

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

*B29C 51/10 (2006.01)*

*B29C 51/14 (2006.01)*

*B29C 51/42 (2006.01)*

专利号 ZL 200510021884.X

[45] 授权公告日 2009年8月26日

[11] 授权公告号 CN 100532069C

[22] 申请日 2005.10.18

[21] 申请号 200510021884.X

[73] 专利权人 成都飞机工业(集团)有限责任公司  
地址 620092 四川省成都市青羊区黄田坝

[72] 发明人 何 凯 罗 辑 赵宝福

[56] 参考文献

CN1606935A 2005.4.20

EP1236561A1 2002.9.4

US5443884A 1995.8.22

JP2293119A 1990.12.4

审查员 崔 震

[74] 专利代理机构 成飞(集团)公司专利中心  
代理人 郭纯武

权利要求书1页 说明书4页

[54] 发明名称

PMI 泡沫夹层结构的热成型方法

[57] 摘要

本发明公开了一种 PMI 泡沫夹层结构的热成型方法。该方法主要包括采用真空袋/烘箱或真空袋/热压罐成型技术,在 PMI 泡沫板表面放透气毡、制真空袋,加温到 PMI 成型软化温度,根据泡沫厚度保温 30~60 分钟,保温抽全真空、对厚度大的加外压 0.3MPa 以下至少 15 分钟后保压降温、脱模取件。本发明将 PMI 泡沫板密封于真空袋加温到 170~210℃进行成型前软化,恰到好处地避开了聚酯酰亚胺 PMT 泡沫塑料温度过高易分解,温度过低不软化的缺陷。它不仅避免了只能用国外高昂设备才能成形产品的依赖,而且简化了工艺,加快了产品的成形进程,缩短了生产周期,降低了成本,同时也克服了 PMI 泡沫只能热成型曲度很小的产品的定式偏见。

1. 一种 PMI 泡沫夹层结构的热成型方法, 包括下列步骤:

(1). 将 PMI 泡沫板放在曲面成型模上, 表面放透气毡, 密封于真空袋中, 然后放入烘箱或热压罐, 加温到 170~210℃进行成型前软化;

(2). 根据泡沫厚度保温 15 分钟以上, 同时抽真空或加压成形, 待成型之后脱模取件, 对厚度大的加外压 0.3MPa 以下至少 15 分钟后保压降温;

(3). 将表面处理好的金属板或复合材料面板与成型好的 PMI 泡沫放入金属或非金属带曲率型腔的工装或胶接工装, 再用胶膜或胶粘剂铺叠完成胶接;

(4). 用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入热压罐或用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入烘箱进行固化成型。

2. 根据权利要求 1 所述的热成型方法, 其特征在于, 所述 PMI 泡沫板在烘箱或热压罐中进行的加温软化温度是 190℃~205℃。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于放入环氧树脂胶膜或胶接工装进行胶接的 PMI 泡沫可以是多层铺叠完成复合材料面板或金属面板与 PMI 泡沫板内侧界面的胶接, 再用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入热压罐或真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入烘箱进行共固化成型。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于所述根据泡沫厚度保温时间由经验公式:  $t \geq 15 + \delta$  (式中  $t$ : 保温分钟数,  $\delta$  为泡沫厚度, 单位: mm) 经验确定。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于胶膜是环氧树脂胶膜。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于对于超大型的夹芯 PMI 泡沫通过拼接胶接加压成形。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于所述的复合材料是玻璃钢材料。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的热成型方法, 其特征在于所述的复合材料是玻璃纤维织物与不饱和聚酯或环氧树脂复合材料的混杂。

## PMI 泡沫夹层结构的热成型方法

### 技术领域

本发明涉及一种 PMI 泡沫夹层结构的热成型方法，尤其是用 PMI 泡沫夹层结构减轻高速列车、飞行器重量，降低行驶噪音，提高金属面板或复合材料面板泡沫夹层构件的夹层强度和耐热温度的热成型工艺方法。

