刀片磨损性能, 加载 200~500 g 载荷, 磨损时间为 30 min。

表 1 65Mn 弹簧钢的化学成分

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.30	≤0.25

2 结果与分析

2.1 体积磨损量计算与分析

由沈龙光等的研究^[10]可知体积磨损量为:

收稿日期: 2015-11-10

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 51505157); 广东省科技计划(编号: 2013B020501002); 广东省自然科学基金(编号: 2014A030313460, 2015A030310330)。

作者简介: 孙健峰(1983—), 男, 吉林长春人, 博士, 讲师, 主要从事农业机械化研究。E-mail: sunjianfeng@scau.edu.cn。

通信作者: 杨 洲, 博士, 教授, 主要从事农业机械化研究。E-mail: yangzhou@scau.edu.cn。



图 1 HT-500 高温摩擦磨损试验机

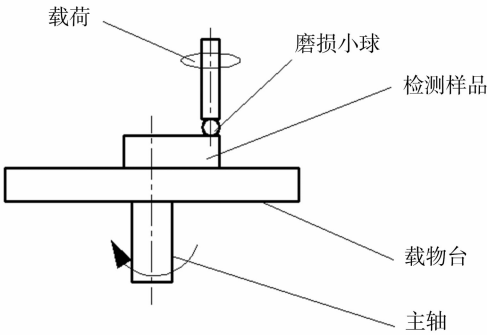


图2 磨损磨损试验机原理

表 2 摩擦磨损试验主要参数

试验载荷 (g)	试验温度	磨损时间 (min)	线速度 (m/min)	GCr15 球半径 (mm)
200 ~ 500	室温	30	5.63	2.0

$$\Delta V = L_0 \left[r^2 \arcsin \frac{d}{2r} - \frac{d}{2} \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right] \quad (1)$$

式中： L_0 为磨痕周长； r 为 GCr15 钢珠半径； d 为磨痕宽度。
在重载荷下的体积磨损率为

$$Q = \Delta V / (vt) \quad (2)$$

式中： v 为试样磨损线速度； t 为磨损时间。

由公式(2)计算出体积磨损率，由体视显微镜测量得到实际磨痕面积、磨痕宽度(表 3)。

表 3 磨损试验数据

载荷(g)	实际磨损面积(mm ²)	实际磨痕宽度(mm)	体积磨损率	平均摩擦系数	摩擦系数波动范围
200	0.661 6	0.458 9	0.002 4	0.140 3	0.062 ~ 0.220
300	0.447 9	0.377 6	0.000 7	0.354 3	0.089 ~ 0.425
400	1.120 4	0.597 2	0.001 4	0.299 1	0.063 ~ 0.392
500	0.790 4	0.501 6	0.001 3	0.401 9	0.138 ~ 0.468

由表 3 可知，实际磨损面积和理论体积磨损率的变化趋势基本相同，即先下降后升高。200 ~ 300 g 载荷时，磨损面积与体积磨损率大幅下降，体积磨损率降幅为 70.83%，磨损面积降幅为 32.30%，体积磨损率降幅是磨损面积降幅的 2.2 倍。200 g 载荷时，体积磨损率是试验中最高的，但磨损面积并不是最大。300 ~ 400 g 载荷时，磨损面积与体积磨损率出现明显上升，体积磨损率增幅为 100.0%，磨损面积增幅为 150.1%，磨损面积的增幅比体积磨损率的增幅更为明显。载荷 300 g 时磨损面积和体积磨损率最小，体积磨损率最小值为 0.000 7，磨损面积最小值为 0.447 mm²。磨损面积和体积磨损率变化趋势不同是 400 ~ 500 g 载荷时，体积磨损率和磨损面积都有下降的趋势，但体积磨损率变化较为平缓，磨损面积减少较为明显。400 ~ 500 g 载荷时，磨损面积降幅为 29.5%，体积磨损率降幅仅为 7.1%，相差 22.4 百分点，比 200 ~ 300 g 载荷时降幅差值明显减少，400 g 载荷时体积磨损率为 0.001 4，磨损面积为 1.120 4 mm²，磨损面积为本次试验最大值。

电动修剪刀片与 GCr15 钢球的摩擦曲线见图 3。表 3 表明，随载荷增加，平均摩擦系数呈上升趋势。200 g 载荷时，平均摩擦系数为试验中最小，为 0.140 3，摩擦系数在 0.062 ~ 0.220 范围内波动；载荷 300 g 时，平均摩擦系数发生了突变，由 0.140 3 上升到 0.354 3，增幅 152.5%，摩擦系数波动差值为试验中最大，差值为 0.336；400 g 载荷时，摩擦系数降低了 0.054 3，达到 0.299 1，与载荷 300 g 摩擦系数比较相近。500 g 载荷时，摩擦系数突然上升，由 0.299 1 增加到 0.401 9，增幅 34.4%。由图 3 可知，200 g 载荷时，摩擦系数波动比较大，300 ~ 500 g 载荷时，摩擦系数比较平稳，稳定在一个较小的范围内波动。

