

# 电阻点焊 技术手册

---

LN蓝能中国顶尖精密电阻焊机方案提供商

公众微信ID: cn-ln11

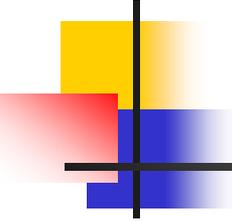
网站: [www.cn-ln.net](http://www.cn-ln.net)

电话: 020-34252975; 13560411768

QQ: 459359414

Email: [dengxiwen@gzbe.net](mailto:dengxiwen@gzbe.net)

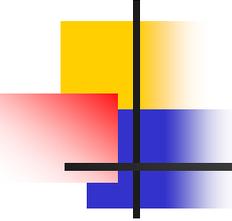
地址: 广州市白云区金沙洲环洲三路华苑山庄工业区



# 内容概要

---

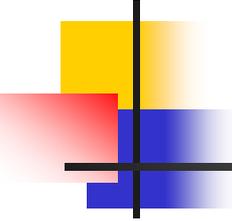
- 一. 电阻点焊基础理论
- 二. 检验方法
- 三. 常见问题点与对策
- 四. 高张力板与一般冷轧钢板  
点焊性能分析
- 五. 结论



# 一、电阻点焊基础理论

---

1. 焊接概述
2. 点焊原理
3. 焊接条件与规范

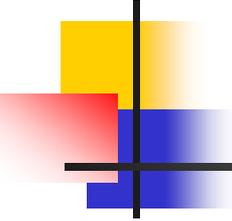


# 焊接概述

---

金属的接合方式，大致上可分为两类。即冶金  
的接合法与机械的接合法。

焊接是冶金接合法中的一种接合方法，有压接、  
熔接、钎接三类。本专题讨论的电阻点焊，便  
是压接的一种。

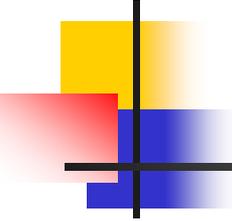


# 现代汽车车身制造方式

---

点焊技术于1877年由Elihu Thomson在偶然的机会下发明，而至1920年以后才逐渐普及，自1935年才开始大量的使用。

当今汽车车身制造普遍使用点焊方式（Spot welding），一辆轿车的白车身上焊点数：  
3000~5000个



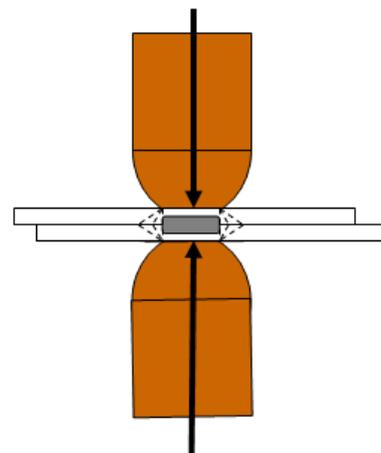
# 点焊的优点

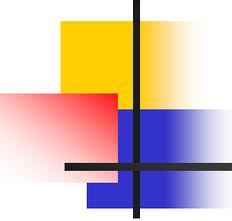
---

- 组合方便
- 作业速度快
- 变形量小
- 对机械应力具有很大的抗力  
(拉力、扭转、弯曲、剪力)
- 富弹性

# 点焊原理

当两块或两块以上的钣金工件被通以大电流时，因钣金件重叠部位存在阻抗而产生焦耳热产生高温现象。当温度瞬间达到1500摄氏度以上时，钣金件呈现熔融状态，在焊枪加压压力下，将熔融物质压合形成焊核。





# 点焊原理

---

Spot welding原理主要利用焦耳定律

$$Q=0.24 * I^2RT$$

再进行细部分析可知

$$R= \sigma *L/A$$

备注：Q(产生的热量)、I（通电电流）、R(阻抗)、T(通电时间)  
 $\sigma$ （自有阻抗）、L（压合板厚）、A（电极单位面积）

# 点焊的工作过程

- 预压
- 焊接
- 保持
- 停止

**SQUEEZE**



**FORCE APPLIED**

**WELD**



**FORCE ON  
CURRENT ON**

**HOLD**

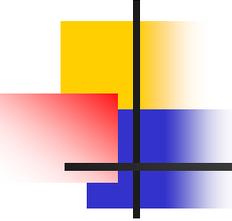


**FORCE STILL ON  
CURRENT OFF**

**OFF**



**FORCE OFF**



# 影响焊接品质的四大因素

---

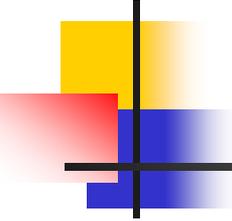
如此便可知影响焊接品质的四大因素

通电电流—— (I)

通电时间—— (T)

电极头加压力—— (F)

电极头先端直径—— (A)



# 影响点焊品质之因素

---

要获得良好的焊接品质，需要配合的因素很多，特别是：

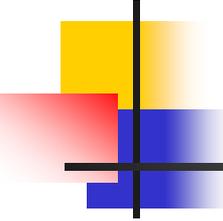
电极头加压力

通电电流

通电时间

电极头端面的尺寸与状态

以上四点对焊接品质结果影响最大；此外，零件搭接状态、作业员的作业手法对焊接品质也有一定程度的影响。



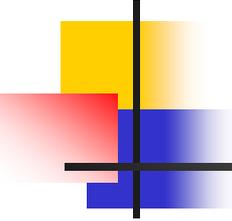
# 通电电流

---

由于电阻所发生之热和电流值的平方成正比，因而电流大小直接影响到焊接的品质。

所以，电流值太小产生的热量无法熔融焊接为半融体，即无法结合，导致弱焊、假焊等缺陷。反之，若电流值太大，产生热量太高，将造成焊接过熔与变形，或接头强度减低而变脆，导致焊接飞溅，焊点过烧，焊点缩孔等焊接缺陷。

