

**中国一汽**

**第一汽车 第一品牌**

# **FSW焊接工艺应用**

**单位：一汽丰田长春丰越公司**

**2021年4月**

一	背景及目标
二	技术方案
三	创新点
四	号口管理及评价

## 背景：

2018年全新RAV4车型导入，为了使新车型在汽车轻量化方面更具备竞争性，部分覆盖件采用了铝材，这样需要导入新的焊接工艺以完成加工作业，经检讨，最终导入了最合适的FSW焊接工艺。

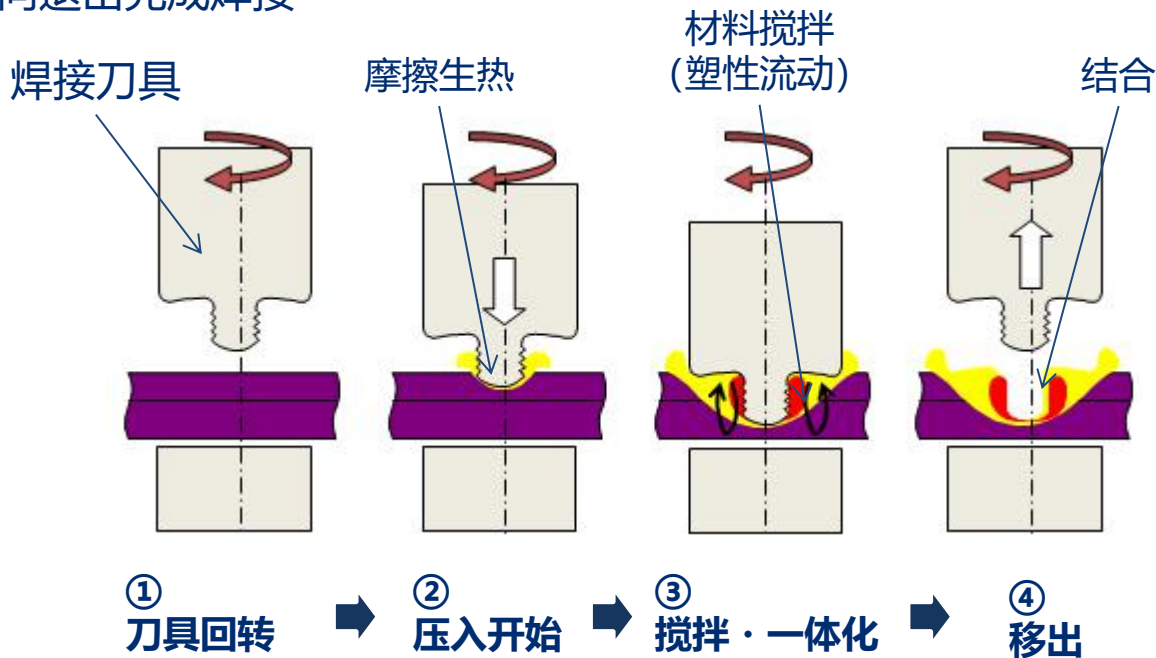
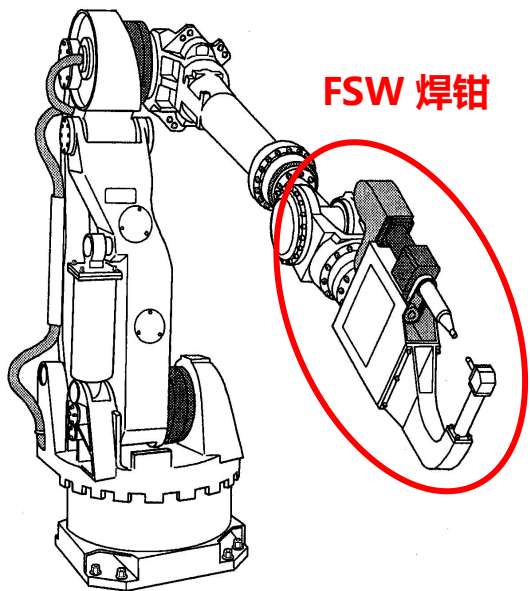
FSW焊接：  
摩擦搅拌焊接（FSW：Friction Stir Welding）