2.2 磨损机制分析

图 4 为 200 g 载荷时磨痕部分形貌，磨痕中出现剥离的断面，较浅的犁沟，磨痕宽度为 0.458 9 mm。磨损前出厂的电动修剪刀片表层经过打磨，比较光滑，200 g 载荷较小，钢球

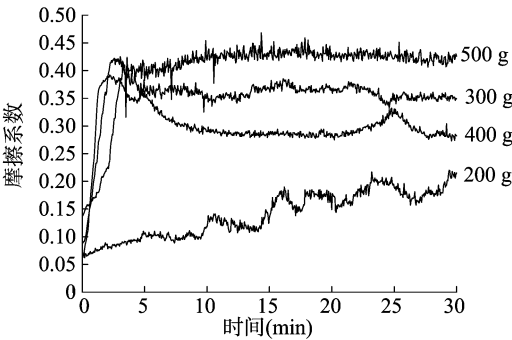


图3 200~500 g 载荷摩擦磨损曲线

摩擦修剪刀片表层，摩擦系数较低，只有 0.140 3 左右，修剪刀片表面形貌微小起伏对摩擦系数波动影响较大，因此载荷 200 g 时摩擦系数波动较大。图 5 为 300 g 载荷时磨痕部分形貌。图 6 中同样有剥离的断面，比 200 g 载荷时犁沟更深，这些是由黏着磨损^[11]和氧化磨损^[12]造成的。300 g 载荷时的磨损机制以微切削为主，伴随有黏着磨损。图 6 为 400 g 载荷时磨痕形貌。图 6 中也可清晰地看出剥离的断面，深度不同的犁沟。400 g 载荷与 300 g 载荷的摩擦系数相差不大，变化规律也近似，都是急速上升后在一定的范围内波动，相比较 300 g 载荷时，400 g 载荷的摩擦系数略有减小。这是因为随载荷增加，磨痕深度加深，修剪刀片表层被磨损，钢球深入修剪刀片内部，摩擦系数前期呈近似直线增大(修剪刀片表面磨损部分)，增大到某一定值后在其附近波动(修剪刀片内部磨损部分)。图 7 为 500 g 载荷时磨痕形貌，可清晰看出黏着磨损、磨粒磨损以及载荷过大引起的塑性变形。从数值上看，500 g 载荷下的摩擦系数比 400 g 载荷下的摩擦系数增大 0.102 8。从状态上看，500 g 载荷对于刀片的组织有很大的影响，刀片发生了塑性变形，因而摩擦系数增大了许多。因此 400 g 载荷以下，磨损以微切削为主，伴有黏着磨损，氧化磨损。400 g 载荷以上磨损机制逐渐向磨粒磨损、黏着磨损、氧化磨损的复合磨损方式转化。