### 背景技术

公知技术中，为加强高速车辆、飞行器金属面板夹层构件的刚度、强度，减轻重量，降低噪音，通常都要对它采用金属或非金属蜂窝夹层结构。纸蜂窝夹层结构虽然具有较好的曲面加工性能，但它的强度、刚度、耐热性、隔音和阻燃性不如近年广泛采用在飞机、高速磁浮列车的面板-夹心泡沫塑料。而目前普遍使用的 PF、PU 泡沫塑料芯材仍存在低强度、脆性的不足。随着技术的发展，高强度、高韧性、高刚度、耐燃且可以加热或机械加工成异型面的聚醚酰亚胺 PEI 或聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料作为夹心材料的夹层结构应运而生。该聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料（以下简称 PMI 泡沫）是目前强度和刚度最高的耐热泡沫塑料，它在高温下具有很高的抗蠕变性能，能够承受 190℃ 的共固化工艺对泡沫尺寸稳定性的要求，与树脂之间具有良好的粘接性和各向同性，而且容易加工成型各种复杂的形状，且不含氟里昂，防火性能能达到 FAR25.8 和 AITM 等标准，是可以取代蜂窝结构的新型芯材。其综合性能十分突出，应用价值极高。但是聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料作为一种热固性高分子材料，本身不溶不熔，即使在任何高温下也不能融化，也不溶解于任何溶剂中，几乎没有软化的可能。从而使得聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料形成了只能热成型曲度很小的产品的定式偏见。在胶接方面，还存在泡沫夹层与金属内侧接触界面胶接强度，复合后气泡如何顺利排除的问题。为了解决聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料存在的上述问题，目前能制造高速磁悬浮车辆的日本东日本铁路公司、加拿大的 Bombardier（庞巴迪公司）和德国的 Adtranz 公司对涉及机头、裙板、车顶板、地板、侧墙板的制造采用

了比较先进的真空热成型技术、真空袋/热压罐固化技术、真空辅助注射技术、整体缠绕技术、树脂传递模塑（RTM）技术。这些技术都是采用泡沫软化的条件下，利用真空吸塑成型专用设备成形产品和高温高压的粘接技术。成形的设备十分的高昂，而且复杂，工艺条件要求也极高。我国在 PEI 和 PMI 泡沫塑料的研制还处于摸索研究的初级阶段，还没有一个能够满足涉及金属面板或复合材料面板与 PMI 泡沫夹层结构结合的成熟制造工艺和有关泡沫与金属胶接技术的方法的尤其是超大型（尺寸达到 5m×4m）的文献报道和应用事例。

### 发明内容：

本发明的目的是提供一种设备简单，价格低廉，工艺条件要求不高，能够热成型一定曲度型面，无气泡胶接的金属面板或复合材料面板与 PMI 泡沫夹层结构结合的热成型方法。

本发明提供的一种 PMI 泡沫夹层结构的热成型方法，包括下列步骤：

- (1) . 将 PMI 泡沫板放在曲面成型模上，表面放透气毡，密封于真空袋中，然后放入烘箱或热压罐，加温到 170~210℃进行成型前软化；
- (2) . 根据泡沫厚度保温 15 分钟以上，同时抽真空或加压成形，待成型之后脱模取件，对厚度大的加外压 0.3MPa 以下至少 15 分钟后保压降温；
- (3) . 将表面处理好的金属板或复合材料面板与成型好的 PMI 泡沫放入金属或非金属带曲率型腔的工装或胶接工装，再用胶膜或胶粘剂铺叠完成胶接；
- (4) . 用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入热压罐或用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入烘箱进行固化成型。

本发明所放入环氧树脂胶膜或胶接工装进行胶接的 PMI 泡沫可以是多层铺叠完成复合材料面板或金属面板与 PMI 泡沫板内侧界面的胶接，再用真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入热压罐或真空袋将铺叠完成胶接的 PMI 泡沫板密封放入烘箱进行共固化成型。

本发明所述根据泡沫厚度保温时间最好由经验公式： $t \geq 15 + \delta$ （式中 t：保温分钟数， $\delta$  为泡沫厚度，单位：mm）经验确定。

