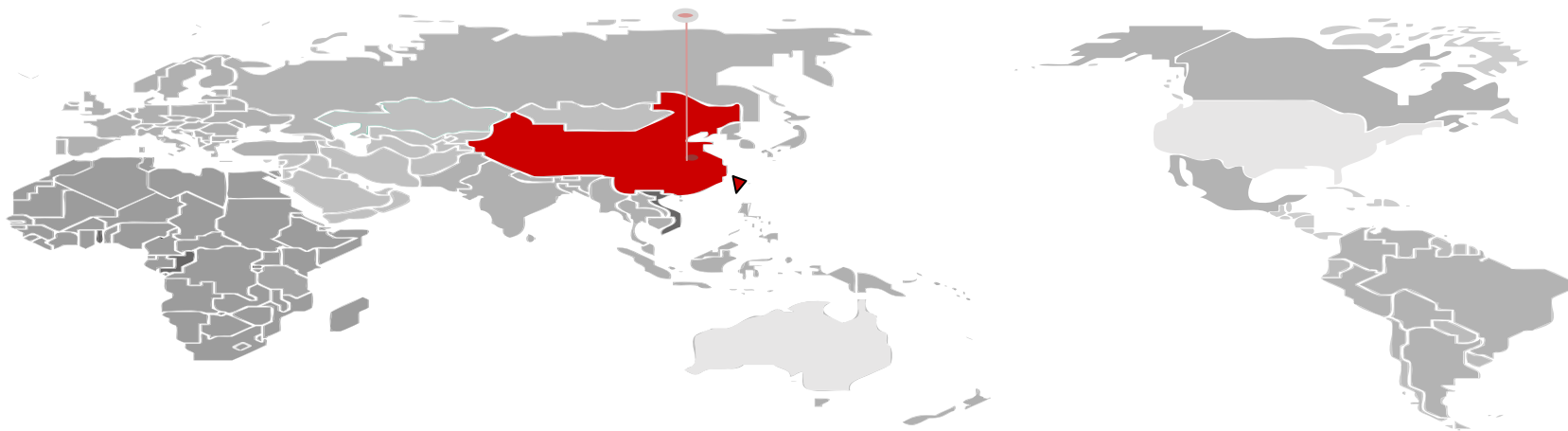


轻量化车身连接工艺设计



江淮汽车集团股份有限公司

目 录

一、轻量化车身发展趋势

二、SPR工艺设计原则

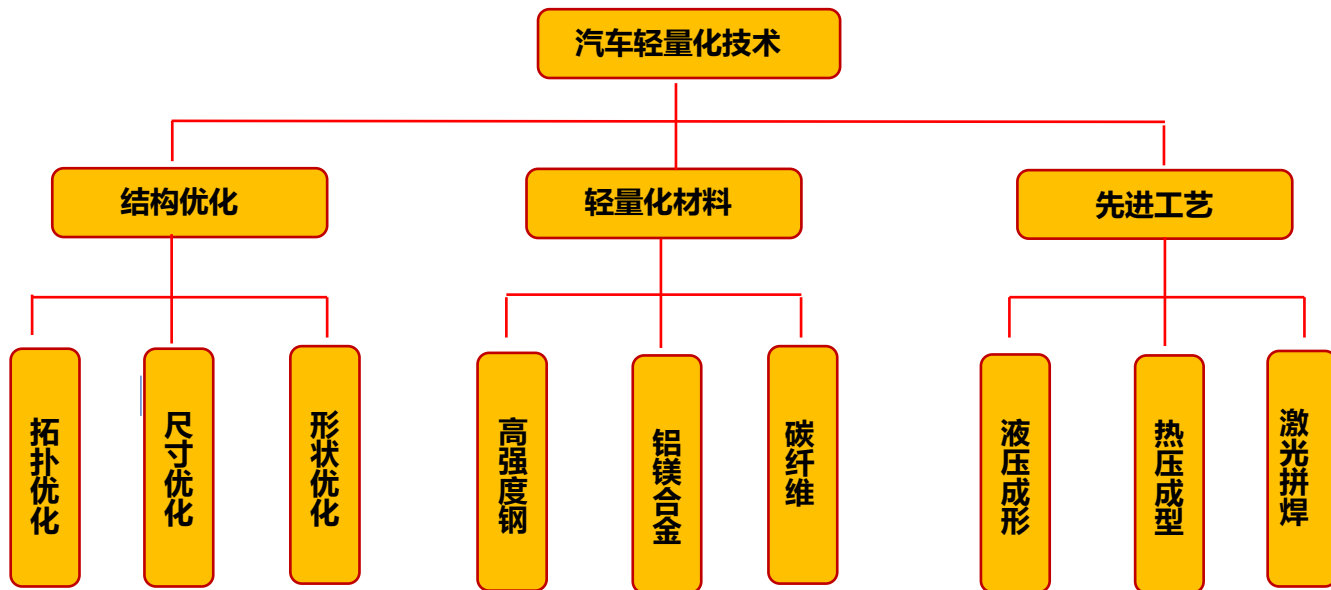
三、FDS工艺设计原则

四、点焊工艺设计原则

一、轻量化车身发展趋势

1、轻量化途径

汽车轻量化是汽车行业发展方向之一，特别是对于时下发展迅速的新能源汽车而言，重量的减轻直接意味着续航里程的增加。实现汽车轻量化的主要途径有三种：**一是使用轻量化材料；二是优化结构设计；三是采用先进的制造工艺。**



一、轻量化车身发展趋势

2、轻量化材料应用

车身轻量化并非是简单地将汽车重量减轻，而是在保证车身的强度和安全性能的前提下，尽可能地降低汽车车身质量，同时要保证汽车车身的制造成本在合理范围内。

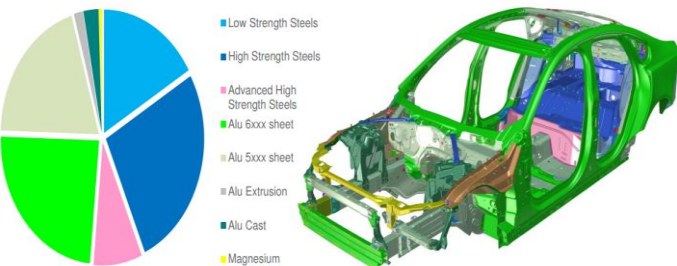
轻量化材料	密度g/cm ³	成本	减重效果	技术成熟度
高强度钢	7.8	5.5-7.0	15%-25%	★★★★★
铝合金	2.7	15-20	30%-40%	★★★
镁合金	1.7	25-30	40%-50%	★★
复合材料	1.5-3.0	120-180	40%-60%	★

一、轻量化车身发展趋势

2、轻量化材料应用

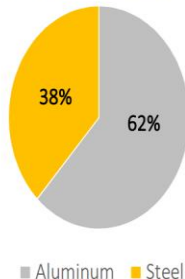
- 铝合金密度低，比强度、比刚度高，耐腐蚀性好，是汽车轻量化的理想材料；
- 高强钢延展性好，屈服强度高，同时重量较轻，实现轻量化的同时，还兼具提升安全性的作用；
- 钢铝混合是同时考虑减重、性能和成本的轻量化车身最优技术路线。

