

# 弹簧钢电阻点焊<sup>\*</sup>

赵熹华 徐国成 宣兆志 于海涛

(长春 吉林工业大学)

**摘 要** 分析了弹簧钢电阻点焊接头常见缺陷类型、形貌、成因及危害,提出通过采用增大电极压力,调制焊接电流脉冲和随机多脉冲回火热处理等工艺措施,可获得优质点焊接头,这就为钢质弹性件的以焊代铆指出方向。

**关键词:** 弹簧钢 电阻焊 点焊

## 0 序 言

弹簧钢(60Si2Mn、65Mn等)焊接性很差,其电阻点焊接头极易出现缩松、缩孔、脆性组织、过烧组织和裂纹等缺陷,缺陷的存在显著降低了接头的力学性能。因此,许多钢质弹性件(发条、簧片、打包带及刹车带等)迄今仍采用冲铆连接工艺,不仅影响产品质量,也使生产过程难于实现机械化和自动化。本文通过对各种工艺措施下的电阻点焊接头微观分析和力学性能测试,总结了弹簧钢电阻点焊获得优质接头的基本原则,这就为实现其以焊代铆指出了方向。

## 1 接头缺陷分析

### 1.1 缩松与缩孔

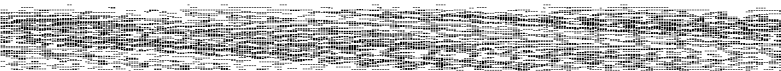
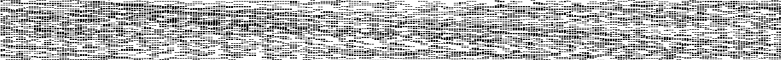
缩松与缩孔缺陷均产生于熔核凝固过程后期,分布在熔核贴合面附近,前者往往连接成片(图1a),后者则局限为一较大“空洞”(图1b),二者的形貌特征是均能清晰观察到凝固组织的枝晶群。由于弹簧钢高温强度大,普通常用点焊机均是非调制焊接电流脉冲,其加热速度快,点焊过程中易产生初期内飞溅造成熔核内液态金属部分逸失,因而更加促进了缩松及缩孔缺陷的形成。缩松与缩孔的存在会使点焊接头力学性能变坏,尤其引发裂纹后会显著降低焊点的持久强度极限。

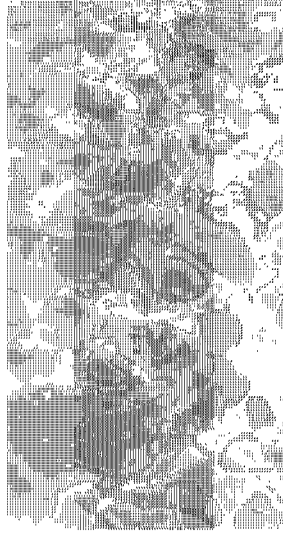
### 1.2 脆性组织、过烧组织

马氏体组织产生在熔核凝固后的接头继续冷却过程中,在未进行随机回火热处理时,马氏体可分布在整个熔核及其周围部分热影响区。当随机回火热处理不适当时,在接头高应力区

<sup>\*</sup>吉林省科技发展计划资助项目。

国家自然科学基金资助项目。





(a)

(b)

力区断口形貌 图 3 高应:

y of high stress zone Fractograph

trap (a) ductile fracture (b) brittle

应用多脉冲回火热处理工艺要注意以下两点: 其一, 回火脉冲个数  $n(n=2, 3, 4\cdots)$  根据板厚  $\delta$  不同由试验确定, 一般随  $\delta$  增大而增加, 参见表1; 其二, 回火电流脉冲时间  $t_i$  应远小于传统双脉冲点焊工艺相应值, 并需适当增加回火脉冲时间间隔以防止出现过烧组织。

表 1 最佳规范参数与力学性能

Table 1 Best parameters and mechanical properties

Sheet thickness $\delta$ (mm)	Technique	Parameters						Mechanical properties		
		$I_w$ (A)	$t_w$ (s)	$I_i$ (A)	$t_i$ (s)	$n$	$F_w$ (N)	$P_s$ (N)	$P_t$ (N)	$K$ (%)
0.35	A	1880	0.01	0	0	0	280	380	70	18.4
	B	1880	0.01	1500	0.01	1	280	510	120	23.5
	C	1880	0.01	1400	0.01	4	280	950	350	36.8
	D	1880	0.01	0	0	0	280	1100	380	34.5
0.90	A	7000	0.12	0	0	0	3200	1360	160	11.8
	B	6000	0.4	3000	1.2	1	3200	2560	340	13.3
	C	7000	0.12	5500	0.06	5	3200	4880	1020	20.9
	D	7000	0.12	0	0	0	3200	5050	1300	25.7

