

成型管材钎插法制备小型铠装热电偶

北京航空材料研究所 石振凯

本文介绍一种白金套管直接钎插成型的小型高温铠装热电偶。该热电偶具备结构严紧、气密性好、耐压性好、灵敏度高、热电势稳定、使用寿命长等特点，可以满足各种高温设备的精确测温。尤其使用在高温高真空设备中，在保证高真空获得的同时，又可避免自身不受各种毒害的有机气氛污染，提高了测量精度和使用稳定性。

一、前言

金属铠装热电偶，又称导体铠装热电偶，是铠偶的一个重要组成部分。它是把一对或多对热电偶丝镶嵌在与热电偶外径尺寸相当的耐热合金或白金套管内，丝间彼此绝缘。热电偶的冷端用各种不同的结构形式与补偿导线与测控仪表相连，构成一个完整的温度测控统一体。

热电偶丝材线径决定热电偶套管管径的大小，又与热电偶的使用寿命成正比。

80年代末，由英国引进一种外径 $\phi 1.6\text{mm}$ ，工作长度177mm的小型白金套管铠装热电偶，由于随设备引进，热电偶质量精度、制备工艺没有专门报道。

90年代初，日本冈崎制作所在有关生产S、R、B型金属铠装热电偶的报道中，介绍一种外径尺寸从 $\phi 1.5\sim 6\text{mm}$ 的长细铠偶。由于偶材拉制成型，采用连续生产线，每只铠偶的标准长度从几十米到上百米，最低不小于20米长。值得提出的是，这种铠偶的加工方式工艺的先进性和加工后铠偶热电势和稳定性存在着不可调和的矛盾。因为在加工过程中，热电偶偶丝需要承受各种方向的作用力。在径向作用力的影响下，热电势增加；受轴向力时，热电势下降。以至于精心挑选的Ⅰ级偶丝加工成铠偶将会变成Ⅱ级或不合格产品（见本文“讨论”部分）。

1985年以后，国内有生产外径 $\phi 2\sim 6\text{mm}$ ，拔制成型同类产品的报道。但是推荐R、B型铠偶套管的外径尺寸不小于 $\phi 4.5\text{mm}$ 。至于外径不大于1.5mm，偶丝不受加工影响的高精度铠偶，目前国内处于探索研制阶段。

二、铠装热电偶的尺寸、构造及选材

如图1所示，与电极1相连接的热电偶4用耐火绝缘介质5与白金套管6绝缘，测温时，将热电偶插入被测设备的固定部位，电极1按指定的正负极与测温仪表相连。铠装热电偶的尺寸见表1。

热电偶分度号与对应的热电偶材料见表2。
表2所示，分度号为S和R的热电偶选用材料只有正极用铂铑合金（含铑量分别为10%和13%）；通常称

单铂铑合金，常用温度 $0\sim 1200(1300)^{\circ}\text{C}$ ，分度号B选用材料其负极和正极均用铂铑合金（含铑量分别为6%和30%），通常称双铂铑合金，常用温度 $0\sim 1500(1600)^{\circ}\text{C}$ ，短时间使用 1800°C



图1 金属插座式铠装热电偶

1. 电极；2. 电极外套；3. 绝缘材料；4. 热电偶；
5. 耐火绝缘介质；6. 白金套管

表1 铠装热电偶尺寸（mm）

套管外径	套管长度	套管壁厚	热电偶偶丝直径
$\phi 1.5\sim 0.1$	100~500	0.2~0.02	$\phi 0.3\sim 0.01$

表2 热电偶分度号与对应的材料

材 料 分 度 号 性	S	R	B
负 极	铂	铂	铂铑6
正 极	铂铑10	铂铑13	铂铑30

三、铠装热电偶的制备

1. 白金套管的制备

（1）拔管：铠装热电偶的白金是在拔管机上深拉伸拔制成型的。为了保证成品管材的质量和成品率，要求成型管坯无气孔、缩孔、疏松和砂眼，内外表面无毛刺和叠皮等缺陷。除此之外，拉管模具的研磨、清洗，严格地控制道次变形量及空拉模尺寸等，也是保证成品质量的重要因素。