Jaguar XF 钢铝混合车型

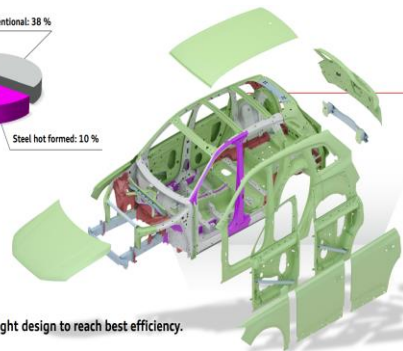
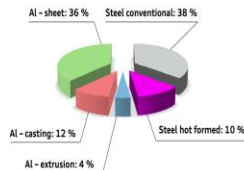


Cadillac CT6 钢铝混合车型

Mixed Material Construction



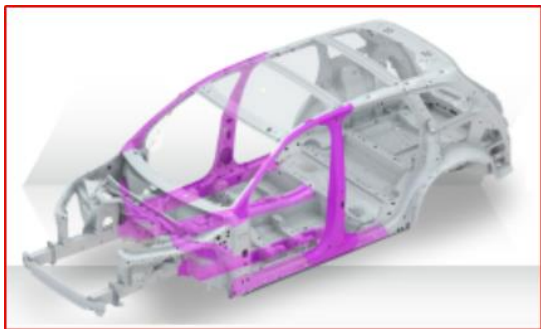
Audi Q7 钢铝混合车型



Part based lightweight design to reach best efficiency.

一、轻量化车身发展趋势

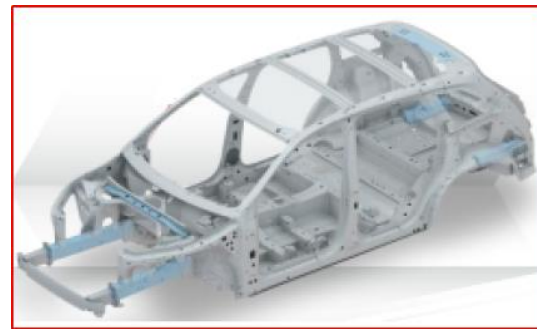
2、轻量化材料应用



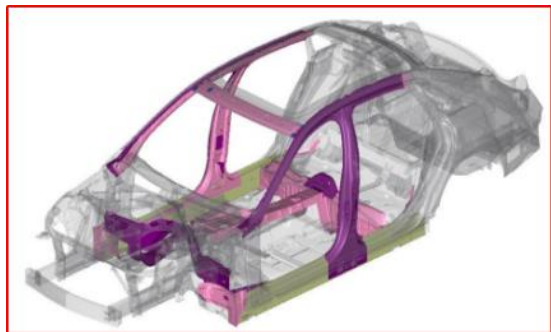
Q7高强度钢应用



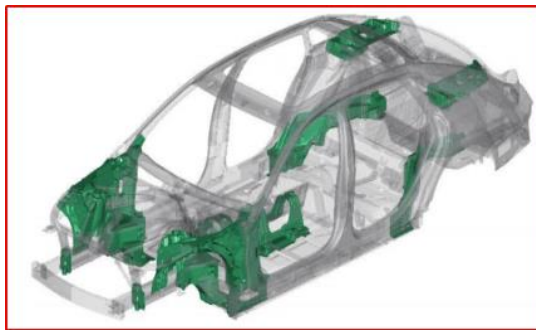
Q7铝铸件应用



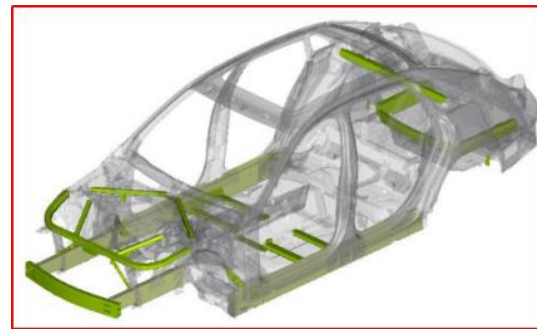
Q7铝型材应用



CT6高强度钢应用








CT6铝铸件应用



CT6铝型材应用

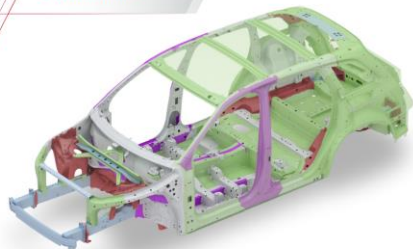
一、轻量化车身发展趋势

3、轻量化车身连接工艺应用







-  Clinging
(175 pcs.)
-  FDS
(604 pcs.)
-  FEW
(105 pcs.)
-  SSR
(277 pcs.)
-  SPR
(2578 pcs.)
-  SW
(2911 pcs.)

First to market in a series production line

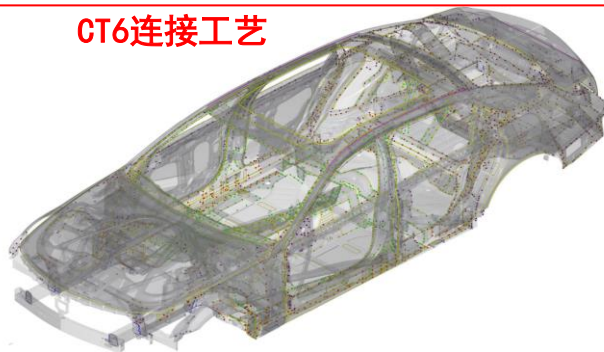
Q7连接工艺







6 hot and 6 cold joining technologies for the cell

-  Laser (Al)
(6.1 m)
-  Laser (St)
(3.1 m)
-  MIG
(3.8 m)
-  MAG
(3.3 m)
-  Hemming
(28.5 m)
-  Adhesives
(200 m)

CT6连接工艺



-  Steel Spot Welding
1624 Spots
-  Steel Arc Braze
0.5 Meters
-  Aluminum Spot Welding
18215 Spots
-  Aluminum Arc Welding
9.2 Meters

-  Flow Form Screws
745 Screws
-  Self Pierce Rivets
357 Rivets
-  Aluminum Laser Welding
7.4 Meters
-  Structural Adhesive
293 Meters



XF连接工艺



Joining Technique	Number of Joints or Length of Seams
Spot Welds (Steel)	1,043
Stud Welds (Steel)	63
Self Piercing Rivet	2,794
Full Rivet	56
Hemming Connections	20,046 mm
Screw/Nut	10
Insert Nut/Stud	92
Laser Brazing (Steel)	1,010 mm
Adhesives	181,092 mm

一、轻量化车身发展趋势

3、轻量化车身连接工艺应用

- 钢铝混合车型全铝部分主要以SPR/FDS/铝点焊为主，钢制部分以钢点焊为主，钢铝混合连接以SPR/FDS为主
- SPR和点焊使用占比和范围最广泛，FDS主要用于铸件和挤压件区域
- 根据结构需要，辅助使用LW、clinching、hemming等工艺
- 钢铝混合车型使用大量结构胶加强车体强度

连接工艺	Audi Q7	Cadillac CT6	Jaguar XF
SPR	2578	357	2794
FDS	604	745	/
SWD(St)	2911	1624	1043
SWD(Al)	/	1821	/
Adhesive (m)	200	293	181

