

航空用板位移传感器材料的研制

刘 义

航空用板位移传感器绕组采用PdAuPtAg Cu₂₀₋₁₅₋₁₃₋₁₂合金,其电阻率为 $50\mu\Omega\cdot\text{cm}$,电阻温度系数为 $1.2\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$,拉断强度为1225MPa,抗环境腐蚀性能、耐磨性和加工成形性能较好,已生产的 $\phi 0.017$ 微细丝在导弹上试用。该合金在航空、航天等技术领域推广应用,具有较大的技术经济效益。

一、传感器对材料的要求及合金选择

板位移传感器要求合金的电阻率为 $50\mu\Omega\cdot\text{cm}$,电阻温度系数不大于 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$,拉断强度大于980MPa,抗氧化抗腐蚀和耐磨性能好。

表 1 贵金属在地壳中的含量^[1]

元 素	Ag	Pd	Au	Pt	Rh	Ru	Ir	Os
含量, g/t	0.1	0.01	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001

电接触元件和电位器元件选用贵金属合金,最根本的原因是贵金属具有最高的抗氧化抗腐蚀性能,是其它金属无法比拟的。但是贵金属合金中由于贱金属的加入而降低了抗氧化抗腐蚀性能,贱金属加入量愈多降低愈严重,所以军用电位器元件和电接触元件一般选用贵金属元素组成的合金。

金银钯铂及加铜强化的电阻合金和电接触合金是综合了金、银、钯、铂的优点,相互抑制了各自的缺点。金、银能提高钯、铂抗有机污染能力(图1和表2)^[2,3]。金、钯和铂有抑制银硫化倾向的作用(图2和3)。

金银钯铂及加铜强化的金银钯铂铜合金有很好的生产工艺性能,高的抗氧化、抗腐蚀性能及较好的物理、机械和电接触性能等;其抗有机污染和抗硫化性能也不错。等体积原材料价比金镍、金镍铜、金镍铬和金镍铁钴便宜。

综合分析国内外有关贵金属精密电阻合金专利和技术文献资料,认为金银钯铂合金具有研究应用价值。

贵金属合金的研究应用方向是“省用”和“代用”贵金属,以钯代金、铂等。因为钯在地壳中的含量仅少于银、而多于金、铂等贵金属元素(表1)。但是钯在工业上的用途远不如银、金、铂。目前,钯只适宜做氢气净化材料、线绕电位器和电接触材料的合金元素。苏、美、英、德、日等国非常重视贵金属的省用和代用。在电位器和电接触材料中添加钯元素,既改善了材料性能、又合理平衡地综合利用了我国的贵金属资源,还降低了材料的成本。

经过上述分析比较,确定金银钯铂铜作为板位移传感器材料进行研究。

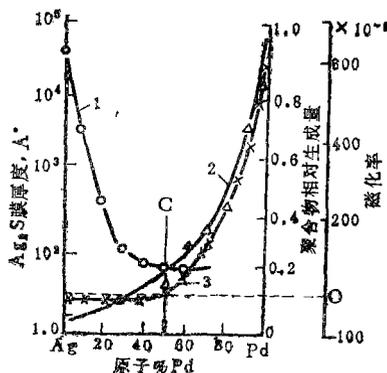


图 1 Pd-Ag 合金系的磁化、抗有机污染、抗腐蚀特性与合金成分的关系

1—耐腐蚀特性:在5.33Pa(400mmHg)压力的H₂S空气饱和和水蒸汽中暴露96h; 2—抗有机污染特性:在汽油中有机聚合物的生成量; 3—磁化率。

表 2 贵金属滑动接触形成有机
聚合物性能比较^[4]

接点材料	配对材料	生成有机聚合物 (褐粉) 比率, %
Pt	Pt	100
Pd	Pd	95
Ru	Ru	55
AuAgPt25-6	Pd	50
AuAg30	Pd	20
AuAgPt25-6	AuAgPt25-6	12
Ag	Ag	0
Au	Au	0

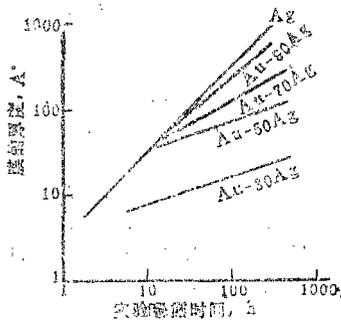


图 2 Ag和Au-Ag合金的腐蚀动力学曲线
试验气氛: $20N_2-O_2-6 \cdot 10^{-9}S_8$

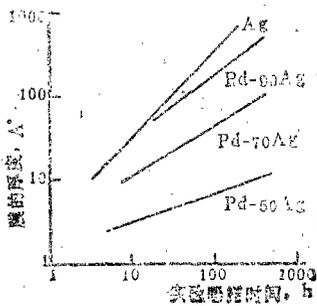


图 3 Ag和Pd-Ag合金的腐蚀动力学曲线
试验气氛: $20N_2-O_2-3 \cdot 10^{-9}S_8$

二、材料的成分、 性能及其制备工艺

1. 合金的制备

合金选用的原材料是纯金、银、钯、铂和铜。其纯度大于99.9%。在高频感应炉内的氩气保护介质中进行熔炼铸锭。经冷轧、冷拉、退火等工序加工成所需尺寸的线材或试验用试样。