## 目标：

实现低设备投资、运营成本低的工艺生产方式。

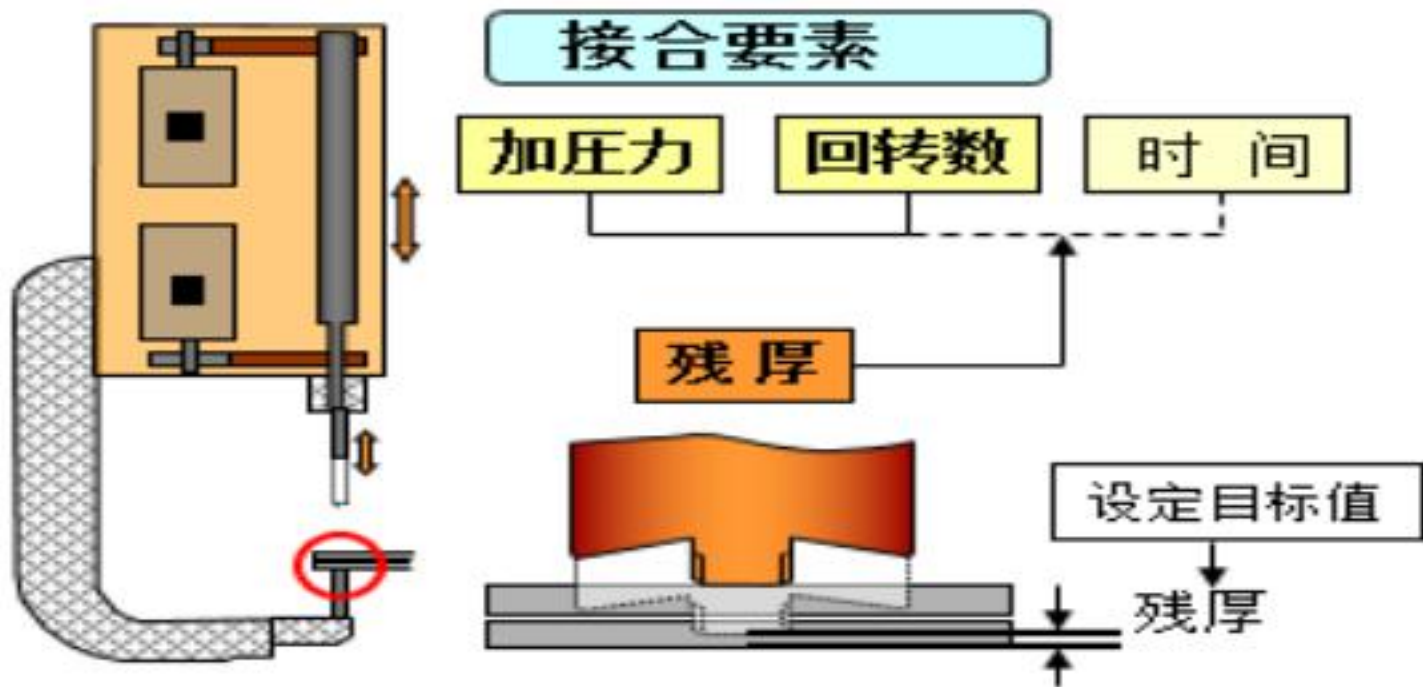
## 【FSW焊接原理】

- ①焊接刀具高速旋转并向下移动逐渐与材料接触
- ②通过与材料摩擦接触产生的热量将材料软化
- ③随着刀具逐渐压入板材在板材内产生塑性流动（搅拌）、上下板材被搅拌结合成一体
- ④上下板材结合成一体后刀具反向退出完成焊接



