



热塑性碳纤维复合材料关键技术 研发交流

薛胜
江苏兆隆新材料股份有限公司

1.1 碳纤维热塑性树脂预浸料

预浸料



用树脂基体在严格控制条件下浸渍连续纤维或织物，制成树脂基体与增强体的组合物，是制造复合材料的中间材料。

热塑性碳纤维预浸料



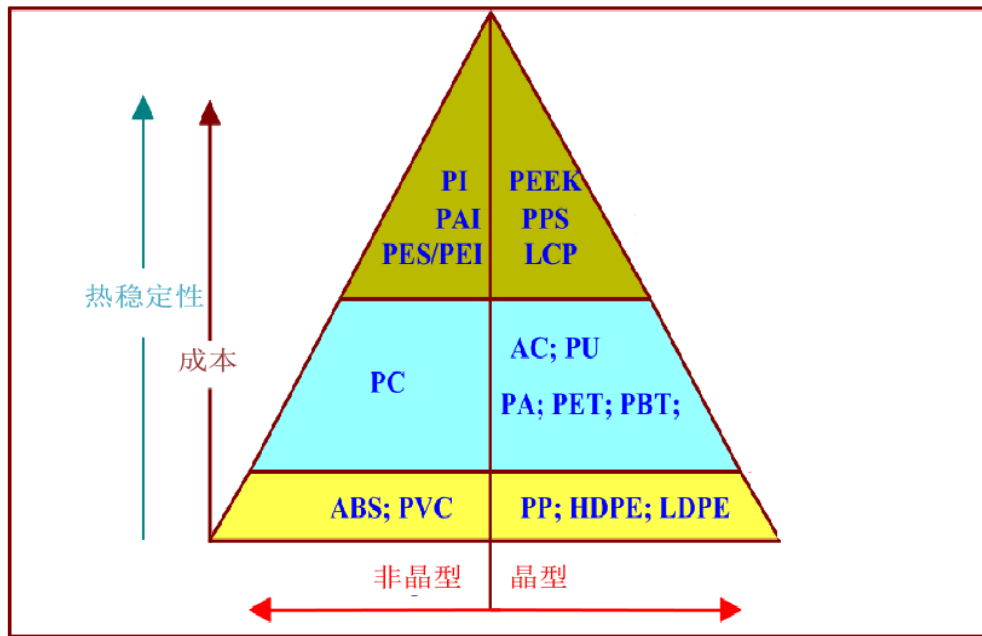
是相对于以环氧树脂等作为基体的热固性碳纤维预浸料而言的，由极高拉伸强度和模量的连续碳纤维与可塑性良好的热塑性树脂基经过复杂工艺加工而成的高性能复合材料。

1.2 热塑性树脂复合材料特点

- 1、优异的韧性，抗冲击，耐疲劳
- 2、生产速度快，能快速制成零件形状，适于大批量生产，成型周期：1-3min
- 3、预浸料常温储存，不需要冷冻设施
- 4、材料成型是相变过程（物理），能重新成型和再加工
- 5、优异的抗烟雾，抗火焰和抗毒气性能
- 6、具有熔焊能力，降低了紧固件成本，可节重
- 7、优异的耐湿性和耐介质性能
- 8、材料可循环利用，有利于环境保护

