

# 热熔自攻螺纹连接技术及应用

张立旺<sup>1</sup>, 陈猛<sup>2</sup>, 郭浩<sup>1</sup>, 郭洪达<sup>3</sup>, 王鹏雨<sup>1</sup>

1. 北京新能源汽车股份有限公司 北京 100176

2. 北京汽车技师学院 北京 102606

3. 北京汽车股份有限公司 北京 101100

**摘要:** 介绍了热熔自攻螺纹的背景和现状, 对热熔自攻螺纹连接技术的原理、优点、缺点等方面进行了阐述, 通过在实车上的验证进行经验总结和技术积累。热熔自攻螺纹连接技是一种通过设备中心拧紧轴将电机的高速旋转传导至待连接板料, 摩擦生热产生塑性形变后, 自攻螺纹并螺接的冷成形工艺。

**关键词:** 车身轻量化; 热熔自攻螺纹; 铝材连接技术

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.004

随着技术的发展, 汽车车身轻量化逐步兴起, 其目的是在确保稳定提升性能的基础上, 节能化设计各总成零部件, 持续优化车型, 达到白车身“瘦身”。

白车身轻量化最主要的表现是铝材的大量使用, 尤其是压铸铝和挤压铝在功能、结构上的高度集成, 但随之产生的问题是铝材之间的连接困难。车身新材料的应用导致传统的连接方式面临挑战, 为了满足异种材料之间的连接、高度集成的腔体类材料的连接, 热熔自攻螺纹连接技术应势而生。

在汽车行业, 越来越多的汽车公司开始应用钢铝混合车身挂架结构, 使用铝型材、铝冲压件、铝压铸件以及碳纤维等工程塑料和复合材料类部件, 结合各种超高强度钢板, 替代传统钢板构件或组件, 实现车身框架的轻量化和高强度。

铝材连接的主要方式有传统的机械紧固、自冲铆接SPR和电阻点焊。SPR是一种稳健的工艺, 但由于需要很多的铆钉-铆模组合, 生产费用高, 且管理容易出现混乱; 铝点焊技术因技术瓶颈导致无法推广, 且不能连接异种材料。热熔自攻螺纹连接技术的产生, 能满足异种材料之间得连接, 且钉的种类少、管理方便, 同时非常适用于腔体类零部件的连接, 连接强度高。本文根据其特性, 结合实践经验进行热熔自攻螺纹连接技术浅谈。

## 热融自攻螺纹连接技术介绍

### 1. 热融自攻螺纹连接技术原理

FDS工艺通过螺钉的高速旋转软化待连接板材, 并

在巨大的轴向压力作用下挤压并旋入待连接板材，最终在板材与螺钉之间形成螺纹连接，而中心孔处的母材则被挤出并在下层板的底部形成一个环状的流体套管。FDS连接工艺过程包括六个阶段：旋转（加热）→穿透→通孔→攻螺纹→拧螺钉→紧固（见图1）。

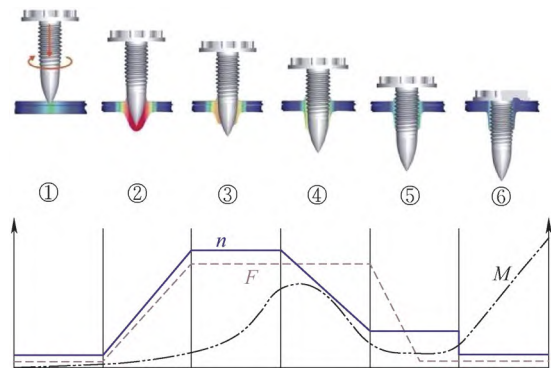


图1 FDS工艺过程

- (1) 加热 流钻螺钉低速、低压与板件表面接触。
- (2) 穿透 板件在流钻螺钉的高转速高压作用下产生塑性变形。
- (3) 通孔 流钻螺钉在板件上钻出柱型通孔（Weber称为“流Flow”中期）。
- (4) 攻螺纹 板件被流钻螺钉钻破，转速及压力降低，使流钻螺钉可以在孔内自攻螺纹（Weber称为“流Flow”后期）。
- (5) 拧螺钉 正常螺钉拧紧过程。
- (6) 紧固 板件冷却并与流钻螺钉紧密贴合，形成一个气密性和水密性极高的连接。