焊接前必须使用试片测试出真正适当之电流值后，才可以焊接成品。

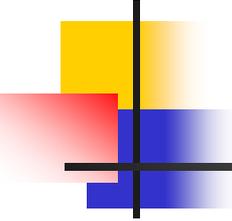


# 通电时间

---

通电时间之长短与产生的热量有关，时间太短会导致热量不足，熔接温度又传导辐射或对流而损失一部分，无法达到焊接的预期效果；但若通电时间过长，则造成焊接过熔。

焊接时间的长短主要取决于焊件的导热性能，导热性能好的材料焊接时间短，导热性能差的材料焊接时间长。

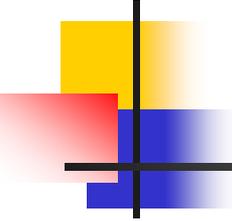


# 电极头加压力

---

从电极头对母材的熔接部分施加压力，通电前施加压力预压，通电熔融时减压，电流终止后再强力施予压接。

由于压力增加造成电阻减弱，压力的作用是使接合点熔为一体，并防止熔融点有气孔或内部龟裂产生。



# 电极头的尺寸与状态

电极材料是以铜金属为主要元素，另外加入铬、银、钼、镉等而制造成所需的电极。

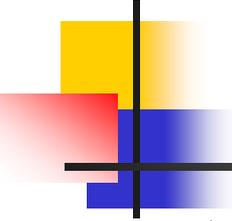
电极头的形状依焊件的形状材质与厚度而定。

电极头的直径决定于焊接板件的厚度；

$\phi = 2t + 3\text{mm}$ ， $t =$ 焊接板件薄板测厚度

电极头的角度约在 $90^\circ \sim 120^\circ$  之间；

必须时常注意电极头的表面状态。表面的污损会使电阻增加，将会影响焊接电流。



# 焊接条件与规范

为了获得满意的点焊品质，施工时必须考虑下列的各项要点

两片钣金或凸缘之间的结合面要紧密；

二枚板结合时以薄板侧为决定电流大小的要素；

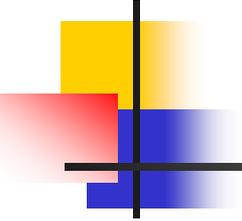
电极夹臂接触压力的调整；

钣金面必须尽可能被清理干净；

焊接电流大小；

适当的焊点大小（直径）与点焊间隔；

焊缝或焊点的位置应该在钣金边缘或凸缘的中心位置上



## 二、检验方式

---