一、轻量化车身发展趋势

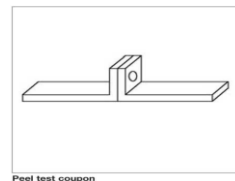
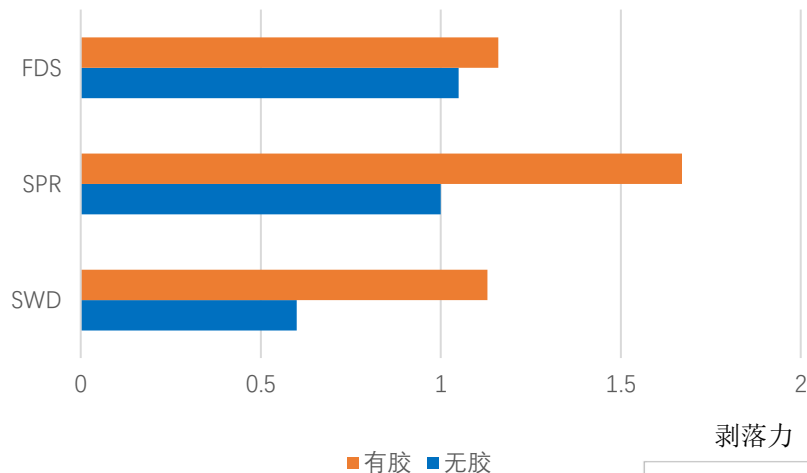
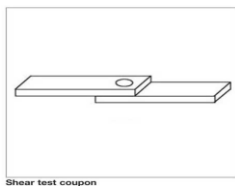
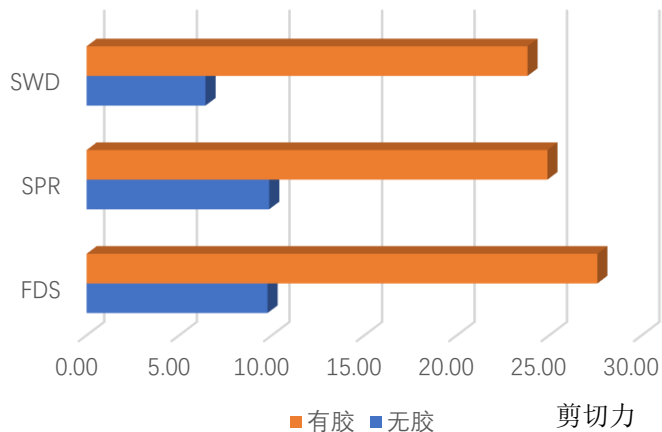
4、各连接工艺基础信息对比

工艺	水/电/气	设备成本	单点成本	维护成本	连接稳定性	静载荷	动载荷	疲劳强度	作业面	节拍S	穿透	多材质	适用范围	连接表面	飞溅	工作环境
钢点焊	水/电/气	低	低	低	高	中	低	中	双	2	否	否	4层以下	双面微凹	有	烟尘
铝点焊	水/电/气	中	中	中	中	中	低	中	双	2	否	否	3层以下	双面微凹	有	烟尘
SPR	电/气	高	高	中	高	高	高	高	双	3~4	否	是	4层以下	单侧突起	无	/
FDS	电/气	高	高	中	中	高	中	中	单	3~6	是	是	4层以下	双侧突出	无	噪音

一、轻量化车身发展趋势

5、各连接工艺力学性能对比

- SPR剪切力无胶时与FDS相当，优于铝点焊，有胶时剪切力提升较大，三者相差不大。
- SPR剥落力无胶时与FDS相当，优于铝点焊，加胶对FDS/SWD剥落力提升效果有限，但对SPR剥落力提升较大。



目 录

一、轻量化车身发展趋势

二、SPR工艺设计原则

三、FDS工艺设计原则

四、点焊工艺设计原则

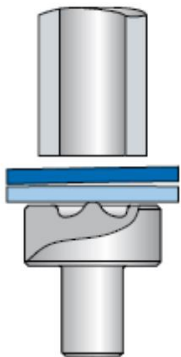
二、SPR工艺设计原则

1、铆接工艺原理

SPR即自冲铆，是通过伺服电机/液压机构提供动力将铆钉压入待铆接板材，板材在铆钉的压力作用下和铆钉发生塑性变形，成型后充盈于铆模之中，从而形成稳定连接的一种全新的板材连接技术。SPR工艺流程分为六个阶段。

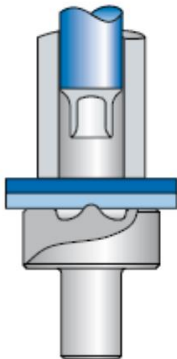
Positioning

定位



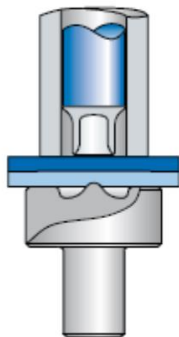
Holding

预压



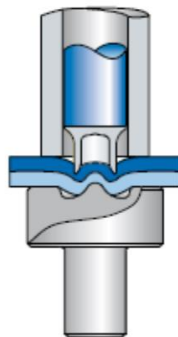
Piercing

夹紧



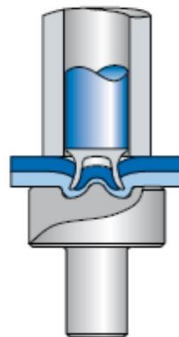
Stamping

冲裁



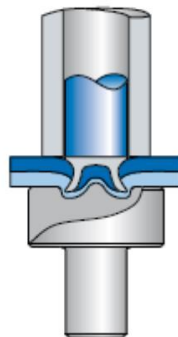
Forming

穿刺



Setting

成形



二、SPR工艺设计原则

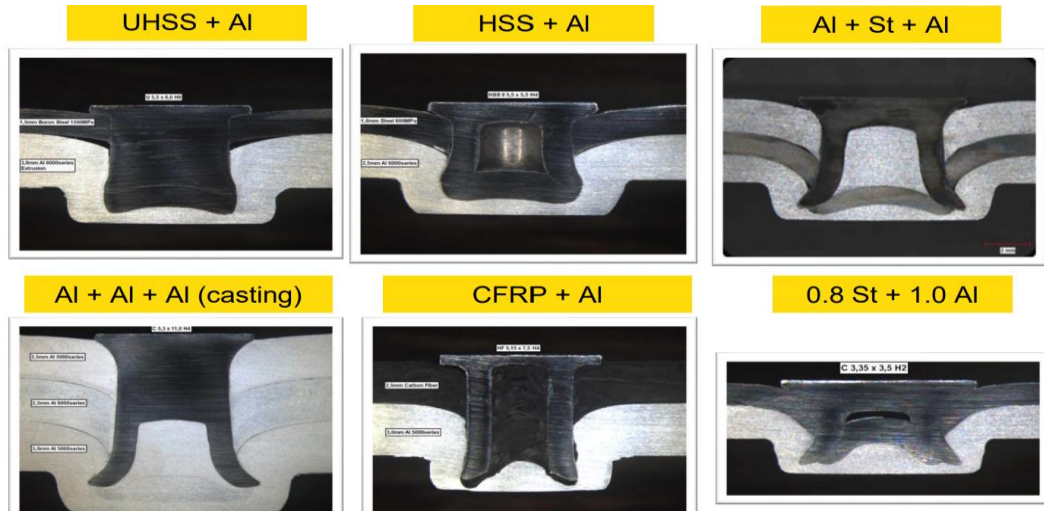
2、铆接工艺优势

工艺优势

- 可实现铝-铝、铝-钢及非金属材料的连接
- 可实现最大14mm以内的板件铆接
- 冷连接，无热变形，双面接触式连接
- 动态疲劳强度高于电阻焊

应用场合

- 全铝车身和钢铝车身大部分场合均可应用



二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.1 板厚要求

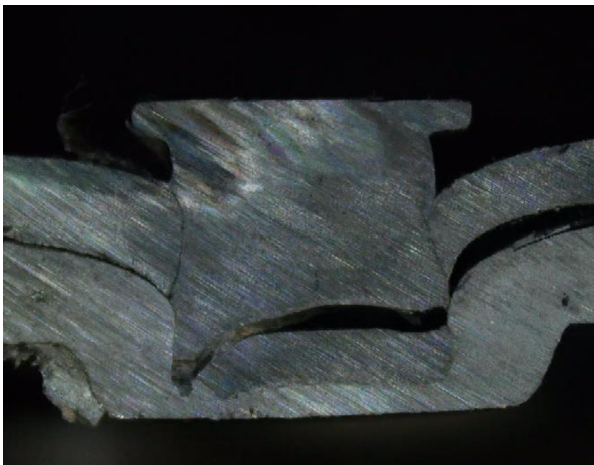
- 全铝搭接底层板最薄厚度1.2mm以上
- 钢铝搭接底层板最薄厚度1.0mm以上