2 高性能碳纤维热塑性预浸料

高性能碳纤维热塑性预浸料：指用高性能热塑性树脂与碳纤维制成的预浸料。



高性能塑料主要包括：聚醚醚酮PEEK、聚苯硫醚PPS、聚醚砜树脂PES、聚酰亚胺醚PEI等。

热塑性树脂性能分类图

3.1 碳纤维热塑性预浸料制造工艺



3.2 粘度和预浸料制造工艺



最大问题

热塑性树脂熔体粘度高，浸渍纤维困难。（碳纤维直径7 μ m）

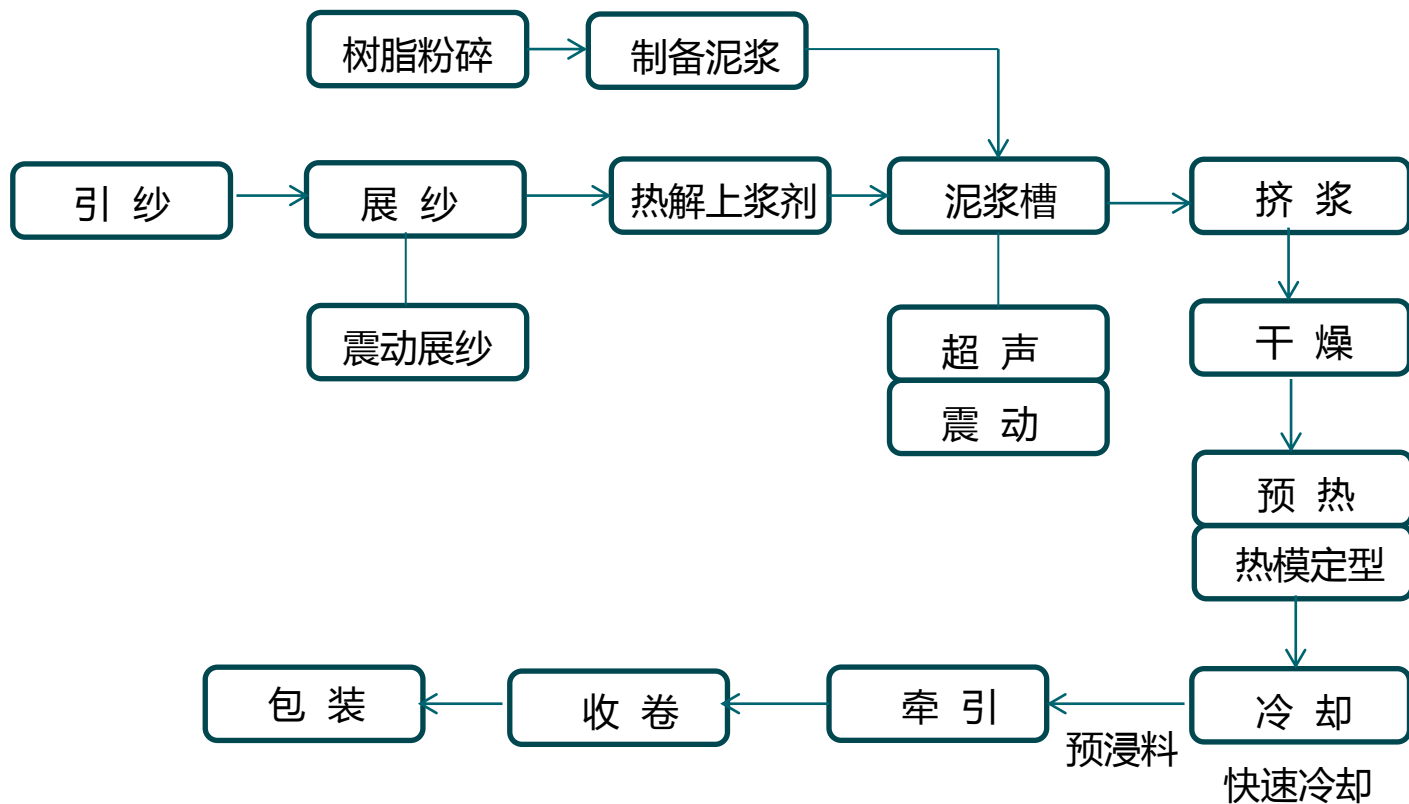


开发不同预浸料制造工艺，其目的是为了更好树脂浸渍纤维

4 采用泥浆工艺的原因

- 01** 泥浆法生产热塑性预浸料树脂浸透性好，尤其是高熔点、高粘度树脂（如PEEK）
- 02** 适于各种热塑性树脂，只要将树脂粉碎到规定的粒子直径，就可使用。
- 03** 工艺过程树脂熔融态停留时间短，避免了高温长时间造成热降解，对温度敏感的热塑性树脂也是适用的。
- 04** 适于连续纤维制备预浸料，可大批量、高效率进行生产，生产成本低。
- 05** 水作载体，资源丰富、容易从预浸料中除去，不污染环境，对产品性能无影响，是环境友好工艺方法。