2. 合金成分和性能的确定

为了满足传感器对材料性能的要求,进行了合金成分和性能试验,结果示于图4、5和6。图4是金银钯铂合金的电阻率随AuAg/PdPt的体积比减少而增加,即随钯、铂元素含量增加而增高。但铜元素加入,使金银钯铂合金得到强化,而对电阻率影响微小。

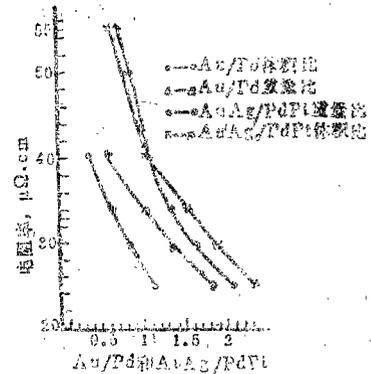


图 4 金银钯铂合金中 Au/Pd和AuAg/PdPt
的重量和体积比与电阻率的关系

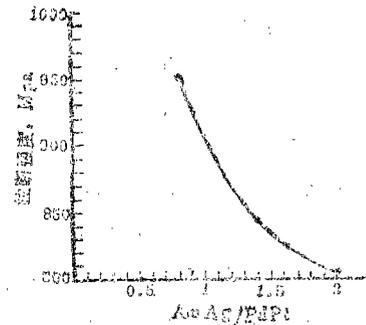


图 5 AuAgPdPt系合金的拉断强度与
AuAg/PdPt体积比的关系

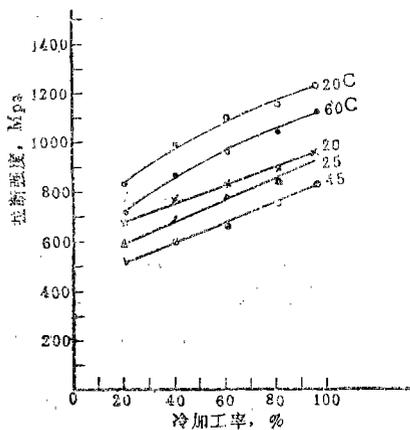


图 6 合金的拉断强度与冷加工率的关系
 20C—PdAuPtAgCu20-15-13-12;
 60C—AuAgCuPdPt13-12-10-5;
 20—PdAgAuPt25-20-15;
 25—PdAgAuPt25-25-5;
 45—AuAgPdPt25-25-5.

图5是金银钯铂合金的拉断强度随AuAg/PdPt的体积比减少而增加,即随钯、铂元素含量的增加而增高。

金银钯铂系合金加入12%铜元素,拉断强

度显著增加。图6中的20C和60C的拉断强度在20合金之上,所以铜元素是金银钯铂合金系较好的强化元素。

根据合金成分和性能的试验结果,满足板位移传感器绕组合金的成分为PdAuPtAgCu20-15-13-12;电阻率为 $50\mu\Omega\cdot\text{cm}$;电阻温度系数为 $1.2\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$;拉断强度为1176~1274 MPa。经产品选配两种电刷试验结果,认为AuAgCu25-5合金电刷较好。板位移传感器已装上飞机,进行了一年多的飞行考验,情况良好。

三、PdAuPtAgCu20-15-13-12 的性能

1. 合金的物理、机械性能

表3是电阻率相当或接近的几种合金的物理、机械性能比较。PdAuPtAgCu20-15-13-12合金的拉断强度高于金镍铁钴和铂铜合金,耐磨特性优于金镍铁钴合金。合金的磨损深度是以有碳化硼涂层的硼纤维做基准、在同一试验条件下做的磨损比较试验数据^[5]。

表 3 几种合金的物理、机械性能比较

合 金	熔点 °C	密度 kg/m ³ × 10 ³	电阻率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	电阻温度系数 (0~100°C) $\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	拉断强度 MPa	磨损深度 μm	体积磨 损系数 $\times 10^{-6}$	用 途
PdAuPtAgCu20-15-13-12	1320	13	50	1.2	1225	1	0.206	电位器
AuNiFeZr9-2-0.3	995	16.9	50	3.5	1010	3	1.020	电位器
AuNiFeZr5-1.5-0.3	995	17.7	46	2.6	882	6	2.251	电位器
PtCu8.5	1710	19.2	48	2.2	784			电位器

