

石材超薄板加工技术发展研究

赵兴虎 张进生 王志

(山东大学机械工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: 随着国内外石材业发展空间不断增大, 竞争逐渐激烈, 超薄型石材以其薄、轻、透等突出特点从石材产品市场中脱颖而出, 并越来越受广大用户欢迎。分析阐述了超薄型石材的现状、应用及特点, 并根据加工方式对其加工技术进行了分类。通过对超薄型石材加工关键技术及研究热点的系统分析, 探讨了超薄型石材加工的发展趋势。

关键词: 板材 超薄 圆盘锯

0 引言

天然石材由于具有质感好、外观庄重、机械及物理化学性能良好(如耐压、耐磨及耐腐蚀)等优点, 自古以来就成为一种优良的建筑材料^[1]。随着世界上建筑业及装饰业的发展, 石材的应用范围越来越广, 而节约型社会理念的日渐深入人心, 促使石材资源的节约与充分利用成为石材界的热门话题, 作为石材用料的石板材材越来越向薄型化发展已经成为历史的潮流。

1 天然石材超薄板的现状及应用

1.1 石材超薄板定义及现状

超薄型石材(或称石材超薄板)是指厚度在8mm以下各类石材板材, 按石材类型不同可分为大理石超薄板和花岗石超薄板。

超薄型石材在我国出现已近二十年, 目前超薄型石材在建材行业应用最为普遍, 广泛应用于天花板, 内外墙、石材复合板及保温板中, 在其他行业如家具家电、工艺品等领域的应用也不断扩大。经过不断的研究和实践, 大理石板材最薄可达2mm(其最大规格

1200mm×2400mm, 厚度随规格增大而增加); 花岗岩板材最薄可达3mm(最大规格3000mm×1500mm)。

1.2 石材超薄板应用

薄型石材因其“薄”而用途广泛, 可用于地面、楼面、天棚以及内外墙, 取代干挂, 是办公、家庭、娱乐场所等的理想装饰材料。超薄型石材因其“轻”而拓展了其使用范围, 可以应用于以下领域。

1.2.1 作为建筑材料, 可以用于贴地面、墙面等。

1.2.2 用于家具行业: 石材加工到2mm左右厚之后, 用于家具贴面, 比如用在餐桌、茶几、办公桌上, 甚至包门窗等。

1.2.3 制作雕刻工艺品: 如招牌、匾额、对联、字画等等, 因为薄而轻, 很容易安装悬挂, 可在很大范围内替代竹木、塑料、金属板。并且有石材独有的质感和花色。

2 天然石材超薄板的加工技术及设备

石材超薄板生产方法是指具有批量生产能力的工艺方法。超薄型石材的大批量、自动化生产是在1979年首次实验成功金刚石圆锯多片组合加工技术后开始

的,现正迅速地推广^[2]。超薄型石材加工按石材品种分为大理石超薄板加工和花岗石超薄板加工;按加工方式分为直接锯切法,对剖法和复合层法,其中对剖法应用最为广泛。

2.1 直接锯切法

直接锯切法采用金刚石圆盘多片组合锯加工石材,加工的毛板研磨后形成超薄板。随着加工技术的发展,花岗石薄板多锯片双切割机已发展到可装直径达1600mm的圆锯片,可直接从荒料上切得宽达600mm,厚7mm板材。

此种加工方式加工规格精确,有效地利用了珍贵的石材资源,但现在无法加工更薄更大型石材,无法满足社会对薄型石材的需求,但随着市场上对超薄板的需求量的增大及设备的不断研发,必将越来越受欢迎,现在一般用于石材薄板及小型超薄板加工。

2.2 对剖法

对剖法是经锯解之后的石材板材须定厚机(或校平机)进行定厚,再经磨抛机进行双面磨光,再经单臂石材切割机或桥式切割机进行切割成各种所需规格的石材工程板后,最后进行对开剖切工作。加工工艺路径如下:石材板材→定厚→双面粗磨→切边成型→对剖加工→研磨→抛光→成品。