二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.2 板材强度要求

- 顶层板最大强度不超过1600Mpa，底层板最大强度不超过600Mpa；
- 设计时尽量将强度大的板件放置在上层，强度小的板件放置在下层。

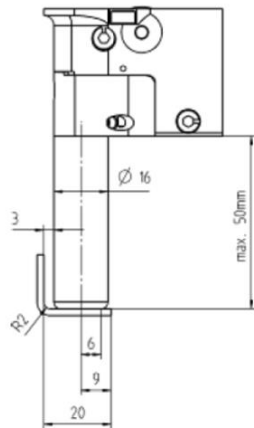


二、SPR工艺设计原则

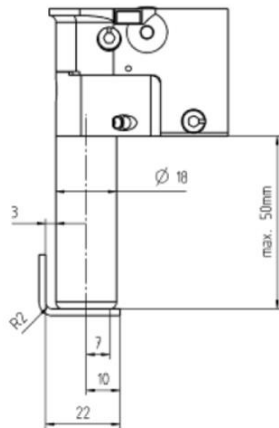
3、SPR工艺设计原则

3.3 零件尺寸要求

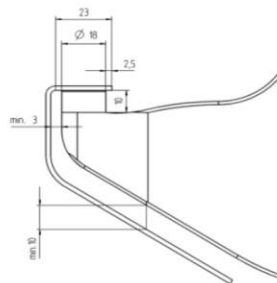
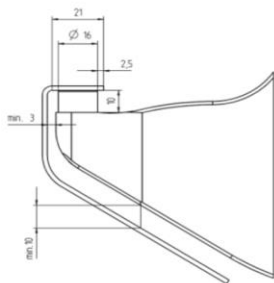
- $\varnothing 3\text{mm}$ 铆钉一般要求翻边长度20mm以上
- $\varnothing 5\text{mm}$ 铆钉一般要求翻边长度22mm以上
- 含有脆性材料的要求翻边长度25mm以上，边距推荐大于15mm，最小不少于11mm
- 铆点之间的间距18mm以上，推荐30mm
- 铆模/铆鼻与翻边预留3mm以上间距
- 一般预留10mm以上的退枪距离



Rivet D=3.3



Rivet D=5.3



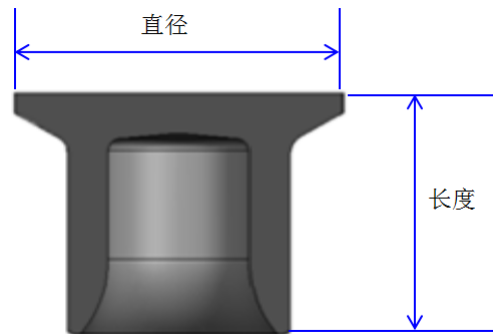
二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.4 铆钉尺寸要求

直径选择

- 总板厚 < 4mm，选用直径 $\varnothing 3\text{mm}$ 铆钉
- 总板厚 $\geq 4\text{mm}$ ，选用直径 $\varnothing 5\text{mm}$ 铆钉



二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.5 铆钉硬度选择

- 铆钉硬度越高，互锁值越小，剩余最小材料厚度越小；
- 材料力学性能较低时，硬度高的钉子容易刺穿底模；材料力学性能较强时，硬度低的钉子容易造成钉脚屈服。

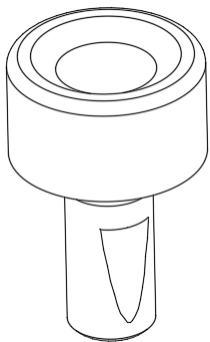
序号	铆钉硬度	硬度值	备注
1	H0	280Hv	
2	H2	410Hv	薄板搭接优选
3	H4	480Hv	常规板厚优选
4	H5	510Hv	
5	H6	555Hv	高强钢优选

二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.6 铆模型号选择

- 铆模深度增加，铆接压力增加，互锁值下降；
- 铆模直径增加，铆接压力下降，最小剩余厚度增加；
- 铝铸件适用于直径大深度浅的铆模，直径小深度深的铆模容易底模开裂。



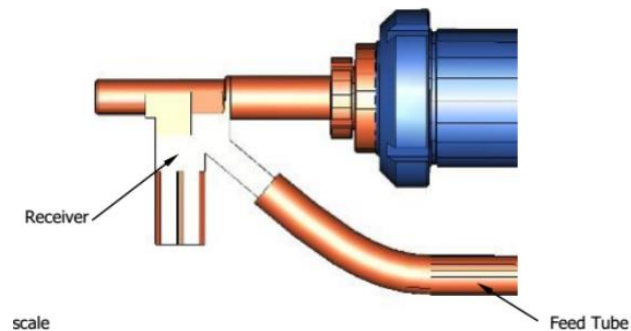
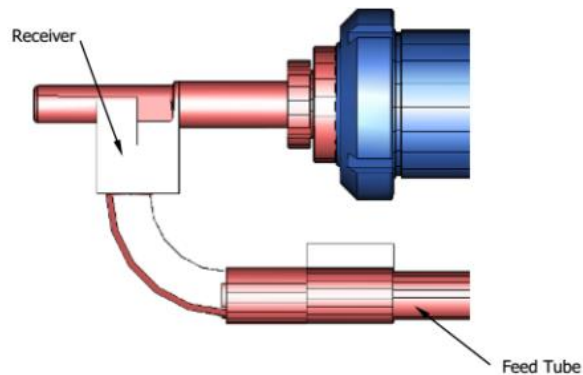
序号	铆模型号	图片	功能
1	D	 D - Typ	主要用于铝和钢的铆接
2	F	 F - Typ	主要用于铝和钢的铆接
3	G	 G - Typ	用于底层是铸件的铆接
4	FB	 FB - Typ	用于大于9mm铆钉的三层铆接
5	K	 K - Typ	主要用于底层较脆的铆接

