

“太尔”论坛

金刚石刀具在木材加工中的应用

曹平祥

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 本文概述了金刚石复合刀片的发展、种类和性能,详细介绍了金刚石刀具在木材加工中的应用,如裁板锯的金刚石圆锯片、双端铣用粉碎刀、封边机用修圆刀,及在强化木地板加工中的应用。

关键词: 聚晶金刚石;木工刀具

中图分类号: TS643 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2003)05-0014-03

Application of Polycrystalline Diamond Woodworking Cutters

CAO Ping-xiang

(Nanjing Forestry University, Naging 210037, China)

Abstract: With the innovation of polycrystalline diamond, its combination with tungsten carbide has endowed the woodworking cutters with super abrasion resistance. In this paper, the characteristics of 3 main types of polycrystalline diamond cutters were summarized. Commonly used diamond cutters for wood processing were also reviewed. These included the diamond saw blades for panel saws, the diamond hogging cutters in a double end tenoner, the diamond trimming cutter in an edgebander, as well as the diamond machining system for laminated flooring.

Key words: Polycrystalline diamond (PCD); Woodworking cutter

木材切削加工是木材加工最基本的工艺之一,直接影响工业生产的效率、成本和能源消耗。随着人造板工业的发展,尤其是三聚氰胺装饰纸贴面板、强化木地板和耐磨漆涂饰实木地板的发展,给切削加工带来了难度,即使是硬质合金刀具也难以适用。

金刚石材料是自然界最硬的物质,用其制作的木工刀具具有极高的硬度和耐磨性;摩擦系数低于其他刀具材料;有很高的导热系数和很低的热膨胀系数;刀具刃口非常锋利,切屑极薄等优越性能,但其冲击韧性低和热稳定性差。因此,在工业上使用的是一定粒度的金刚石微粒(表层)与硬质合金(基体衬垫)在高温高压下烧结成的复合烧结体,即聚晶金刚石复合刀片。目前,聚晶金刚石复合刀片主要用于强化木地板、多层实木复合地板、竹地板和门等制品的切削加工。

1 金刚石刀具概述

1.1 金刚石

天然金刚石的结晶是一种各向异性体,不同晶面的强度、硬度及耐磨性相差达 100 ~ 500 倍。因此,选择适宜的结晶方向制作刀具能大幅度地提高刀具的耐磨性。天然金刚石不仅来源少,且价格昂贵,还存在质地较脆、加工困难、刀具刀刃长度有限等缺陷。因此工业上制作刀具所使用的金刚石实际上是一种人造聚晶金刚石(Polycrystalline diamond,简称 PCD),其晶体各向同性,相互间有很强的结合力,刀具的耐磨性不随方向而变化;材质稳定,切削性能可以预测;虽然硬度比天然金刚石,但强度及韧性优于天然金刚石高,不易碎裂损坏,故使用寿命更长。

1.2 金刚石刀具的类型

金刚石刀具按其成分和制造方法不同可分为整体聚晶金刚石刀片、聚晶金刚石复合刀片和气相沉积金刚石薄膜涂层刀片。

(1) 整体聚晶金刚石 可由 2 种方法制成:①以石墨为原料,加入催化剂,在高温(2 000 ℃)、高压(5

~9 GPa)下烧结而成;②以人造金刚石粉末或天然金刚石粉末为原料在高温高压下烧结而成。

(2)聚晶金刚石复合刀片 其制造技术不断创新,所用晶粒不断细化(金刚石粒度越细,其产品强度越高),由初期的 50 μm 左右,到 80 年代的 2 μm 甚至 0.5 μm 。聚晶金刚石复合刀片也可由硬质合金基底、中间钎层(0.01~0.5 mm 厚)及加钴或镍(约 10%)的金刚石微粒层(晶粒尺寸 2~8 μm)在超高温、超高压下烧结而成。钎层具有较高的气体吸收性能和机械性能,可吸收烧结过程中所产生的气体,提高界面区的机械强度和金刚石粉末的烧结密度,还能补偿金刚石层和硬质合金之间的热性能差异,提高刀具的热稳定性和强度。在烧结过程中,基体中的钴元素渗透到表层的金刚石颗粒间,使金刚石复合刀片的刃口锋利,能进行电火花、电腐蚀等加工。

聚晶金刚石复合刀片也是各国竞相发展的一种刀具材料,如我国已研制生产出的 JRS-F、FJ、JF、JYF 刀片,美国、英国、瑞典和日本也都各有其品牌刀片。现在还有一种新产品是将一定量的碳化钨微粒掺入到聚晶金刚石微粒中,烧结在基体上而得到的复合刀片,这种方法在保证刀具耐磨性的前提下,增加了刀片表层的耐冲击性,改善或克服了刀具刃口崩刃的问题。

