

# 一种新型水溶性芯模的制备和性能

张芳 殷永霞 谭放 夏英伟

(北京空间机电研究所,北京 100076)

**文 摘** 概述了金属模具不易脱模的形状复杂的复合材料结构件成型中遇到的工艺技术难题,着重对水溶性芯模的制备工艺特点和性能进行了研究,并将所制得的水溶性芯模成功的用于树脂基复合材料结构件的制造中。结果表明,水溶性芯模的各项性能满足复杂异型复合材料结构件制造的要求。

**关键词** 水溶性芯模,力学性能,成型工艺

## Preparation and Properties of A New Water Soluble Core

Zhang Fang Yin Yongxia Tan Fang Xia Yingwei

(Binging Institute of Space Mechanics & Electricity, Beijing 100076)

**Abstract** The technology difficulties of the manufacturing of complex composite component which use metal mould unable demoulded were introduced. We emphatically studied, the forming processes and properties of water soluble core. The water soluble core was successfully used to manufacture a composite structure with typical features. The results show that, the properties of water soluble core appeased the need of fabrication of composite.

**Key words** Water soluble core, Mechanics properties, Forming processes

### 0 引言

近年来,随着空间遥感器技术的高速发展,不仅空间结构要求轻量化,而且结构形式也日益复杂。用高性能的碳纤维复合材料代替传统的金属材料是解决卫星结构轻量化的有效技术途径,然而,对于结构复杂的异型复合材料产品,如果采用金属模具就具有一定的局限性,例如,复杂封闭型腔、出口小内腔大或者不允许有拔模斜度的制件,如果采用传统的金属模具,就需要将模具多块组合而成或者将复合材料产品分割成多块分别制造后粘接在一起,这样不仅使制造过程复杂化、制造周期延长、成本大幅提高而且脱模也异常困难<sup>[1-3]</sup>。因此,复合材料在航天领域应用中日趋广泛化和复杂化以及金属模具在复杂异型复合材料结构件制造中的局限性,推动着另一种新型模具——水溶性芯模材料的研究和发展。

水溶性芯模材料是指用水溶性胶黏剂将一些固体填料粘接在一起,并根据使用要求制成具有一定形状的、在使用温度范围内仍有一定力学性能并可保持原有形状,在脱模时使用水等溶剂使其溃散,获得产

品的一种模具材料。由于水溶性胶黏剂具有无毒无害、不刺激皮肤,受热分解时不释放有害气体,混入砂中能均匀地包裹在砂粒表面,粘附力强、粘结强度高、用量少、易成型、易溃散等优点,所以较广泛应用在各种高标准严要求的铸造和复合材料制造业中<sup>[4]</sup>。

本文采用一种特殊的水溶性材料,研制的水溶性芯模具有良好的热稳定性。根据其材料特性研究了其制备工艺流程,并通过实验对其密度、力学性能、加工性能和水溶解性能进行了测试。

### 1 实验

#### 1.1 材料及设备

**主要原材料:**胶黏剂、固体填料、脱模剂、单面带胶聚四氟乙烯薄膜等。

**实验设备:**电热恒温鼓风干燥箱、热压罐、钢制三联模具、电子秤、搅拌机、刮平尺等。

#### 1.2 制备工艺

根据水溶性芯模材料的流动性能特点,选择热压成型工艺方式,其成型工艺流程图如图1所示。

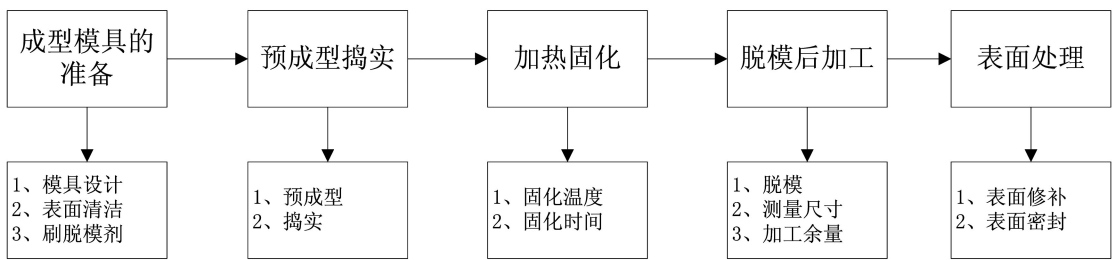


图1 水溶性芯模制备工艺流程图

Fig.1 Process flow chart of water-soluble core

### (1) 成型模具的准备

根据《水泥胶砂强度测试方法》(GB/T 17671—1999),成型制备水溶性芯模的模具采用 40 mm×40 mm×160 mm 的钢制三联模具。在制备水溶性芯模之前,对成型模具进行表面清洁除污,并在其各个工作表面均匀的刷一层油性脱模剂。