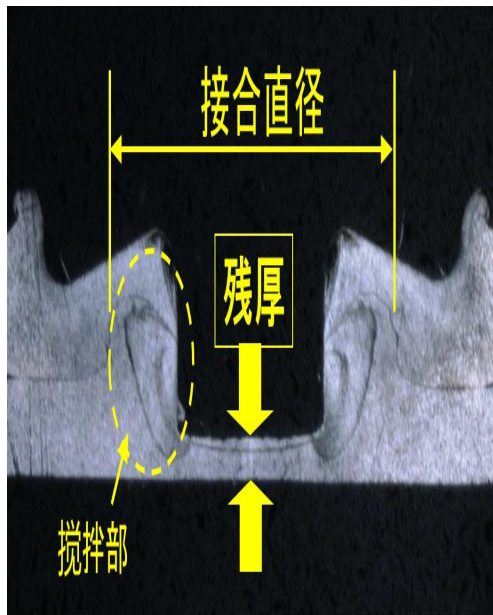
## 【FSW工艺参数】

(加压力, 回转速度, 时间)

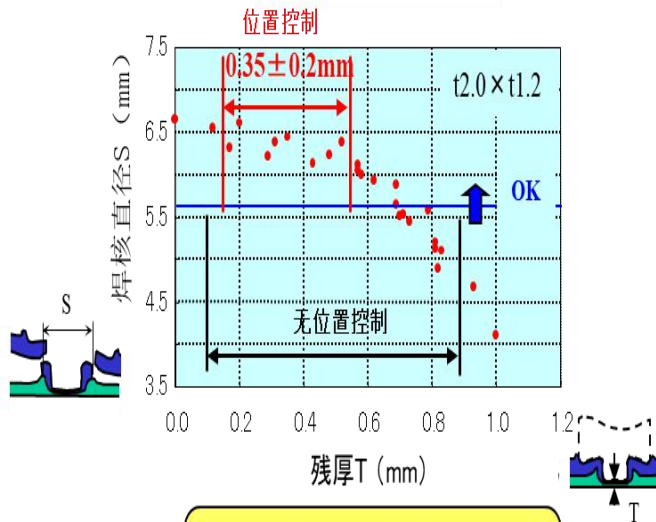


## 【FSW工艺效果保证】

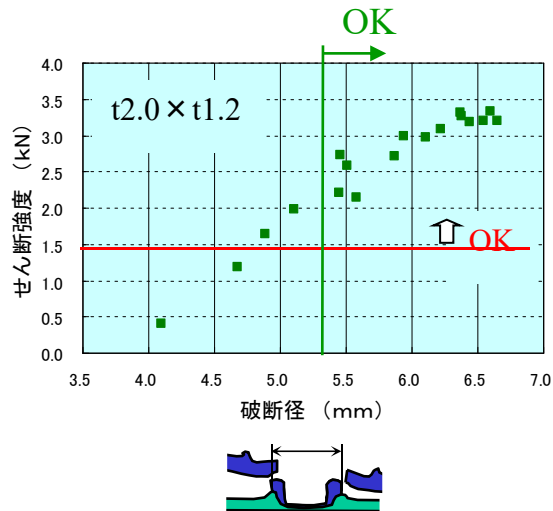
接合部断面照片



【位置控制的效果】 残厚与焊核直径的关系

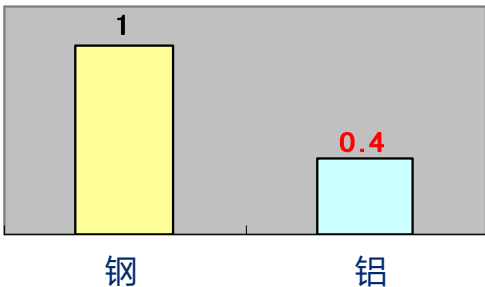


焊核直径与强度的关系

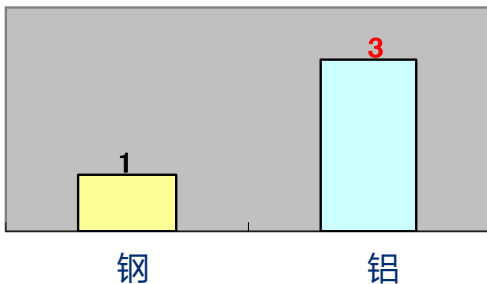