Notes:  $P_s$ —Shear load      A—Single welding current pulse without tempering  
 $P_t$ —Tensile load      B—Double pulse spot welding  
 $k$ —Elongation      C—Best multiple tempering pulse spot welding  
D—Single welding current pulse with tempering in furnace (tempering temperature 400 °C and holding for 15min)

不同板厚及工艺试验的最佳参数与相应力学性能见表 1, 接头的显微硬度分布见图 4。

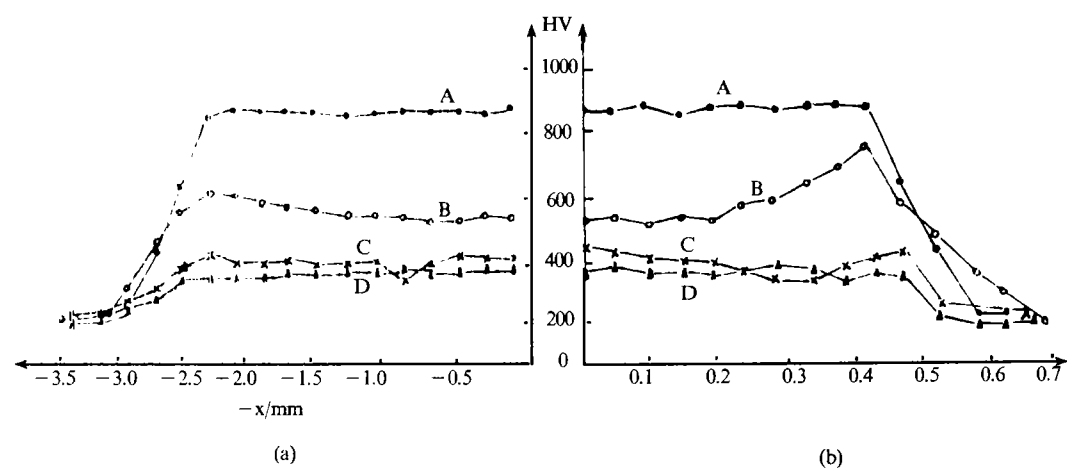


图 4 点焊接头显微硬度分布 (65Mn)

Fig.4 Distribution of microhardness in spot welded joints (65Mn)

(a) Sheet thickness  $\delta=0.9\text{mm}$       (b) Sheet thickness  $\delta=0.35\text{mm}$

### 3 结 论

弹簧钢电阻点焊焊接性很差,接头力学性能不高的主要原因是极易产生缩松、脆性组织(尤其是分布在高应力区域的马氏体组织)和裂纹等缺陷。但是通过采用增大电极压力、调制焊接电流脉冲和随机多脉冲回火热处理等工艺措施,可以获得优质点焊接头,其力学性能接近炉中回火热处理情况,这就为钢质弹性件以焊代铆指出方向。

(1995-11-5 初稿; 1996-2-30 修改稿)

#### 参 考 文 献

- 1 Zhao Xihua and Jian Yihong. Analysis of the forming mechanism of columnar structure in nugget. Proceedings of resistance welding and related welding processes. 1986. OSaka
- 2 赵嘉华主编. 压力焊. 北京: 机械工业出版社, 1989.
- 3 赵嘉华, 弹簧钢带点焊接头组织缺陷分析. 金属科学与工艺, 1991.

#### Resistance Spot Welding of Spring Steel

Zhao Xihua, Xu Guocheng, Xuan Zhaozhi, Yu Haitao

(Changchun Jilin University of Technology)

**Abstract** The common types, appearance, causes and detriment of the defects in resistance spot welded joints of spring steel are analysed in this paper. It presents that the sound spot welded joints can be produced through some techniques, such as increasing electrode force, adjusting welding current pulse and heat treating with random multiple tempering pulse. So it points out the way to replace the riveting of spring steel by welding.

**Key words** spring steel, resistance welding, spot welding