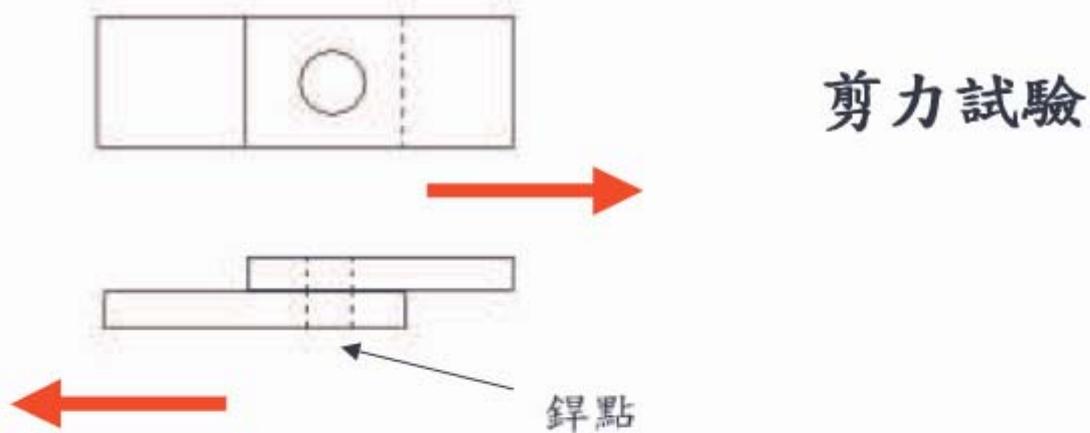
### 1、破坏性试验

- a、剪力试验
- b、扭力试验
- c、破坏性起子试验
- d、拉伸试验

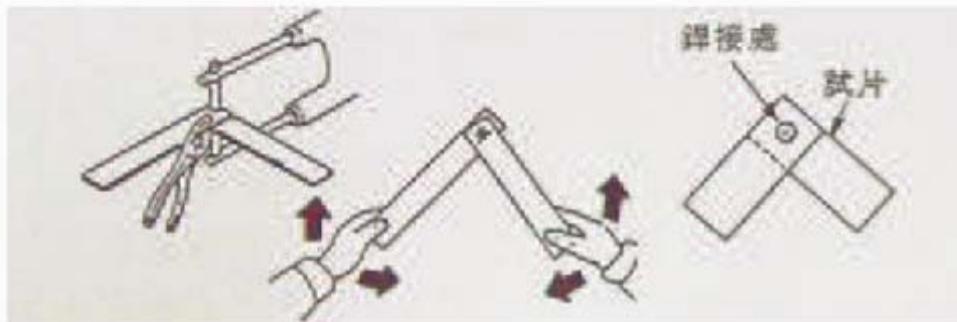
### 2、非破坏性试验

- a、非破坏性起子试验
- b、超声波试验

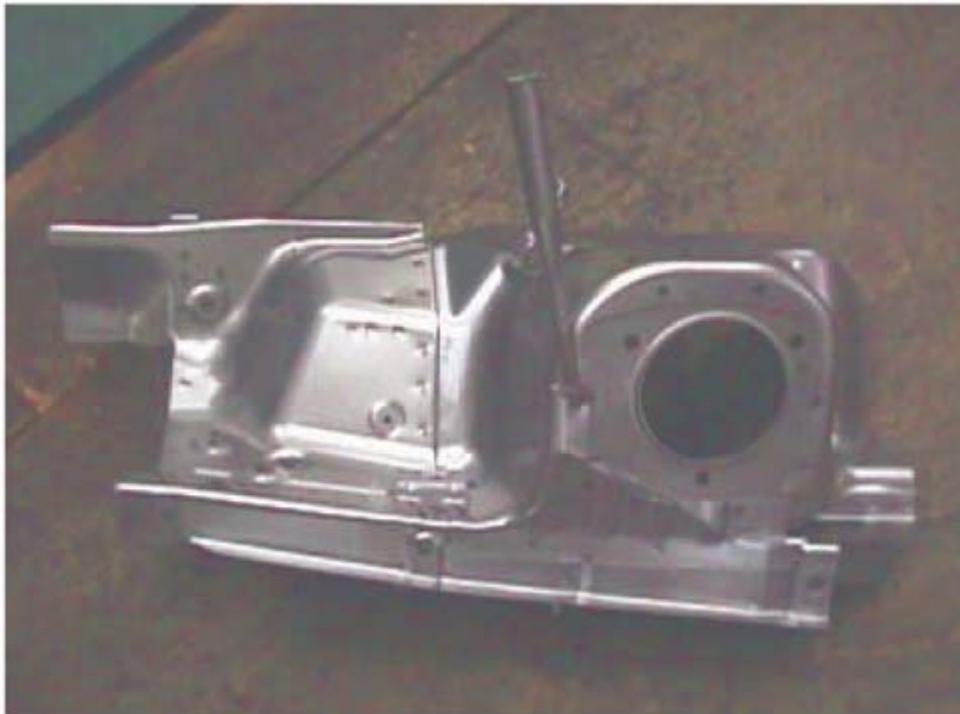
# 剪力试验与扭力试验



## 扭力試驗



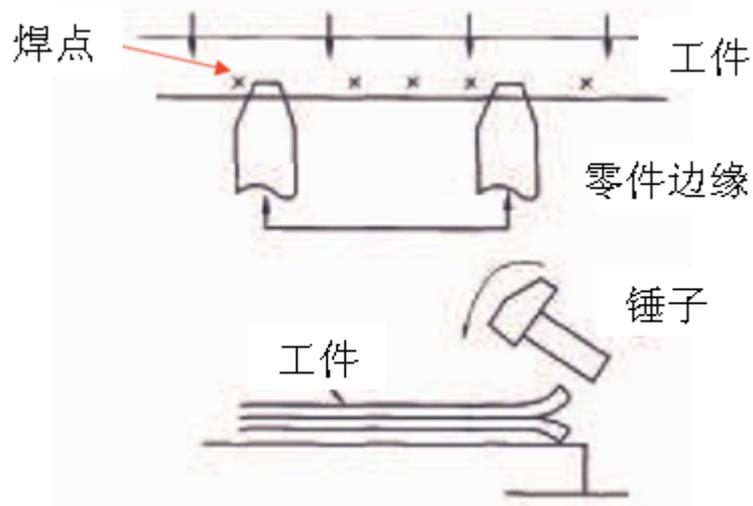
# 破坏性起子试验



广州蓝能电子中频逆变点焊机

# 非破坏性起子试验

与破坏性起子试验不同，在不破坏焊点及成品的情况下进行起子试验，试验完成后，用铁锤将工件整平。



# 超音波试验

超音波试验机利用超音波穿透金属材料的深处，由一截面进入另一截面时，在界面边缘发生发射的特性来检测焊点缺陷。

来自焊点表面的超音波进入金属内部，遇到缺陷及焊点底部时就会发生发射现象，将发射波束收集到荧幕上形成脉动波形，根据波形的特徵来判断缺陷的位置、大小和性质。超音波检测具有灵敏度高、操作方便、检测速度快、成本低等优点。



# 三、Spot welding

## 常见问题点及对策

- 漏焊；
- 焊点位置错位
- 脱焊（loose）
  - a、镀锌板焊接容易脱焊
  - b、薄板焊接容易脱焊
- 熔核直径不足（Small Nugget）
- 焊点针孔
- 焊点过烧（Burnt）
- 焊点压痕过深
- 毛刺、焊渣

# Spot welding 常见问题点-1

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
漏焊、位置错误	请参考下图	人员换线作业 Miss 属于管理问题	管理问题需以体制、制度或设备防呆、防误组方向努力。例如和可以导入打点计数器、机器人、防呆机、抽检等