热熔自攻螺纹连接技术优缺点

热熔自攻螺纹连接工艺优点：

- 1) 单面连接工艺。
- 2) 可以连接异种材质。
- 3) 因大的螺纹接触面而产生大的旋转扭矩。
- 4) 动态承载性好。
- 5) 攻螺纹的螺纹可以重复旋紧。

热熔自攻螺纹连接工艺缺点：

- 1) 连接点处需要高的刚性支撑。
- 2) 设备系统成本远高于电阻点焊。
- 3) 工艺完成后铆钉正面有较大凸起，背面有钉体透出。

4) 需要预留较大的进枪空间。

热融自攻螺纹连接工艺要求、选型及应用

1.FDS工艺组成

FDS连接工艺主要依靠以下几个部分实现连接功能，保证连接强度：

1) FDS设备：流钻枪及其附带系统（见图2）。

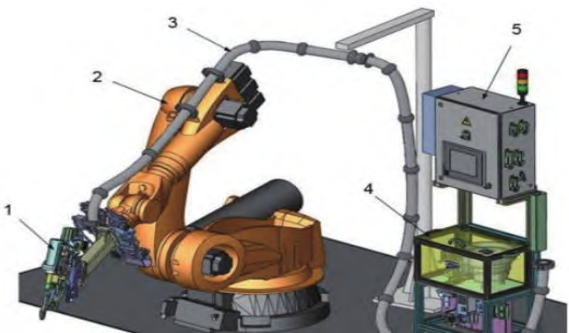


图2 流钻枪设备

1—螺栓拧紧设备 2—机器人 3—送钉管束 4—送料器 5—控制器

- 2) FDS钉：铆钉的规格型号。
- 3) 设备参数。

根据设备品牌的区分，目前市场上最常用的设备厂家为WEBER（巍博）和DEPRAG（德派）。二者的最大区别是流钻枪本体尺寸的区别，其送钉系统均为气动式。

目前FDS钉主要有两个品牌，分别是ARNOLD和EJOT，均是M5，长度分别为22mm和24mm，二者的区别在于钉体前部设计不同。但对于FDS的返修钉，只有ARNOLD一家独有，是一种M6×20mm的FDS钉。

2.FDS连接工艺的设计要求

FDS工艺在连接时，会分成两种情况，一种是板材没有预开孔，另一种是上层板或者上层板和中层板进行预开孔，如图3所示。

(1) 顶层没有预制孔 底层孔仅为铝型材时，顶层为薄件，底层为厚件，并且FDS方向由薄到厚。总体板厚（顶层厚度 $t_1$ +底层厚度 $t_2$ ），最小厚度3.3mm，最大厚度6.0mm（见图4）。两层板连接时，总体厚度≤6mm的情况下仅能选用头部切削FDS钉。