2. 合金抗环境腐蚀性能

对合金的抗环境腐蚀性能进行了一系列对比试验,结果表明,PdAuPtAgCu20-15-13-12合金抗空气介质腐蚀优于AuCuNiZn22-2.5-1合金,而与AuNiFeZr9-2-0.3、AuNi9合金相当;抗硫化腐蚀优于AuAgCu35-5合金,而与AuNi9合金相当;抗室温盐雾腐蚀也与AuNi9合金相当;抗有机污染性优于PtIr10、PdIr10合金,而与AuNiFeZr5-1.5-0.3合金相当。可

见该合金的抗环境腐蚀性能优于或相当于目前航空用贵金属合金,且存放稳定性好,完全可应用于航空、航天等技术领域。

四、选配磨损试验

选配磨损试验的目的在于为PdAuPtAgCu20-15-13-12合金绕组选配较为合适的电刷合金,提高传感器的耐磨寿命。

选用冷加工率80%的直径1.9mm线材试样,在400g接触压力下,进行两交叉试样对磨

滑动次数50000周的磨损试验, 结果示于表4。

表4 合金的选配磨损试验结果

序 号	静 试 样		动 试 样	
	合 金	磨 损 量 × 10 ⁻⁴ g	合 金	损 磨 量 × 10 ⁻⁴ g
1	AuAgPdPt 25-25-5	1	PdAuPtAgCu 20-15-13-12	0.67
	AuAgCu25-5	1		0.50
	AuAgIn22-8	1		0
	AuAgCuPdPt 13-12-10-5	1		0.90
2	PdAuPtAgCu 20-15-13-12	1	AuAgPdPt 25-25-5	87.50
		0	AuAgCu25-5	17
		0	AuAgIn22-8	84
		1	AuAgCuPdPt 13-12-10-5	14

从表4的选配磨损试验结果看出: AuAgIn22-8合金对PdAuPtAgCu20-15-13-12合金的磨损最少, 其次是AuAgCu25-5合金。PdAuPtAgCu20-15-13-12合金分别配AuAgCu25-5和AuAgCuPdPt13-12-10-5合金, 经一次传感器产品试验结果, 其电阻值变化率是AuAgCu25-5的小于AuAgCuPdPt13-12-10-5的。因此, 为保护PdAuPtAgCu20-15-13-12合金绕组少受磨损和延长电位器耐磨寿命, 选AuAgIn22-8和AuAgCu25-5合金做电刷较为合适。

五、结 论

PdAuPtAgCu20-15-13-12合金, 是国内目前综合性能较好的一种合金, 适用于航空、航天技术领域的线绕传感器或电位器, 选配合适的电刷合金, 可以达到长寿命。用该合金绕组配以AuAgCu25合金做成的板位移传感器已装机飞行考核。已生产出 $\phi 0.017\text{mm}$ 微细丝供导弹上试用。

该合金的等体积价格比AuNiFeZr5-1.5-0.3合金便宜得多, 具有明显的经济效益, 值得推广应用。

参 考 文 献

- [1] 昆明贵金属研究所编, 贵金属材料加工手册, 冶金工业出版社, 1978。
- [2] 刘先曙, 电接触材料的研究与应用, 国防工业出版社, 1979。
- [3] 刘义, 贵金属及合金电接触材料的抗腐蚀性, 航空材料, No.5, 1979。
- [4] 何安莉等, 航空仪表用金基合金, 国际航空, No.6, 1980。
- [5] 刘义等, 航空用几种贵金属合金线绕电位器材料耐磨特性研究, 仪表材料, Vol.15, No.3, 1984。

※ ※ ※ ※ ※ ※

某歼 II 飞机前风挡玻璃通过技术鉴定

建材研究院研制的某歼 II 型飞机前风挡玻璃于1985年11月18~30日在北京通过技术鉴定。参加鉴定会的有国防科工委、国家计委、国家科委、航空工业部、化工部、空军工程部等单位的领导、专家, 以及驻厂军代表共40人。到会的专家认为, 建材研究院研制的前风挡玻璃, 在质量和检测手段上都是国内最先进的, 安全可靠, 达到了该机设计的技术要求。

某歼 II 飞机是我国自行设计制造的高速歼击机, 负责研制前风挡玻璃的建材研究院, 以科学的态度进行了15000次疲劳试验和耐冷热冲击400次循环(相当飞行1700小时)及抗鸟撞强度等一系列试验, 终于研制成功。自1984年6月装机试飞以来, 未发生任何异常现象, 性能与其它机型相比, 在耐热、耐温压差内表面增压、抗鸟撞强度安装角以及使用保管期等方面均有较大提高和突破, 它的使用将对提高该机型的性能起到重大作用。

(马学政 徐风金)