5 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料工艺



热塑性树脂泥浆法制备预浸料工艺流程

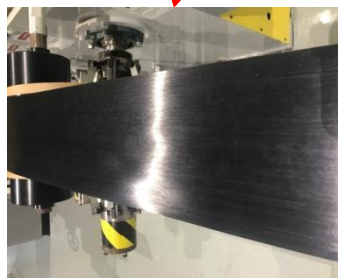
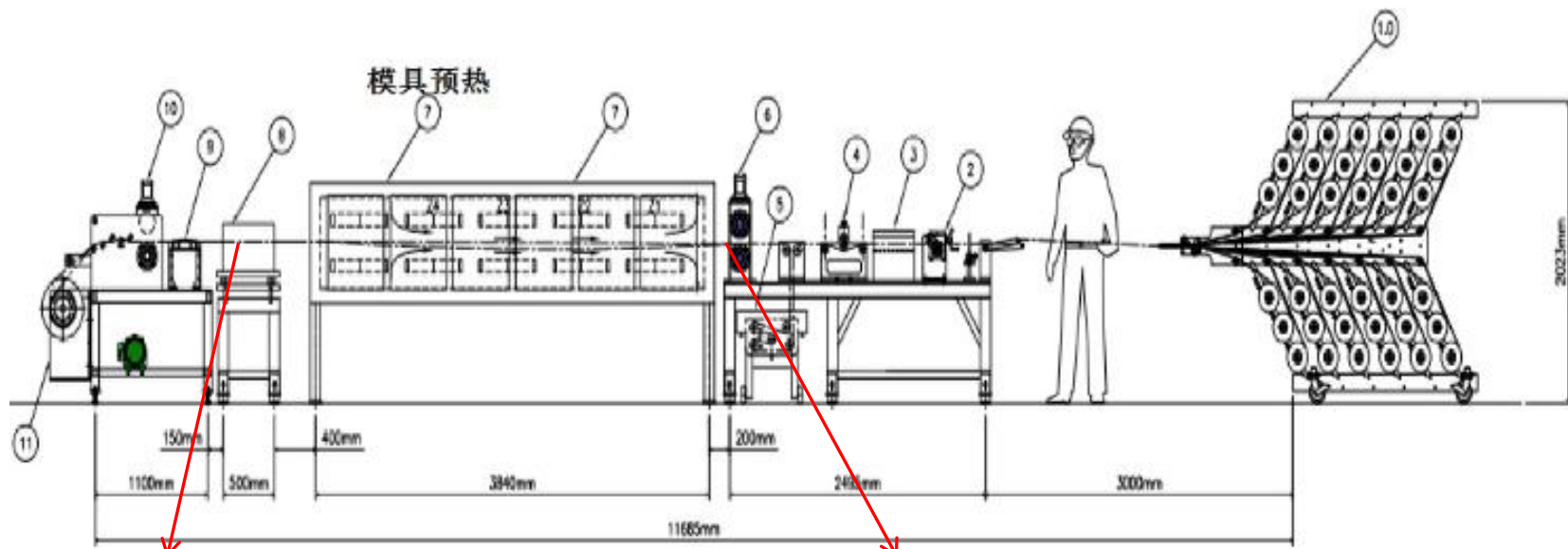
6 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料设备-- LITZLER



TP Pre-preg/Tape Line



6 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料设备-- LITZLER



泥浆法热塑性

- 1-纱架
- 2-展纱和纱束处理
- 3-上浆剂焚烧炉
- 4-展纱机
- 5-浸
- 6-挤
- 7-红
- 8-模



收卷

LITZLER

7 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料关键技术

1、增强材料的选用

碳纤维上浆剂的作用：

- (1) 粘合剂：集束性、改善工艺性能、容易加工
- (2) 偶联剂：纤维与树脂化学结合 提高复合材料界面性能
- (3) 润滑剂：保护纤维、降低纤维之间摩擦、使其不被损伤（纤维 $>14\text{m/min}$ 速度移动时，就可能损伤纤维）

