

# 用电铸电工纯铁代替 50Ni 坡莫合金制造继电器

西安铝制品厂 艾柳庭 宋福来 唐孝敦 范玉铠

**摘要** 本文叙述了以电铸电工纯铁材料代替 50Ni 坡莫合金制造 JRM-1 型电磁密封继电器的制造、测试过程。为了对比,同时又用 50Ni 坡莫合金制造成同类型产品,二者均经过连续五次温度循环试验和高温寿命试验等。试验、对比结果证明,用电铸电工纯铁制造的上述继电器,在规定的条件下,电气性能指标符合要求,完全能代替 50Ni 坡莫合金材料,达到了节约镍的目的,经济效益十分可观。

## 概述

采用可溶性铁阳极(废铁屑制成)水溶液电解精炼法制取的阴极铁板(坯),称为电铸纯铁(即电解铁)。此种纯铁,由于纯度高(见表 2),原始铸态组织呈致密的针状结晶,经加工热处理后,晶粒粗大,晶粒度达 1—大于(-1)级(见图 1),且具有独特的电磁性能,远远超过太钢纯铁指标,接近 50Ni 坡莫合金水平,因而又称为电铸电工纯铁。用此种纯铁代替 50Ni 坡莫合金制造 JRM-1 型电磁密封继电器、JMX-2M 小型密封脉冲继电器、JRXB-1 型继电器和超小型密封继电器中的导磁零件(铁芯、衔铁片、磁极片)获得成功。从而达到节约稀贵金属镍的目的,具有明显的经济效果(电铸纯铁 10~15 元/kg, 50Ni 合金 100 元/kg)。

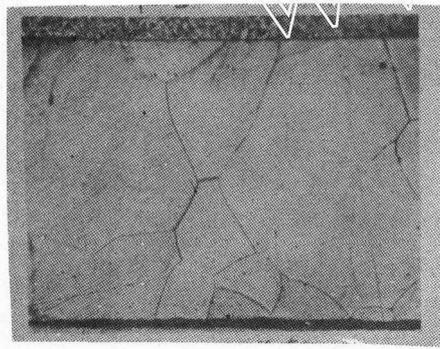


图 1

现以 JRM-1 型电磁密封继电器为例,将有关的具体情况总结介绍如下,以供参考。

## 1 材料的有关性能及化学成份

表 1 电铸电工纯铁经低温热处理后的机械性能

表 1

反复弯曲(次)	杯突试验 D=10 (mm)	延伸率(%)	HB	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\Psi$ %	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
50~170	11.65~13.6	42.5~53.2	60~80	244~282	120	85	7.85~7.86

从表 1 看来,电铸电工纯铁经低温热处理后,机械性能良好,和一般较高纯铁机械性能指标相符,按资料记载,能冷轧成  $1 \times 10^{-3}$  mm 的薄片。经实际使用证明,能深冲变形制成复杂的痰孟(图 2),能承受各种形式的冷加工(冷挤、冷轧、冷拉、冷冲)和机加工。

表 2 电铸电工纯铁经不同气氛热处理后的化学成份

本文 1992 年 4 月收稿



图 2

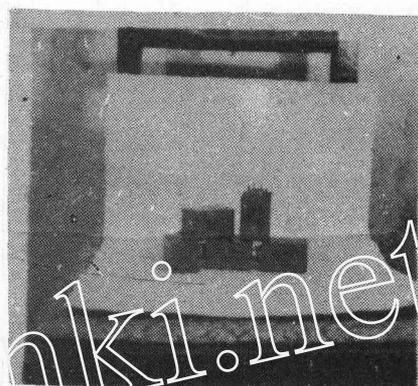


图 3

表 2 说明, 原始电铸纯铁经不同气氛的热处理后, 对 C、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 等杂质均有不同程度的降低, 起到了净化的作用。经氢气热处理后, 本应达到脱 C、脱 S 减少气体杂质的理想结果。但由于采用的氢气纯度不高, 湿度大, 而出现了增硫的反常现象。

表 2

类 别	杂 质 含 量 (%)								
	C	S	P	Mn	si	Cu	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
原始电铸 纯铁板坯	0.011~ 0.017	0.003~ 0.004	0.016~ 0.03	微	微	微	0.06	未测	0.002~ 0.003
经普通电热密 闭热处理后	0.005~ 0.009	0.003~ 0.004	0.016 ~0.03	微	微	微	0.011	0.019	10.40 (me/100g)
经低质量的氢 气热处理后	0.007~ 0.01	0.003~ 0.006	0.03	微	微	微	未测	未测	未测
经真空热 处理后	0.0024 ~0.007	0.004	0.016	微	微	微	0.0085	0.008	7.20 (me/100g)

表 3 电铸电工纯铁与 50Ni 坡莫合金软磁性能的比较

表 3

材料名称	软 磁 性 能					
	H <sub>c</sub> (A/m)	μ <sub>0</sub> (T/A/m)	μ <sub>m</sub> (T/A/m)	B <sub>m</sub> (T)	居里点 (°C)	人工时效后 (100°C 保温 100 小时)
电铸电工纯铁	7.96~19.9	0.00251	0.0377	2	768	无
50Ni 坡莫合金	7.165	0.00314	0.0603	1.4	500	无