## 【铝材与钢材的特性比较】

### 电阻率

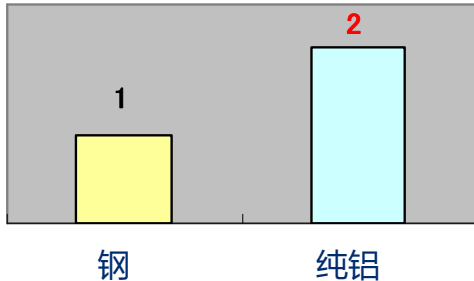


### 热传导率

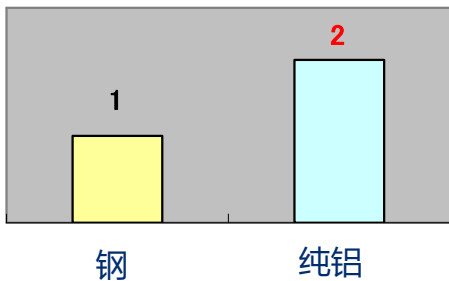


铝材：  
电阻率低，  
热传导率高  
⇒不易形成  
焊核

### 热膨胀系数



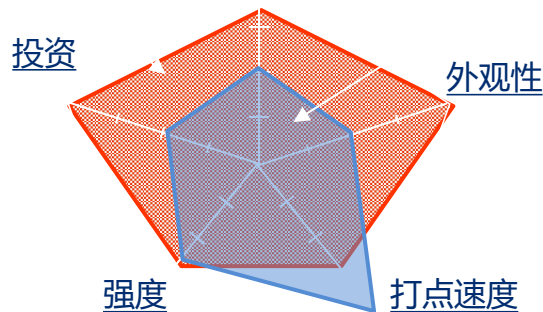
### 凝固收缩率



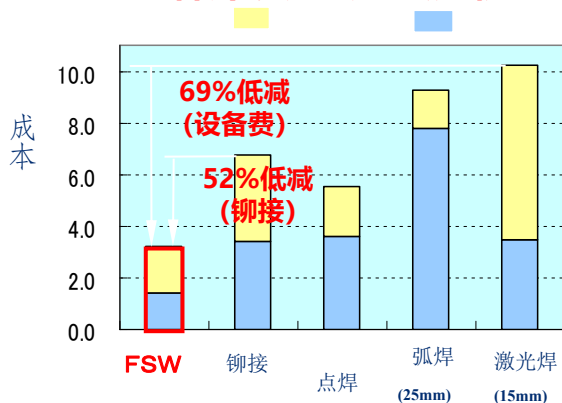
铝材：  
易热膨胀，  
易凝固收缩  
⇒易发生焊  
接变形、焊  
裂等焊接不  
良

