



全国“星火计划”

穆惠民

玻璃钢实用技术(六)

玻璃钢机械加工

中国建筑工业出版社

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术(六)

玻璃钢机械加工

江苏^穆惠^民工业学院图书馆
藏书章

中国建筑工业出版社

由于玻璃钢是热绝缘体，且硬脆，因此在加工中容易磨损刀具，切削热不易发散，加工表面容易老化，加工尺寸难以控制，粉尘大，加工环境恶劣。因此玻璃钢的机械加工与金属材料的机械加工存在着较大差别，若沿用加工金属材料的方法来加工玻璃钢，则必然会产生不少问题。

本书着重介绍了玻璃钢的切削加工性、玻璃钢切削加工对机床与刀具的要求、玻璃钢切削加工冷却润滑剂及选择、零件加工表面质量及影响因素、玻璃钢材料的车、锯(磨)、铣、刨、钻、铰及螺纹等机械加工方法、玻璃钢工件加工质量检验、加工中粉尘污染及防护。

本书以实践经验为主，包含有一定的操作实例。适合于玻璃钢机械加工工人及有关人员阅读。

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术(六)

玻璃钢机械加工

穆惠民

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8⁵/₈ 字数：192千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数：1—2,380册 定价：6.20元

ISBN 7-112-00447-0/TU·323

(5561)

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员（以姓氏笔划为序）

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员（以姓氏笔划为序）

王晓方 向华明 米景九 应白珪

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》。以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

前 言

玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢，它是以玻璃纤维为增强材料，合成树脂为基体的塑料基复合材料。除玻璃纤维外，用作塑料基复合材料的增强材料还有碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维及其他有机和无机纤维。用碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维制成的复合材料，具有比玻璃钢更高的技术性能，故称为先进复合材料。本丛书虽然介绍了先进复合材料的一些情况，但主要是介绍玻璃钢（玻璃钢占复合材料总产量的99%以上），故书名仍统称为“玻璃钢”。

玻璃钢在我国已有近30年的发展历史，从原材料的生产 and 选用、制品成型工艺、产品性能检测及设计、机械装备的设计和制造，直到产品的开发应用等，都取得了很大成绩。特别是十一届三中全会以后，中小玻璃钢厂像雨后春笋，发展十分迅速，据1986年统计，全国从事玻璃钢/复合材料的研究和生产单位已有二千余家，年产量达到6万吨，各种玻璃钢产品已广泛用于国民经济的各个领域，成为发展现代工业不可缺少的新材料。当然，我国与经济发达的国家相比，仍有相当的差距，如产量低、品种少、工艺落后、产品质量不够稳定等。为了振兴我国的玻璃钢工业，满足中小玻璃钢企业广大职工的学习要求，我们编写了这套玻璃钢实用技术，并列入全国“星火计划”丛书。

玻璃钢实用技术包括《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材

料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》、《玻璃钢性能测试及产品检验》共七个分册，由武汉工业大学刘雄亚教授主编，在编写过程中，我们尽量总结国内外的最新实践经验和研究成果。期望本套玻璃钢实用技术能对我国中小玻璃钢企业的发展有所贡献，但限于作者水平，书中难免有不妥之处，希望广大读者批评指正。