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向					管理再强化

## 2、实例说明



漏焊 位置錯誤狀態



OK狀態



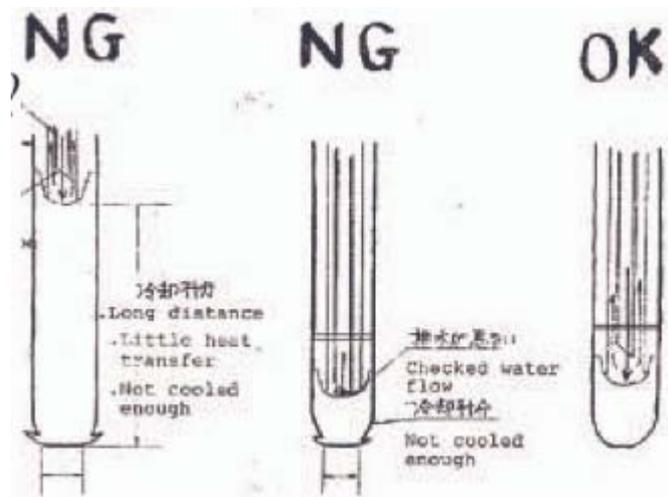
定期實施起子試驗

# Spot welding 常见问题点-2

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
一般脱焊 		1、确认焊接条件四大因子； 2、是否有点焊分流现象	1、是否按工艺文件设定； 2、焊点间距是否过近或焊枪干涉其他导电物而导致分流

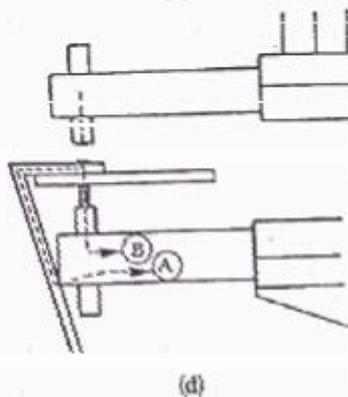
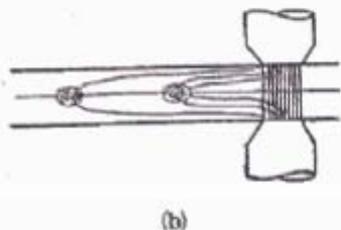
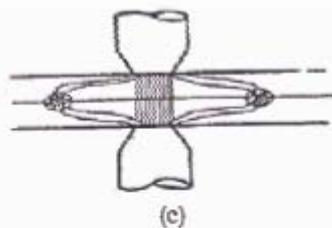
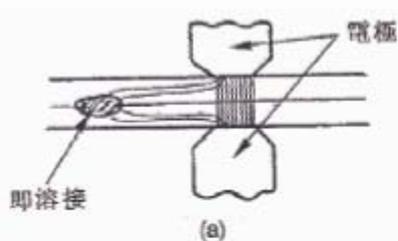
分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向	确认平坦度	上升	上升	下降	

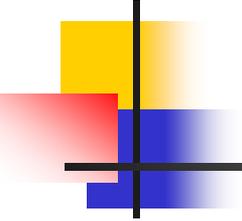
- 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内？
- 2、是否有焊点分流现象；
- 3、是否因冷却水不佳，电极头耗损严重且无研磨而脱焊



# 何为“焊点分流现象”？

当工件上有多个焊点，完成一个焊点后在继续进行下一点的焊接工作时，有一部分电流会流向先前已焊好的焊点，造成焊接电流变小，影响焊接品质。





# 点焊分流现象的 成因、危害与对策

---

**成因**——工件材料、工件厚度以及焊点间距、焊点顺序、焊件表面等。

**危害**——1、使通过焊接区的有效电流减小，焊点强度降低。  
（加热不足，熔核直径降低）  
2、导致电极与工件接触面局部（偏向分流方向的部位）产生大电流密度，烧坏电极或工件表面。

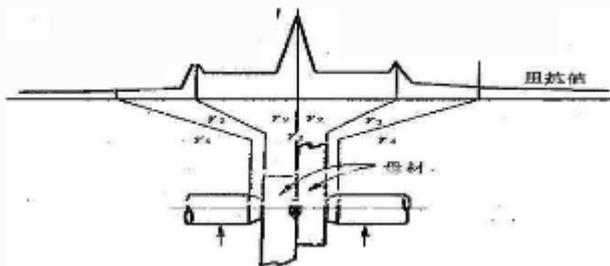
**对策**——1、选择合理的焊点间距，在保证强度的前提下尽可能加大焊点间距，一般焊点的间距以30mm以上为佳。  
2、严格清理焊件表面。

# Spot welding 常见问题点-3

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
薄板脱焊 		1、确认焊接条件四大因子；尤其加压力过大 2、是否有点焊分流现象	1、是否按工艺文件设定； 2、焊点间距是否过近或焊枪干涉其他导电物而导致分流

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向		上升	上升	下降	



α如加压力过大时，会因阻抗降低而导致脱焊

## 2、是否有焊点分流现象

# Spot welding 常见问题点-4

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
镀锌板脱焊 		1、确认焊接条件四大因子；尤其加压力过大 2、是否有点焊分流现象	1、是否按工艺文件设定； 2、焊点间距是否过近或焊枪干涉其他导电物而导致分流

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向		上升	上升	下降	

材质组合	软钢+单面镀锌	软钢+双面镀锌	双面镀锌+双面镀锌
依软钢板焊接电流修正值	提高5%	提高10%	提高15%

## 2、是否有焊点分流现象

# Spot welding 常见问题点-5

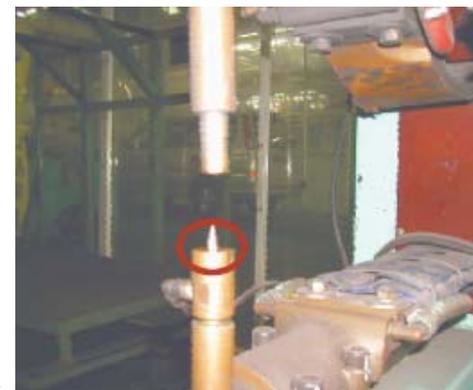
不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
螺母或螺栓脱焊		1、确认焊接条件四大因子；尤其加压力过大 2、是否有点焊分流现象 3、螺母或螺栓与板件是否均有完全搭接	1、是否按工艺文件设定； 2、伸缩销是否干涉分流或干涉其他导电物而分流； 3、搭接面均有搭接且平整

