

ICS 77.140.99
H 58



中华人民共和国国家标准

GB/T 4461—2020
代替 GB/T 4461—2007

热双金属带材

Thermostat metal strip

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 4461—2007《热双金属带材》，与 GB/T 4461—2007 相比，主要技术变化如下：

- 修改了术语和定义(见第 3 章,2007 年版的第 3 章)；
- 增加了热双金属牌号的表示方法,以温曲率标称值代替比弯曲标称值进行牌号表示(见第 4 章)；
- 修改了宽度允许偏差,宽度“ $>12\sim 25$ ”的允许偏差由“ ± 0.20 ”更改为“ ± 0.10 ”,宽度“ $>25\sim 50$ ”的允许偏差由“ ± 0.10 ”改为“ ± 0.20 ”(见表 1,2007 年版的表 1)；
- 修改了热双金属组元合金成分,并调整为附录 A(见 8.1.2 和附录 A,2007 年版的 7.1.2)；
- 修改了热敏性能指标,以温曲率为考核值,比弯曲为参考值(见 8.3.1,2007 年版的 7.3.1)；
- 修改了 5J39110、5J2780、5J2880 以及同电阻率不同组元层的 A、B 系列材料的温曲率和比弯曲标称值(见表 4,2007 年版的表 5)；
- 增加了组元合金的电阻率数值(见附录 B,2007 年版的附录 B)；
- 增加了 5J2209、5J2270、5J2370、5J2815、5J3405、5J3708、5J3810、5J3812、5J3815、5J2820、5J3840 等 11 个热双金属牌号及其性能和热处理制度(见表 C.1,2007 年版的表 A.1)。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位:佛山通宝精密合金股份有限公司、海盐中达金属电子材料有限公司、冶金工业信息标准研究院、宝钢特钢有限公司。

本标准主要起草人:霍志文、吴汉民、栾燕、李国烽、王心禾、沈忆、张云恒、田玉新。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 4461—1984、GB/T 4461—1992、GB/T 4461—2007。



热双金属带材

1 范围

本标准规定了热双金属带材的牌号表示方法、订货内容、尺寸、外形、标记、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本标准适用于制作温度控制、温度补偿和温度指示装置中热敏感元件用的热双金属带材(以下简称带材)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 5986 热双金属弹性模量试验方法

GB/T 6146 精密电阻合金电阻率测试方法

GB/T 8364 热双金属热弯曲试验方法

YB/T 5242 精密合金包装、标志和质量证明书的一般规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热双金属 thermostat metal

由两层或两层以上具有不同平均线热膨胀系数的金属或合金沿整个接触面牢固结合的用于热敏元件的复合材料。

注:改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.1。

3.2

组元层 component alloy

组成热双金属的各材料层的统称。根据材料层的特性和功能,分为主动层、被动层、中间层等。

[GB/T 15014—2008,定义 3.3.2]

3.2.1

主动层 active component of thermostat metal

热双金属中具有较大的平均线热膨胀系数值的组元层。

注 1:主动层又称为高膨胀层。热双金属受热发生弯曲变形时,主动层总处于凸面一侧。对主动层材料的基本要求是平均线热膨胀系数大,组织稳定,与其他组元层材料结合时可焊性好,弹性模量值与被动层接近等。

注 2:改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.5。

3.2.2

被动层 passive component of thermostat metal

热双金属中平均线热膨胀系数值比较小的组元层。

注 1: 被动层又称为低膨胀层。热双金属受热发生弯曲变形时,被动层总处于凹面一侧。对被动层材料的基本要求是在一定温度范围内平均线热膨胀系数值要小且材料组织要稳定。

注 2: 改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.4。

3.3

比弯曲 specific thermal deflection*K*

单位厚度的平直热双金属片,温度变化 1 °C 时,沿纵向中心线所产生的曲率变化之半。

比弯曲 *K* 的表达式为:

$$K = 1/2 \cdot \delta / (t_2 - t_1) \cdot 1/R$$

式中:

K ——比弯曲,单位为每摄氏度(°C⁻¹);

δ ——热双金属片厚度,单位为毫米(mm);

t_1 ——热双金属片平直时温度,单位为摄氏度(°C);

t_2 ——热双金属片弯曲时温度,单位为摄氏度(°C);

R ——热双金属片弯曲时曲率半径,单位为毫米(mm)。

注: 改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.7。

3.4

温曲率 flexivity*F*

单位厚度的热双金属片,每变化单位温度时的纵向中心线的曲率变化。

温曲率 *F* 的表达式为:

$$F = \delta \cdot (1/R_2 - 1/R_1) / (t_2 - t_1)$$

式中:

F ——温曲率,单位为每摄氏度(°C⁻¹);

δ ——热双金属片厚度,单位为毫米(mm);

t_1 ——热双金属片的初始测量温度,单位为摄氏度(°C);

t_2 ——热双金属片的终了测量温度,单位为摄氏度(°C);

R_1 ——热双金属片在初始测量温度时试样纵向中心线的曲率半径,单位为毫米(mm);

R_2 ——热双金属片在终了测量温度时试样纵向中心线的曲率半径,单位为毫米(mm)。

注: 改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.9。

3.5

弹性模量 elastic modulus of thermostat metal*E*

在热双金属弹性极限内,应力与相应的应变之比。

热双金属弹性模量 *E* 的计算式为:

$$E = 4PL^3 / \Delta f \cdot b \cdot \delta^3$$

式中:

E ——热双金属弹性模量,单位为帕(Pa);

P ——负荷,单位为牛顿(N);

L ——试样测试长度,单位为毫米(mm);

Δf —— 挠度变量平均值,单位为毫米(mm);

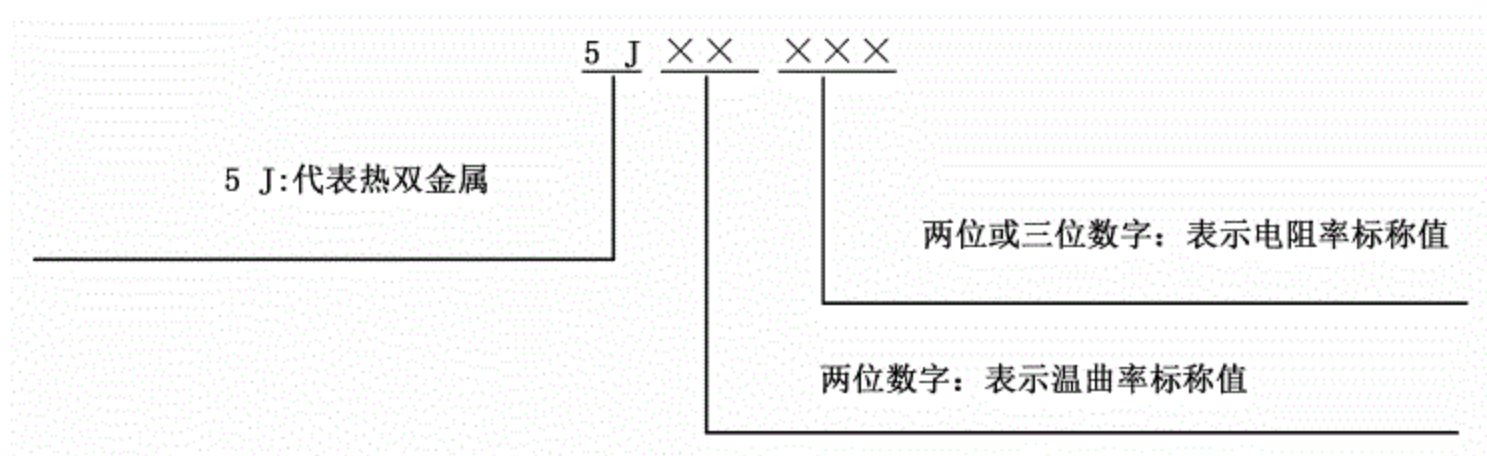
b —— 试样宽度,单位为毫米(mm);

