

综述

表面涂层木工刀具的研究进展

李 黎

(北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 介绍几种表面涂层木工刀具的加工方法和使用状况,分析表面涂层刀具的切削特点和磨损形态,概述了国内外研究进展。研究成果表明,涂层处理可以延长刀具使用寿命,减少刃磨和换刀时间,提高生产效率和表面加工质量。

关键词: 涂层; 木工刀具; 磨损; 使用寿命

中图分类号: TS643 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)04-0001-04

Advances in Research on Wood Cutting Tools Plated with Membranes

LI Li

(College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The several processing methods and utilization of wood cutting tools plated with membranes, used in China and abroad are introduced. Cutting characteristics and tool wear while machining different materials are also discussed. The results of experiments show that wood cutting tools treated with a plating membrane can prolong the sharpening cycle, reduce the time of resharpening and replacing tools, enhance processing efficiency and surface quality.

Key words: plating membrane; wood cutting tools; wearing; sharpening cycle

随着经济全球化进程的加快,我国木材制品进入国际市场的比例逐年提高。开发特色制品,提高成品率和加工质量,降低成本,已成为木材加工业关注的主题,同时也对切削加工刀具提出了更高的要求:既要求刀刃锋利,耐久性好,寿命长,成本低,加工质量高,还要节能,降低加工噪音及减少粉尘排放等。仅靠改良刀具几何形状和材料,已不能满足上述要求。

表面涂层处理技术是近年发展较快的一项优质表面改性技术,包括表面渗层、镀层和涂层技术。本文主要介绍国内外用于木材加工切削刀具的涂层处理技术和几种涂层刀具应用实例,旨在促进该技术在国内的应用。

1 表面处理技术的分类及特点

1.1 表面渗层

表面渗层是通过固体、液体和气体处理方法,改

变刀具表面的化学成分。常用的渗层材料有硼、钒、铬等。渗硼具有硬度高、摩擦系数低、耐腐蚀性好等优点。如,用渗硼的碳化钨硬质合金刀具进行 MDF 切削试验,和未渗硼刀具相比,具有较低的切削力和刀具磨损量^[1]。加藤忠太郎分别用渗钒、渗铬刀具和合金工具钢刀具(SKS 3)进行木材切削试验,结果表明,渗钒刀具的磨损最小,其次是渗铬刀具,未渗层刀具磨损最大。在切削云杉(密度 0.42 g/cm³)长度达到 500 m 时,渗钒刀具磨损量比渗铬刀具小 20%,仅为未渗层刀具的 1/3^[1-2]。

1.2 表面镀层

根据木工刀具特点,研究人员曾进行了合金工具钢(SKS 3)刀具表面镀铬的研究。刀片尺寸为 30 mm×12 mm×1.5 mm,硬度为 HRC 60,镀层厚度分别为 4、8、13、19 μm,电镀时间分别为 5、7、12、45 min;试材为长叶松,含水率 10%。切削后刀具磨损形态的分析表明,各种厚度的镀层均出现不同程度的龟裂,其中 19 μm 镀层还有剥落现象。与未镀铬刀具相比,各镀层刀具耐磨性都有不同程度的改进,其

收稿日期:2006-09-15; 修改稿:2007-06-26

作者简介:李黎(1963—),男,北京林业大学材料科学与技术学院教授,博士。

中 8 μm 镀层刀具的使用寿命最长^[1,3]。

1.3 表面涂层

1.3.1 涂层高速钢

高速钢刀具常用涂层材料有氮化钛(TiN)和碳化钛(TiC)。切削试验表明, TiN 涂层对改善刀具耐磨损性能较为显著, 在切削山毛榉、栎木、云杉时, 刀具耐磨性都有不同程度的提高。此外, 还有新开发的 Ti(C,N)、Cr(C,N) 涂层材料及 TiC-Ti(C,N)、Ti-TiC-TiN 等复合涂层材料。

我国开发研究的(Ti、Al)N 新型涂层材料, 其硬度和耐磨性均高于 TiN 涂层。由于(Ti、Al)N 与基体之间有一过渡层(α -Ti+FeTi), 使涂层与基体之间具有较强的结合强度, 提高了涂层的耐磨性。

但 TiN 和 TiC 的化学稳定性较差, 这是因为 TiC 涂层在 300~400 $^{\circ}\text{C}$ 时开始氧化, 而 TiN 涂层在 450 $^{\circ}\text{C}$ 以上时也开始氧化^[2,4-6]。

1.3.2 涂层硬质合金

1) TiN、TiC 涂层 涂层硬质合金是在韧性较好的硬质合金刀片表面, 涂覆一层硬度和耐磨性很高的材料, 如 TiN、TiC 等。TiC 硬度较高(HV 3 200), 耐磨性好, 涂层厚度一般为 5~7 μm ; TiN 硬度较低(HV 1 800~2 100), 与基体的结合力较差, 但导热性好, 韧性高, 涂层厚度可达 8~12 μm 。