对剖法可通过金刚石圆盘锯或带锯机进行对剖加工。但受锯带的限制,带锯机目前只能加工大理石超薄板。对剖法加工虽然相对加工效率较低,石材浪费较多,但对工艺较为简单,设备成本低,深受广大用户的欢迎,是目前应用最为广泛的超薄板加工方法。

2.3 复合层法

复合层法加工在经过定厚加工的石材板材两面粘贴具有一定强度和厚度的底板基材,然后再进行对剖加工。工艺路径如下:石材板材→切边成型→定厚→面板烘干→刷胶复合→分切对剖→成品定厚→两面磨光→修边倒角→成品。

复合层法有效地避免了石材对剖加工时板材易破碎的缺点,并且可以使石材板材的厚度最低可达

2mm。但工艺十分复杂,成本高。对超薄板材厚度及加工精度要求比较高的场所一般应用复合层法。

3 天然石材超薄板加工关键技术

金刚石圆盘锯对剖加工是超薄型石材加工关键,板材加工质量的优劣及成材率的高低与此工序中石材的切割性能、锯机的精度状况、锯片的性能、加工工艺等因素有密不可分的关系。所需研究的关键技术包括石材加固与修补技术、加工设备性能以及工具和工艺的改进等。

3.1 石材加固、修补技术

欲实现超薄型板材加工,必须保证被加工石材的强度与韧性,因而板材自身缺陷的影响不可忽视,造成缺陷的原因多种多样,如石材本身存在天然裂隙、孔洞,开采时的爆破裂隙,锯切中的损伤以及板材搬运过程中的损坏等。石材板材缺陷的存在不仅影响板材表面质量,而且极易造成加工中应力集中而引起板材开裂,导致破损率提高,尤其是随着板材超薄、大型化方向发展。对于石材超薄板加工,板材修补、加固除了外观修饰外,更为重要的是增强处理以达到防止石材断裂和破损的目的。目前石材超薄板一般有两种加固方式:一是对石板材的背面进行“背网”加固;一则是进行渗透加固。

3.2 加工设备性能

由于石材精度的要求,往往随着超薄板材厚度越薄越严格,而厚度的减小同时也会导致板材加工更易失败,因此优化设计锯机性能,保证超薄性板材对剖加工过程中的“稳定性高、加工精度好、自动化程度高”的要求。

3.2.1 主轴系统

主轴系统是整个锯机的核心,其功用是支撑并带动金刚石圆锯片转动,完成锯解主运动,同时起到传递运动和扭矩、承受切削力和驱动力等载荷的作用。主轴传动精度及转速、功率在很大程度上决定了机器切割质量和切割能力。同时由于主轴系统在外力作用下容易产生振动,因此为了使锯机具有高刚度、振

动小、变形小、噪声低、良好的抵抗受迫振动与自激振动能力的动态性能,在进行结构设计时必须充分考虑主轴部件的受力以及变形^[3]。

3.2.2 导向支撑横梁模块

导向支撑横梁模块是锯机水平进给的基准以及金刚石圆盘锯机稳定性的基础,其应有足够的强度、刚性、耐磨性和稳定性等,以保证锯机具有较高的综合静、动态性能。目前围绕横梁的研究主要集中在导轨导向精度、静动态性能和结构轻量化等几个方面。

3.2.3 夹具系统

在超薄型板材对剖加工过程中,正确的装夹方式、夹紧力作用点及大小对于保证加工精度以及防止板材破碎有着同样重要的作用。目前超薄型板材的夹具有夹板式和真空吸盘式两种方式。

3.3 加工工具性能

3.3.1 降噪减振技术

金刚石圆锯片是加工石材的主要工具,圆锯片在锯切时由于受到切削力等载荷的作用,会出现横向振动,其结果引起锯片发生轴向变形,导致切削力增大,切削温度升高,噪声剧增,锯片寿命降低^[4]。同时锯片振动造成的锯齿周期性的冲击工件产生周期性的轴向分力^[5]导致板材在锯切过程中受到轴向侧压力,影响加工质量甚至造成板材的加工破碎。

