

# 玻璃钢螺栓的研制

田会方 周大威

黄超

(武汉理工大学机电工程学院, 武汉 430070) (武汉第二船舶设计研究所, 武汉 430064)

**摘要** 以压制成型 M10 粗牙普通螺栓为例, 讨论了玻璃钢螺栓的成型方法; 重点介绍了适合玻璃钢螺栓模压成型的工艺、模压料的选用和使用场合; 并根据螺栓的不同分型方式, 设计玻璃钢螺栓的模压成型模具, 确立了成型工艺条件。

**关键词** 玻璃钢 螺纹 模压成型 模具设计

螺纹在机械结构中起连接、密封和传递运动等重要的作用, 螺纹制品在制造和维修中可重复装配和拆卸。普通钢制螺纹制品已经有成熟的成型工艺, 价格便宜而且已经规范化广泛应用, 但在某些特定环境中, 钢制的螺纹制品容易腐蚀生锈而难以拆卸。玻璃钢复合材料质量轻, 比强度高, 耐酸、耐碱且具有绝缘性, 所以这种材质的螺纹制品在某些环境中有着普通钢制螺纹制品无法比拟的优点, 常用于高腐蚀性化学溶液的密封和航空航天等需要轻质材料的地方。

玻璃钢螺栓的成型方法大致可分为 3 种。第一种是传统的螺纹加工方法, 即将玻璃钢成型为毛坯, 然后再车加工成螺纹。这种加工方式操作简单且设备容易得到, 但在车削螺纹时玻璃钢复合材料中的玻璃纤维易被切断, 大大削减了螺纹制品的强度。第二种方法是拉挤成型, 首先将浸渍过树脂胶液的连续玻璃纤维束或布带通过成型模具模塑成型, 然后在模具或加热炉中进行固化, 最后在牵引机构拉力作用下连续拉拔出无限长度的玻璃钢螺纹制品。这种工艺的优点是, 生产过程完全实现机械化, 生产效率高; 生产过程不间断, 制品长度不限; 产品无需后加工, 生产过程中边角废料少, 节省原料和能源; 产品质量稳定, 重复性好, 操作方便, 节省人力, 劳动条件好。拉挤成型的玻璃钢螺纹制品的截面一般是一致的, 所以不宜成型螺栓等有台阶的螺纹制品。第三种成型方法是模压成型。该工艺是将一定量的预混料或预浸料加入金属模具内, 经加热、加压力固化成型, 具体流程见图 1<sup>[1-2]</sup>。其主要优点是生产效率高, 便于实现专业化和自动化生产; 产品尺寸精度高, 重复性好; 表面光洁, 无需修饰; 能一次成型结构复杂的制品; 制品价格相对低廉。模压成型按其增强材料物态和模压料品种可分为预混料或散状模塑料模压法、片状模塑料 (SMC) 模压法、高强度

短纤维料模压法、预浸料定向铺设模压法、织物 (毡料) 模压法、碎布料模压法、真空注射模压法、压铸成型法、注射成型法、层压模压法、缠绕模压法、冷模压法和树脂压力注入模压法等。

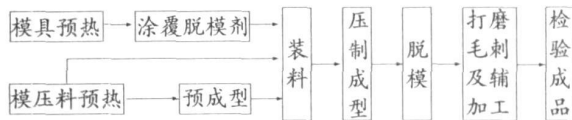


图 1 模压成型流程

笔者现从模具设计、材料选择等角度介绍玻璃钢螺栓的研制。

## 1 典型玻璃钢螺纹模压模具的设计

### 1.1 选题

实验拟制作 M10×40 普通粗牙六角螺栓, 其性能等级为 4.8 尺寸见图 2。

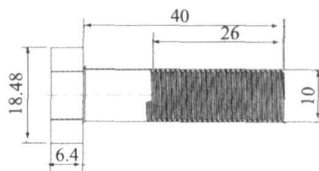


图 2 螺栓尺寸图

### 1.2 模具分型面的选择

实验初步设计了两种分型方式, 如图 3 所示。图 3a 中, 成型压力沿着螺栓的轴心向下, 分别沿着轴向和两侧分型; 图 3b 的成型压力垂直于轴心, 分型面为螺栓的最大截面。

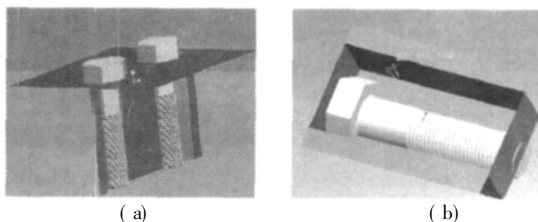
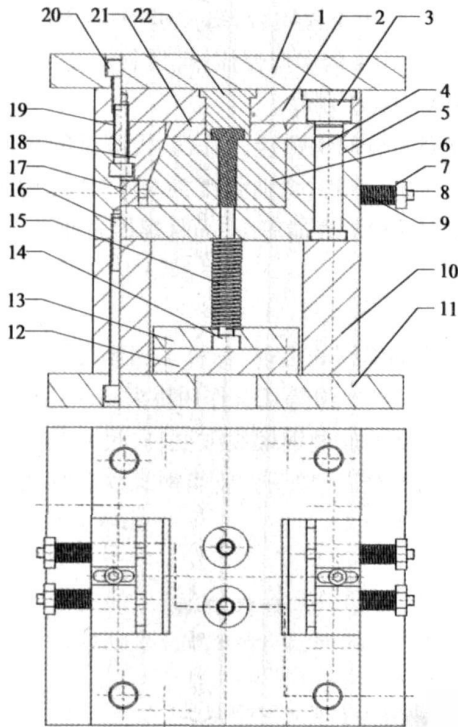