δ —— 试样厚度,单位为毫米(mm)。

注: 改写 GB/T 15014—2008,定义 3.3.12。

4 牌号表示方法

热双金属牌号采用阿拉伯数字“5”、汉语拼音字母“J”(“精”字汉语拼音“jing”的首位字母)与温曲率、电阻率数值相结合的方法表示。字母“J”后两位数字表示温曲率标称值的整数(单位为 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$);其后两位或三位数字表示电阻率标称值的整数(单位为 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$),不足两位用数字“0”补齐,“0”放在第三位。其结构形式如下:



5 订货内容

按本标准订货的合同或订单至少应包括下列内容:

- a) 本标准编号;
- b) 产品名称;
- c) 牌号;
- d) 尺寸(见第 6 章);
- e) 重量;
- f) 标记(见第 7 章);
- g) 交货状态(见 8.2);
- h) 热敏性能按温曲率及其精度级别(见 8.3.1 及表 4);
- i) 结合强度试验(I 或 II)(见 8.3.2);
- j) 特殊要求(如 8.1.3,8.3.3)。

6 尺寸和外形

6.1 尺寸及允许偏差

带材尺寸及其允许偏差应符合表 1 的规定。定尺供货应在合同中注明。

表 1 带材尺寸及其允许偏差

单位为毫米

厚 度		宽 度		长 度 ^b	
公称尺寸	允许偏差 ^a	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差
0.10~0.25	±0.010	≤12	±0.08	≥500	0~10
>0.25~0.50	±0.015	>12~25	±0.10		
>0.50~0.95	±0.020	>25~50	±0.20		
>0.95~1.50	±0.025	>50	0~1.0		
>1.50~3.00	±0.030				
^a 在厚度公差带不变的情况下,根据需方要求,并在合同中注明,允许按负偏差供货。 ^b 长度尺寸允许偏差只适用于定尺供货。					