目前提高锯片动态稳定性的技术途径主要集中在以下两个方面:一是针对片身,包括改变结构形状,改善材料的性能或引入一定适当的预应力等。另一方面是合理选择锯切参数或改造锯机结构,包括增加导向装置,控制每齿进给量和根据实时测量结果实施自动反馈控制,消除主轴旋转所引起的共振等^[6]。

3.3.2 抗冲击技术

金刚石圆锯片的锯切过程属于间断性磨削,锯片的高速运转、岩屑流及锯齿切入时的冲击都会导致薄片状锯片基体的变形,节块端部所受冲击会将其磨耗为圆角,甚至出现掉齿^[7],锯齿切入时引起的锯切受力的突变也会影响板材加工质量及成材率。

目前可通过对基体和锯齿结构的合理设计,如采用非等间距节块的锯片基体和分布有后角节块的锯片基体改变冲击周期或在节块前方设置一带后角的护齿等提高锯片的抗冲击性或在节块前方加焊弹性舌片等方式缓冲锯片高速旋转时岩屑流对节块的冲击达到同样的目的。

3.3.3 薄型化、大型化技术

随着大幅面超薄板材普遍应用,板材金刚石圆锯片薄型化与大型化的发展趋势与效果日趋显著。国内大直径圆锯片基体的发展已接近国际先进水平, $\phi 3500\text{mm}$ 以下的圆锯片基体已实现大批量生产,并已研制出 $\phi 5200\text{mm}$ 的产品。薄型锯片通过综合改进加工工艺和热处理工艺两方面措施达到控制基体变形的目的。

3.4 工艺方法的研发

现有的对剖法、复合层法等超薄板加工方法都存在着自身的局限性,因此新型工艺方法的研究对于提高超薄板材生产效率、成材率及加工精度等是十分有必要的。

目前国内方面,吉林大学的王义强教授通过改进加工设备,提出采用两步切割法进行切割,开发了可直接锯解巨型超薄天然岩石板材的夹板式超薄石材锯石机,可切割巨型超薄天然岩石板材;湖南常德诗墙管理处采用金刚石圆锯片非对称切割法,提高了板材的出材率,设备尺寸小、价格低、占用场地小、耗能少,适合分散生产超薄板材。国外如瑞典采用硅酸岩浸渍工艺,结合金刚石工具加工的高精度板材分割技术生产超薄花岗石板材;采用内圆锯片锯切板材通过增加锯切弧长减少边角破碎。

4 天然石材超薄板破碎机理

深入理解锯切过程中超薄板材的破碎机理是优化加工设备、加工工具以及加工参数的基础。石材超薄板锯切过程中超薄板材的破碎的主要与应力状态和材料强度有关,锯切过程中金刚石圆锯片产生的应力分布对确定破碎机理非常重要。

4.1 锯切力分析

锯切板材的过程可分为动载冲击铣削和磨削两种状态,每个锯齿与工件开始接触的部分是铣削作用,而锯齿的圆弧表面对工件是磨削作用。超薄板材磨削加工中受力如图2所示。

对于锯切弧内应力的分布,文献^[8]研究表明,金刚石切入被加工材料的深度与金刚石所受的力有一定的比例关系,因此金刚石圆锯片上各小段所受的力可以由其所孕镶的金刚石在被加工材料上当前的切削厚度差异来分配。

