ICS 25.020
J 30

团　　体　　标　　准

T/CAMMT XXXX—XXXX

连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺规范

Specification for forming process of continuous fiber reinforced resin matrix composite filament

（征求意见稿）

2020-5

XXXX - XX - XX 发布　　XXXX - XX - XX 实施

中国机械制造工艺协会 发布

前　言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械制造工艺协会提出。

本标准由中国机械制造工艺协会标准化工作委员会归口。

本标准主要起草单位：北京机科国创轻量化科学研究院有限公司，内蒙动力机械研究所，西安航天动力技术研究所，北京卫星制造厂，上海宇航系统工程研究所。

本标准主要起草人：单忠德，战丽，邹爱玲，刘晓军，闫东东，梁美芹，赵俨梅，范聪泽，陈意伟，宋亚星，孙启利，王峰，王敏，修经纬，任全彬，陈怡，刘大利，刘浩。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准版权归中国机械制造工艺协会所有。未经事先书面许可，本标准的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本标准用于其他任何商业目的等。

连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺规范

1 范围

本标准给出了连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺流程和技术要求。

本标准适用于碳纤维、芳纶纤维、玻璃纤维等与聚乳酸、聚乙烯、尼龙（6/66）、ABS、聚酰亚胺、聚醚醚酮、聚醚酮酮、聚苯硫醚、超高分子量聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯等热塑性树脂复合的连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3364 碳纤维直径和根数试验方法

GB/T 7690.5 增强材料 纱线试验方法 第5部分：玻璃纤维纤维直径的测定

GB/T 20739 橡胶制品 贮存指南

GB/T 29762 碳纤维 纤维直径和横截面积的测定

3 工艺流程

连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺流程见图 1。

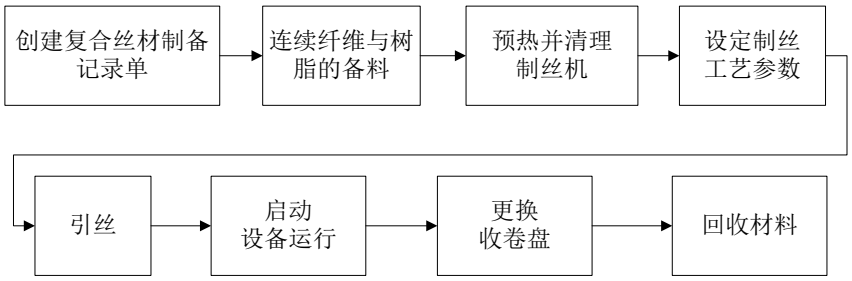

图 1 连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺流程图

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 操作者应熟知本职业务，具有一定专业理论知识和实践经验。

4.1.2 设备应配备合格证、用户使用说明书等，且包含定期检查的项目、周期和标准等。

4.1.3 使用材料应符合相应的国家、行业标准规定，且规格参数标注清晰可见。

4.1.4 工作环境温、湿度等应满足成形工艺要求。

4.1.5 测量用仪器等应符合国家相关标准。

4.1.6 推荐使用设备出厂自带的工艺参数

4.2 连续纤维增强树脂基复合丝材成形记录单

4.2.1 每种成形的复合丝材均应建立连续纤维增强树脂基复合丝材成形记录单。记录单格式见附录 A。

4.2.2 记录单由复合丝材成形总负责人制定，并填写产品主要技术要求和相关信息。

4.2.3 按连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺流程，应依次将记录单交各工艺流程责任人。责任人在完成各自工艺流程的同时，详细记录完成情况和存在的问题，并确认无误后在栏目签字，转接下一个工艺流程。所有流程完成后最终由质量检测责任人签字留存，同时报告复合丝材成形总负责人。

4.2.4 复合丝材成形在执行过程中，任意流程责任人因故不能及时完成，应及时报告复合丝材成形总负责人，并在记录卡相应流程如实填写原因。

4.2.5 复合丝材成形在执行过程中遇到任何技术难题，该流程责任人应及时报告复合丝材成形总负责人，并应将问题情况及解决措施或方法详细记录在案。

4.3 连续纤维与树脂的备料

4.3.1 依据需方对成形复合丝材种类和性能的要求，选择合适的连续纤维类型和树脂类型，如：

——连续纤维类型包括：生产厂家、型号等指标；

——树脂类型包括：树脂种类、生产厂家、型号、强度、韧性、热收缩性及吸水性等指标。

4.3.2 依据需方对成形复合丝材的直径、树脂或纤维含量等技术要求，预先选定内径大小合适的口模及与口模内径相适应的纤维规格，再依据需方对纤维体积含量V_f要求，计算出牵引速率v与树脂添加速率n（或螺杆转速n）的匹配关系。

纤维体积含量V_f由式（1）求得。

$$V_f = \frac{1}{\dfrac{4kF_d}{\pi N\left(k+F_p\right)d_f^{\,2}}\cdot\dfrac{n}{v}+1} \qquad \text{……（1）}$$

$$k = \frac{\pi D_n^{\,4}}{128L_n} \qquad \text{……（2）}$$

$$F_d = \frac{\pi^2 D^2 H \sin\varphi\cos\varphi}{2} \qquad \text{……（3）}$$

$$F_p = \frac{\pi D H^3 \sin^2\varphi}{12} \qquad \text{……（4）}$$

式中：

N ——纤维束中单根纤维的数量；

k ——口模形状和尺寸系数，按式（2）求得；

F_d ——相关常量，按式（3）求得；

F_p ——相关常量，按式（4）求得；

d_f ——单根纤维直径，单位为：mm；其中碳纤维的单根纤维直径 d_f 测量应按照 GB/T 29762 或 GB/T 3364 的规定；玻璃纤维单根纤维直径 d_f 测量应按照 GB/T 7690.5 规定。