### F S W焊接

### 电阻焊接



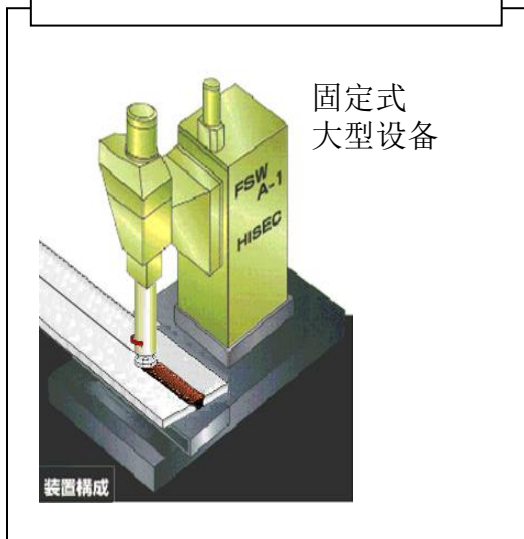
## 各种焊接方法投资比较



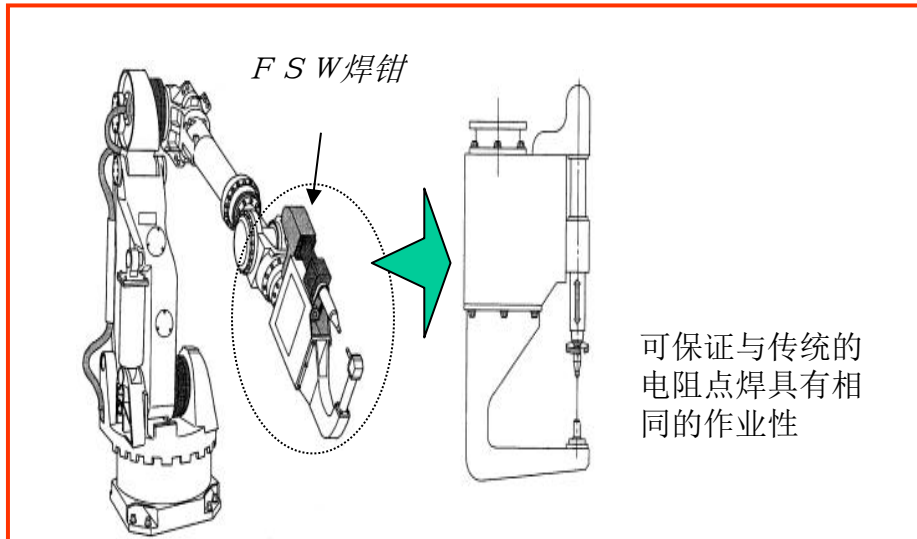
• 实现了铝板材低设备投资、外观更佳的焊接工艺!

## 【丰田FSW与传统FSW对比】

连续 F S W (单侧加工)



打点 F S W (两侧加工)





## 【FSW工艺参数设定】

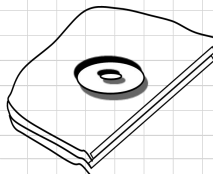
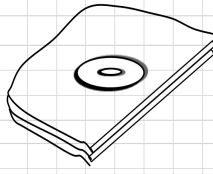
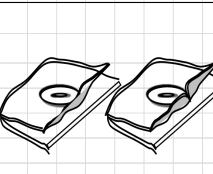

						接合条件			品質基準 (WMS SBI 8006S)			管理限界		
	板組み		使用ツール(Φ10)			標準条件			残母目標 (mm) ※実測値	残母 (mm)		破断径 (mm)	残母管理範囲(mm)	
	上板 (mm)	下板 (mm)	No	ピン長さ (mm)	加圧力 (N)	回転数 (rpm)	時間 (sec)	最大		最小	上限 UCL		下限 LCL	
①	0.8	2.0	156	3本線	1.3	3920	1800	1.5	1.35	1.55	1.15→1.05	5.6→5.3	1.45	1.25→1.15
②	0.9	0.9	156	3本線	1.3	3920	1800	1.5	0.25	0.50	>0	5.3	0.40	0.10
③	1.0	0.8	156	3本線	1.3	3675	1800	1.5	0.25	0.50	>0	(5.1)	0.40	0.10
④	1.0	0.9	156	3本線	1.3	4165	1800	1.5	0.30	0.60	>0	5.1	0.50	0.10
⑤	1.0	1.2	154	2本線	1.5	4165	1800	1.5	0.40	0.70	0.10	5.3	0.60	0.20
⑥	1.0	2.0	156	3本線	1.3	3920	2000	2.0	1.35	1.70	1.10	5.5→5.3	1.60	1.20
⑦	1.2	0.9	154	2本線	1.5	4165	1800	2.0	0.30	0.55	>0	5.1	0.45	0.10
⑧	1.2	1.0	154	2本線	1.5	4165	1800	2.0	0.35	0.65	>0	5.1	0.55	0.10
⑨	1.2	2.0	154	2本線	1.5	4655	2000	2.0	1.35	1.65	1.00	5.5	1.55	1.10
⑩	1.8	0.8	153	1本線	2.2	3675	2000	2.5	0.25	0.45	>0	4.8	0.35	0.10
⑪	2.0	0.8	153	1本線	2.2	4410	2000	2.5	0.30	0.55	>0	4.8	0.45	0.10
⑫	2.0	0.9	153	1本線	2.2	4655	2000	2.5	0.35	0.65	>0	4.8	0.55	0.10
⑬	2.0	1.0	155	線なし	2.4	4655	2000	2.0	0.30	0.60	>0	4.8	0.50	0.10
⑭	2.0	1.2	155	線なし	2.4	4900	2000	2.0	0.30	0.60	>0	5.4	0.50	0.10
⑮	2.0	1.2	155	線なし	2.4	4900	2000	2.0	0.35	0.70	>0	4.8	0.60	0.10
⑯	2.0	2.0	155	線なし	2.4	5145	2000	2.5	1.05	1.40	0.70	5.3	1.30	0.80