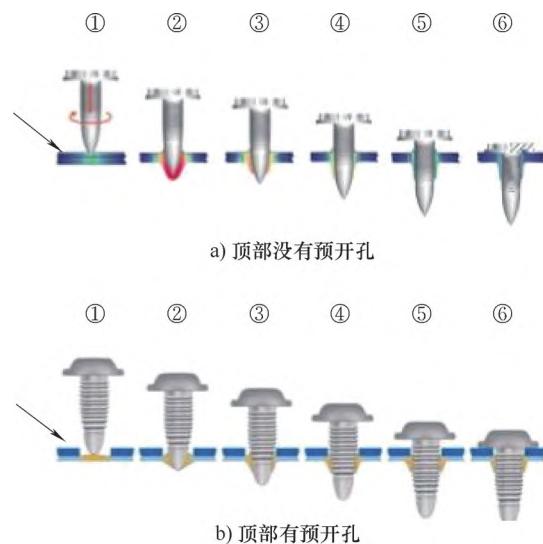


图3 FDS连接板材情况

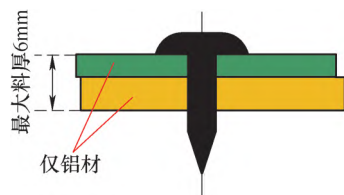


图4 顶层没有预制孔

板材厚度：

1) 顶层厚度： $t_1 \leq 1.8\text{mm}$  或  $t_1 \leq 2.0\text{mm}$ 。顶层如果是铝板， $t_1 \leq 2.0\text{mm}$ ，如果是压铸或者挤压， $t_1 \leq 1.8\text{mm}$ 。

2) 底层厚度： $2.0\text{mm} \leq t_2 \leq 4.0\text{mm}$ 。

顶层与底层材料的最大抗拉强度 $R_m$ ：

1) (上) 铝进 (下) 铝： $R_m \leq 500\text{MPa}$ ，取决于板材厚度。

2) (上) 钢进 (下) 铝： $t_1 R_m \leq 560\text{MPa}$ 。

以上仅适合两层孔，三层孔需要在顶层开预制孔，铝板与钢板之间必须增加胶，以预防电化学腐蚀。

(2) 顶部有预制孔  $t_1 \leq 3.0\text{mm}$ ， $1.5\text{mm} \leq t_2 \leq 4.0\text{mm}$ ；最大厚度为7mm (见图5)。

(3) 三层板连接 头部削切或者不削切的FDS钉都能满足要求。三层板总厚度 $\leq 7\text{mm}$ ：顶层如果是铝板， $t_1 \leq 2\text{mm}$ ，如果是压铸或者挤压， $t_1 \leq 1.8\text{mm}$ ， $1.5\text{mm} \leq t_2 \leq 4.0\text{mm}$ ；

(4) 预制孔尺寸 对于两层板，上板预制孔尺寸

为7mm；对于三层板，上板预制孔径为7mm，如果中板需要开过孔，过孔尺寸为10mm (见图7)。

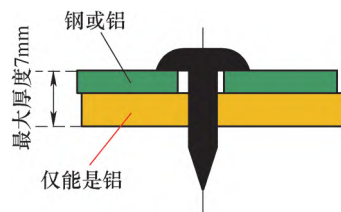


图5 顶部有预制孔

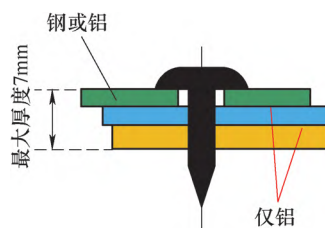


图6 三层板连接中板不开孔

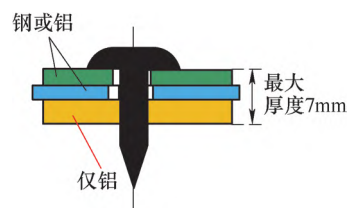


图7 三层板连接中板开孔

## 结论

在轻量化车身逐步替代传统车身的潮流下，热熔自攻螺纹连接技术会愈渐成熟，也会更广泛地应用，替代传统连接工艺在轻量化车身的连接地位。除此之外，随着新型材料的发展，新的连接技术也会随着科技的进步而出现在各行各业，需要投入更多的精力去学习、掌握。

## 参考文献：

- [1] 鲍立，王楠，张驰.FDS连接工艺在车身轻量化中的应用研究[J].汽车与配件，2018 (2)：66-69.
- [2] 王云庆.汽车车身轻量化用锁铆连接工艺及设备[J].汽车工艺与材料，2012 (1)：22-26. **AUTO1950**