从表 3 看出, 50Ni 坡莫合金的软磁性能指标超过电铸电工纯铁, 说明电铸电工纯铁的磁性能有待进一步提高。

## 2 试验内容、过程及结果

采用电铸电工纯铁做成 JRM-1 型继电器中的磁性零件, 并装配成五只供试验用的产品(图 3), 然后对产品进行性能影响试验, 经测试, 装配过程中的电气性能能够满足要求, 但吸合电流较用 50Ni 坡莫合金装配的相同产品要大(约 4.3%)。比如, 在其它机械电气参数相同时, 用电铸电工纯铁制造的继电器吸合电流为 2.4mA, 而用 50Ni 坡莫合金制造的继电器吸合

电流为 2.3mA，其原因可能与材料的磁性能和不平度有关。

例行试验就是按 JRM-1 型继电器的技术条件进行，由于只是导磁零件的不同，故只进行温度循环和长期高温寿命试验。

### (1) 五次温度循环试验

把继电器置于高温  $+85 \pm 3^\circ\text{C}$  和低温  $-60 \pm 3^\circ\text{C}$  的条件下，保持 2 小时，并连续循环五次，观察其电气性能的变化（见表 4）。

表 4 继电器连续五次温度循环试验电气性能的变化

表 4

继电器编号		项目与要求				
		1	2	3	4	5
试验前	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$	2.4	2.3	2.3	2.2	2.4
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$	0.9	0.9	0.95	0.77	1.0
试验后	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$ 变化 $\geq +20\%$	2.3	2.3	2.1	2.2	2.2
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$ 变化 $\geq -40\%$	0.8	0.8	0.85	0.7	0.98

为了对比，特用 50Ni 坡莫合金材料，装配同型号继电器 5 只，按同样条件进行五次温度循环试验，经测定，其电气性能见表 5。

表 5 50Ni 制继电器经五次温度循环试验电气性能的变化

表 5

继电器编号		项目与要求				
		1	2	3	4	5
试验前	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$	2.20	2.20	2.30	2.10	2.30
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$	1.20	1.10	1.07	1.00	1.10
试验后	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$	2.20	1.55	1.70	2.00	2.10
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$	1.00	0.85	0.95	1.10	1.00

### (2) 长期高温寿命试验

把继电器置于高温  $+85 \pm 3^\circ\text{C}$  的环境下保持 440 小时，并在绕组中通入 110% 的额定工作电流（4.4mA），使继电器的导磁零件处于工作状态。

要求：经长期高温寿命试验后，继电器增加的吸合电流不超过额定值的 20%，而释放电流不小于 40%，试验前后数值见表 6。

表 6 继电器长期高温寿命试验电气性能的变化

表 6

继电器编号		项目与要求				
		1	2	3	4	5
试验前	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$	2.3	2.3	2.1	2.2	2.2
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$	0.8	0.8	0.85	0.7	0.98
试验后	吸合电流 $\leq 2.5\text{mA}$	2.0	2.2	2.1	2.05	2.1
	释放电流 $\geq 0.6\text{mA}$	0.9	0.8	0.8	0.7	0.85

### (3) 电铸电工纯铁对吸合时间的影响试验

继电器的吸合时间是由衔铁的触动时间和衔铁的转动时间组成，而触动时间  $t_H = t_{H1} + t_n$  (涡流影响)

$$t_n = \tau_n I_n \frac{0.6s + I}{I + i}$$

$$\tau_n = \frac{e \cdot r^2 \mu_0}{5.78 \rho_{\kappa} \cdot \delta_H}$$

式中  $\rho_{\kappa}$  为铁磁材料的电阻系数。

由于电铸电工纯铁材料的电阻率未测量，故未进行计算，而只能与 50Ni 材料所做成的继电器作比较。由于影响因素很多，比如零件尺寸、机械参数、电气调整状态等，很难做到一致，因此这种比较只能作参考 (表 7)。