二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.7 送钉系统要求

- 送钉管分T型管和圆形管
- T型管主要适用钉长范围3.5~8mm
- 圆型管主要适用钉长范围7.5~12mm

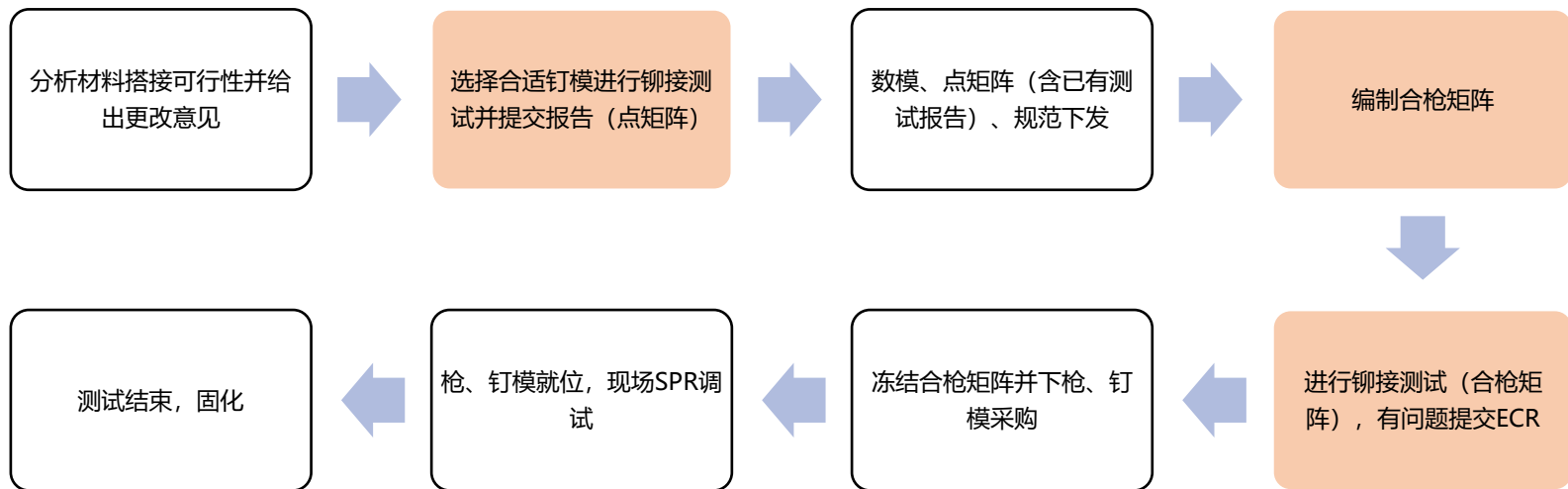


二、SPR工艺设计原则

3、SPR工艺设计原则

3.8 合枪流程

- 总厚度相同或相差不大的优先合枪；
- 底层板硬度相当的优先合枪；
- 底层板延展率相当的集中合枪，如铸件或挤压件或7系铝材。



目 录

一、轻量化车身发展趋势

二、SPR工艺设计原则

三、FDS工艺设计原则

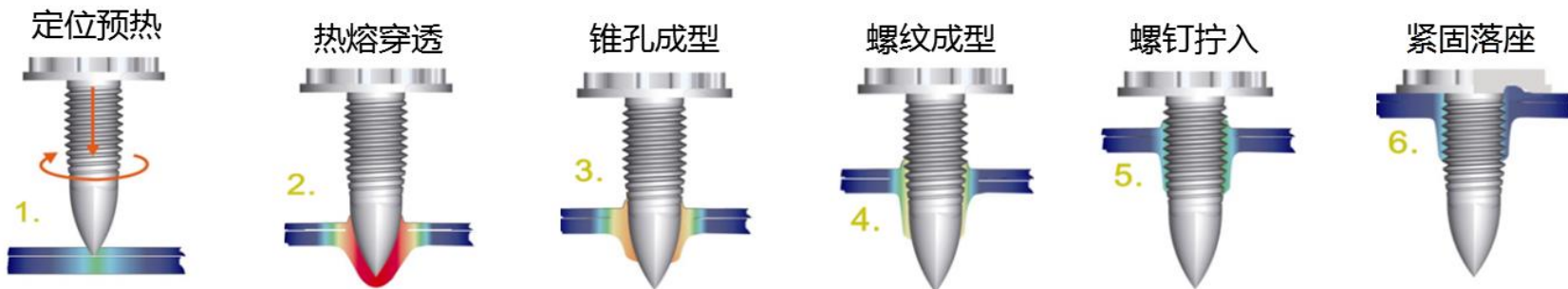
四、点焊工艺设计原则

三、FDS工艺设计原则

1、FDS工艺原理

工艺原理

- FDS即热熔直钻，通过高速旋转及轴向下压力使工件发生塑性变形，螺钉穿透工件，形成圆柱形通道，自攻形成完全啮合的螺纹，拧紧至最终扭矩。
- FDS工艺流程分为六个阶段。

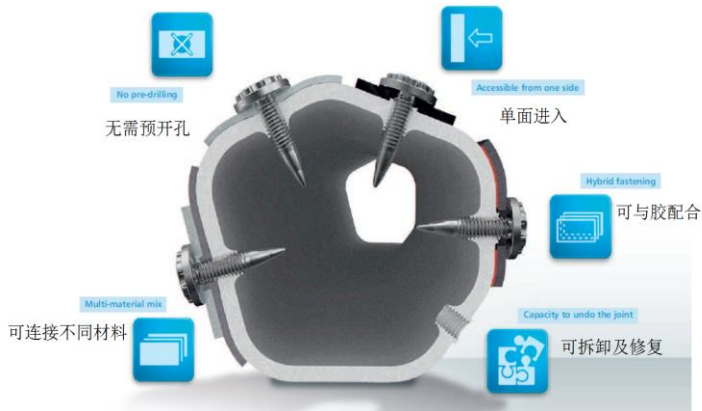


三、FDS工艺设计原则

2、FDS工艺优势

FDS优势

- 冷连接工艺，单面进入，只需保证枪的上空间；
- 可用于多种材质搭接；
- 板厚较小的情况无需预开孔；
- 可拆卸可修复；
- 高强度连接，高防松，高破坏扭矩；



应用场合

- 铝合金车身或钢铝混合车身上的铸件和型材等厚度大或空腔部位

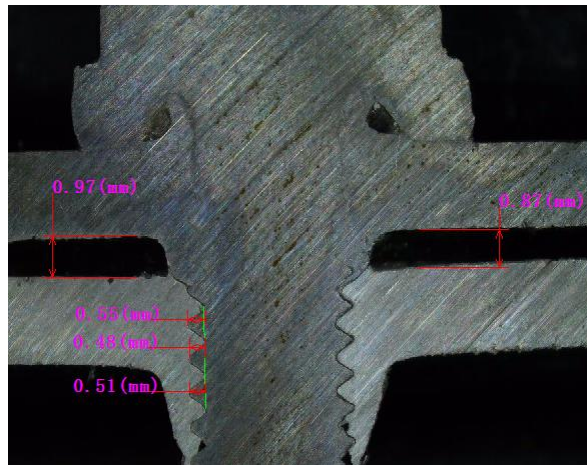
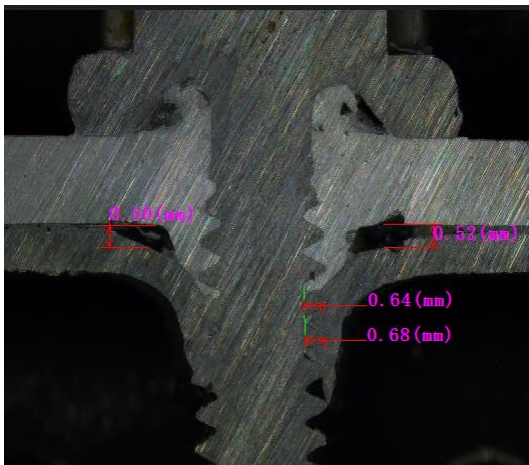


三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

3.1 板材要求

- 总板厚度 $\leq 9\text{mm}$ ，板材强度 $\leq 600\text{Mpa}$
- 底层板厚度 $> 2\text{mm}$ ，否则无法形成足够的有效螺纹