### (2) 预成型捣实

在装填捣实的过程中,分多次填充胶砂预混料。最后用自制刮平尺沿三联模具上缘将模具表面多余胶砂预混料刮去<sup>[5]</sup>。

### (3) 固化

将成型后的水溶性芯模放入烘箱中,将温度设置到所需的固化温度上。固化时间取决于水溶性芯模尺寸的大小,原则上是加热到芯模完全干燥,即没有质量的丢失。通过多次试验来确定干燥的时间。固化完毕后,即可将芯模从烘箱中取出。对于一些大尺寸的水溶性芯模,需要将其留在烘箱中随炉冷却,以避免产生内应力。

### (4) 脱模及后加工

将固化后的水溶性芯模取出,缓慢脱模,如果脱模困难,可以轻轻的敲击成型模具的表面,使水溶性芯模松动,从而将芯模取出。如果脱模后的芯模与复合材料结构件制造中要求的尺寸和精度有一定的偏差,需要对其进行后加工。

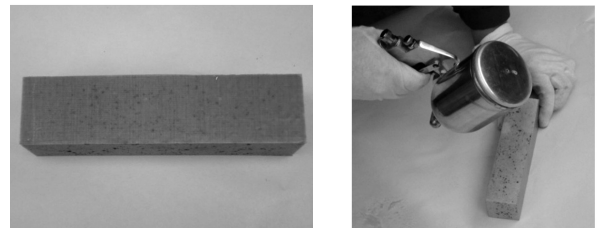
### (5) 表面处理

水溶性芯模在制备、脱模以及后续加工过程中会有一定的损伤,对于损伤和孔结构的水溶性芯模,可用同种胶砂预混料进行适当填补和修复,随后将其放入烘箱中加热固化即可。

在使用水溶性芯模制备复合材料制件之前,需要在水溶性芯模表面涂一层密封剂或者粘贴一层隔离膜,如图2所示,避免在制造过程中复合材料中的树脂和芯模中的胶黏剂的相互迁移而影响水溶性芯模的水溶性以及复合材料制件的性能。

为了探索水溶性芯模表面喷涂的密封剂或者薄膜对复合材料结构件表面的影响,设计了一个对比试

验,在长方体的水溶性芯模的六个面分别贴单面带胶聚四氟乙烯薄膜,蓝胶带和喷涂一层密封剂,并对不同的表面处理方法进行了比较(表1)。通过对比试验发现,表面处理时在水溶性芯模表面贴一层聚四氟乙烯薄膜做出来的产品内表面光滑而且水溶性能好。



(a) 贴一层聚四氟乙烯薄膜 (b) 涂一薄层密封剂

图2 水溶性芯模表面处理

Fig.2 Surface treatments of water-soluble cores

表1 水溶性芯模不同的表面处理方法的比较

Tab.1 Comparison of different surface treatments of water soluble core

处理 方法	对芯模水溶 性的影响	工艺操 作性	对产品表面 质量影响
喷涂密封剂	表面 1 mm 不易溶	难	产品表面 有凹坑
粘帖单面带胶聚 四氟乙烯薄膜	易清理	易	产品表面平整, 光洁
粘帖蓝膜	易清理	较难	产品表面 有褶皱

## 1.3 性能测试

(1)采用 GB/T17671—1999 通过力学性能测试仪对水溶性芯模在不同温度下的弯曲、压缩性能进行了测试分析。

(2)对芯模进行了切、削、铣和磨等试验,验证芯模的可加工性。

(3)将芯模放在静止的常温自来水中测试其水溶性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 力学性能

水溶性芯模在不同温度下的弯曲和压缩强度结  
宇航材料工艺 <http://www.yhclgy.com> 2013年 第4期

果如表 2 所示。

表 2 水溶性芯模在不同测试温度下的弯曲和压缩强度

Tab.2 Flexural strength and compressive strength of water soluble core in different temperature

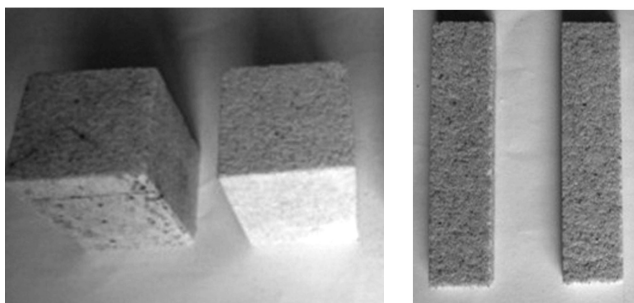
测试温度/℃	压缩强度/MPa	弯曲强度/MPa
室温	18.9	6.93
80	15.0	4.92
130	11.1	5.36
180	2.04	2.17