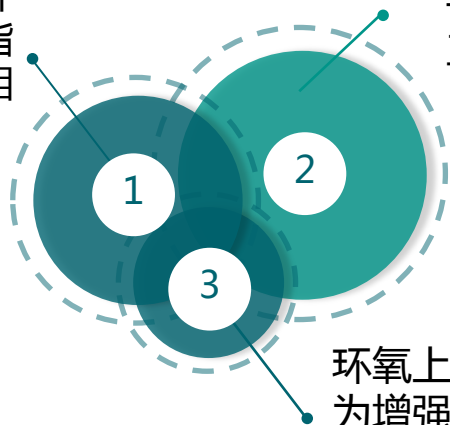
7 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料关键技术

- 1、增强材料的选用：目前国内使用的碳纤维大多数是环氧上浆剂，热塑性上浆剂或不上浆碳纤维几乎没有。

环氧上浆剂碳纤维用于生产热塑性预浸料存在问题

解决方案

环氧上浆剂碳纤维与热塑性树脂相容性差或不相容



环氧上浆剂使用温度在250°C以下，一般热塑性树脂加工温度超过250°C

环氧上浆剂碳纤维作为增强材料，其复合材料界面产生空隙或分层

高温裂解除去上浆剂

7 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料关键技术

2、原材料粉末粒径：树脂粉末需要浸渍到纤维束中，粒径越小越容易浸渍。

问 题

泥浆法对塑料粒子粒径大小和分布要求严格，要求粉末粒径小于纤维直径（碳纤维直径：5-7 μm ）才能有效浸透到纤维束中。

解决方案

采用液氮低温粉碎方法，将树脂冷冻使其变硬变脆，实现树脂粉末超细化且分布均匀。

纤维未浸透