三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

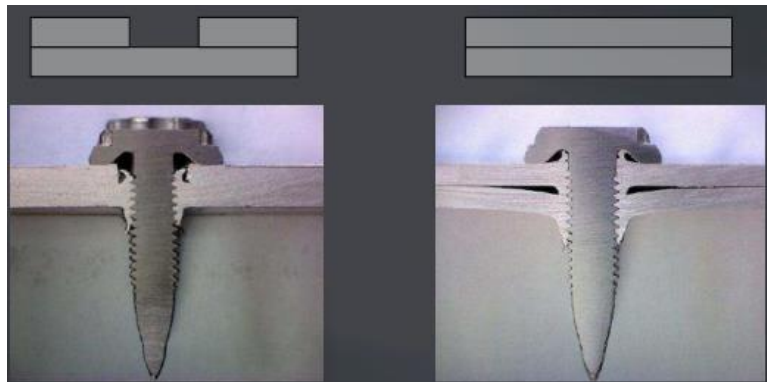
3.2 预开孔要求

全铝材质

➤ 总板厚度 > 5mm, 需预开孔

含钢材质

➤ 总板厚度 > 3mm, 需预开孔

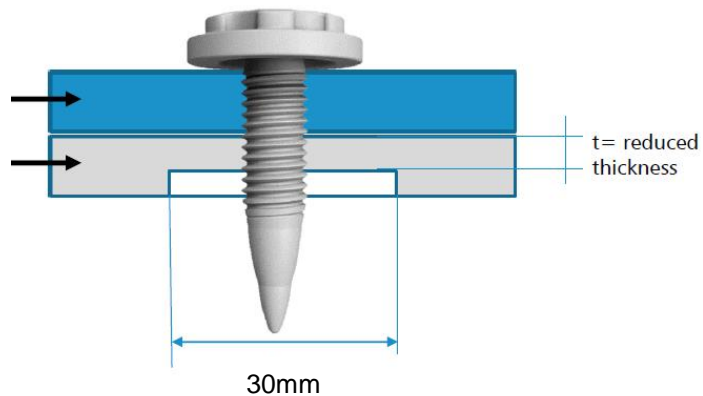
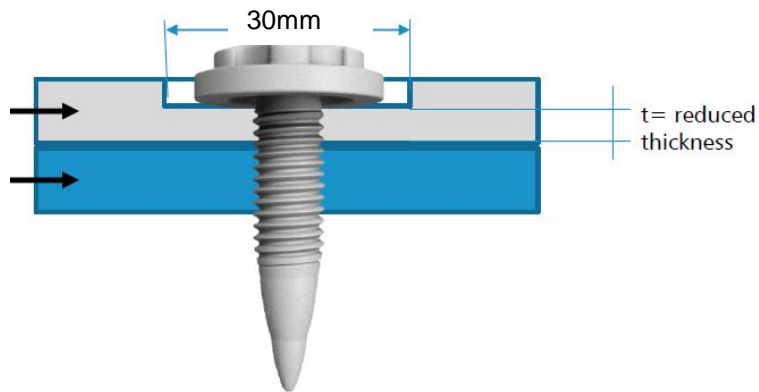


三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

3.3 板件减薄尺寸要求

- 单层板厚 $\geq 5\text{mm}$ ，需减薄处理，开孔直径不小于 30mm

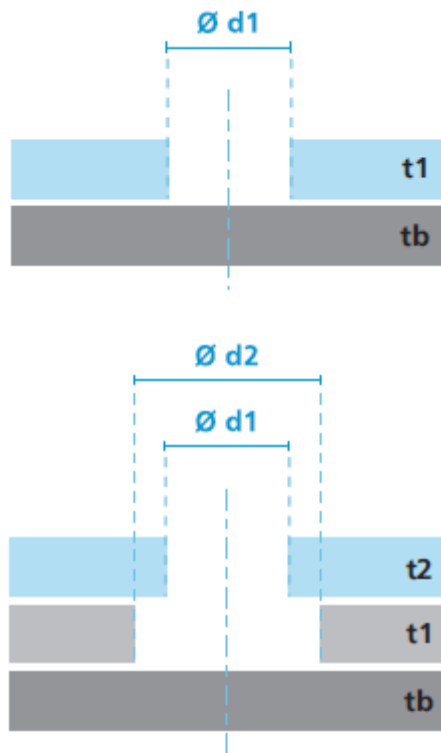


三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

3.4 预开孔尺寸要求

- 两层板：上层板开孔尺寸 $d1$ ： $7.5\pm 0.5\text{mm}$
- 三层板：上层板开孔尺寸 $d1$ ： $7.5\pm 0.5\text{mm}$
中层板开孔尺寸 $d2$ ： $10\pm 0.5\text{mm}$



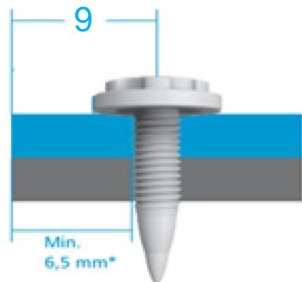
三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