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向		上升	上升	下降	

2、是否有焊点分流现象，如伸缩销  
(对策：及时点检定位销)

3、螺母或螺栓与板件是否均有完全搭接



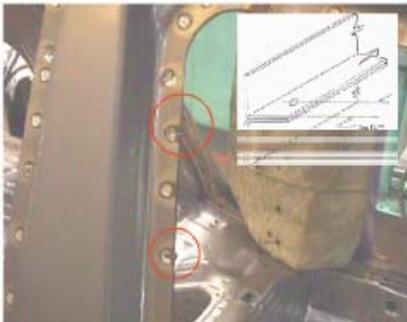
# Spot welding 常见问题点-6

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
毛刺、焊渣		1、确认焊接条件四大子； 2、零件搭接间隙过大 3、打点太靠近边缘	1、是否按工艺文件设定； 2、改善零件件的搭接间隙 3、培训员工； 4、增加焊点限位机构

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向	确认平坦度	下降		上降	

## 2、零件搭接间隙问题改善（间隙、段差、太靠近边缘）



太靠近Flange(min 3mm ↑)



钣金段差 (max 0.5mm ↓)

# Spot welding 常见问题点-7

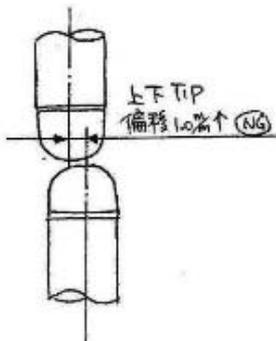
不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
焊核直径不足 		1、确认焊接条件四因子； 2、电极头同心度不足，导致打点时接触面积不足	1、是否按工艺文件设定； 2、保证电极头接触同心度。



## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向	确同心度	上升	增加	升降	

## 2、电极头同心度比较



同心度NG图示



Tip角上下同心度需小(max 1.0 mm↓)

# Spot welding 常见问题点-8

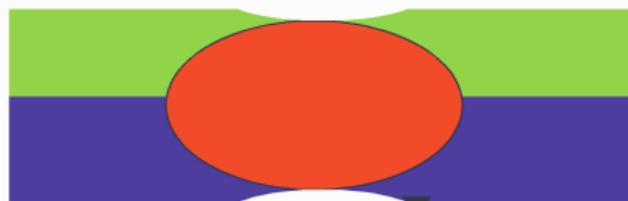
不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
焊点过烧 (Burnt) 		1、确认焊接条件四因子； 2、电极头同心度不足，导致打点时接触面积不足	1、是否按工艺文件设定； 2、保证电极头接触同心度。



## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向		下降	减小		

## 2、Burnt焊点强度状态说明



钣金易由此处裂开

# Spot welding 常见问题点-9

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
焊点裂或有针孔 		1、确认焊接条件四因子； 2、电极头平坦度	1、是否按工艺文件设定； 2、电极头平坦度确认

1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向	确认平坦度	下降		上升	

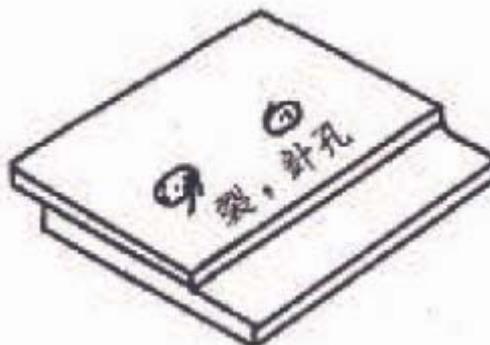


图 1 电极端面直径过大之点焊机

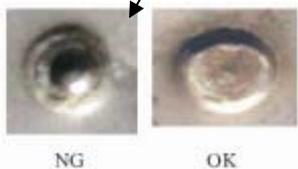
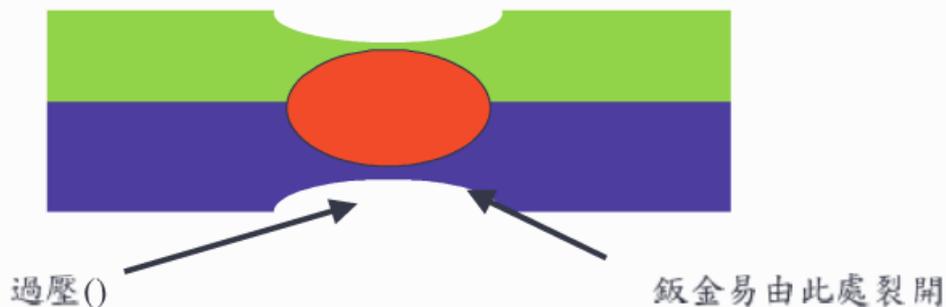
# Spot welding 常见问题点-10

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
焊点压痕过深 		1、确认焊接条件四大子；	1、是否按工艺文件设定；

## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向		下降	减小	下降	

## 2、压痕过深焊点强度状态说明



# Spot welding 常见问题点-11

不良现象	图示说明	原因调查方向	建议对策
焊点破		1、确认焊接条件四因子； 2、是否为电极头滑动造成； 3、是否为异物附着造成	1、是否按工艺文件设定； 2、校正电极头； 3、清楚异物

