

瑞士开发一种由聚酰亚胺和二氧化硅组成的耐火复合材料

**【技术领域】** 成型材料

**【技术方向】** 精良化

**【关键词】** 复合材料 轻量化 耐高温

**【信息来源】**

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.136401>

<https://www.empa.ch/web/s604/firedrone>

**【研究机构】** 瑞士联邦材料科学与技术实验室 (EMPA)、伦敦帝国理工学院

**【技术摘要】**

瑞士联邦材料科学与技术实验室 (Empa) 与伦敦帝国理工学院合作开发了一种耐高温无人机, 研究人员采用一种由聚酰亚胺和二氧化硅组成、并用玻璃纤维加固的复合材料制作无人机机身, 并选择了一种基于聚酰亚胺塑料的气凝胶用于隔热。

**【技术解析】**

技术内涵: 目前市售的气凝胶主要是二氧化硅基材料, 除石油和天然气管道和工业绝缘 (85% 的市场) 之外, 二氧化硅气凝胶机械性能差和释放细颗粒物对健康产生影响是其应用受限的原因。该研究中, 开发的新型气凝胶复合材料由二氧化硅气凝胶颗粒组成, 将微米级的二氧化硅气凝胶颗粒混合到聚酰亚胺气凝胶中, 通过有效的混合方式防止聚酰亚胺过度渗透到二氧化硅气凝胶填料中。

技术优势: 该复合材料具有独特的非均质结构, 具有  $>600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  的高比表面积,  $17.5 \text{ mW m}^{-1} \text{ K}^{-1}$  的超低导热系数, 以及在宽频率范围内的低介电常数和损耗 (介电常数在  $10^{-1}$ – $10^6 \text{ Hz}$  时为  $\sim 2.5$ , 在  $8$ – $12.5 \text{ GHz}$  时为  $\sim 1.2$ , 在  $26.5$ – $32 \text{ GHz}$  时为  $\sim 1.2$ ; 介电损耗在所有研究频率下为  $10^{-3}$  至  $10^{-1}$ )。