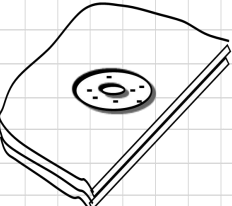
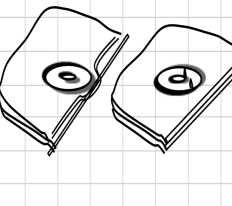
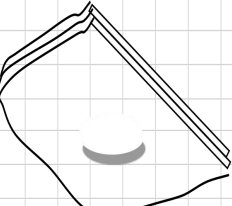
## 【FSW工艺参数对品质的影响】

条件	设定	接合状态	品质不良	備考
加 压 力	高	搅拌(时间)不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊</li> <li>·接合径小(界面状态)</li> <li>·上板裂、龟裂(薄物)</li> </ul>	根据工具的使用量,有时需要调整
	低	搅拌过剩·按压不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊、接合径小(界面状态)</li> <li>·残母管理上限超(上限时间限制导致打切)</li> <li>·母材开焊导致孔穿(特别是薄物)</li> <li>·肩接触面不平滑</li> </ul>	根据工具的使用量,有时需要调整 <b>禁止设定2940N以下</b>
目 标 值	大	搅拌(压入)不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>·残母管理上限超(上限时间限制导致打切)</li> <li>·开焊、接合径小(界面状态)</li> <li>·母材开焊导致孔穿(特别是薄物)</li> <li>·肩接触面不平滑</li> </ul>	<b>基本不能调整</b> (焊枪更换后需要调整)
	小	残母厚不足·面不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>·残母管理下限超、残母孔穿</li> <li>·法兰开边(上板卷上)</li> <li>·残母材残厚不足导致破断</li> <li>·下部电极帽侧凸</li> </ul>	<b>基本不能调整</b> (焊枪更换后需要调整)
加 工 時 間	长	搅拌过剩·面不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊</li> <li>·下部电极帽侧凸</li> <li>·接合面不良(下部电极帽侧)</li> </ul>	<b>不能调整</b>
	短	搅拌(时间)不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊、接合径小(界面状态)</li> <li>·残母管理上限超(上限时间限制导致打切)</li> <li>·母材开焊导致孔穿(特别是薄物)</li> <li>·肩接触面不平滑</li> </ul>	<b>不能调整</b>
回 转 数	高	搅拌过剩	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊</li> <li>·结合径小(界面状态)</li> </ul>	<b>不能调整</b>
	低	搅拌(摩擦热)不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>·开焊</li> <li>·结合径小(界面状态)</li> </ul>	<b>不能调整</b>