7 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料关键技术

3、浆料稳定性：浆料是由热塑性树脂粉末与水搅拌混合制备得到。

问 题

树脂本身疏水，与水相容性差

粉末通过机械搅拌混合，稳定悬浮分散时间短

树脂粉末浸渍纤维束效果差

浆料浓度变化导致预浸料含量不稳定

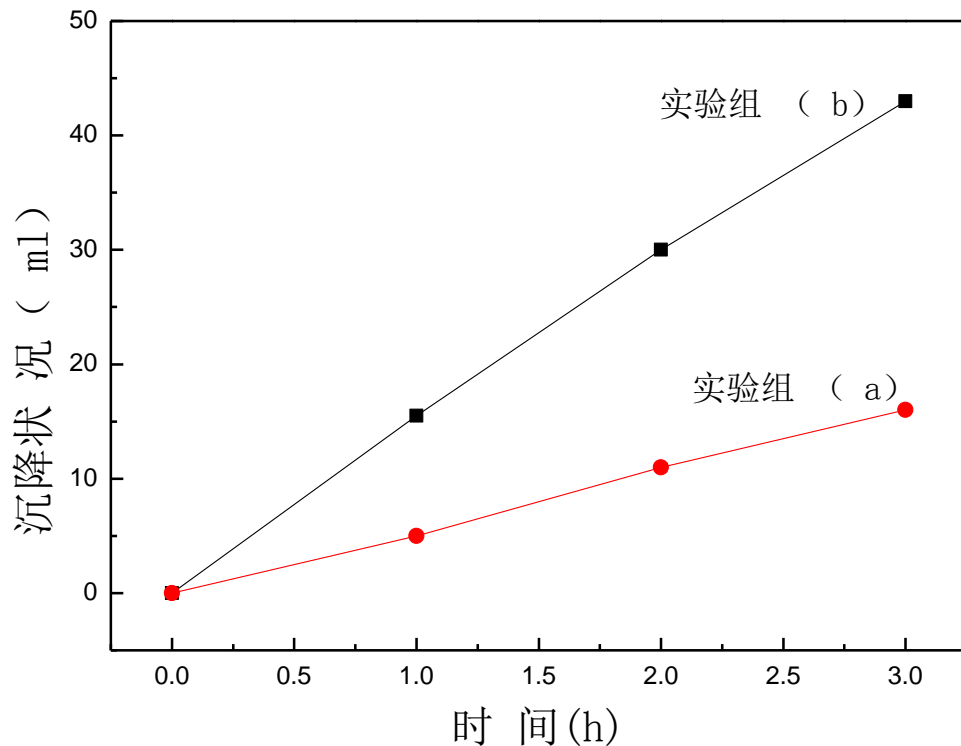
解决方案

.1静置条件下，2h内浆料不出现明显分层现象。

.2提升粉末浸渍纤维束能力和附着力

3.自主开发可控方法：
专门为非均相浆料开发自动浓度控制系统实现精确控制。

静置条件下，配方对树脂粉末悬浮液稳定性影响



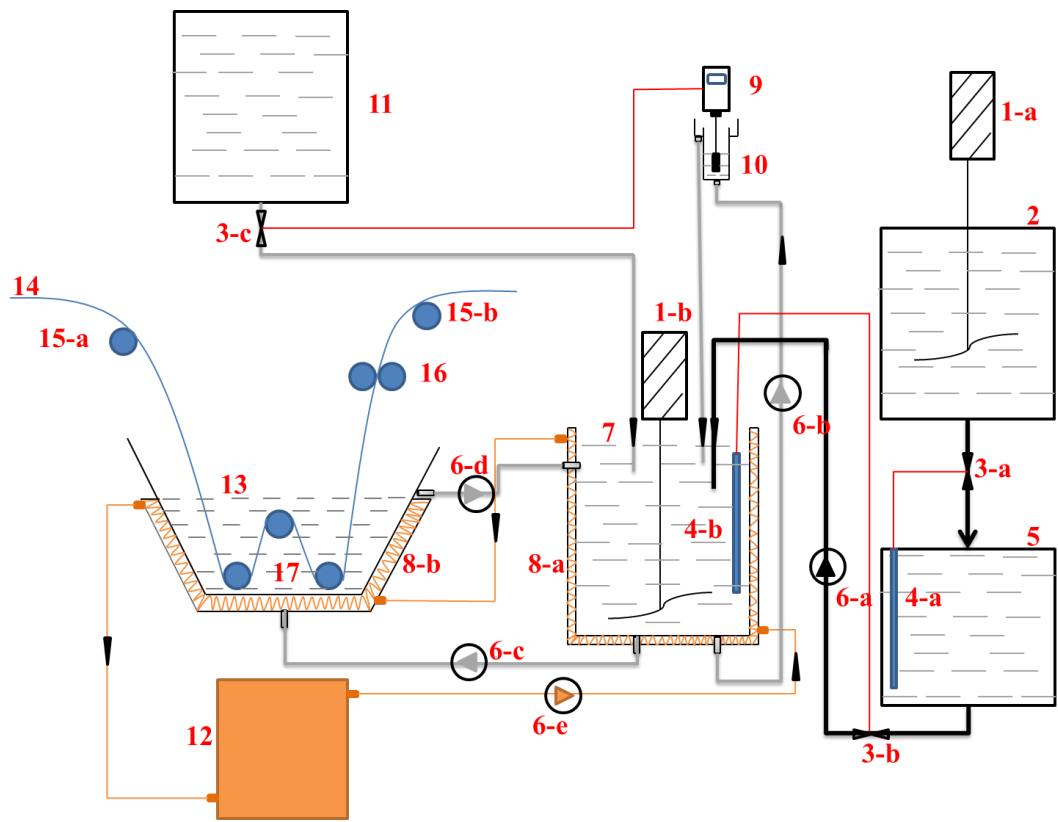
说明：

1.混合完成后将其转入100ml量筒中，静置条件下观察分层。

2.以树脂下降程度作为评判树脂浆料稳定性标准

实验组 (a) 以兆鍳开发浆料配方

实验组 (b) 以乙醇/甲醇作为分散剂



专门为非均相浆料开发自动浓度控制系统实现精确控制—兆鑫专利 (ZL2019 2 1620959.X)