(3)气相沉积的金刚石薄膜涂层刀片 金刚石薄膜是在低真空状态下,加热含有碳的气体(如烷类、酮类、醇类),使之分解成碳原子或甲基基团相互结合,生成金刚石结构并抑制和刻蚀石墨等其他碳结构的生长,在基体上析出纯净的多晶态的金刚石膜。但金刚石涂层易剥离,影响其在工业生产的推广使用。

1.3 金刚石刀具的性能

刃口锋利性 刀具锋利性的主参数为刃口钝半径 ρ_0 。在刀具后角一定的情况下,刃口钝半径越小,切削平面以下的木材变形就越小,工件表面质量也越好。从物理学的观点看,材料最锋利的刃口钝半径 ρ 有一极限。经计算,金刚石刃口最小钝半径可达 2 nm。但经过精密研磨的金刚石刀具刃口钝半径可为 0.5 μm 左右,而普通刀具刃口钝半径约为 5~30 μm 。

化学稳定性 金刚石刀具具有良好的化学稳定性。因其热导率、比热容高和摩擦系数低,所以摩擦表面的温升仅为其它刀具材料的 20%。而且金刚石的线膨胀系数低、热应力小,故在低温时 also 具有良好的热稳定性和极高的硬度。但是,金刚石只有在温度低于 360 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中结构稳定,温度高于 500 $^{\circ}\text{C}$ 时,随着温度升高,其结构将加速分解,从而产生石墨化。

万方数据

耐磨性 即使金刚石刀具的尺寸、角度和切削参数相同,其耐用度也因刀具刃口的微观结构不同存在较大的差异。如在切削贴有定量为 45 g/m^2 耐磨纸的强化木地板时,性能良好的金刚石精修刀每个切削点可加工 2 000 m^2 左右,而有的金刚石精修刀只能加工数百 m^2 。影响金刚石刀具耐用度的因素除了切削和角度参数之外,还有金刚石的结晶方位和刀具前后刀面的粗糙度。刀具刃口的粗糙度取决于前后刀面的粗糙度,经研磨的刃口粗糙度能达到 $R_y 10 \text{ nm}$,其耐磨性就得到了充分体现。

金刚石刀具刃口的损耗形态各异,但基本的损耗形态有两种:一是由微小的脆性破坏积累而成的突发性崩刃;二是由微小磨耗而形成的光滑磨损表面(正常磨损)。在正常磨损情况下,PCD 成形铣刀可加工木材约 25 000 h,而硬质合金铣刀只能维持约 75 h。在铣削高密度纤维板时,PCD 成形铣刀能维持切削长度约 100 万 m,而硬质合金铣刀只能铣削 0.5 万~1.0 万 m。根据测试数据,金刚石刀具的耐用度为同等条件下的硬质合金刀具的 80~360 倍。

2 金刚石复合刀具的应用

2.1 金刚石圆锯片

目前,木材加工企业普遍使用的是硬质合金圆锯片。但在多锯片圆锯机、推台锯、电子开料锯等快速开料设备上锯切木质人造板或贴面板时,只有金刚石圆锯片能满足耐磨的要求。

通常开料锯机具有两个锯轴,配有两张圆锯片。前方的为划线锯,顺铣方式其后为主锯片。金刚石划线锯齿形通常为锥形,锥角为 10° 。在锯切容易崩边的材料如三聚氰胺树脂浸渍纸贴面板,有时采用后齿面斜磨的锥形齿。锯路宽度 B 根据主圆锯片的锯路宽度而定,通常主锯片锯路宽度比相应的划线锯大 0.2 mm。因划线锯切入深度为 1.53 mm,因此,划线锯实际锯切宽度略大于主锯片。

主锯片切削方式为逆铣,一般采用梯平(FZ/TR)、后齿面斜磨(WZ)、梯梯(TR/TR)等齿形,用于锯切刨花板、中高密度纤维板、塑料贴面板、石膏刨花板 and 水泥刨花板等人造板。锯切高度依据圆锯片外径和锯切对象而定,圆锯片工作转速取决于圆锯片外径。使用时锯片应平稳运转,均衡切削,每齿进给量相等。在锯切贴面木质人造板时,每齿进给量为 0.100.15 mm;在加工层积塑料时,每齿进给量为 0.05 mm。