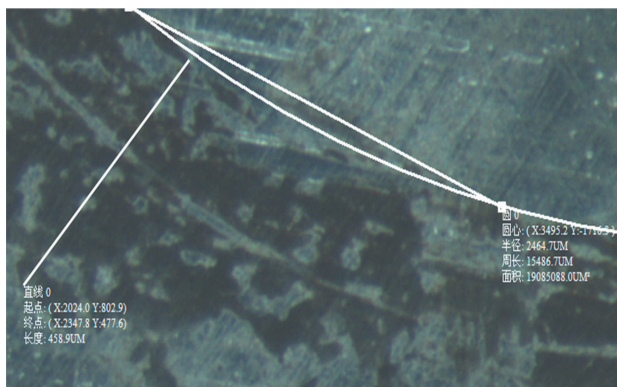


图4 200 g 载荷时磨痕形貌

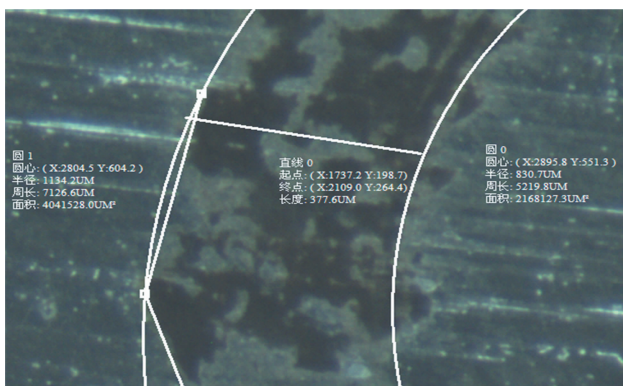


图5 300 g 载荷时磨痕形貌

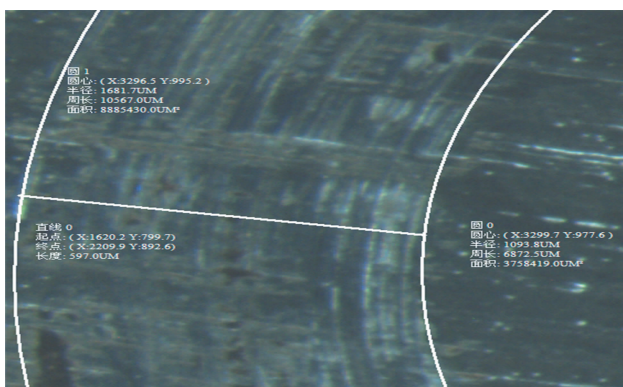


图6 400 g 载荷时磨痕形貌

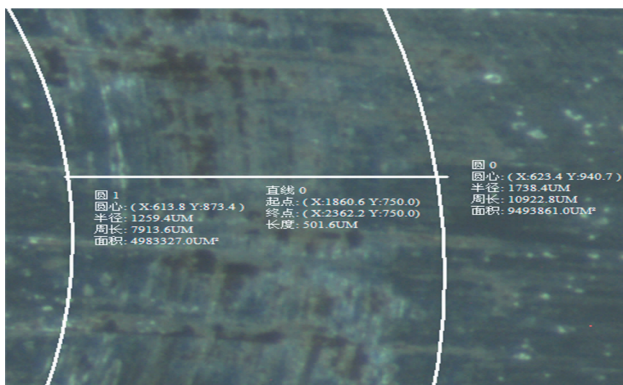


图7 500 g 载荷时磨痕形貌

3 结论

为了解果园电动修剪刀片的耐磨性,本试验以电动修剪刀片中常用的65Mn弹簧钢为切入点,采用HT-500高温摩擦磨损试验机对修剪刀片进行磨损试验研究,测定200~500 g载荷下的摩擦系数,计算体积磨损率,采用体视显微镜观察磨痕形貌,测量磨损宽度和磨损面积,探索磨损机制,试验结果表明:

(1)200~500 g载荷下,摩擦系数由0.1403增加到0.4019;200 g载荷下平均摩擦系数最小,为0.1403,体积磨损率最大,为0.0024;500 g载荷下平均摩擦系数最大,为0.4019;300 g载荷下实际磨损率和体积磨损面积最小,最小值分别为0.0007和0.4479 mm²;400 g载荷下磨损面积最大,最大值为1.1204 mm²。随载荷增加磨损机制逐渐向磨粒磨损、黏着磨损和氧化磨损的复合磨损方式转化。

(2)随载荷增加,修剪刀片的磨损量增大,刀片的寿命缩短。由体积磨损率可知,300 g载荷下,65Mn弹簧钢刀片的体积磨损量最少,电动修剪刀片在此载荷下工作最为理想。

参考文献:

- [1] 中国国家统计局. 国际统计年鉴:2012[M]. 北京:中国统计出版社,2012:102-106.
- [2] 王海波,刘凤之,王孝娣,等. 我国果园机械研发与应用概述[J]. 果树学报,2013,01(1):165-170.
- [3] 吴良军,杨洲,段洁利,等. 龙眼树枝修剪机具刀片切割力的影响因素试验[J]. 农业工程学报,2012,28(24):8-14.
- [4] 王慰祖,陆华忠,杨洲,等. 荔枝龙眼园机械化现状调查分析[J]. 农机化研究,2012,34(3):237-241.
- [5] 洪添胜,杨洲,宋淑然,等. 柑橘生产机械化研究[J]. 农业机械学报,2010,41(12):105-110.
- [6] 杨杰,赖碧丹,李贤良,等. 从农村劳动力现状探讨果园应对农村零工紧缺的措施[J]. 南方园艺,2013,24(2):54-56.
- [7] 孟蕊,邱瑞珍,高俊奎. 电动工具用锂离子电池的开发和性能研究[J]. 电源技术,2007,31(1):30-33.
- [8] 曹涤环,刘建武. 果树林木修剪创伤及伤口处理技术[J]. 果农之友,2012(12):29.
- [9] 吕瑞国,李京军,阮细保. 100t 转炉-钢包炉精炼-连铸生产65Mn弹簧钢的工艺实践[J]. 特殊钢,2005,26(4):52-53.
- [10] 沈龙光,张庆茂,宋杰,等. 铁基金属激光熔覆层的高温磨损性能[J]. 强激光与粒子束,2009,21(5):658-662.
- [11] 孙健峰,李胜,张庆茂. 钴基金属微弧火花沉积层磨损性能研究[J]. 机电工程技术,2011,40(1):58-60,100.
- [12] 辛礼兵. 磨损机理的研究与探讨[J]. 安徽职业技术学院学报,2006,5(4):11-14.