编者 1987年8月

目 录

第一章 玻璃钢切削加工性.....	1
第一节 各类玻璃钢的切削加工性.....	1
第二节 影响玻璃钢切削加工的因素.....	4
第三节 玻璃钢切削时摩擦与切削热.....	10
第四节 刀具的磨损特点及注意事项.....	12
第二章 玻璃钢切削加工对机床与刀具的要求.....	15
第一节 玻璃钢切削加工对机床的要求.....	15
第二节 玻璃钢切削加工刀具.....	17
第三节 玻璃钢切削刀具的几何参数.....	26
第三章 玻璃钢切削加工冷却润滑剂及选择.....	34
第一节 空气的冷却润滑作用.....	34
第二节 玻璃钢切削加工冷却剂.....	36
第三节 冷却液的选择.....	37
第四节 玻璃钢切削加工冷却方法.....	39
第四章 零件加工表面质量及影响因素.....	42
第一节 零件加工表面粗糙度及其影响因素.....	43
第二节 玻璃钢切屑及刀圆弧半径 R	48
第三节 表面粗糙度切削加工试验.....	50
第四节 降低表面粗糙度的方法.....	57
第五节 切削加工表面特征及粗糙度等级评定.....	61
第六节 切削加工表面老化试验.....	68
第五章 玻璃钢材料的车削加工.....	73

第一节	玻璃钢车削刀具	73
第二节	玻璃钢车削用量	85
第三节	切削用量选择的合理性	87
第四节	玻璃钢的车削加工特点	89
第六章	玻璃钢螺纹加工	105
第一节	玻璃钢螺纹车削加工	105
第二节	玻璃钢螺纹的攻制	115
第三节	玻璃钢螺纹模压成型	125
第七章	玻璃钢锯(磨)削加工	127
第一节	玻璃钢锯(磨)削时存在的问题	127
第二节	砂轮的选择	128
第三节	锯(磨)削过程和方法的选择	135
第四节	锯(磨)削加工切削用量的选择	136
第五节	锯(磨)削热及其冷却	138
第六节	影响锯(磨)削加工表面质量的因素	140
第七节	锯(磨)削加工实例	143
第八节	玻璃钢锯(磨)削加工装卡应注意的问题	146
第八章	玻璃钢的铣削加工	150
第一节	玻璃钢的铣削加工特点	150
第二节	铣刀及其铣削	151
第三节	玻璃钢铣削加工实例	171
第四节	铣刀的磨损	176
第九章	玻璃钢的刨削和插削加工	179
第一节	玻璃钢刨削刀具	180
第二节	刨削用量的选择	185
第三节	影响刨削加工表面粗糙度的主要因素	186
第四节	玻璃钢刨削加工注意事项	188
第十章	玻璃钢孔的铰削加工	191
第一节	玻璃钢孔用铰刀材料	191

第二节	铰刀的结构和刀刃的几何形状	192
第三节	铰削用量和铰刀磨损	198
第四节	玻璃钢铰孔注意事项	200
第十一章	玻璃钢的钻削加工	202
第一节	标准高速钢麻花钻头钻削玻璃钢材料	202
第二节	麻花钻头的组成及几何参数	210
第三节	玻璃钢的钻削加工	221
第四节	标准麻花钻头的刃磨和专用麻花钻头的设计制造	237
第五节	玻璃钢材料对钻削加工的影响	245
第十二章	玻璃钢工件加工质量检验	247
第一节	玻璃钢工件加工质量检验	247
第二节	玻璃钢工件检验工作中存在的误差及避免的方法	249
第三节	X射线照相法及超声波探伤法	252
第十三章	玻璃钢机械加工粉尘污染及防护	254
第一节	玻璃钢粉尘及其性质	254
第二节	粉尘的形成及运动特性	256
第三节	除尘方法及除尘剂的选择	257
第四节	机床的密闭	260
第五节	除尘设备及效果	261
第六节	劳动保护与粉尘污染防治动向	264

第一章 玻璃钢切削加工性

第一节 各类玻璃钢的切削加工性

玻璃钢材料的可加工性，应当有衡量指标。根据玻璃钢材料的切削加工特性和有关情况，应用不同的指标加以衡量。实践告诉我们，玻璃钢材料的可加工性采用如下几项指标：

1.以刀具的耐用度，即刀具的切削时间长短或切削行走距离大小来衡量。时间短，行程小，即切削加工性差，反之相反。

2.以切削温度高低来衡量。切削温度高即加工性差，反之加工性好。

3.以表面烧蚀（老化）程度即表面附着物颜色变焦（糊）来衡量。烧蚀严重、焦（糊）度大加工性差，反之相反。实践中层压玻璃钢加工性优于模压玻璃钢，模压玻璃钢加工性优于缠绕玻璃钢，缠绕玻璃钢优于手糊玻璃钢等。