7 泥浆法制备碳纤维热塑性预浸料关键技术

4、树脂熔体粘度：

问 题

热塑性树脂熔体粘度较大，浸渍纤维束较为困难，需要施加较高温度和较高压力

树脂熔融指数越大，树脂熔体流动性越好，越容易浸渍纤维。但树脂分子链就越短，性能降低

解决方案

利用泥浆法将超细树脂粉末均匀浸透分散到纤维束中，通过加热使得树脂充分浸透纤维。

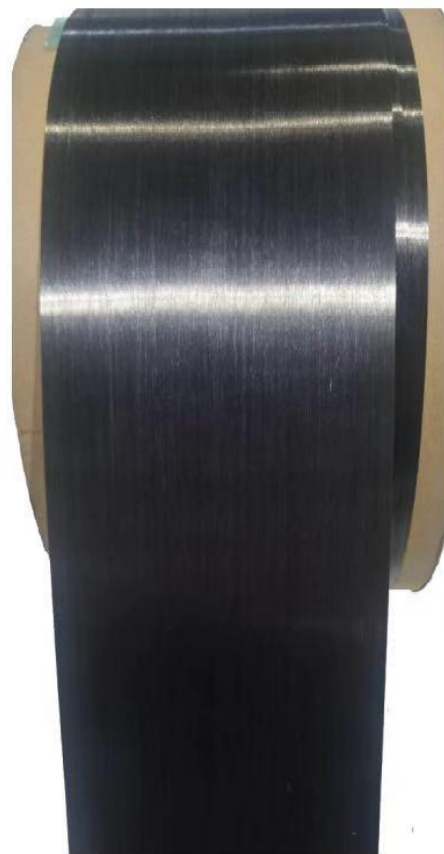
寻找熔融指数与树脂性能平衡

热塑性树脂预浸料泥浆工艺操作矩阵

项目	纱筒 篦子	牵引 张力	展 纱	浸渍 槽	挤胶 装置	烘箱 干燥	模 具	冷 却	收 卷
树脂含量		∨	∨	∨	∨		∨		
树脂分布		∨	∨	∨	∨		∨		
FAW	∨								
挥发份含量				○		∨	∨	○	
裂缝				∨		∨			
空隙				○		∨	∨		
纤维损伤	∨	∨	∨	∨	∨		∨		
干纱		∨	∨	∨	○		∨		
厚度	∨						∨		
结晶度								∨	

∨ : 主要因素
○ : 次要因素

8、兆鑫公司生产的高性能碳纤维热塑性预浸料



碳纤维/PEEK 预浸带

宽度：最大300mm

厚度：0.10-0.25mm

长度：100 mm

FAW: 100-250g/m²

Vf: 50-65%

Rc: 30-50%

兆鑫新材

9、碳纤维热塑性预浸料及应用

应用领域	典型应用	主要使用材料
航空航天领域	飞机	CF/PEEK、CF/PPS、CF/PEKK、CF/PEI、CF/PC
工业领域	汽车	CF/PEEK、CF/PPS、CF/PP、CF/PA6
	石油、天然气开采	CF/PEEK、CF/PVDF、CF/PAEK、CF/HDPE、 CF/PEKK
	医疗	CF/PEEK、CF/PAEK、CF/PMMA
体育休闲	运动鞋垫、溜冰鞋	CF/PC、CF/PMMA、CF/PET、CF/PA6