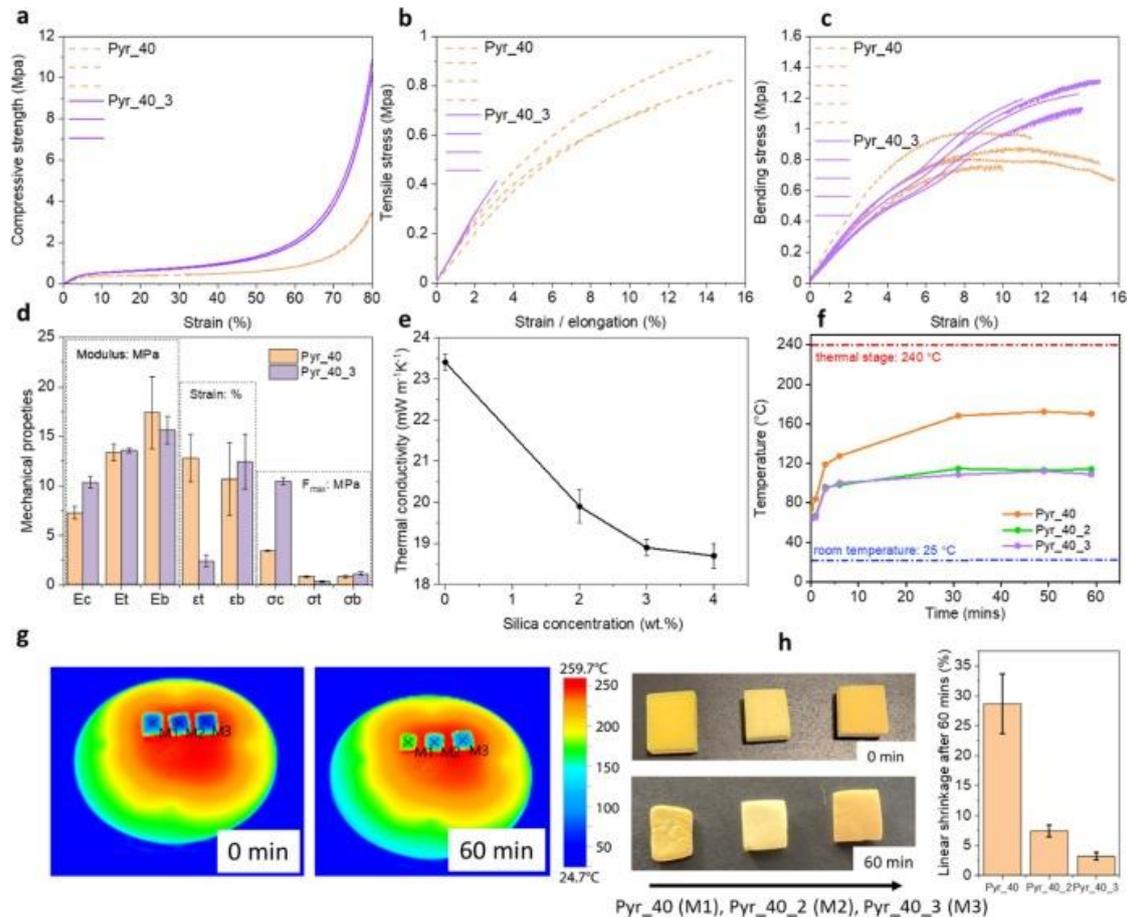


图 纯聚酰亚胺 (Pyr\_40) 和聚酰亚胺-二氧化硅复合材料 (Pyr\_40\_3) 样品在压缩 (a)、拉伸 (b) 和弯曲 (c) 试验中的应变-应力曲线及其力学性能 (模量、断裂应变和最大强度) (d) (其中 c、t 和 b 分别表示压缩、拉伸和 3 点弯曲)。根据二氧化硅载荷 (e)、暴露于 240°C 热板时样品 (厚度: 6 mm) 顶表面温度变化绘制的复合材料的热导率 (f) 和热处理期间样品的红外图像 (从左到右: M1、M2 和 M3 是 Pyr\_40、Pyr\_40\_2 和 Pyr\_40\_3) (g) 和显示尺寸变化的图像 (h)

疏水二氧化硅气凝胶组分具有高阻水性, 具有高水接触角 ( $>150^\circ$ ) 和低吸湿性 (在 88% 相对湿度下  $<4 \text{ wt}\%$ ), 并且在高温

下体积收缩率大大降低。

聚酰亚胺组分赋予复合材料优异的机械性能，包括提高抗压模量，抗压和弯曲强度。在单轴压缩过程中，复合气凝胶在低应变(高达 5%)下表现为线性粘弹性状态，随后是塑性变形，在至少 80%的应变下没有断裂/屈服点。此外，与纯聚酰亚胺气凝胶相比，含 28%二氧化硅的复合材料的压缩杨氏模量提高了 1.4 倍，剪切强度提高了 3 倍。

行业现状：复合气凝胶在需要高机械强度、低介电常数和/或热导率和/或高温稳定性的应用中具有巨大的潜力。研究团队将该材料用玻璃纤维增强后，应用于消防领域的耐高温无人机，也可用于宇航服、航天器的绝缘。

应用场景：聚酰亚胺和二氧化硅组成的复合气凝胶不仅具有轻质超低密度、高比表面积、低导热系数以及低介电常数等突出特点，而且具有隔热、阻燃、防水等方面的优异性能，在汽车制造中有多种潜在应用领域，如用于制备汽车零部件（发动机盖、车门、后备箱等），以提高汽车的隔热性能，降低车内温度，提高乘坐舒适度。此外，由于该复合材料具有阻燃性能，还可以用于汽车内饰材料的制造，以提高汽车的安全性能。

中国科学院化学研究所对该复合材料的制备及性能进行了深入研究，苏州纳米技术与纳米仿生研究所在聚酰亚胺气凝胶纤维的研究中也取得了一定的进展，企业可联合相关机构开展该复合材料预研。