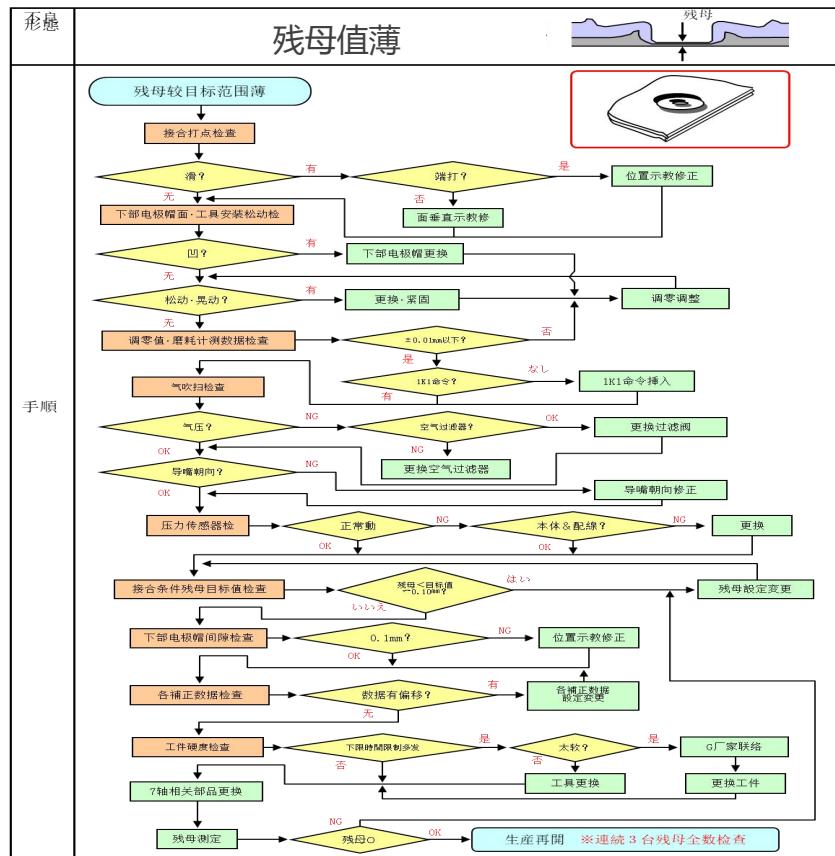
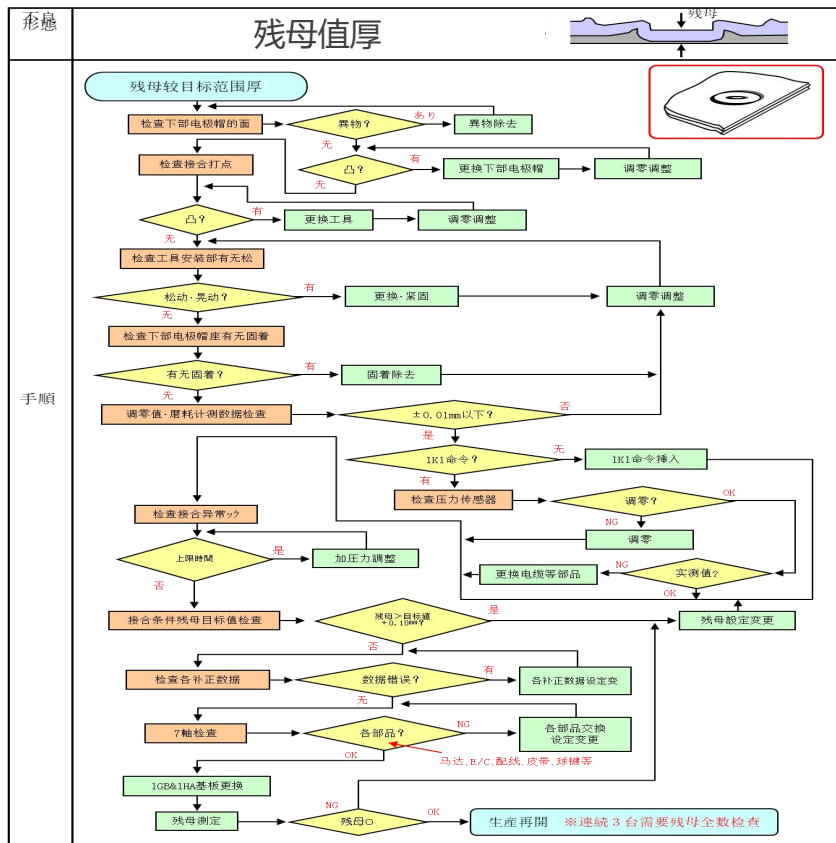
## 【不良的处理办法】