9.碳纤维热塑性预浸料典型应用

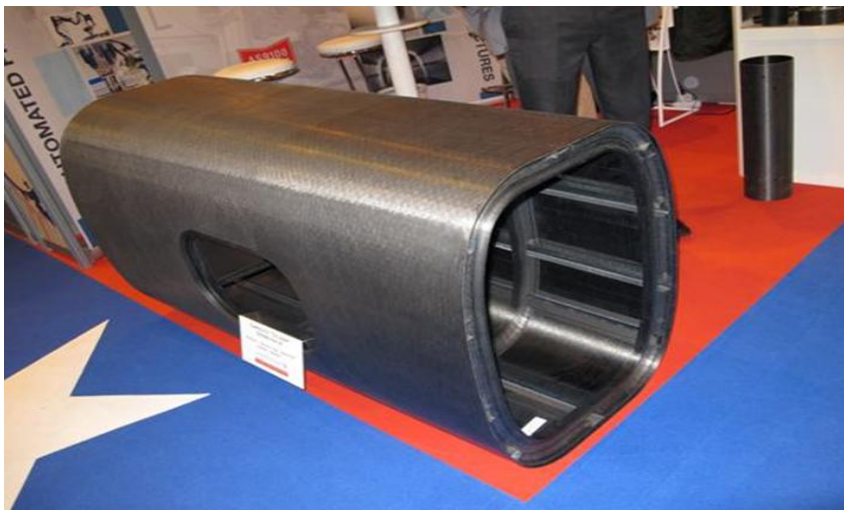


F117A 隐形攻击机全自动蝶形尾翼用碳纤维/PEEK复合材料

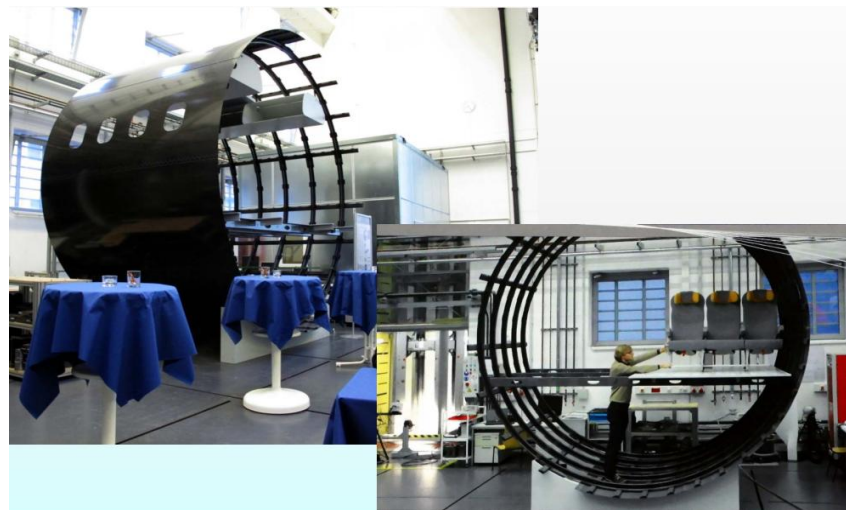


F117A 隐形攻击机全自动蝶形尾翼用碳纤维/PEEK复合材料

9.碳纤维热塑性预浸料典型应用

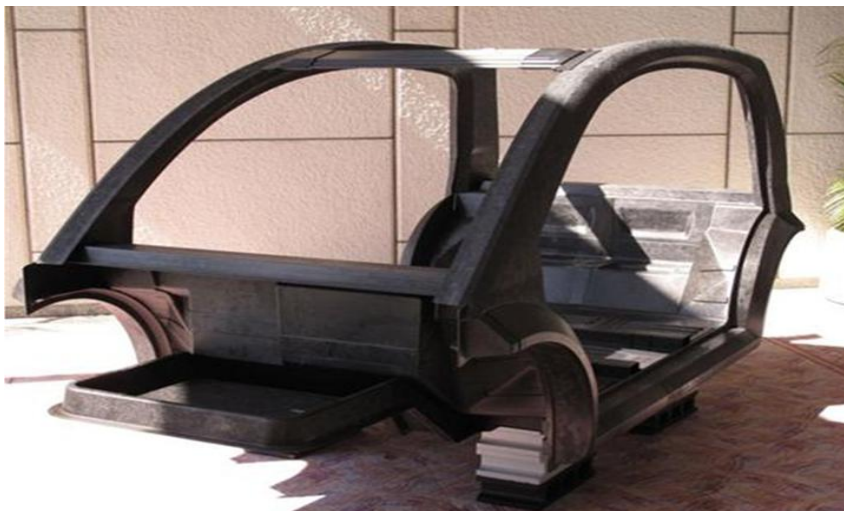