进口的强化木地板生产线常采用多锯片圆锯机

作开料锯,使用规格为 $\Phi 250 \times 3.2 / 2.2 \times \Phi 100$ 的 Z40、FZ 金刚石圆锯片。圆锯片采用任意定位的液压夹紧轴套,施压时液压轴套内壁膨胀,均匀地包紧锯轴,完全消除了圆锯片内孔和锯轴的配合间隙,减小了刀齿的径向跳动,保证所有刀齿均衡参加切削。该圆锯片系统特点如下:

- (1)降低锯轴部件重量和不平衡度,延长轴承使用寿命;
- (2)降低切削平面木材的破坏不平度和运动波纹,减少崩边,提高了工件表面的加工质量;
- (3)降低空载和负载噪声;
- (4)夹紧精度的重复性很高,安全可靠;
- (5)装拆时间比垫片、法兰盘装夹短 90%;
- (6)无需依靠垫片调节锯片之间的距离,板宽调节时间大大缩短。

2.2 强化木地板用金刚石刀具

强化木地板的耐磨纸中含有 Al_2O_3 细微颗粒,其硬度仅次于立方氮化硼(CBN)和聚晶金刚石(PCD),目前只能用金刚石刀具来加工。

强化木地板的切削加工需要预切刀位,否则精修刀会因铣削深度过大而降低耐用度,提高刀具成本。在加工以刨花板为基材的强化木地板时,需要降低成形刀具的切削量,防止产生挖切,因而成形刀位分预成形和成形 2 个刀位,预成形刀位先完成部分材料的切削,再由成形刀位切去余下的全部材料,以保证地板榫头和榫槽的切削质量。

强化木地板的耐磨层厚约 0.15 mm,易造成刀具刃口快速凹洼磨损,刀具设计时应考虑每 m^2 地板的刀具成本。因此,加工耐磨层的精修刀除了要有合理的角度外,还应具有多个切削点。

榫槽(卡扣廓形)和榫头的精修刀在调节切削点时,移动范围受限,单片刀只有 6~8 个切削点。为了降低刀具成本,应选用三层精修刀,利用多个切削点而不用频繁换刀,其耐用度大约是普通精修刀的 3 倍。在加工地板的榫头、榫槽时,需要使用金刚石成形刀(见图 1)。它是由两片刀组成,安装在一个液压夹紧轴套上,能方便调节各片刀具之间轴向距离,以满足地板的廓形要求。液压夹紧轴套具有两个施压螺钉,分别将轴套和刀体张紧在刀轴和轴套上,消除配合间隙,并达到锁紧刀具的目的。液压轴套端部具有细牙螺纹,与之相旋合的调刀罗盘能调节刀具的上下位置,调节精度为 0.01 mm。

2.3 金刚石粉碎刀

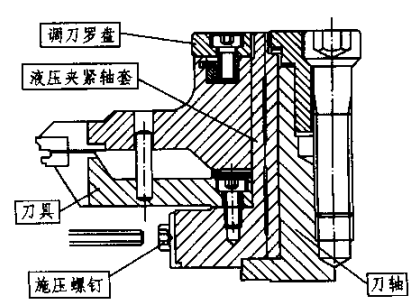


图 1 双片刀的液压夹紧轴套

Fig.1 The hydro-sleeve for two piece cutters

金刚石粉碎刀主要用于双端铣设备进行板类部件的齐边加工,其加工形式分为 2 种:一种是对经过后成型或软成型的部件两端进行切削加工;另一种是板材封边之前边部加工。双端铣设备刀具布置(见图 2)有 2 种形式:(1)双粉碎形式,1、2 均为粉碎刀;(2)划线/粉碎形式,划线锯 1 先在工件下表面切出线槽,然后粉碎刀 2 将边部材料变成切屑。其工作过程:可自动升降的划线锯 1 以顺铣方式先切断边部,防止主锯片破坏包边料;立刀轴 3 是跳刀刀轴,其刀具能自动跳进、跳出;刀轴 4 的铣刀为工件廓形形刀,以顺铣方式切削。在加工后成型或软成型部件时,能防止包边材料被剥离。