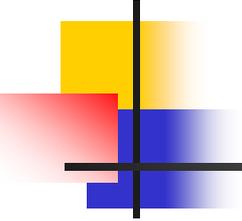
## 1、确认熔接条件四大因素是否在设定值内

分类	电极端面直径	电流值	通电时间	加压力	其他
对策方向	确认平整度	下降		上升	

## 2、是否为电极滑动造成 (原因电极臂松动、电极臂轻度不足)



## 3、是否为异物附着造成



# 高张力钢板与一般冷轧 钢板点焊性能分析

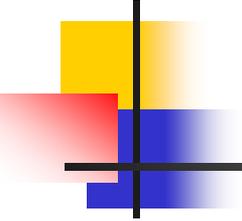
---

1. 焊点金相显微组织对比分析
2. 焊点拉伸试验
3. 焊点显微硬度对比分析
4. 焊点疲劳特性分析

# 试验材料

本试验以BH340高张力钢板（t=0.9mm）与普通冷轧钢板St13（t=1.0mm）为研究对象，以探讨在各种点焊条件下两种材料的焊接性能差异。两种材料的成分组成如下表。

Table Chemical Composition of Stain-Plate							unt %
鋼材	C	S	Mn	P	S	A	
BH 340	≤ 0 02	≤ 0 10	≤ 0 40	≤ 0 12	≤ 0 03	0 02	
St 13	≤ 0 08		≤ 0 45	≤ 0 03	≤ 0 015	≥ 0 035	



# 试验方法与条件

试样为80mm\*20mm试片，延长度方向搭接（搭接长度20mm）在50KVA固定点焊机上调节焊接电流分别为3kA,4KA,5KA和6KA，焊接时间为0.2S。对两种钢板在不同焊接电流条件下进行点焊试验。其余条件保持固定。

预压时间：0.08s

加压时间：0.10s

休止时间：0.18s

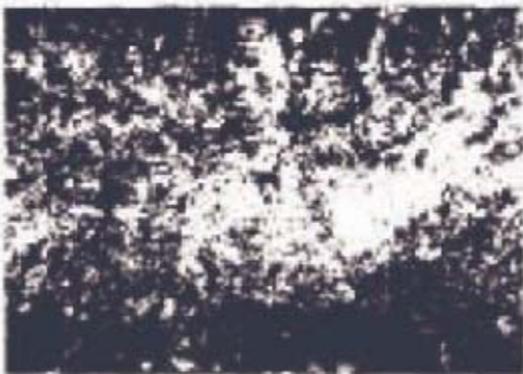
电极压力为2.8KN

对两种钢板的焊点进行金相显微组织分析，显微硬度测试，拉伸试验与疲劳特性分析。

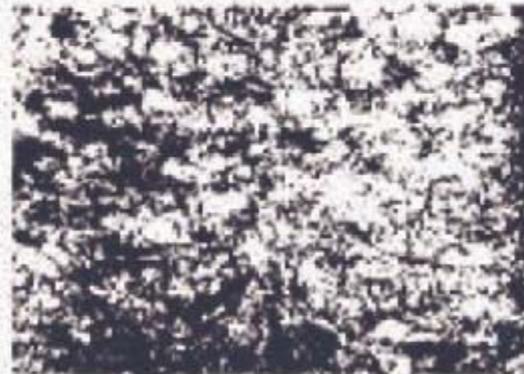
# 焊点金相显微组织比较分析

如Fig 1所示BH340點鐳熔核中心可以看到明顯的柱狀晶，隨著電流由3kA增加到4kA，熔核區得到胞狀樹枝晶，這是因為電流增加，輸入熱量增加，母材過熱程度增大

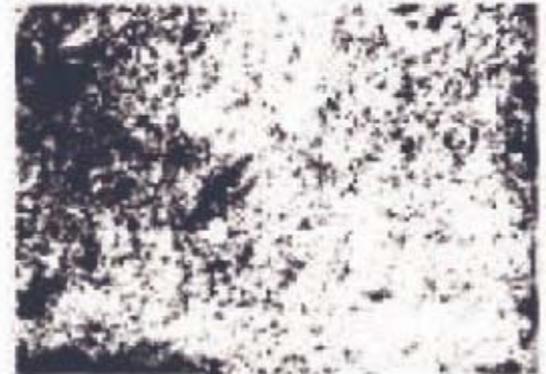
當電流為5kA時，得到的柱狀晶更加粗大，主要是因為熱影響區過熱程度更大，過熱區晶粒粗化；當電流為4kA時，柱狀晶細小且均勻



鐳接電流 3ka



鐳接電流 4ka

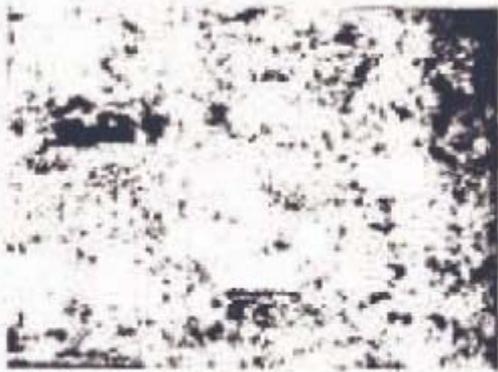


鐳接電流 5ka

Fig 1 不同點鐳電流下 BH340鋼板熔核中心金相照片 (0 20s)(100X)