6.2 外形

6.2.1 带材的组元层间应结合牢固,不应有分层、边缘裂口。

6.2.2 带材不应有严重扭曲。

6.2.3 带材每米镰刀弯应不大于 3 mm。

6.2.4 带材的纵向和横向曲率半径应符合表 2 的规定。

表 2 带材的纵向和横向曲率半径

单位为毫米

钢带公称厚度	纵向曲率半径	横向曲率半径
	不 小 于	
0.2~<0.4	200	150
≥0.4	250	200

7 标记

热双金属带材的被动层应有与牌号相对应的连续标记。如果有其他要求或不需要标记时应在合同中注明。

8 技术要求

8.1 牌号、组元层及特性

8.1.1 热双金属的牌号、组元层合金牌号及热双金属主要特性见表 3。

8.1.2 组元层合金的化学成分参见附录 A,膨胀系数及电阻率参见附录 B。

8.1.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 3 牌号以外的带材。

表 3 牌号、组元层及特性

序号	新牌号	旧牌号 ^a	组元层合金牌号 ^b			主要特性
			主动层	中间层	被动层	
1	5J39110	5J20110	Mn72Ni10Cu18 (Mn75Ni15Cu10)	—	Ni36	高敏感、高电阻、中低温用
2	5J28140	5J14140	Mn72Ni10Cu18 (Mn75Ni15Cu10)	—	Ni36	中敏感、高电阻、中低温用
3	5J28120	5J15120	Mn72Ni10Cu18 (Mn75Ni15Cu10)	—	Ni45Cr6	中敏感、高电阻、中低温用
4	5J2780	5J1480	Ni22Cr3	—	Ni36	中敏感、中电阻、中低温用
5	5J2580	5J1380	Ni19Mn7	—	Ni34	中敏感、中电阻、中低温用
6	5J2880	5J1580	Ni20Mn6	—	Ni36	中敏感、中电阻、中低温用
7	5J2613	5J1413	Cu62Zn38	—	Ni36	中敏感、低电阻、高导热
8	5J2616	5J1416	Cu62Zn38	—	Ni36	中敏感、低电阻、高导热
9	5J1817	5J1017	Ni	—	Ni36	中敏感、低电阻、中低温用
10	5J2270	—	Ni22Cr3	—	Ni42	中敏感、中电阻、较高温用
11	5J2370	—	Ni20Mn6	—	Ni42	中敏感、中电阻、较高温用
12	5J1970	5J1070	Ni19Cr11	—	Ni42	中敏感、中电阻、较高温用
13	5J1356	5J0756	Ni22Cr3	—	Ni50	低敏感、中电阻、高温用
14	5J2606	5J1306A	Ni20Mn6	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
15	5J2506	5J1306B	Ni22Cr3	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
16	5J2709	5J1309A	Ni20Mn6	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
17	5J2609	5J1309B	Ni22Cr3	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
18	5J2711	5J1411A	Ni20Mn6	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
19	5J2611	5J1411B	Ni22Cr3	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
20	5J2815	—	Ni20Mn6	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
21	5J2817	5J1417A	Ni20Mn6	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
22	5J2617	5J1417B	Ni22Cr3	Cu	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
23	5J2520	5J1320A	Ni20Mn6	Ni(Cu)	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
24	5J2320	5J1320B	Ni22Cr3	Ni(Cu)	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
25	5J2625	5J1325A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
26	5J2425	5J1325B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
27	5J2630	5J1430A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
28	5J2530	5J1430B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
29	5J2733	5J1433A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
30	5J2533	5J1433B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用

表 3 (续)

序号	新牌号	旧牌号 ^a	组元层合金牌号 ^b			主要特性
			主动层	中间层	被动层	
31	5J2735	5J1435A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
32	5J2535	5J1435B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
33	5J2740	5J1440A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
34	5J2640	5J1440B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
35	5J2845	5J1445A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
36	5J2645	5J1445B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
37	5J2850	5J1450A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
38	5J2650	5J1450B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
39	5J2855	5J1455A	Ni20Mn6	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
40	5J2655	5J1455B	Ni22Cr3	Ni	Ni36	中敏感、电阻系列、中低温用
41	5J2209	—	Ni20Mn6	Cu	Ni42	中敏感、电阻系列、较高温用
42	5J3405	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
43	5J3708	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
44	5J3810	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
45	5J3812	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
46	5J3815	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
47	5J3820	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
48	5J3840	—	Mn72Ni10Cu18	Cu	Ni36	高敏感、电阻系列、中低温用
49	5J2075	5J1075	Ni16Cr11	—	Ni20Co26Cr8	中敏感、耐蚀、高强度
50	5J2085	5J1085	Mn15Ni10Cr	—	Ni36Nb	中敏感、耐蚀、高强度