D_n ——口模直径,单位为 mm；

L_n ——口模流道长度，单位为 mm。

D ——螺杆直径，单位为 mm；由制丝机结构确定；

H ——螺槽深度，单位为 mm；由制丝机结构确定；

φ ——螺纹升角，单位为 mm；由制丝机结构确定。

4.3.3 称量选定纤维卷的质量，并将其安置于原丝放置位置。

4.3.4 在进行制丝前，将预计的树脂材料置于烘箱内在合适的温度下进行烘干处理。

4.3.4 将烘干的树脂颗粒添加进上料容器，并记录添加质量。

4.4 预热并清理制丝机

4.4.1 依据需方对复合丝材的技术要求，核对或更换制丝机口模。

4.4.2 检查上一次复合丝材成形记录单,核对树脂类型,将本次制备所需的树脂颗粒加入上料容器中。

4.4.3 依据树脂类型设定制丝机温度，使制丝机内树脂升温至熔点后，启动制丝机螺杆转动，将内部原树脂挤出，直至新添加的树脂从制丝机口模中挤出。该过程所用时间与树脂熔融时间和螺杆转动速度相关联。

4.4.4 制丝机温度应依据不同类型树脂的熔点进行设定。

4.5 设定制丝工艺参数

4.5.1 机筒、机头模具及口模的三段加热温度,应依据需方对复合丝材的技术要求和树脂类型来设定。

4.5.2 螺杆转速和收卷速度的设定，应通过所需纤维含量计算的纤维牵引速率或树脂添加速率的匹配关系以及螺杆转速或树脂产量的匹配关系来确定。

4.5.3 在满足复合丝材成形效率的基础上，应尽量减小纤维牵引速率，便于纤维与树脂充分浸润。

4.6 引丝

4.6.1 将纤维末端穿入引丝针末端，通过引丝针带动纤维，依次穿过制丝机口模、水冷却系统、对中限位装置、收卷装置。

4.6.2 由于制丝机口模温度较高，引丝过程应佩戴热防护手套。用钳子夹持并推动引丝针，使引丝针前端漏出一定长度，便于钳子夹持引丝针并牵引其顺利通过口模。引丝针穿过口模的过程应缓慢，避免纤维在此过程中被扯断。

4.6.3 引丝针带动纤维穿过水冷却系统，应使冷却水喷射在纤维丝束上，便于对后续成形的复合丝材进行降温。

4.6.4 引丝针带动纤维穿过对中纤维装置后，应将靠近引丝针末端的纤维剪断，并将纤维末端缠绕在收卷盘上。

4.7 启动设备运行

4.7.1 上述工作完成后，待制丝机三段温度达到工艺设定温度时，启动制丝机。

4.7.2 依据复合丝材成形过程的速度，定时定量添加树脂颗粒并做好记录，直至完成需求方要求的复合丝材质量。
4.7.3 依据复合丝材成形过程的速度，应及时续接连续纤维原丝。

4.8 更换收卷盘

4.8.1 当复合丝材成形及收卷一卷完成时，则应暂停制丝设备，并快速剪断复合丝材，取下复合丝材并更换复合丝材料盘，将复合丝材末端缠绕固定在收卷盘空盘上，更换收卷盘。再次启动制丝机，进行下一卷复合丝材的制备。
4.8.2 对已收卷的复合丝材进行称重，记录其质量并做标记。
4.8.3 循环复合丝材成形收卷与更换收卷盘，直至完成需求方要求的质量。
4.8.4 复合丝材制备完成后，将纤维在制丝机模具的进入端剪断，待剩余纤维原丝成形复合丝材收卷完成。
4.8.5 停机检查，将制丝机温度、螺杆转速、收卷速度归零，直至检查制丝机温度为室温时，关闭水冷系统。
4.8.6 将成形的复合丝材放置于成品区，贮存应符合 GB/T 20739 规定。

4.9 回收材料

4.9.1 将纤维从制丝机上拆卸，称量其剩余质量并做好标记，将其回收贮存。
4.9.2 将上料斗的树脂颗粒回收，称量其剩余质量并记录，将其回收贮存。

附录 A
（规范性附录）
连续纤维增强树脂基复合丝材成形记录单

表 A.1　连续纤维增强树脂基复合丝材成形记录单

复合丝材成形编号			
成形时间		复合丝材成形总负责人	
需方编号		数量	
复合丝材成形技术要求			
连续纤维与树脂的备料	记录人 ：　　责任人：		
预热并清理制丝机	记录人 ：　　责任人：		
预热并清理制丝机	记录人 ：　　责任人：		
设定制丝工艺参数	记录人 ：　　责任人：		
引丝	记录人 ：　　责任人：		
启动设备运行	记录人 ：　　责任人：		
更换收卷盘	记录人 ：　　责任人：		
回收材料	记录人 ：　　责任人：		

中国机械制造工艺协会

团体标准

标准名称

T/CAMMT ×××—20××

※

中国机械制造工艺协会标准化工作委员会编印

北京市海定区首体南路 2 号 1207 室（100044）

电话：010-88301523

网址：www.cammt.org.cn

邮箱：cammt_standard@163.com

打印日期：20××年××月××日

版权专有侵权必究