图 3 模具分型面

收稿日期: 2008-09-10

### 1.3 模具设计与开模动作<sup>[3]</sup>

考虑到螺栓在使用时主要受到的是轴向拉伸载荷,而轴向分型的成型压力主要来自轴向,这样压制成型的螺栓更加致密,其强度更高,尺寸更精确,所以采用轴向分型的模式,并设计了模具,如图4所示。



1—动模板; 2—凸模压板; 3—导套; 4—导柱; 5—凹模固定板;  
6—凹模; 7—螺母; 8—杆; 9—15—弹簧; 10—垫块; 11—定模板;  
12—推板; 13—推杆固定板; 14—推杆; 16 19、20—螺钉;  
17—凹模挡块; 18—侧压板; 21—压料室板; 22—凸模

图4 轴向分型模具

图4中模具由两块半模组成,模具正处于闭合状态。开模时,动模板1在液压机的带动下向上移动,凸模22被凸模固定板2固定在动模板上,凸模和侧压块18随着动模板向上移动,这时两块凹模6由于弹簧9的伸展向两边滑移直到挡块17停止,然后推板12推动推杆14顶出螺栓制件,开模完成。闭模时,推板被弹簧复位后,模具加料,然后动模在液压机带动下向下移动,当凸模向下压料时,侧压板由两侧推动凹模闭合,然后模具再次闭合。模压时,模压料三方受力,位移量小,所以成型后玻璃纤维分布均匀,强度也均匀。

### 1.4 成型压力计算及液压机吨位选择

成型压力的大小取决于模压料的品种和制品结构的复杂程度,成型压力也是选择液压机吨位的依据。成型压力可按式(1)推算<sup>[1]</sup>:

$$N_0 = \frac{P_0 F n}{1000} \quad (1)$$

式中:  $N_0$ ——压模所需的成型压力, kN;

$P_0$ ——根据制件形状、型腔结构、压制工艺及模压料种类所选的单位压力, MPa

$F$ ——每个型腔的承压面积,对于溢式和半溢式压模等于加料室水平投影面积,  $\text{mm}^2$ ;

$n$ ——型腔的数量,对于共用加料室的多型腔压模  $n=1$ 。

所以液压机的公称压力要大于或等于压模所需的压力,才能使压模正常闭合。由于螺栓成型模具较深,笔者选用单位成型压力为  $20 \text{ MPa}$  加料室水平投影面积为  $490\,874 \text{ mm}^2$ ,据式(1)求得,压模A所需的成型压力:

$$N_A = \frac{P_A F_A n}{1000} = \frac{20 \times 490\,874 \times 2}{1000} = 19\,635 \text{ N}$$

根据上述计算结果,选择四柱立式  $20 \text{ t}$  水压机作为模具的压力设备。该液压机的公称压力为  $200 \text{ kN}$ ,开合行程范围是  $500 \sim 100 \text{ mm}$ ,这些性能均满足模具闭模和开模要求。

### 2 玻璃钢螺栓模压料选用

螺栓多用于机械机构连接当中,所以要求螺栓要有较高的拉伸强度和一定的剪切强度及弯曲强度。模压料的性能直接关系到模压制品的力学性能和尺寸精度。目前使用比较普遍的有两种模压成型材料,即高强度短纤维玻璃钢和 SMC。

#### 2.1 高强度短纤维模压成型

高强度短纤维料模压法是将短切纤维与酚醛树脂、环氧树脂等进行预混或预浸后放入模具中,通过加热加压成型制品。主要用于高强度制品和要求耐热、耐腐蚀等特殊性能的制品成型,玻璃纤维含量较高。按照高强度短纤维得到方法的不同,这种模压料可分为预混法和预浸法两种。预混法是先将玻璃纤维(或其它纤维型增强材料)切成毫米的长度(视模压料的类型而异),然后与一定量的树脂混合均匀,再经撕松、烘干而制成模压料。这种模压料的特点是纤维较松散而无定向。预浸法是将整束玻璃纤维通过浸胶、烘干和短切等工艺程序而制成模压料。这种模压料的特点是成束状,比较紧密。

#### 2.2 SMC模压成型<sup>[2]</sup>

SMC成型工艺综合了预混料的优良成型性和吸附预成型制品的良好强度,操作简便,生产效率高,制品尺寸稳定性好,表面质量好,模压温度、压力

要求不高,且能适应自动化、机械化生产的要求。目前,在欧、美、日等发达国家和地区增长十分迅速,相继出现了多种 SMC 模塑料,如韧性 SMC、挠性 SMC、结构 SMC、低密度 SMC、低压型 SMC 等。