从表 2 可看出,随着测试温度的升高,芯模的力学性能有所下降,180℃时,芯模的压缩强度为 2.04 MPa,弯曲强度为 2.17 MPa,而复合材料结构件成型的温度小于 180℃,成型的压力小于 1 MPa。因此,高温下芯模的力学性能仍然能够满足复合材料结构件成型中温度和压力的要求。

## 2.2 加工性能

直接热压成型后脱模的水溶性芯模未与金属模具贴合的一面表面粗糙,如果直接使用会影响复合材料产品表面的粗糙度,在使用之前需对芯模进行表面打磨处理,经打磨后的芯模表面光滑,表面质量良好。

在生产中为了设计芯模母模方便,通常会先成型一个结构简单的试件,然后再经过机械加工成需要的形状尺寸(图 3)。图 3(a)为尺寸 40 mm×40 mm×160 mm 的长方体块切割成尺寸为 40 mm×40 mm×50 mm 的小块,然后进行打磨处理而得。图 3(b)为将尺寸为 40 mm×40 mm×160 mm 的长方体块切、铣成尺寸为 65 mm×15 mm×5 mm 的小薄片。加工后的试件均能满足要求。



(a) 40 mm×40 mm×50 mm (b) 65 mm×15 mm×5 mm

图 3 水溶性芯模的切、铣加工

Fig.3 Cut and mill of water soluble core

经试验验证,水溶性芯模试样可以进行一些常规的机械加工,如切、削、铣和磨等,满足复合材料表面粗糙度和尺寸精度等的要求。

## 2.3 水溶解性能

将制备好的水溶性芯模块放置到常温静止的自来水中,水溶性芯模能迅速的溶解。而在乙酸乙酯溶剂中基本上不溶解。

在实际生产过程中,水溶性芯模的溶解速率与很多因素有关,如水温、水压、水溶性芯模的表面处理以及人工给予的外力等。通常情况下,为了缩短水溶时间,减小水分对复合材料结构件的影响,在水溶过程中,会通过人工施压,加速其溶解,在水溶的最后阶段直接将芯模外表面的单面带胶聚四氟乙烯薄膜整体脱出,从而清理出未溶的芯模,大大的提高了水溶速率。

## 3 水溶性芯模的应用实例

为了研究水溶性芯模在中高温复合材料结构件制造成型过程中的适用性,设计了一薄壁、内腔大、开口小的典型罩形结构件如图 4 所示。该罩形结构件的开口尺寸为  $\Phi 85$  mm,内腔尺寸为  $\Phi 94.5$  mm,罩体高度为 140 mm,罩身壁厚为 1.5 mm,罩体顶部厚度为 2 mm。

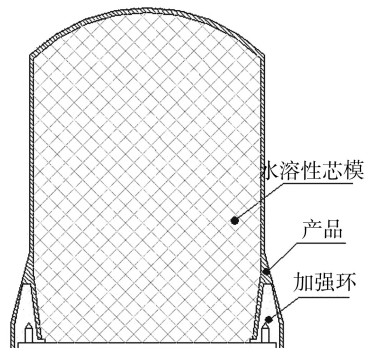


图 4 罩形结构件示意图

Fig.4 Sketch map of mantle-shaped structure

采用水溶性材料作为芯模,并用模压整体成型工艺制备了该薄壁、开口小内腔大的玻璃纤维增强树脂基复合材料罩形结构件,其质量良好,尺寸符合设计要求,成型效果见图 5。

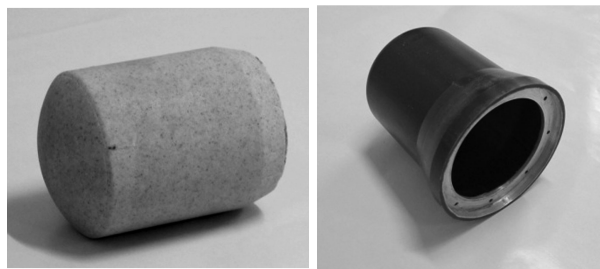


图 5 罩形结构件水溶性芯模和复合材料产品

Fig.5 Mantle-shaped water soluble core and composite product

用水溶性芯模制备此罩形结构件主要有以下三方面的特点:(1)与采用传统金属模具成型的工艺方案相比,水溶性芯模为单一整体结构,不需要多块模具组合而成,有效的减少了装配问题,使制造过程操作方便,成型工艺步骤简单;(2)产品固化完成后用常温自来水即可将芯模水溶溃散从而完成脱模过程,解决了采用传统金属模具成型脱模难的技术难题;

(下转第 66 页)