本发明所述的胶膜可以是环氧树脂胶膜。

本发明对于超大型的夹芯 PMI 泡沫还可以通过拼接胶接加压成形。

本发明所述的复合材料可以是玻璃纤维织物/不饱和聚酯或环氧树脂复合材料混杂，也可以是玻璃钢材料。

本发明相比于现有技术具有如下积极效果。

本发明采用烘箱或热压罐现有技术设备，将 PMI 泡沫板密封于真空袋加温到 170~210℃进行成型前软化，尤其是 190℃~205℃软化温度，恰到好处地避开了聚酯酰亚胺 PMI 泡沫塑料温度过高易分解，温度过低不软化的缺陷。它不仅避免了只能用国外高昂设备才能成形产品的依赖，而且简化了工艺，加快了产品的成形进程，缩短了生产周期，降低了成本，同时也克服了 PMI 泡沫只能热成型曲度很小的产品的定式偏见。其中将 PMI 泡沫放入曲面成型模加压成形的工艺步骤解决了较复杂型面的成形。用胶膜铺叠完成胶接的方法解决了金属面板与 PMI 泡沫板内侧界面用粘胶剂胶接需排除气泡的问题，胶接界面平整可靠，强度高。超大型的夹芯 PMI 泡沫通过拼接胶接加压成形方法在国内率先解决了超大型复杂型面、高强度、高刚度、耐高温、隔音好的磁浮车辆车体壁板的制造。

### 具体实施方式

下面结合实施例对本发明作进一步的描述。

首先把 PMI 泡沫板放入模具，表面放透气毡，密封在真空袋中，然后把 PMI 泡沫板放入烘箱或热压罐进行加温，加温至 170~210℃使其软化后，软化的最佳温度为 190℃~205℃，根据泡沫厚度保温时间的经验公式： $t \geq 15 + \delta$ （ $t$ ：保温分钟数， $\delta$  泡沫厚度（单位：mm））计算并凭借工作经验确定保温的时间，对 20mm~40mm 厚度的 PMI 泡沫板保温的时间通常在 30~60 分钟左右，同时对软化后的 PMI 泡沫板抽真空或加压，待成形之后脱模取出。对厚度大的 PMI 泡沫板可加外压 0.3MPa 以下至少 15 分钟后保压降温。然后在将氧化好的有色金属板或铝合金面板，或复合材料板与成型好的 PMI 泡沫放入金属或非金属有曲率型腔的工装或胶接工装，再用胶膜或胶粘剂铺叠进行胶接。最后用真空袋/热压罐或真空袋/烘箱进行固化成。共固化胶接技术可借用复合材料的固化方法和使

胶接工装。

放入胶模或胶接工装进行胶接的 PMI 泡沫可以是采用多层铺叠，在金属面板与 PMI 泡沫板内侧界面按技术要求进行胶接之后，再用真空袋/热压罐或真空袋/烘箱进行共固化成型。所述的胶膜可以是环氧树脂胶膜。由于目前的 PMI 泡沫板的规格只有  $1.25\text{m} \times 2.5\text{m}$ 。对于超大型的夹芯 PMI 泡沫，比如高速磁悬浮车辆最大尺寸约为  $12.2\text{m} \times 2.6\text{m}$ ，曲率最大的车厢顶板；最长约  $25\text{m}$ ，宽约  $0.8\text{m}$  的侧壁板；形状为  $R6.0\text{m}$  的柱体，可以通过对接拼接胶接真空或加压成形。

综上所述，PMI 泡沫的热成型是采用真空袋/烘箱或真空袋/热压罐成型技术，在 PMI 泡沫板表面放透气毡、制真空袋，加温到 PMI 成型软化温度（ $200 \sim 210^\circ\text{C}$ ），根据泡沫厚度保温  $30 \sim 60$  分钟，保温抽全真空、对厚度大的加外压  $0.3\text{MPa}$  以下至少 15 分钟后保压降温、脱模取件。

复合材料面板与 PMI 泡沫夹层复合结构的胶接可以采用复合材料共固化技术，使用胶接工装、将铺叠的复合材料面板与成型好的 PMI 泡沫、环氧树脂复合胶膜或胶粘剂以及其它复合结构如嵌件铺叠完成，真空袋/热压罐或真空袋/烘箱固化成型。