制作 SMC 模塑料的工艺流程为:树脂、填料、增稠剂 $\rightarrow$ 制成树脂糊 $\rightarrow$ 玻纤浸胶 $\rightarrow$ 贴聚乙烯膜 $\rightarrow$ 收卷 $\rightarrow$ 稠化 $\rightarrow$ SMC 模塑料。该操作处理方便,生产效率高。生产过程及成型过程容易实现自动化。成型时,由于树脂粘度不大,流动性好。即使是结构复杂的制品,也能实现增强材料的均匀分布,从而获得物理性能优良的制品,也能实现制品变厚度、带嵌件、孔洞、凸台、筋、螺纹等,尤其适应大面积制品的成型。制品尺寸稳定性好、表面平滑、光泽好、纤维浮出少,从而简化了后处理工序。增强材料在模压制造及成型过程中均无损伤,长度均匀,制品强度高,各工序的材料损耗小。成型时作业环境好,没有湿法作业树脂引起的环境污染和玻璃毛的飞扬。

### 3 玻璃钢螺栓的模压成型

高强度短切纤维模压料的纤维方向是无序的,而在高纤维含量时也可以成型高强度螺栓,但是要求的成型压力大,熔料的流动不如 SMC 好,所以本项目采用玻璃纤维交叉定向铺设的 SMC,玻璃纤维含量为 75%。

在 SMC 模压成型工艺中,为提高生产效率及确保制品尺寸,需进行准确的装料量计算。而实际上,要做到这一点往往是相当困难的,一般是预先进行

粗略的估算,然后经几次试压后再找出准确的装料量。装料量一般是制品体积的 1.8 倍。根据计算螺栓的体积约为  $4300\text{ mm}^3$ ,则可以算出所需要的 SMC 的体积为  $7740\text{ mm}^3$ 。加料时将 SMC 除去薄膜,然后卷制成  $\phi 16\text{ mm} \times 40\text{ mm}$  的圆筒。将预热后的模压料放入型腔,在模具温度升到  $135^\circ\text{C}$  左右时液压机快速下行,上下模闭合,缓慢施加 20 MPa 的成型压力,经过 70 s 的保温保压,模压料固化成型,取出即得玻璃钢螺栓制品。

成型的玻璃钢螺栓,用试验机测试的拉伸强度可以达到 561 MPa,弯曲强度为 973 MPa,基本达到普通钢制螺栓的性能等级,而且螺栓表面光洁,尺寸精度高。

### 4 结语

玻璃钢螺纹的出现,弥补了钢制螺纹的某些缺陷,在耐腐蚀、绝缘等场合作用重大。采用模压成型的方法成型的玻璃钢螺纹强度高,尺寸精确。随着成型工艺的改进和发展,玻璃钢螺纹制品的用途必将更加广泛。

### 参考文献

- [1] 王鹏驹. 塑料模具设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997: 276-323
- [2] 黄家康, 沈玉华. 玻璃钢模压成型工艺 [M]. 北京: 中国建筑工程出版社, 1982: 83-170
- [3] 陈永寿, 杜智敏, 何华妹. Pro/ENG NEER Wildfire 3.0 塑料模具设计实例精解 [M]. 清华大学出版社, 2007: 52-132

## DEVELOPMENT OF GFRP BOLTS

Tian Huifang Zhou Dawei

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Huang Chao

(Wuhan Second Ship Design Institute, Wuhan 430064, China)

**ABSTRACT** With the M10 bolt as example, the molding methods of glass fiber reinforced plastic (GFRP) thread are discussed. The molding process, molding material selection and use occasion of GFRP bolts are introduced emphatically. In accordance with different types of bolts approach to design GFRP thread mould, the conditions for forming technology are established.

**KEYWORDS** glass fiber reinforced plastic thread molding mould design

### SMC 高密度复合材料沼气池填补国内空白

近日,河北省科技厅邀请农业部科学研究所、北京玻璃钢研究设计院、河北省新能源办公室等单位有关专家,对河北省枣强玻璃钢集团有限公司承担的“SMC 高密度复合材料沼气池”项目进行了技术鉴定。

该项目提高了 SMC 高密度复合材料沼气池的物理化学性能;采用上下半球拼装连接和凹凸槽式密封方式、背负式进出料口、水压间一体化和双重出料结构,提高了沼气池

承载能力和密封性能,出料操作方便;自主研发的局部可拆换镶拼式高温模压成型模具,结合冷模定型工装,保证了 SMC 高密度复合材料沼气池的成型质量稳定性,且具有多型号池体生产的适应性。

该项目开发的沼气池填补了国内空白,总体技术水平国际先进。通过项目的实施,解决了现沼气行业中广泛推广的混凝土沼气池存在的气密性能差、产气利用率低、建池时间长、维护工作量大等明显的缺陷。(聚合网)