（2）清洗：拔制成型的热电偶套管用15%的盐酸水溶液浸洗30min取出后用蒸馏水冲洗干净后烘干。

2. 组装

（1）把经质量检验合格（ \leq 国家Ⅰ级标准）和尺寸合格并预先绝缘处理过的热电偶偶丝从热端插入白金套管中，顶住管底。管口用加固剂固定。

(2)将热电偶冷端偶丝打磨、清洗并分别与两电极焊接。

(3) 焊好的电极固定在金属外套管内，用铸塑剂填充、热压成型。组装后的热电偶见图 2。

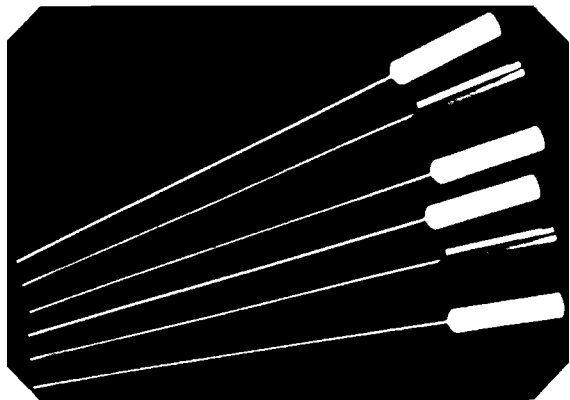


图 2 组装后的热电偶

四、成品检验

1. 尺寸检验

成品各部位尺寸符合设计要求。

2. 绝缘检验

用 0~250V(或 0~500V)兆欧表分别测量每对热电偶的两根电极对外壳的绝缘电阻，该值不小于 100M Ω 。

3. 测温精度

允许检测任意温度点，允差值符合标定值。

4. 极性检验

检验热电偶的正负极符合插座热电偶设计要求。

五、讨 论

1. 本文介绍的铠装热电偶之所以有高精度，是因为选用了成型外套管铠装方式，从而使热电偶偶丝本身在加工过程中，由始至终不受任何作用力，热电势也就不受任何影响。

日本冈崎制作所及国内有关厂家经过拉制成型的热电偶，在加工过程中以至于变形后的校直都必须承受各种作用力。开始在径向力作用下，晶粒由粗变细，晶界增大，由于热电势沿晶界传递，因而处于上升趋势。继续变形，偶丝承受轴向力作用，晶粒拉长，晶界减小，电势下降。这样没有规律的一上一下，致命地影响热电势的稳定性。

2. 热电偶套管选用白金制作，与热电偶偶丝属同族元素，高温下没有相互浸润的影响，因而热电势不受影响，同样保证加工和使用过程中热电势的稳定性。反之，采用不锈钢或其它耐热合金制作，材料中离不开铁、镍两种主要元素，那么在成型和铠偶使用过程中，偶丝将会不断地渗铁、渗镍。实践证明，含镍量增加，热电势减小。而由于渗铁引起含镍量减小，热电势增加，电极波动差值可高达几百微伏。使铠偶成品率大大降低，见表 3。

表 3 所示，如果电势波动 100 μ V，那么，炉温在 500℃时误差 10℃左右，而在 1200℃时，也要相差 7~8℃。

表 3 铂-铂铑热电偶微电势与温度的关系

微电势 材 料	温 度		100	300	500	800	1200	1400	1500	1600
	μ V	℃								
铂-铂铑 10			7.33	9.14	9.89	10.87	12.02	12.12	12.03	11.85
铂-铂铑 13			7.48	9.74	10.88	12.31	13.91	14.12	14.06	13.88

3. 该热电偶使用寿命长，除偶丝直径较粗（比通常推荐使用偶丝直径大 0.05~0.1mm）外，其另一个原因是偶丝不受加工过程中介质的损害。而拔制成型的铠偶偶丝由于被耐火绝缘介质受力镶嵌，将不同程度遭到损害，而且随着铠偶外径的逐渐变细镶嵌越深，危害越严重，减少了偶丝的有效面积，增加断丝的几率，必然缩短铠偶的使用寿命。

4. 两种成型方式的热电偶相比较，本热电偶不受两次变形间中间退火的影响。由于密封条件所限（尤其在成型初始阶段），炉膛内的各种有机气氛对偶丝的毒害作用随退火次数的增加而加大。这在高精度铠装热电偶的制备过程中，也是一个不可忽视的因素。

5. 本类型铠装热电偶的弱点在于，绝缘难度较大，工艺较复杂，因而铠偶的长度和外径受到一定程度的限制，不易过细、过长。

六、结 论

本热电偶结构严紧，加工精度高，不受电磁干扰及环境气氛、压力、震动等影响，使用寿命长。在满足高温高精度设备常规温度测控的同时，还可以使用在周围环境恶劣的特殊场合。

参考文献（略）