^a 后缀字母 A、B 分别表示被动层相同、主动层不同但温曲率和电阻率整数值相同的两种热双金属牌号。
^b 允许采用括号内的合金。

8.2 交货状态

带材一般以冷轧状态成卷或直条交货。具体交货状态应在合同中注明。

8.3 性能

8.3.1 带材试样经热处理后的温曲率应符合表 4 的规定,推荐的热处理制度参见附录 C。温曲率允许偏差级别(I 或 II)应在合同中注明。

8.3.2 带材的电阻率和结合强度应符合表 4 中的规定。结合强度试验(I 或 II)由供需双方协商确定选择一种。

8.3.3 根据需方要求,并在合同中注明,可测量带材试样经热处理后的弹性模量,其弹性模量值应符合表 4 的规定。

8.3.4 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 4 规定性能以外的带材。

表 4 带材的温曲率、电阻率、弹性模量和结合强度

序号	新牌号	旧牌号 ^a	热敏性能		电阻率 ρ		弹性模量 $E(20\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C})$ MPa 不小于	结合强度试验			参考值			
			温曲率 F 标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \sim 130\text{ }^\circ\text{C}$) ^b $10^{-6}/^\circ\text{C}$	允许偏差 I级 II级	标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$) $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	允许偏差		I 反复 弯断	II 扭转 反复 弯曲 弯曲	比弯曲 K 标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \sim 130\text{ }^\circ\text{C}$) $10^{-6}/^\circ\text{C}$	线性温 度范围 $^\circ\text{C}$	允许使 用温度 范围 $^\circ\text{C}$	密度 g/cm^3	
1	5J39110	5J20110	39.1		113		113 000				20.8	-20~150	-70~200	7.7
2	5J28140	5J14140	28.0		140		113 000				14.5	-20~150	-70~200	7.5
3	5J28120	5J15120	28.5		125		122 000				15.3	-20~200	-70~250	7.6
4	5J2780	5J1480	27.0		80.0		147 000				14.3	-20~180	-70~350	8.2
5	5J2580	5J1380	25.2		80.0		147 000				13.8	-50~100	-70~350	8.1
6	5J2880	5J1580	28.5		78.0		147 000				15.1	-20~180	-70~350	8.1
7	5J2613	5J1413	26.8		13.0		98 000				14.6	-20~180	-70~250	8.3
8	5J2616	5J1416	26.9		16.0		98 000				14.3	-20~180	-70~250	8.3
9	5J1817	5J1017	18.8		17.0		152 000				10.0	-20~180	-70~400	8.4
10	5J2270	—	21.6		70.0		152 000				11.4	+90~320	-70~540	8.1
11	5J2370	—	22.9		70.0		152 000				11.7	-20~380	-20~450	8.1
12	5J1970	5J1070	19.6		70.0		152 000				10.8	-20~350	-70~500	8
13	5J1356	5J0756	13.1		56.0		152 000				7.0	0~400	-70~500	8.2
14	5J2606	5J1306A	26.9		6.0		122 000				14.3	-20~150	-70~200	8.3
15	5J2506	5J1306B	25.6		6.0		122 000				13.6	-20~150	-70~200	8.3
16	5J2709	5J1309A	27.0		9.0		122 000				14.3	-20~150	-70~200	8.2
17	5J2609	5J1309B	26.3		9.0		122 000				13.9	-20~150	-70~200	8.2
18	5J2711	5J1411A	27.6		11.0		122 000				14.6	-20~150	-70~200	8.2
19	5J2611	5J1411B	26.0		11.0		122 000				13.8	-20~150	-70~200	8.2

表 4 (续)