研究发现, 用 TiN 涂层硬质合金圆锯片的锯齿, 锯齿的耐磨性仅有微小的改善; 另一研究也发现, 在铣削刨花板时, TiN 涂层硬质合金刀具(化学气相沉积法, CVD)的耐磨性改善甚微, 即 TiN 涂覆锯齿前刀面时耐磨性能有些改善^[4]; 而用物理气相沉积法(PVD)涂层, 发现 TiN 涂层的碳化钨硬质合金锯片(涂覆前齿面), 锯切硬质纤维板时, 锯齿磨损量可降低 40%~60%^[5-6]。

分析原因, 主要是因为刀具刃口附近的涂层材料过早地剥落所致。CVD 法涂层温度较高, 导致在基体和涂层之间形成脆性的粘结相。在涂层残余应力及切削热、切削力作用下, 刃口上的涂层极易剥落。相比之下, PVD 法涂层温度低得多, 因而可获得较好涂层结构和较高的涂层硬度, 刀具刃口锋利度也得到改善^[6]。此外, PVD 法涂层刀具还具有较好的抗龟裂能力。

90 年代中期, 研究人员在用 PVD 法涂层木工刀具方面进行了一系列研究, 包括硬质合金碳化物尺寸、粘结剂含量和涂层材料等。碳化物颗粒尺寸分别为 0.8、1.2、1.5 μm 和 1.7 μm , 对应的钴含量分别为

3%、4%、6% 和 10%。涂层材料分别为 TiN、TiN-Ti(C,N)-TiN 和 TiAlN₂, 对应的涂层厚度分别为 3.5、5.5、3 μm , 涂覆部位为刀具的前刀面。

结果表明, 3 种涂层材料均出现剥落, 但 TiN 和 Ti(N,CN)涂层剥落情况明显比 TiAlN₂ 好, 并且颗粒细和含钴量低的刀具, 耐磨性提高了 10%~30%^[3-6]。但含钴量高的刀具, 表面涂层反而会降低其耐磨性, 涂层结合力低是其剥落的致命因素。

2) 金刚石涂层 金刚石具有极高的硬度和极好的化学稳定性, 其耐磨性是硬质合金的 100~250 倍, 并具有耐强酸和强碱的性能, 但韧性很差。若以韧性较好的刀具材料为基体, 涂覆一层硬度、耐磨性高及化学惰性好的涂覆层, 使刀具既具有一定的强度和韧性, 又具有很好的耐磨性和切削性能, 满足木工刀具磨损的特性要求。因此, 用金刚石涂层木工刀具不失为一种理想的抗磨方法。

50 年代, 研究人员在开发高温高压合成金刚石的同时, 曾对低压气相合成金刚石进行了探索。80 年代后期, 为了降低成本, 实现工业化生产, 直流等离子体喷射高速沉积, 成为金刚石薄膜沉积最快的方法。用 CVD 法金刚石薄膜涂层的硬质合金转位刀片(前刀面涂层厚度 20 μm), 进行刨花板切削试验, 结果发现, 涂层剥落是其致命的缺点。只要涂层不剥落, 刀具刃口就几乎没有磨损, 刃口圆弧半径可一直维持在 40~50 μm 。用同样刀片铣削 MDF 发现, 金刚石薄膜也有不同程度的剥离, 但未剥离的部分起到了“堤岸”保护作用, 降低了基体材料的磨损, 因而刀具耐磨性提高了近 1 倍^[3]。

随着涂层工艺与设备的改进, 金刚石薄膜与基体的结合力进一步提高, 薄膜剥离将会得到控制。目前, 金刚石涂层硬质合金刀具已经被用于切削强化地板的 Al₂O₃ 耐磨层, 效果良好。然而, 由于金刚石多晶薄膜(CVD 法)的纯度很高, 硬度(HV 9000~10000)接近天然金刚石, 常规的机械加工或电火花腐蚀方法都难以加工, 因此, 只适用于制造不重磨的转位刀片。

在装配式木工铣刀结构中, 为了提高刀片装夹速度和定位精度, 现较多地采用不重磨刀片或转位刀片。进口设备配备的刀具中, 有 50% 左右为不重磨或转位装配式铣刀, 如封边机、双端铣、四面刨和 CNC 加工中心等木工机械。因此, 金刚石涂层硬质合金不重磨或转位刀片, 在木工刀具领域有着广阔的应用前景。

2 刀具表面处理的目 的应用

2.1 刀具表面处理目的

1) 以提高外观质量为目的 为了防锈和改善外观效果,表面涂层处理方法有镀铬和镀镍,主要应用于刀体。其中表面氧化处理(发黑处理)主要用于可更换刀片的成型铣刀和钻头;耐酸处理用于圆柱或圆盘铣刀。