4.以表面质量好坏来衡量。凡表面质量好的材料，其加工性好。反之加工性差。

根据以上指标，玻璃钢切削加工性要比金属材料差。这是由于玻璃钢切削热高、纤维硬度大和组织结构等特点造成的。它的最高宏观硬度和铸铁相近似。如果把铸铁的可加工性当成100的话，那么各种玻璃钢可加工性可参考表1-1。

各种玻璃钢的相对切削加工性

表 1-1

各种材料	铸 铁	高硅氧层 压玻璃钢	高硅氧模 压玻璃钢	高硅氧纤维 绕玻璃钢	玻璃布手 糊玻璃钢
切削加工性	100	200~400	200~400	300~500	350~600

在切削加工中，切削加工性是其中的指标，而不是衡量是否容易切削加工的唯一标准。除了切削加工性外，玻璃钢的各种特殊性都可以给切削加工工作带来一定的困难。

玻璃钢的种类较多，但它们的化学成分和力学-物理性能各不相同，因此，它们的加工性也不一样。生产实践证明，无论哪一种玻璃钢，高速钢刀具是不能满足切削加工要求的。即使采用耐磨性最好的YG3X和导热系数较好的YG8刀头，刀具的磨损也是比较大的，特别是高硅氧玻璃钢尤其是这样。

玻璃钢的性能主要取决于材料，也就是取决于玻璃纤维和树脂的性能。一般地说玻璃钢的强度主要取决于玻璃纤维。但是，它的弯曲强度、层间剪切强度、平行压缩强度在很大程度上都决定于树脂。因此，从机械性能指标上来看，玻璃钢的机械性能可以和普通钢水平相比较，有的甚至能超过合金钢水平。这样一来在一定程度上就形成难以切削加工的特性。当然，玻璃钢难以切削加工的原因，还有很多，本文不一一赘叙，现就几种不同树脂的玻璃钢进行分析：

环氧玻璃钢。硬度HB60~140左右。锯削或磨削时软化，耐热性能较差，有韧性，遇热变软、变形和发粘。对刀具（砂轮）有粘附作用，尤其是砂轮容易产生砂轮瘤，增加了工件已加工表面粗糙度，尤其是产生起毛、起层，严重地影

响工件质量。另一方面，使砂轮片脱落粉碎，造成停工停产，浪费人力物力，严重时发生人身事故。与此同时，这种材料软化时，还产生有害的气味，对操作者身体健康带来一定影响，对切削加工也带来很大的困难。

酚醛玻璃钢。硬度HB75左右，性软脆，机械强度较差，摩擦力大。切削加工过程中，切屑易折、易碎，产生粉末状，粉尘较大，已加工表面容易起层。这种玻璃钢加工表面粗糙度较低，但不耐磨，而且容易划伤、碰伤表面。车削螺纹时，容易掉扣，特别是垂直布层方向时尤其严重。钻削盲孔时还容易沿布层方向产生热裂。

聚酯玻璃钢。与上面两种相比，其强度不如环氧玻璃钢，但比酚醛玻璃钢要好。这种材料硬度较低，耐热、耐磨性能较差。切削加工时，最容易产生粘刀现象，造成加工表面起层、起毛，并且，产生气味，特别是切断、锯削、锉和钻削时尤其严重。

高硅氧玻璃钢。弹性大，硬度高，HB150左右，相当于一般铸铁的硬度。切削时很困难，刀具磨损相当严重。

除列举以上几种玻璃钢外，还有有机硅、三聚氰胺树脂玻璃钢。近年来又发展了不少新品种的热固性树脂等作为粘结剂的玻璃钢。它们各自都具有不同的性能。还有聚苯乙烯、聚丙烯、聚乙烯、聚四氟乙烯等作为粘结剂的热塑性玻璃钢。在切削加工中，它们的可加工性都很差，这里就不阐述了。