序号	新牌号	旧牌号 ^a	热敏性能		电阻率 ρ		弹性模量 $E(20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C})$ MPa 不小于	结合强度试验			参考值				
			温曲率 F 标称值 ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 130\text{ }^{\circ}\text{C}$) ^b $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	允许偏差 I 级 II 级	标称值 ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	允许偏差		I 反复 弯断	II 扭转 反复 弯曲	弯曲	比弯曲 K 标称值 ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 130\text{ }^{\circ}\text{C}$) $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	线性温 度范围 $^{\circ}\text{C}$	允许使 用温度 范围 $^{\circ}\text{C}$	密度 g/cm^3	
20	5J2815	—	28.1		15.0		122 000					15.0	-20~150	-70~260	8.2
21	5J2817	5J1417A	28.2		17.0	$\pm 10\%$	122 000					15.0	-20~150	-70~200	8.2
22	5J2617	5J1417B	26.6		17.0		122 000					14.1	-20~150	-70~200	8.2
23	5J2520	5J1320A	25.1 ^c		20.0		152 000					13.3	-20~150	-70~200	8.2
24	5J2320	5J1320B	23.6 ^c		20.0		152 000					12.5	-20~150	-70~200	8.2
25	5J2625	5J1325A	26.1		25.0	$\pm 8\%$	152 000					13.9	-20~150	-70~200	8.2
26	5J2425	5J1325B	24.7		25.0		152 000					13.1	-20~150	-70~200	8.2
27	5J2630	5J1430A	26.8		30.0		152 000					14.2	-20~150	-70~200	8.2
28	5J2530	5J1430B	25.4		30.0		152 000					13.7	-20~150	-70~200	8.2
29	5J2733	5J1433A	27.0		33.0		152 000					14.3	-20~150	-70~200	8.2
30	5J2533	5J1433B	25.9		33.0	$\pm 5\% \pm 7\%$	152 000					13.7	-20~150	-70~200	8.2
31	5J2735	5J1435A	27.5		35.0		152 000					14.6	-20~150	-70~200	8.2
32	5J2535	5J1435B	25.9		35.0		152 000					13.7	-20~150	-70~200	8.2
33	5J2740	5J1440A	27.5		40.0	$\pm 7\%$	152 000					14.6	-20~150	-70~200	8.2
34	5J2640	5J1440B	26.5		41.6		152 000					14.0	-20~150	-70~200	8.2
35	5J2845	5J1445A	28.0		45.0		152 000					14.8	-20~150	-70~200	8.2
36	5J2645	5J1445B	26.6		45.0		152 000					14.1	-20~150	-70~200	8.2
37	5J2850	5J1450A	28.0		50.0		152 000					14.8	-20~150	-70~200	8.2
38	5J2650	5J1450B	26.6		50.0		152 000					14.1	-20~150	-70~200	8.2

表 4 (续)

序号	新牌号	旧牌号 ^a	热敏性能		电阻率 ρ		弹性模量 $E(20\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C})$ MPa 不小于	结合强度试验				参考值			
			温曲率 F 标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \sim 130\text{ }^\circ\text{C}$) ^b $10^{-6}/^\circ\text{C}$	允许偏差 I级 II级	标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$) $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	允许偏差		I 反复 弯曲	II 扭转	反复 弯曲	弯曲	比弯曲 K 标称值 ($20\text{ }^\circ\text{C} \sim 130\text{ }^\circ\text{C}$) $10^{-6}/^\circ\text{C}$	线性温 度范围 $^\circ\text{C}$	允许使 用温度 范围 $^\circ\text{C}$	密度 g/cm^3
39	5J2855	5J1455A	28.0		55.0	$\pm 7\%$	152 000					14.8	-20~150	-70~200	8.2
40	5J2655	5J1455B	26.6		55.0		152 000					14.1	-20~150	-70~200	8.2
41	5J2209	—	21.8		9.0		152 000					11.5	-20~380	-20~380	8.3
42	5J3405	—	33.9		5.0		113 000					17.9	-20~200	-70~260	8.1
43	5J3708	—	37.3	$\pm 5\%$	8.3	$\pm 10\%$	113 000	反复弯曲 至断裂, 断口处不 应有分层 现象	不应有分 层、裂纹 现象	不少于三 次,不应 有分层、 裂纹现象	不应有分 层、裂纹 现象	19.7	-20~200	-70~260	8.0
44	5J3810	—	37.8		10.0		113 000					20.0	-20~200	-70~260	7.9
45	5J3812	—	38.0		11.6		113 000					20.1	-20~200	-70~260	7.8
46	5J3815	—	38.3		15.0		113 000					20.3	-20~200	-70~260	7.8
47	5J3820	—	38.7		20.8	$\pm 8\%$	113 000					20.5	-20~200	-70~260	7.7
48	5J3840	—	38.7		41.6		113 000					20.5	-20~200	-70~260	7.7
49	5J2075	5J1075	20.2	$\pm 8\%$	75.0	$\pm 10\%$	166 000					10.8	-20~200	-70~200	8.0
50	5J2085	5J1085	19.7	$\pm 5\%$	86.0	$\pm 7\%$	160 000					10.7	-20~200	-20~400	8.0