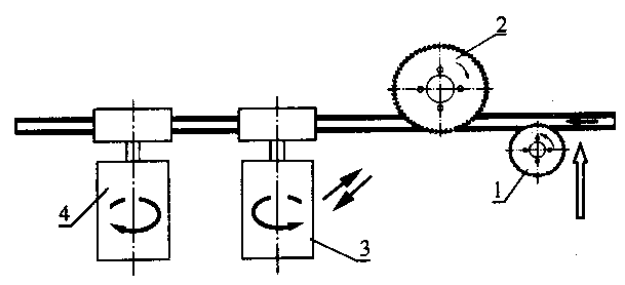


图 2 双端铣切削示意图

Fig.2 The cutting scheme of double end tenoner

金刚石粉碎刀有普通轴套装夹和液压轴套装夹 2 种方式。变齿距的粉碎刀不仅能改善切削质量,还能降低切削噪声,约 3 dB(A)。金刚石粉碎刀前刀面均有面角(斜磨角),以改善工件表面切削质量。

2.4 金刚石修圆刀具

金刚石修圆刀具用于家具封边机上。封边工艺及刀具质量决定了家具边部的胶合强度和外观质量,因此,封边刀具在现代板式家具制作过程中十分重要。

(下转第 28 页)

不可能成为强势企业的。企业的产品质量最终依靠服务,用服务和品牌来赢得市场,最后,品牌效应是终端消费者对产品的强烈的需求,品牌成为企业永久的资产。在国内,使用 MDF 品牌产品制造的家具,已成为市场畅销与用户信赖的产品。产品容易被复制,技术也会过时,而品牌是长久存在的。掌握客户要靠对品牌的认知和对品牌的经营。例如,国内某家企业的品牌产品质量发生变化,而其用户在使用过程中发现问题后,首先检查和调整自身的生产工艺,直到自己无法解决问题时才认识到是上游产品的质量问題。通过网络技术服务,产品质量问题得以解决。用户以后仍然使用该品牌产品,相信该企业及时、周到的服务和附加延伸服务,这就是品牌的作用。

做好品牌管理的基础在于良好的沟通、产品定位、对客户服务三项内容。推进与提升品牌的作用是开发新产品。依靠新产品,企业品牌可在市场上有更多的概念和发挥空间。品牌的内涵十分丰富,企业自己可以赋予各种内涵。

(上接第 16 页)

家具封边工艺和封边机结构特点限制了封边机刀具安装空间和刀具外径,刀具内孔可采用锥形装夹(如 HSK 25R 或 HSK 32R)结构形式,如图 3 所示。

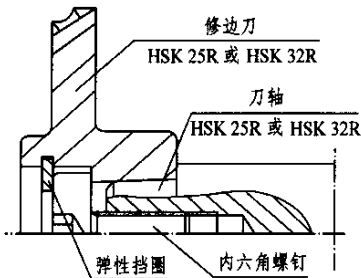


图 3 锥形装夹的套装铣刀

Fig.3 Conical mounted cutter with a hole

切削加工的切屑需立即清除,否则不仅加剧环境粉尘污染,还对刀具造成重复磨损,降低刀具耐用度。

3.7 高新技术的运用与技术创新

运用高新技术及最新研发成果,开发新产品,拓展产品的应用领域,以满足日益发展的多方面的市场需求。将资源利用、污染控制与环境、经济收益提到一个新的高度。

MDF 企业多数建设在林业资源比较丰富的地区。保护好生态环境与资源永续利用是 MDF 企业的责任。建设能源中心并配置发电装备,能够更加有效地利用企业的内部资源。对年产 15 万 m^3 以上的 MDF 企业,可利用生产的废弃物资源产生电力、热能,实现资源的全面利用。

创新是企业发展的主题,企业的领导必须具备创新精神。MDF 企业的创新涉及范围十分广泛,创新需要适度的冒险,将冒险控制在可控范围之下,鼓励进行尝试试验,新的尝试总会带来意外的收获。在体制创新、管理创新、设计创新、产品创新、观念创新方面,观念的创新是前提与基础。

传统的刀体和吸尘罩大约能把刚离开工件的一半切屑抽走,余下的切屑需要经过多次循环才能抽走。DFC (Dust Flow Control) 锥形装夹的套装金刚石修圆刀是一种新型结构的铣刀,齿槽设计独特,排屑流畅,若其与专用吸尘罩结合使用,则能将 90% 以上的切屑抽走。

3 展望

金刚石刀具具有耐磨性良好的显著特点,稳定了工件表面质量,降低了换刀频率,充分提高了设备的利用效率,综合刀具成本大约是硬质合金刀具的 50%。随着金刚石材料品质的提高和木材加工设备稳定性、精度的改进,金刚石刀具在木工刀具的占有率会进一步提高,并有望用于对水泥刨花板、多层实木复合地板、塑料贴面板等材料的加工。

欢迎订阅 2004 年《木材工业》杂志,邮发代号 2-311