# 焊点金相显微组织比较分析

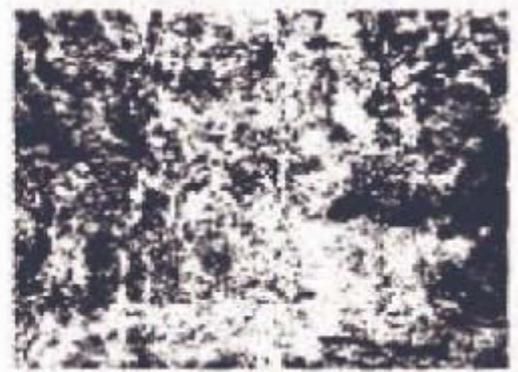
如Fig 2所示，隨著銲接電流增加，銲點的顯微組織變得均勻，且晶粒細化。當電流增為5kA時，St13的熔核中心產生了局部熔化現象。



銲接電流 3ka



銲接電流 4ka



銲接電流 5ka

Fig 2 不同點銲電流下 St13鋼板熔核中心金相照片 (0 20s)(100X)

比較兩組照片，可知在相同點銲條件下，高張力鋼板的熔核中心組織比一般冷軋鋼板的熔核中心組織更加細小且均勻。

# 焊点拉伸试验

在各種不同點鐸條件下，進行拉伸試驗測量其拉伸負荷，結果如Fig. 3。

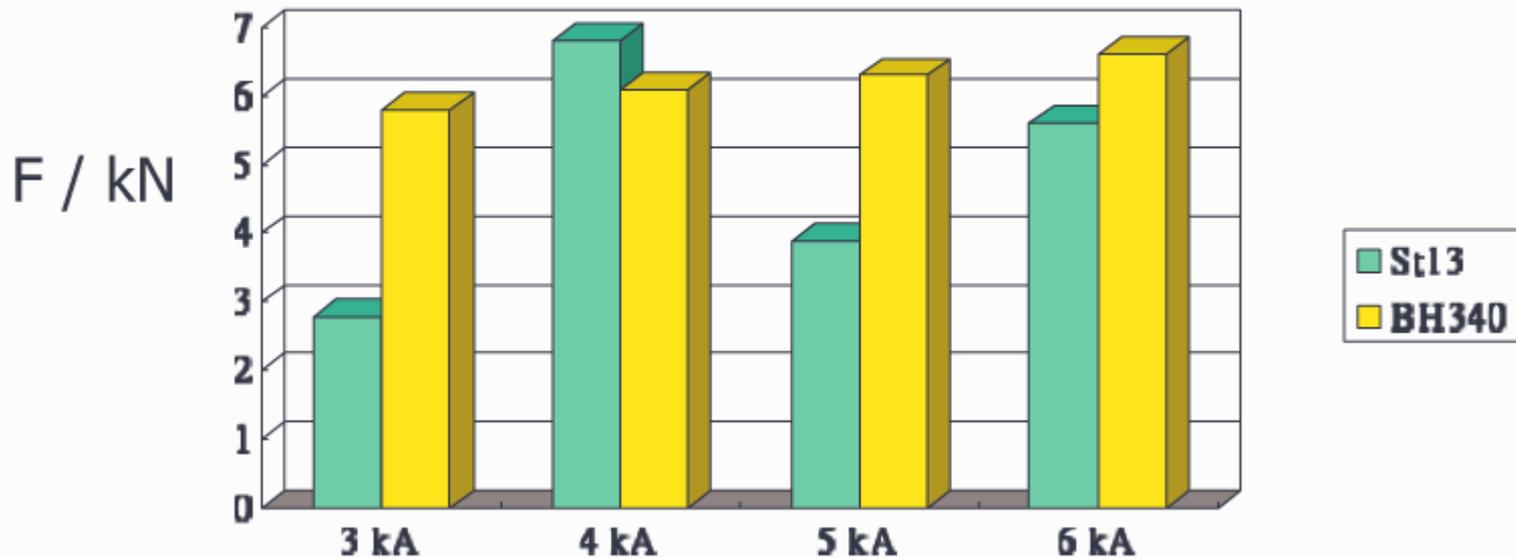
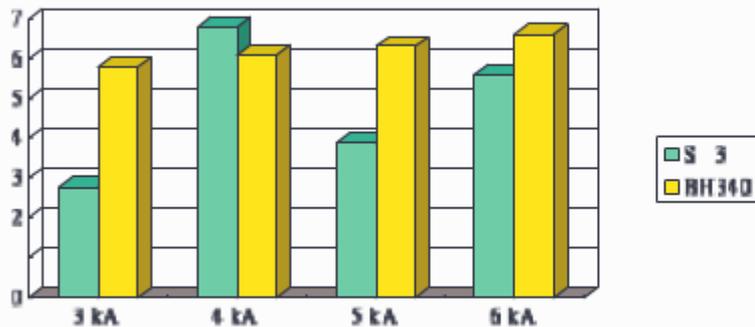


Fig 2 不同點鐸電流下 St13和BH340鋼板的拉伸負荷（鐸接時間0 20s）

# 焊点拉伸试验

由Fig. 3可看出銲接電流分別為3kA、4kA、5kA與6kA時，BH340銲件均有較大且較為穩定的拉伸負荷，而St13銲件的拉伸負荷隨銲接電流大小的變化有較大的波動。