^a 后缀字母 A、B 分别表示被动层相同、主动层不同但温曲率和电阻率整数值相同的两种热双金属牌号。

^b 也可选用其他温度范围,其温曲率值由供需双方协商确定。

^c 中间层采用 Cu 时,其温曲率值由供需双方协商确定。

8.4 表面质量

带材表面应光滑,不准许有裂纹、气泡、剥落、锈斑、严重划伤和有害的斑点,毛刺应不超过厚度允许偏差之半。

9 试验方法

9.1 尺寸、外形

带材的尺寸、外形用能满足精度要求的量具检查。

9.2 温曲率

温曲率试验和试样制备按 GB/T 8364 的规定进行,试样的热处理制度参见附录 C。

9.3 电阻率

电阻率试验按 GB/T 6146 的规定进行,试样尺寸见表 6。亦可采用精度不低于 0.05 级的电桥或精度不低于 0.03 级的电位差计测量。

9.4 弹性模量

弹性模量试验和试样制备按 GB/T 5986 的规定进行,试样尺寸见表 6。试样的热处理制度参见附录 C。

9.5 结合强度

9.5.1 试验方法 I

试验方法 I 为反复弯断试验(见图 1),试样尺寸见表 6。反复弯曲至断裂,目视观察其结合部位状态。

9.5.2 试验方法 II

9.5.2.1 扭转

试样尺寸见表 6。扭转试验时用夹具将试样在距两端约为 5 mm 处夹紧,以试样不松动为宜。公称厚度小于 1 mm 的试样,其扭转次数为:两夹具之间的距离(即扭转间距)除以 15 mm 所得的整数值;公称厚度不小于 1 mm 的试样,其扭转次数为:两夹具之间的距离(即扭转间距)除以 30 mm 所得的整数值。按所得的次数扭转,然后再按同样的次数反向扭转(扭转 360°)为一次,目视观察结合部位的状态。