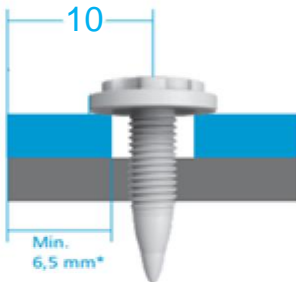
3.5 铆钉距离板件边缘尺寸要求

- 2层无孔：中心据边缘最小距离9mm
- 2层有孔：中心据边缘最小距离10mm
- 3层有孔：中心据边缘最小距离11.5mm

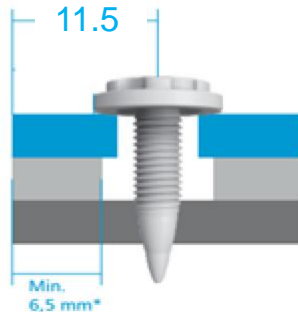
2 Layers
Without Clearance hole



2 Layers
Clearance hole



3 Layers
Clearance hole



三、FDS工艺设计原则

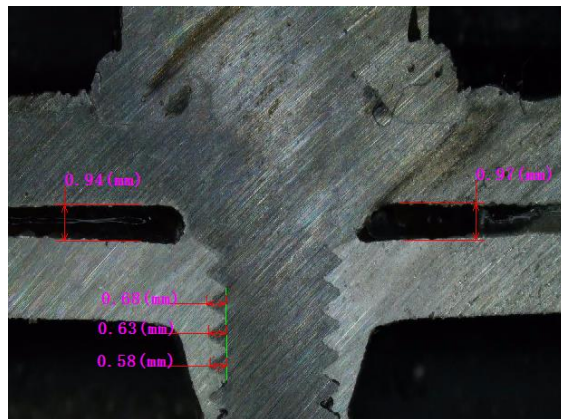
3、FDS工艺设计原则

3.6 板件涂胶要求

- 有预开孔的位置涂胶应断开
- 无预开孔的位置可以涂胶



开孔无胶



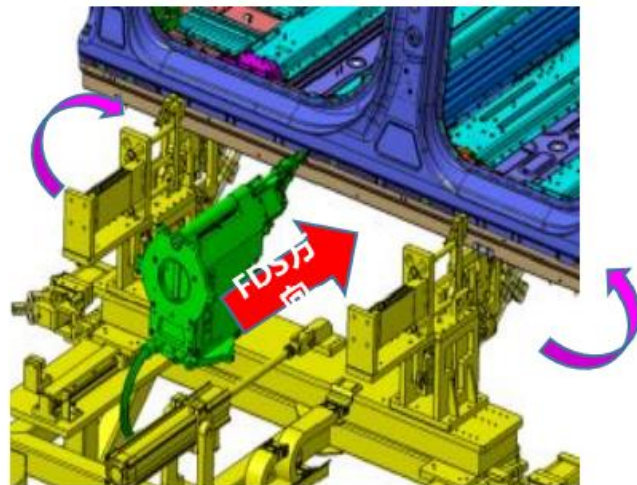
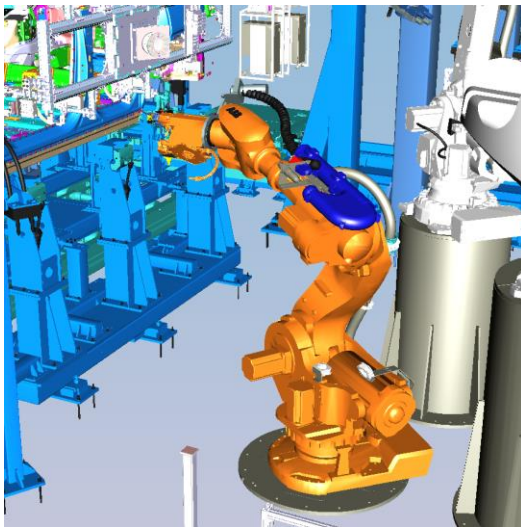
无孔有胶

三、FDS工艺设计原则

3、FDS工艺设计原则

3.7 工装要求

- 含FDS工位，夹紧点需多设计30%以上
- 含FDS工位，辊床台车输送时，采用升降辊床，不要用固定辊床，同时需设置夹紧机构对车身固定；
- 含FDS工位，使用转台转毂时，需要有抱紧机构



目 录

一、轻量化车身发展趋势

二、SPR工艺设计原则

三、FDS工艺设计原则

四、点焊工艺设计原则

四、点焊工艺设计原则

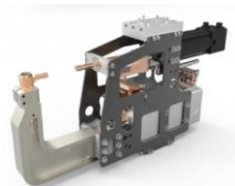
1、点焊工艺简介

点焊优势

- 设备通用性好，无需铆钉等耗材，生产成本较低。
- 质量稳定性好，生产效率高，外观美观。

应用场合

- 薄板连接，如2mm以下搭接组合
- 有安装匹配需求的零部件，如前后风窗等
- 有外观要求的零部件，如汽车开闭件等



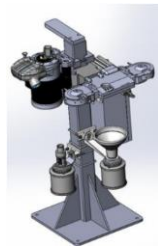
焊枪



控制柜



机器人



修磨器

四、点焊工艺设计原则

2、钢/铝点焊区别

钢/铝材料性能区别

性能	单位	铝合金	碳钢
熔点	°C	480-640	1480-1540
导电率	$10^{-6}S/m$	35	5
导热性 (20°C时)	W/m·K	230	50
电阻率	$\mu\Omega Cm$	5	15
塑性温度范围	°C	90	540
线性热膨胀 (20~100°C)	$10^{-6}/m$	24	13.5
表面氧化物	/	Al ₂ O ₃ (厚)	FeO,Fe ₂ O ₃ (薄)
氧化物熔点	°C	2050	1370, 1565

四、点焊工艺设计原则

2、钢/铝点焊区别

钢/铝材料性能区别

- 铝合金导热性是钢的4-5倍，电阻率是钢的1/3，所以铝合金在焊接过程中热损失很高，为维持焊接能量，铝点焊需要更大的焊接电流。
- 铝合金塑性温度范围非常窄，即铝合金焊核形成温度范围较窄，所以铝点焊需要很短的焊接时间和快速的电流上升时间。
- 铝合金的热膨胀系数比钢大2倍，焊接过程中容易产生较大的焊接应力和变形，所以铝点焊需要更大的焊接压力来控制变形。
- 铝合金表面容易产生氧化层，又容易与电极材质发生合金反应，腐蚀电极帽，所以铝点焊修磨频次要求更高。
- 此外铝点焊相对钢点焊对工装夹具、水流量要求也特殊要求。

四、点焊工艺设计原则

2、钢/铝点焊区别

钢/铝点焊工艺参数区别

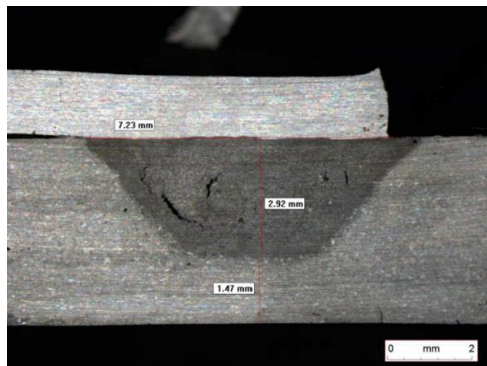
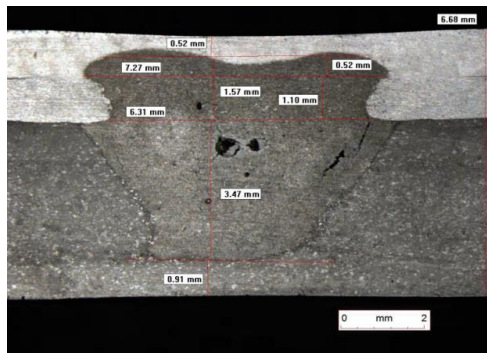
项点	铝点焊	钢点焊
电流	30-60KA	7-14KA
焊接压力	>3000N	<4000N
焊接时间	60-90ms	200-600ms
电极帽	D14-D25	D13-D20
修磨次数	20-30点	150-200点
枪型选择	C型为主	多样性
水流量要求	> 20L/min	> 6L/min
工装要求	防磁处理	无特殊要求

四、点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.1 板件搭接要求

- 搭接总板厚 $\leq 8\text{mm}$ ，否则容易焊核偏小或虚焊
- 铝点焊搭接层数 ≤ 3 层，钢点焊 ≤ 4 层

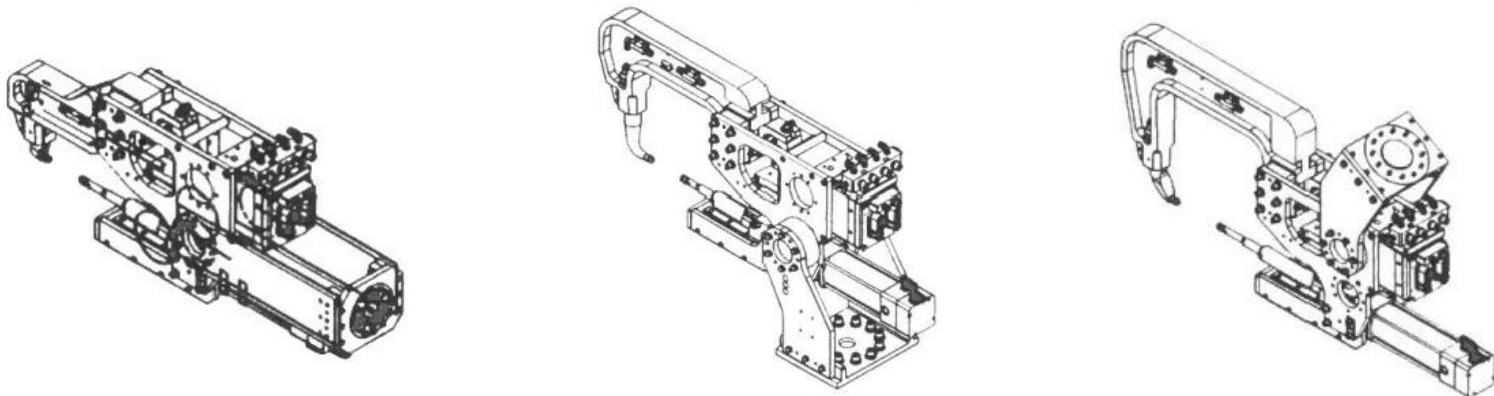


四、点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.2 焊枪尺寸要求

- 根据产品结构和焊接姿态确定焊枪形状（C型/X型）和尺寸（喉深/喉宽）
- X型焊钳随臂长增加，所能得到的最大焊接压力越小；C型焊钳的最大压力不会随着喉深加大而变小，但要考虑枪体的承压限制和电极臂及电极杆的承压限制。