2) 以减小摩擦系数为目的 为降低刀具表面的摩擦系数,可以通过在刀具表面涂覆特氟龙(Tefulon)涂层,以降低锯片与工件的摩擦,减少发热。特氟龙还具有良好的排屑性能,因此,也可应用于木工钻头。

以特氟龙表面涂层处理的圆锯片为例,12 片外径 305 mm、硬质合金镶焊锯齿的圆锯片,按一定的间隔固定在多片锯主轴上,在切削长 1 800 mm、厚 9~30 mm 的刨花板时,初次刃磨前(新刀具)切割板件的数量与镀镍锯片相当。用镀铬和表面涂覆特氟龙的锯片切割工件,其每次刃磨周期内切割板件的数量虽然也随刃磨次数增加而减少,但特氟龙表面涂层处理锯片,一次刃磨周期内的板件切割数量,通常是镀铬锯片的 2 倍;且因为刨花板和锯片的摩擦系数减少,发热下降,烧锯现象得到了控制。从锯片和木材(气干北美云杉)间的摩擦系数而论,镀铬锯片为 0.30,而特氟龙表面涂层锯片仅 0.22,摩擦系数降低了约 25%^[3,8]。

3) 以提高耐磨性为目的 高速切削条件下刀具耐磨性主要体现在其耐久性和使用寿命,直接影响到生产效率和生产成本。金刚石 CVD 法表面涂层处理后,刀具的后刀面维持原有形状,前刀面逐渐后退,经过圆坑磨损的前角增大后依然锋利。尽管金刚石 CVD 表面涂层本身的耐磨性非常好,但切削后刃口线还是会被磨圆而后退,导致锋利度降低。

2.2 几种表面涂层处理的刀具实例

1) 机夹式高速钢涂层铣刀(图 1)。未涂层刀具切削北美云杉 1 000 m 后,刃口即已磨圆后退,并且木材早材部位出现拉毛。而表面涂层处理刀具的刃口仍然锋利,并且材料表面光滑。使用寿命可提高 3 倍以上,刃磨周期延长,生产成本降低。试验结果表明,高速钢涂层铣刀的使用寿命是未涂层刀具的 3~7 倍^[7-8]。

2) 木工铣刀机夹式不重磨刀片(图 2)。与未处理刀片相比,这类刀具使用寿命可延长 2~3 倍。由于换刀的次数减少,由此降低生产成本,提高生产率。切削高含水率松木及大断面集成材的试验结果也表

明,硬质合金涂层不重磨刀片的磨损量,仅是未处理刀具的一半左右^[7]。

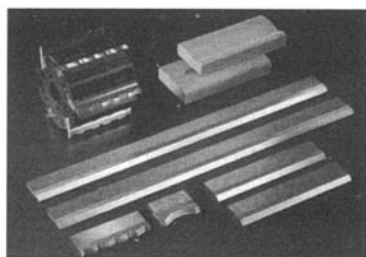


图 1 高速钢涂层铣刀

Fig. 1 HSS plated milling cutter

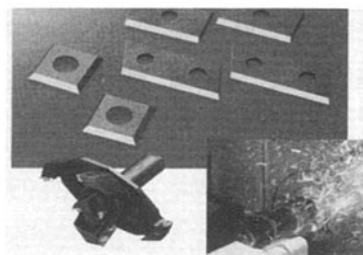


图 2 不重磨刀片和铣刀

Fig. 2 Non-resharpening edge and milling cutter

3) 表面涂层处理锯齿外缘的硬质合金圆锯片(图 3)。通过对硬质合金基材表面进行碳化钨(WC)或 TiC 涂层处理,锯片切削含水率大于 15% 的湿材时,耐久性也有显著提高^[8]。

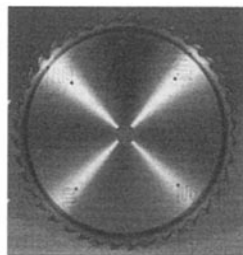


图 3 涂层处理锯齿外缘的硬质圆锯片

Fig. 3 TCT circular saw plated with TiC membrane

图 4 是切削 2 000 m 北美云杉后,表面涂层处理和未处理硬质合金刀具的磨损情况。从图中可见,未处理刀具的刃口大幅度磨圆后退,而表面涂层处理刀具仍然保持锋利;加工试验结果表明,使用寿命提高了 4~6 倍^[1,7-8]。