這說明了一般冷軋鋼板的銲接特性對於銲接電流較為敏感，而高張力鋼板對於銲接電流的選擇範圍則寬大許多，較不受銲接電流波動影響。

# 焊点显微硬度对比分析

在鐸接電流為4kA，鐸接時間為0.2s時，對兩種鋼板鐸點進行顯微硬度測試，結果如Fig. 4。

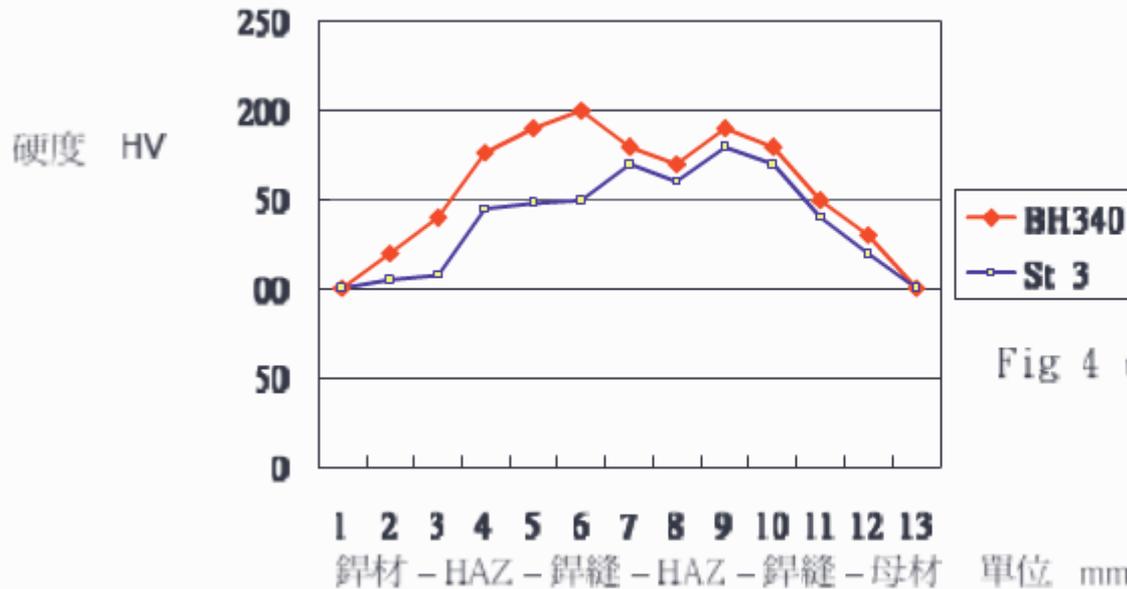


Fig 4 兩種鋼板的顯微硬度比較  
(4 kA 0.20s)

由Fig. 4可以看出，相同的鐸接條件下，高張力鋼板鐸點的顯微硬度明顯高於一般冷軋鋼板。

# 焊点疲劳特性分析

在相同鐳接條件下(點鐳電流4kA，點鐳時間0.2s)BH340和St13兩種鋼板的拉伸疲勞特性和平面彎曲疲勞特性進行測試並繪出S-N曲線，如Fig. 5所示。

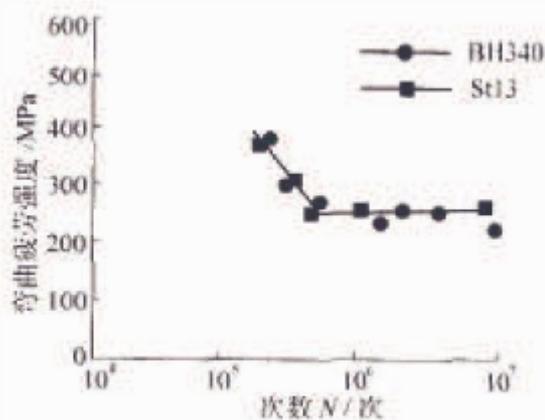
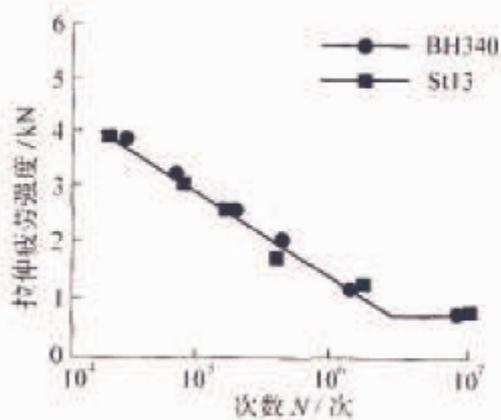
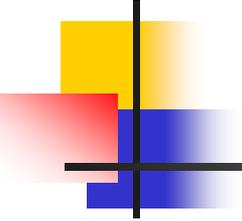


Fig 5  
兩種鋼板點鐳的拉伸疲勞強度與彎曲疲勞強度

BH340和St13鋼板的強化機制與強度有所不同，但它們的拉伸疲勞強度與平面彎曲疲勞強度幾乎相同，並沒有因為提高強度而使點鐳疲勞特性發生太大的改變。



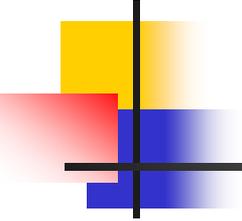
# 试验总结

在試驗範圍內，高張力鋼板的銲接性能較一般冷軋鋼板為佳。

兩種鋼板的銲點均具有良好的塑性。在相同的銲接條件下，高張力鋼板銲點的顯微組織比一般鋼板細小且均勻，高張力鋼板銲點的力學性能明顯優於一般冷軋鋼板。

其他銲接條件相同時，與一般鋼板相比，高張力鋼板在銲接時間0.2s時，其銲接電流選擇範圍較大。

經過點銲後高張力鋼板和一般冷軋鋼板的疲勞特性並無太大差異。



# 结论

汽車車身組立可以說是汽車製造流程中最關鍵的環節之一；而車身的點銲熔接又是影響車身組立品質最重要的因素，攸關駕駛人安全，每一個細節都不可以輕忽。

嚴謹地控制生產流程中影響點銲的各項因素，就能確保車身的銲接品質；而對開發者而言，事先評估規範點銲的條件參數，避免不必要的錯誤與浪費，對成本的縮減與控制亦有相當程度的助益。