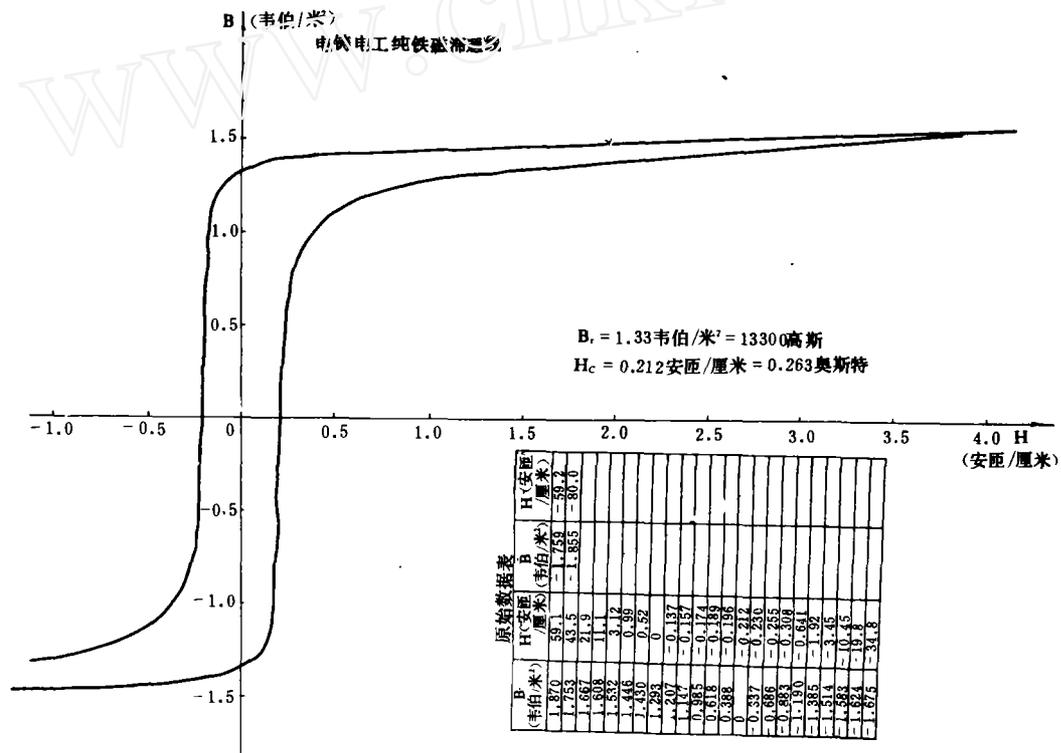


图 4

### 3 结语

根据上述全部试验对比情况，所有性能指标说明电铸电工纯铁完全可以用来替代 50Ni 坡莫合金制造 JRM-1 型电磁密封继电器的导磁材料。用电铸电工纯铁制做的铁芯、衔铁片、磁极片，均能满足性能要求，所以说本项试验是成功的，达到了预期的效果和目的。同时经用户反复实验证明，电铸纯铁具有独特的优点，它不仅在一定范围内 (工作磁密  $400 < B < 13000 \times 10^{-4} T$ ) 可以代替昂贵的坡莫合金作为某些电磁器件的软磁材料而获得巨大的经济利益，而且在一定范围内 (工作磁密  $13000 < B < 16000 \times 10^{-4} T$ ) 它可以解决工业纯铁和坡莫合金都难以解决的某些电磁器件对软磁材料的应用要求 (注：当  $B > 13000 \times 10^{-4} T$  时，坡莫合金已开

始趋向饱和， $\mu$  值急剧下降，而工业纯铁  $H_c$  大），特别是微型化磁性元件的理想材料。因此可以认为，该材料是一种具有发展前途的新型软磁材料。

表 7 不同软磁材料制成的继电器吸合时间的比较

吸合时间 材料名称		继电器编号					备注
		1	2	3	4	5	
50Ni 坡莫合金	试验前	36.5	34.5	33.0	37.0	38.0	1) 吸合时间按毫秒 (ms) 计。 2) 测量仪器：电子毫秒表仿苏 AMC-54。 3) 按技术条件要求 $\leq 40ms$
	试验后	36.5	33.0	32.0	36.0	36.5	
电铸电工 纯铁	试验前	37.0	38.0	35.5	33.0	35.0	
	试验后	35.5	36.5	33.0	32.0	32.0	

#### 4 存在的问题

- (1) 在零件加工过程中，发现个别零件有分层、起皮现象。
- (2) 由于有些材料比较疏松，故螺纹的齿不很清晰。
- (3) 材料的磁性能需进一步提高。

以上材料的缺点，要进一步改进提高。通过努力，实现在软磁材料领域内增添电铸电工纯铁新系列（新成员）。

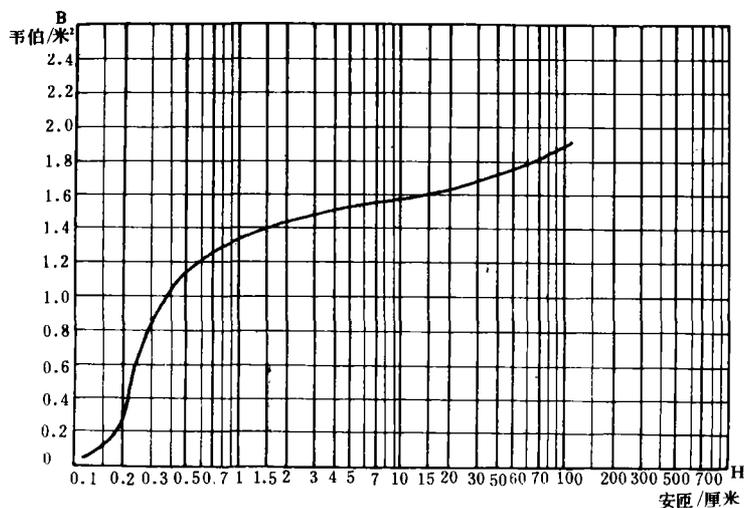


图 5