四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.3 焊枪选型原则

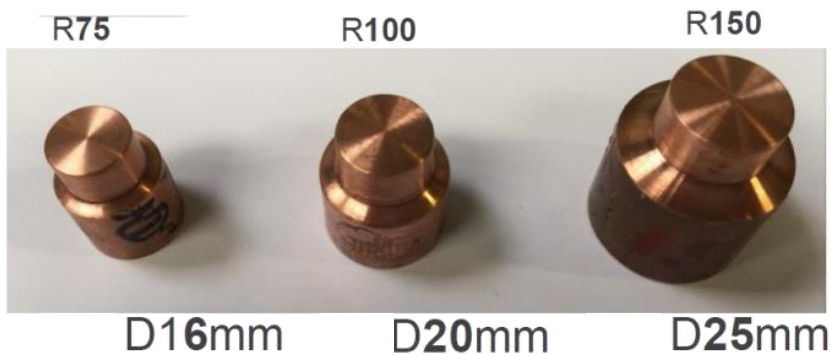
- 根据GMT选择焊枪压力，同时要考虑板件间隙和结构胶的影响，实际焊枪压力应比理论值大
- 根据GMT选择焊接电流，考虑分流和结构胶，实际电流应比理论值高
- 根据节拍核算控制柜输出能力，节拍越快控制柜输出能力要求越高
- 参考板厚GMT两层板取最薄板厚度，三层板取中间板厚

四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.4 电极帽尺寸要求

➤根据参考板厚选择不同型号的电极帽，铝点焊D16电极帽适用于GMT0.8~1.5；D20电极帽适用于GMT0.8~2.0；D25电极帽适用于GMT0.8~3.0

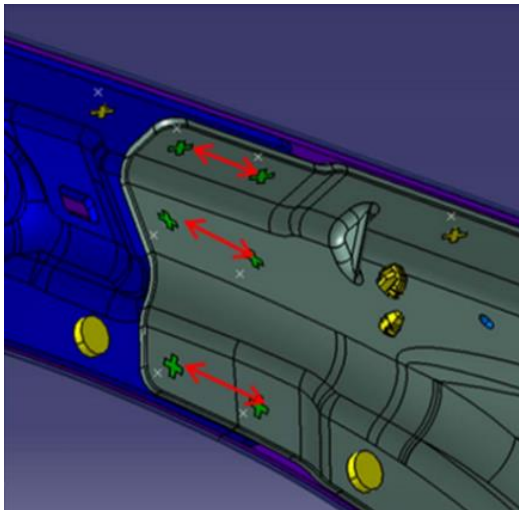


四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.5 零件尺寸要求

- 根据电极帽大小优化搭接边尺寸，零件与运动中的焊钳的距离单边 $\geq 5\text{mm}$
- 两铝点焊间距不小于 50mm ，避免分流
- 上下电极帽对中性误差小于 0.5mm



对中不良



对中良好

四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.6 焊枪极性选择

- 在电阻点焊时，两侧电极的受热情况不同，因为阳极效应，正电极吸热，负电极放热，因此正电极的热量要大于负电极的热量。
- 在焊接门盖等零部件时，要注意用热量低的负极焊接外观面，避免出现焊接缺陷造成外观问题。
- 焊接板厚比相差大的搭接组合时，为避免焊核向厚板偏移，造成薄板虚焊，需要将热量高的正极放在散热快的薄板侧，负极放在散热慢的厚板侧。
- 铝合金材质也是焊枪极性的一个考虑因素，铝合金中的易挥发性合金元素（主要是轻金属Mg，Zn），在过热时会蒸发导致气相压力，造成焊核针孔或气泡，因此避免用正极焊接含活跃合金元素的材料。

四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.7 修磨要求

➢ 电极帽修磨状态对铝点焊质量影响较大，铝点焊平均焊接20点左右需修磨一次，修磨质量要保证

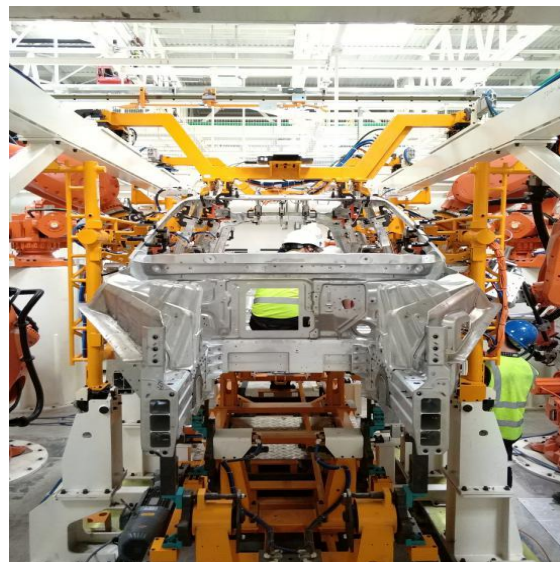
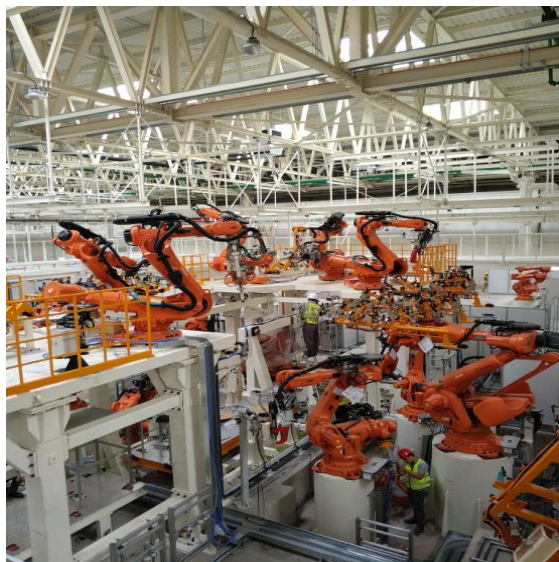
修磨缺陷	中部凸点	黏连铜屑	表面凹凸	中部修不掉	长短不一
电极帽缺陷					
焊点缺陷					

四、铝点焊工艺设计原则

3、点焊工艺设计原则

3.8 工序要求

- 铝点焊与其他工艺并存时，要错开操作时间，防止对其他连接设备产生影响
- 因节拍需求，必须多工艺同时操作，要与铝点焊设备保持足够的距离
- 其他连接设备的传感器也要防磁处理，工装夹具也要防磁处理



谢谢

THANK YOU