FSW接合不良现象和处置一览

残母薄(孔穿)或厚	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>下部电极帽表面凹凸</li> <li>工具松动</li> <li>压力传感器误动作</li> <li>调零(包括磨损修正)不良</li> <li>工具温度异常</li> <li>下部电极帽和工件间有间隙</li> <li>端打</li> <li>接合条件不良</li> <li>焊枪张力修正数据不良</li> <li>工件硬度软</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>更换下部电极帽</li> <li>紧固</li> <li>调零修正·除去固着物·更换</li> <li>调零修正</li> <li>吹气流量调整(温度)</li> <li>示教修正</li> <li>示教修正</li> <li>接合条件修正</li> <li>焊枪张力修正数据修正</li> <li>更换工件(G厂家联络)</li> </ul>
残母厚不均衡	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>下部电极帽表面凹凸</li> <li>工具前端有异物附着</li> <li>工具松动</li> <li>端打</li> <li>工具温度异常</li> <li>压力传感器误动作</li> <li>突发调零值变化</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>示教修正</li> <li>紧固</li> <li>更换工具盒</li> <li>更换下部电极帽</li> <li>更换正规工具</li> <li>示教修正</li> <li>接合条件修正</li> </ul>
分离现象(上板卷上)·上板裂	
<ul style="list-style-type: none"> <li>端打</li> <li>工具松动</li> <li>工具盒破损</li> <li>下部电极帽表面凹凸</li> <li>工具(销长度)不同</li> <li>下部电极帽和工件间有间隙</li> <li>接合条件不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>示教修正</li> <li>紧固</li> <li>更换工具盒</li> <li>更换下部电极帽</li> <li>更换正规工具</li> <li>示教修正</li> <li>接合条件修正</li> </ul>

接合面不平滑	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>工件有异物附着</li> <li>肩部表面有堵塞</li> <li>接合中途中停止 (非常停止·接合异常等)</li> <li>接合条件不良</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>重新放置</li> <li>紧固</li> <li>更换工具盒</li> <li>打点位置·角度修正 (距离法兰11mm以上)</li> <li>更换工具</li> </ul>
端打·毛刺	
<ul style="list-style-type: none"> <li>工件放置不良</li> <li>工具松动</li> <li>工具盒破损</li> <li>示教位置·角度不良</li> <li>工具磨损(毛刺)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重新放置</li> <li>紧固</li> <li>更换工具盒</li> <li>打点位置·角度修正 (距离法兰11mm以上)</li> <li>更换工具</li> </ul>
里面凹凸	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>下部电极帽表面凹凸</li> <li>示教角度不良(面垂直±1°以内)</li> <li>工具和下部电极帽的面垂直不良</li> <li>接合条件不良(目标残母·时间)</li> <li>工具松动</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>除去异物</li> <li>更换工具(清扫)</li> <li>停止原因除去</li> <li>接合条件修正</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>更换下部电极帽</li> <li>除去下部电极帽异物</li> <li>面垂直示教修正</li> <li>取付角度修正</li> <li>接合条件修正</li> <li>紧固</li> </ul>

## 【不良的处理手順】



## 效果评价：

**优点：**相比于其他铝焊接工艺设备投资低，运营成本低，且品质可靠易于现场管理；

**缺点：**焊接有噪声大，设备运转的可动率相比传统点焊接可动率低；

## 横展：

在中国丰田的其它车型上陆续导入FSW焊接工艺。