总之，玻璃钢之所以切削加工性差，主要是和玻璃钢材料的力学-物理性能有直接关系。而力学-物理性能又和工件材料的化学成分和分子组织、成型工艺等有很大关系。玻璃纤维的化学成分中氧化硅（ SiO_2 ）及氧化铝（ Al_2O_3 ）等是玻璃

钢中的硬质点，硬度较高，对刀具的磨损很严重。氧化硅不但降低了其导热系数，而且，有硬化玻璃钢的作用，使其切削加工性大大降低。树脂在玻璃钢成型过程中由线型结构转变成网状结构，即由可溶性树脂转变成不溶、不溶性的树脂，使拉伸强度大大提高，这促使了切削加工性降低。

此外，力学性能中的硬度、强度、弹性……都会对切削加工性有明显的影响。硬度越高，其切削加工性越差，特别是玻璃钢中的硬质点和纤维都会使切削力增大，摩擦加重。硬质点和硬纤维越多，越难以切削加工，造成切削加工性变坏。玻璃钢是一种优良的热防护和耐烧蚀材料，其热强度越好，切削加工性就越差。

第二节 影响玻璃钢切削加工的因素

众所周知，切削加工玻璃钢材料特别费刀，一把新刀或新刃磨的刀具，只要使用很短的时间就会失去切削性能，也就是刀具的耐用度很低。如果不去了解和掌握玻璃钢的特性，并且，不根据特性去确定新的工艺和刀具，就很难进行这项工作，不但损坏大量刀具，而且，也无法保证产品质量，达不到精度要求。总之，要根据玻璃钢材料的力学性能、组织结构和切削加工工艺特点来确定和选择刀具材料，刀具的几何参数及切削用量。尤其是玻璃纤维的化学成分等诸因素，是影响刀具耐用度和加工质量最为明显的因素。

一、物理性能对切削加工性的影响

1. 导热系数

导热系数是影响切削加工重要的因素之一。玻璃钢的导

热系数仅有金属导热系数的 $1/100 \sim 1/1000$ 。在切削加工过程中大量产生的切削热，不能从切屑、工件上传出去，大部分热量集积在刀具上，导致切削温度升高。在高温作用下造成刀刃被烧坏，加速了刀具的磨损，失去了切削性能。切削热越高，切削加工性越差，切削加工越困难。

此外，切屑易碎，切削中切屑大都成为粉、块物，有的覆盖在刀刃上，有的逆流到孔内，起到研磨料的作用，加速了切削温度的升高，使刀具上的切削温度明显升高。刀刃越锋利，热量越容易集中，刀具的工作环境就越恶劣。实践告诉我们，传入刀刃上的热量大约有 $80 \sim 90\%$ ，特别是钻削加工约有 90% 以上的热量集中在钻头上，过高的热量能使切屑燃烧，刀刃烧损退火。

2. 线膨胀系数

玻璃钢的线膨胀系数一般为 $(8.4 \sim 27) \times 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ 。模压玻璃纤维板的线膨胀系数是铸铁的 $1 \sim 2$ 倍，而层压玻璃布板的线膨胀系数和铸铁的相差不多。

线膨胀系数对工件的尺寸、精度和工件质量以及切削过程都有很大影响。玻璃钢的线膨胀系数虽说不十分大，但由于切削温度很高，因而造成工件尺寸的误差，甚至使工件变形、开裂或极度收缩。因此，对于高精度零件的切削加工，必须严格控制切削温度，采取必要冷却和有关措施才能保证产品质量。