4) 硬质合金表面涂层处理的铣刀。可提高刀具的耐磨性和锋利度,防止木材表面烧焦,有效地控制被加工表面起毛及逆纹崩裂等现象,从而降低刀具和

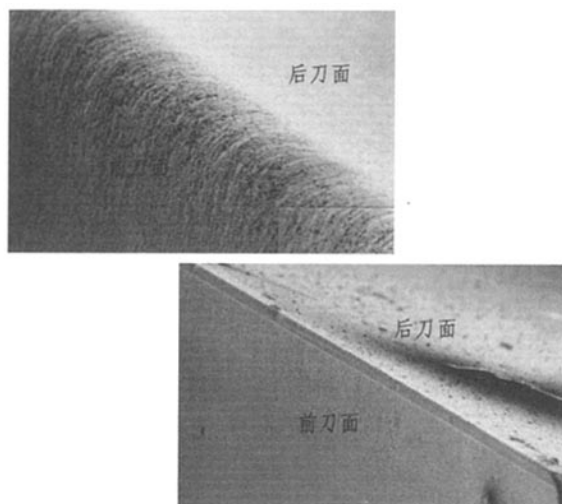


图4 表面涂层处理和未处理硬质合金铣刀
刃口磨损情况对比

Fig. 4 Comparison of the edge wear status
between unplated and plated carbide milling cutter

加工费用。

在家具制造业中,油漆涂饰表面是决定产品最终品质的重要工序。基材的表面加工质量直接影响漆面质量。表面刨光就是为了除去木材表面的起毛、逆纹崩裂、烧焦、污物,以提高表面的光洁度。

日本兼房公司开发的硬质合金涂层处理铣刀,刀刃表面采用陶瓷涂层处理,可大幅提高耐久性和保持良好的锋利度,特别适用于实木家具零件的精加工,可省略砂光工序。图5是硬质合金后刀面金刚石表面涂层处理的机夹装配式铣刀,用于实木复合地板和强化地板的榫槽加工。由于地板耐磨层坚硬,对刀具

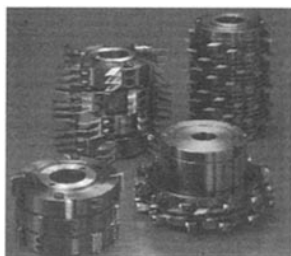


图5 机夹装配式指接榫铣刀

Fig. 5 Finger-joint milling cutter with screw clamp

磨损非常大,一个工作班需要对榫头和榫槽切削铣刀调整2次。采用硬质合金涂层铣刀后,可改为2天1次,刀具的寿命至少提高了4倍,刀具成本降低60%^[3]。

普通硬质合金焊接指接榫铣刀,安装在刀轴垂直运动的指接榫开榫机上,加工热带木材,如百婆罗双、冰片香及龙脑香等,通常使用寿命只有6个班。而涂层铣刀可连续使用48个班,其寿命是前者的8倍,(通常为3~10倍)。同时还可降低切削噪音,提高指接榫的接合质量,而且重磨作业也容易实现^[9]。

3 结语

切削试验研究和生产实践均表明,表面涂层处理的木工刀具,耐磨性提高,使用寿命延长,刃磨和换刀时间减少,生产效率和表面加工质量提高。由于目前我国木工刀具制造服务体系尚不健全,各种的表面涂层处理木工刀具尚未大规模地推广应用。随着对制品切削加工精度、质量要求的进一步提高,这种刀具必将在木材切削加工中得到广泛的普及和应用。

参考文献:

- [1] 田中千秋,喜多山繁. 材料科学讲座6——切削加工[M]. 日本京都:海青社,1992.
- [2] 李黎. 木材切削原理与刀具[M]. 北京:中国林业出版社,2005:197-201.
- [3] 西尾悟. 兼房先进的木工刀具[C]. 北京国际木工刀具高新技术研讨会,2006.
- [4] Jamal Y Sheikh-Ahmad, John A Bailey. High-temperature wear of cemented tungsten carbide tools while machining particleboard and fiberboard[J]. Journal of Wood Science, 1999, 45(6): 445-455.
- [5] Wayan Darmawan. Wear, force and noise characteristics of coated carbide tools in cutting wood-based Materials[D]. 松江:日本国岛根大学博士论文,2000.
- [6] 李黎,习宝田,杨永福. 切削纤维板时表面涂层硬质合金刀具的磨损[J]. 木材加工机械,2003,14(6):5-8.
- [7] 林和男,伊藤昌明. 圆柱铣刀刀刃磨损与切削速度的关系——新伐材切削刀具磨损心态,屑片形态,切削阻力的关系[J]. 木材学会志,1988,34(2):100-111.
- [8] 井上裕之. 新型木材切削刀具材料的刃口磨损[J]. 木材学会志,1988,34(4):291-297.
- [9] 村濑安英. 不同性质木材切削刀具材料的腐蚀磨损[J]. 木材学会志,1986,32(8):596-602.

(责任编辑 姜征、赖威)

欢迎订阅 2008 年《木材工业》,每期 10 元,全年 60 元,邮发代号 2-311
更多信息,请查阅:www.cwjournal.com