圆锯片与板材的铣削冲击受锯切深度,转速,以及锯片参数的影响,锯切时同时进行铣削、磨削的锯齿数越多,铣削冲击力越小,越能保证锯片的平稳性。

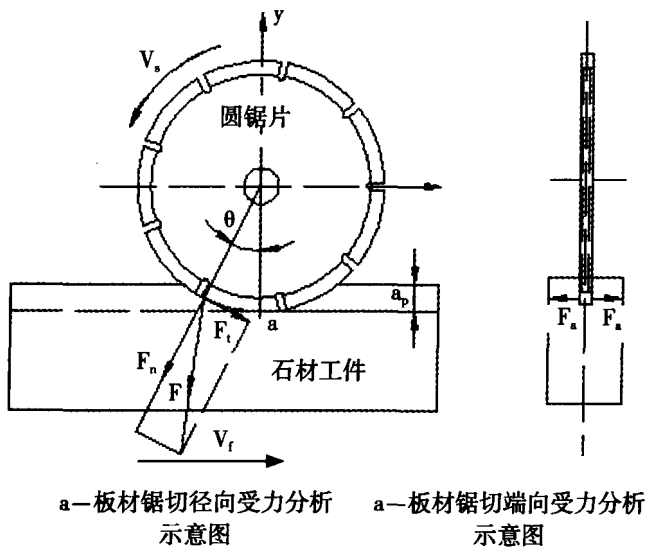


图1 板材锯切受力

4.2 轴向振动力分析

金刚石圆锯片在锯切时由于受到切削力等载荷的作用,会出现横向振动,并产生轴向作用力。1966年,Lapin和Dugdale^[9]首先将回转圆盘的振动理论应用于圆锯片的振动研究。随后,针对圆锯片的横向振动特性(固有频率和临界转速)和动态稳定性方面,国内外相关学者都开展了大量的理论和实验研究工作。研究结果表明,锯切时锯片的轴向偏摆随切深的增大而

增大,随进给速度的增大而增大,且切深对轴向偏摆的影响较进给速度大,而轴向偏摆的增大意味着轴向作用力的增大;圆锯片固有频率随锯片直径的增大而减小,随厚度的增大而增大。

4.3 加工破碎机理

由于岩石的抗压强度远大于抗拉强度和抗剪强度,加工过程中在轴向振动力以及锯切力的作用下主要发生拉伸与剪切脆性破坏,具体表现为随着超薄板材锯缝边缘受力集中处应力逐渐达到或超过板材断裂载荷值,产生大量裂纹,而且这些裂纹的生成与扩展,最终导致材料局部的破坏,造成加工板材破碎。

对于破碎机理的分析研究可通过宏观力学方法,即将非均匀、非连续的岩石板材理想化为均质连续体,建立石材面板结构在轴向振动力以及锯切力荷载作用下的力学响应的定量模型,分析板材受力时的应力分布情况。

5天然石材超薄板发展趋势

5.1 石材超薄板发展方向

天然石材超薄板凭借远超普通板材的优势,越来越受广大用户的欢迎,为了满足广大用户的需求及提高自身竞争力,超薄板逐渐向更薄化、巨型化方向发展。

5.1.1 更薄化

20世纪80年代,石材的厚度为10~15mm;90年代,石材的厚度缩减至8mm以下,在意大利生产出6.5mm厚的花岗石面砖后,瑞典又生产出4mm厚的石材面砖,目前已有厚度仅为2mm的大理石板面市,由此可看到板材不断“薄化”的趋势。

5.1.2 巨型化

在超薄板逐渐“薄化”的同时,超薄板的幅面,由原来的小型板400mm×600mm,随着技术装备的进步,逐渐增大至1200mm×2400mm,现在吉林某公司生产花岗石石材最大规格可达3000mm×1500mm×5mm。可见世界石材产品已不断向巨型化方向发展。

5.2 石材超薄板加工设备发展方向

由于石材超薄板需求量的增加,使得石材机械得以迅猛发展,如何提高超薄板材加工生产率、提高成材率并降低生产成本等逐渐被人们所重视,并成为石材超薄板加工设备的发展方向。