线膨胀系数随着切削时间的长短和温度的高低而变化，尤其是 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 时膨胀较大。实践证明，钻孔后孔径收缩值一般为 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 。对于深孔、盲孔钻削，其收缩更为严重，经常发生夹持钻头的现象，特别是小直径钻头（ $\phi 10\text{mm}$ 以下者）尤其是这样。只要稍不加小心，钻头就会咬死甚至

折断, 铰孔还会使刃部崩掉。在一定条件下, 孔径大小不同而膨胀值大小也不同。一般情况下, 直径越大而膨胀值越大, 但不是成比例的变化。不同的切削加工条件会有不同的膨胀值。

3. 比重

玻璃钢比重小, 重量轻, 组织疏松, 切削加工时容易产生粉尘, 操作困难。同时, 对人体健康有一定危害。对机床增加了磨损, 给切削加工带来一定困难。

其它还有比热、马丁耐热等都程度不同的带来影响, 这里就不加讨论。

二、力学性能对切削加工性的影响

玻璃钢材料的力学性能对切削加工性的影响较大, 尤其是硬度、强度、韧性和弹性模量对切削加工的影响较为明显。现就这几个方面的影响进行分析:

1. 硬度

玻璃钢材料的硬度就是指抵抗外来物体压入材料表面的能力。从整体表面测定的宏观硬度看并不高, 但是局限在纤维上的微观硬度是很高的。据有关资料介绍, 玻璃纤维HB400左右。一般地说金属的切削规律是: “工件材料的硬度越高, 刀具磨损越快, 允许的切削速度就相对降低, 切削加工性就差。”对玻璃钢来说, 虽然也基本符合这个原理, 但难加工的主要原因是切削温度高成为工件材料与刀具最突出的矛盾。因此, 玻璃纤维的硬度和导热性是影响工件材料切削加工性的主要因素, 而切削温度剧烈升高是这个主要因素的宏观表现。

玻璃钢材料中一般含有30~70%的玻璃纤维或玻璃纤维织物, 玻璃纤维硬度高, 强度大, 在切削加工中直接和刀具

的刃口接触，并发生强烈摩擦，从而促进刀刃磨损，特别是垂直布层切割时更严重。加工表面老化（焦、糊色），是切削热造成的，这种老化现象导致了纤维脆性的增加，从而增加了表面粗糙度和刀具的磨损。

2. 强度

玻璃钢的强度主要取决于玻璃纤维，而弯曲强度、层间强度、平行压缩强度在很大程度上都决定于树脂。拉伸强度主要决定于玻璃纤维。

玻璃钢材料的强度对切削加工有非常显著的影响，尤其是抗弯强度对切削加工性影响更大。加工性随着工件材料强度的大小而变化，强度大的材料加工性差，例如：环氧酚醛玻璃钢的拉伸强度 $\sigma_t = 459\text{MPa}$ (45.9kg/mm^2)比616酚醛玻璃钢的拉伸强度 $\sigma_t = 299\text{MPa}$ (29.9kg/mm^2)大，前者的加工性比后者的差。又如高硅氧玻璃钢的强度更大，加工性更差。

3. 韧性

玻璃钢韧性是反映工件材料在破断之前吸收的能量和进行塑性变形的能力。它的大小一般以冲击性来衡量，其冲击值为 $6.2 \sim 10.2\text{Nm/cm}^2$ ($0.62 \sim 1.02\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$)。由于玻璃钢没有显著的塑性变形阶段，比金属的延伸率低得多，所以，玻璃钢仍表现出一定脆性，使切屑易折，产生粉末状物，切削中起护热保温作用。工件材料的韧性越高，切削加工越困难，切削力越大，切削温度也就越高。玻璃钢材料虽然冲击值不高，但切削加工中切屑（纤维）破断之前不能传导热量（传散），使切削温度升高。同时，产生崩碎块切屑，使排屑困难，造成摩擦加剧，影响了玻璃钢的加工性。

4. 弹性模量