复合材料飞机尾部吊杆/AS4/PEEK复合材料



飞机机体轻量化技术

9.碳纤维热塑性预浸料典型应用



车身框架采用热塑性复合材料制成的概念车



热成型的热塑性复合材料肋条、卡箍、角材、夹板等

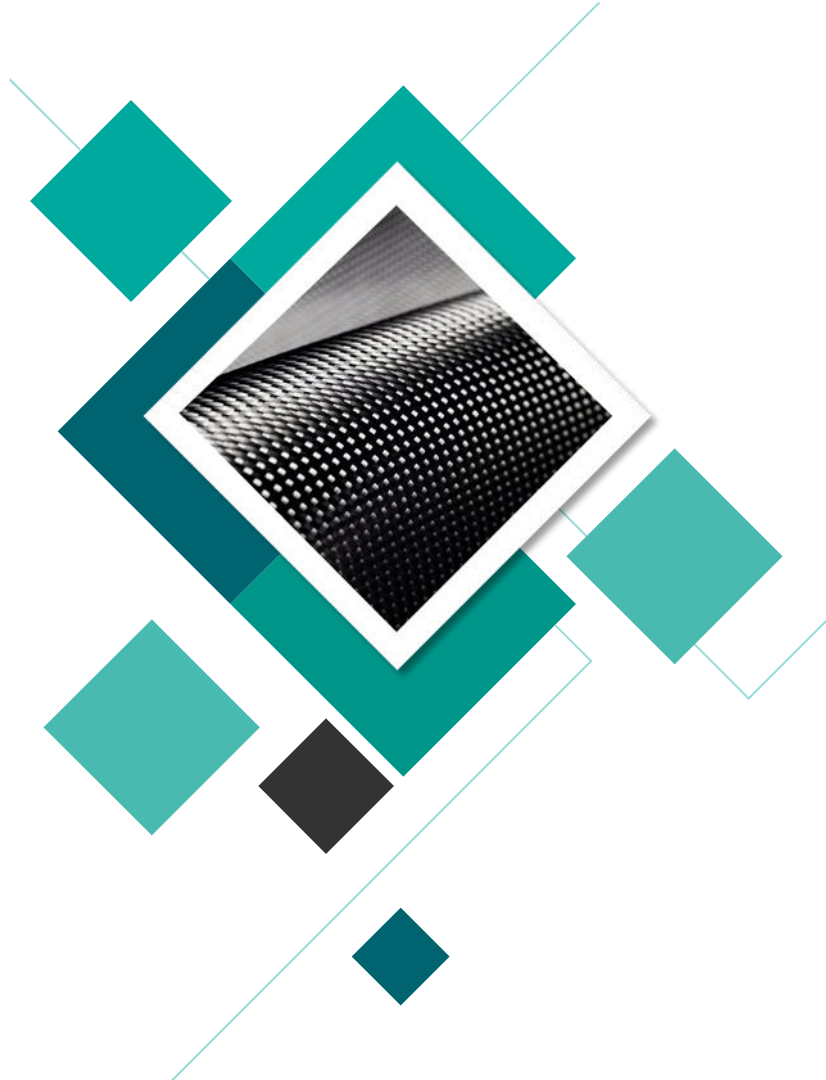
9.碳纤维热塑性预浸料典型应用



热塑性树脂复合材料在轨道交通的应用



拉挤工艺制成管材



2020

谢谢观看

江苏兆鑫新材料股份有限公司

薛胜：15261165369（微信）