5.2.1 高效化

随着超薄板材应用范围不断增大,越来越受欢迎,普通加工设备生产开始捉襟见肘,高效化已成为必然趋势。金刚石圆盘锯机多片组合锯片生产已广泛应用于石材薄板及小幅面超薄板加工中,锯机设备的多工作台方向发展、磨机的多头连续磨削以及自动生产流水线的应用都体现了超薄加工设备的高效化趋势。

5.2.2 自动化

在研究优化工艺基础上,开发适应石材设备生产的自动控制系统,降低人力资源费用。尤其是金刚石圆盘锯锯解载荷自适应及分片自动控制系统,保障满负荷锯解,充分发挥设备潜能。同时通过使用可编程控制器、计算机控制技术及变频调速器,实现单机或生产线的自动化控制。

5.2.3 环保化

在提倡绿色环保及合理利用地球矿产资源的大背景下,面对日趋严峻的资源和环境约束,要求自

然环境实现和谐发展,石材加工“生态化”发展。因此更加环保的薄型、超薄型锯片逐渐应用于超薄板加工中。

参考文献

- [1] 王炳源. 石材加工机械的现状与发展[J]. 石材. 2004(1) 21-24.
- [2] 齐自成. 薄型、超薄型石材的加工与应用[J]. 石材. 2005(9) 38-41.
- [3] 何伟, 何邦贵, 杨朝丽. 主轴系统结构设计参数对其动力特性影响研究[J]. 精密制造与自动化. 2002(1) 18-22.
- [4] 张涛, 黄国钦, 李远, 徐西鹏. 金刚石圆锯片轴向变形测试系统的构建与实验研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程. 2009(6) 33-36, 42.
- [5] 徐东镇. 锯切时夹盘圆锯片横向振动特性研究[D]. 南京林业大学. 2006.
- [6] 李黎, 习宝田, 杨永福. 圆锯片振动、动态稳定性及其控制技术的研究——提高圆锯片动态稳定性的技术方法[J]. 木工机床. 2002(3) 1-6.
- [7] 胡映宁, 王成勇. 金刚石圆锯片基体及锯齿结构的特性分析(二)——千切削、抗冲击、低噪音的锯片结构[J]. 工具技术. 2001(8) 10-15.
- [8] Denkena B, Tönshoff H K, Becker J C, Bockhorst J, Hillmann-Apmann H. Material trend mechanismen an Stahl- und Beton material[J]. IDR, 2003, 11. 124-131.
- [9] Dugdale D S. Stiffness of a spinning disc clamped at its center[J]. J Mech Phys Solids, 1966(11) 41-47.

2010年新疆石材工业呈现区域性发展不平衡特点

为了进一步实施优势矿产资源转换战略,促进石材工业大发展,新疆维吾尔自治区将石材列为特色产品,极大地调动了各方面发展石材工业的积极性。我区鄯善、奇台、哈密、和硕、青河、托里、福海、温宿、博乐等县(市)依托石材资源优势,发展特色石材,产业规模不断扩大。相关县、市根据自身特点与优势,相继出台了发展石材的政策和举措,设立了石材工业园区或加工区。同时,针对各地实际制定了石材产业发展规划,产业规模不断扩大,集群效应日益显现。

鄯善石材工业园区作为自治区唯一一家区级建材工业园区,通过加大招商引资和投资力度,园区功能和产业体系日益配套、完善,产业结构不断优化,石材生产进一步巩固和提

高。奇台县“闽奇石材工业园区”后来者居上,石材产业规模迅速扩大,实现了跨越式发展,与鄯善石材工业园并驾齐驱,成为区年加工板材能力超过700万平方米的又一石材园区。

2010年,全区石材开采与加工企业近160家。其中昌吉、吐鲁番两地石材开采、加工企业相对较集中,近120家,全年完成石材工业产值11.16亿元,占全区石材工业总产值77%,占据了区石材大半壁江山,已发展成为区石材工业的中坚力量。

但与此同时,石材产业区域性发展不平衡态势也逐步显现出来。除昌吉、吐鲁番两地外,其他各产区生产规模仍较小,产业集聚效应还不明显。

(潘丽)