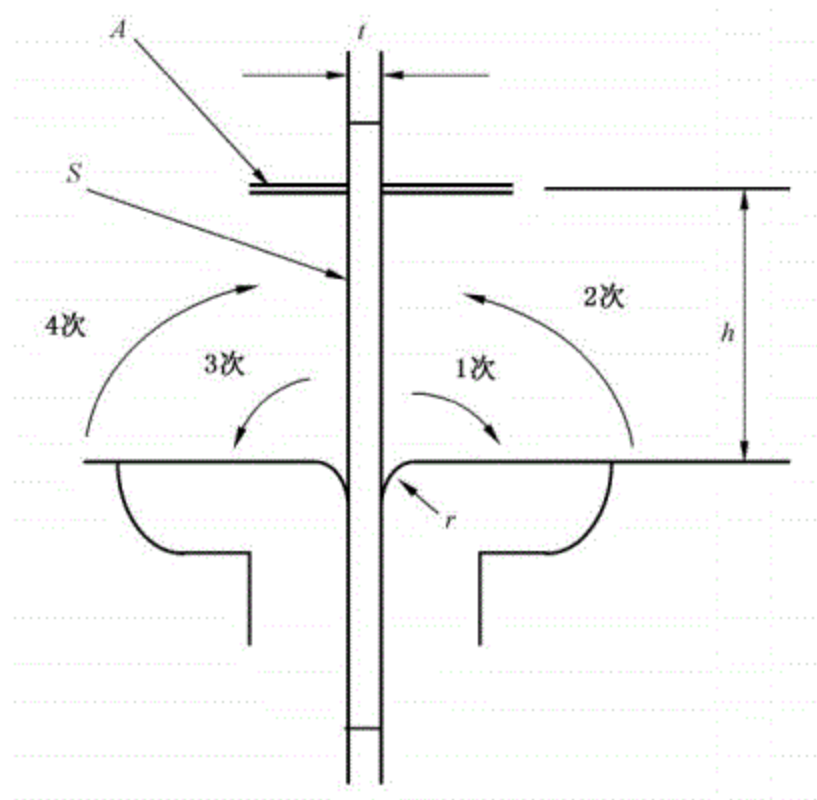
9.5.2.2 反复弯曲

试样尺寸见表 6。反复弯曲试验示意图见图 1。用半径等于表 5 规定的与试样厚度相对应的 r_1 圆弧形金属夹具将试样夹紧。将试样向一方弯曲 90°(称为第一次弯曲),随后再使试样复原(称为第二次弯曲)。以同样方式将试样反向弯曲 90°(称为第三次弯曲),随后再使试样复原(称为第四次弯曲),用目视观察结合部位状态。

9.5.2.3 弯曲

试样尺寸见表 6。弯曲试验是用半径等于表 5 中的规定的与试样厚度相对应的 r_2 圆弧形金属夹

具将试样夹紧,将试样向一方弯曲 90° ,然后将试样向外移动约10 mm,将试样反向弯曲 90° ,用目视观察此时试样弯曲处的状态。



说明:

A —— 拔杆;

S —— 试样;

t —— 试样厚度;

h —— 拔杆距离;

r —— 弯曲圆弧半径(反复弯断、反复弯曲试验为 r_1 ,弯曲试验为 r_2)。

图1 反复弯断、反复弯曲、弯曲试验示意图

表5 弯曲圆弧半径

单位为毫米

试样厚度 t	弯曲圆弧半径 r		拔杆距离 h
	r_1	r_2	
≤ 0.3	1.0 ± 0.1	0.5 ± 0.1	25
$> 0.3 \sim 0.5$	2.5 ± 0.1	1.2 ± 0.1	30
$> 0.5 \sim 1.0$	5.0 ± 0.1	2.5 ± 0.1	35
$> 1.0 \sim 1.5$	7.5 ± 0.2	4.0 ± 0.2	40
$> 1.5 \sim 3.0$	10.0 ± 0.2	5.0 ± 0.2	50

9.6 表面质量

带材的表面质量用目视检查。



9.7 试样尺寸

试验用试样尺寸见表6。

表 6 试样尺寸

单位为毫米

试验项目	试样尺寸			
	厚度	测试长度	总长度	宽度
电阻率 ρ	带材厚度	≥ 100	≥ 150	≥ 5
反复弯断	带材厚度	150		10
扭转	带材厚度	100		2
反复弯曲	带材厚度	150		5
弯曲	带材厚度	150		5

10 检验规则

10.1 检查和验收

带材的质量检查和验收由供方质量监督部门进行。

10.2 组批规则

带材应按批提交检验与验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一尺寸和同一交货状态的热双金属带材组成。

10.3 取样数量及取样部位

带材的检验项目的取样数量和取样部位见表 7。

表 7 带材的检验项目、取样数量和取样部位

序号	检验项目		取样数量	取样部位	试验方法
1	尺寸和外形		逐卷(或张)	在成品取样	见 9.1
2	温曲率		2 个/批	不同卷(或张)带材,公称厚度小于 0.6 mm 的带材,在半成品上取样;公称厚度不小于 0.6 mm 的带材,在带材上取样	见 9.2
3	电阻率		2 个/批	不同卷(或张)带材	见 9.3
4	弹性模量		2 个/批	平行轧制方向的任意部位取样,不同卷(或张)带材,公称厚度小于 0.6 mm 的带材,在半成品上取样;公称厚度不小于 0.6 mm 的带材,在带材或半成品上取样	见 9.4
5	结合强度 I	反复弯断	2 个/批	在带材平行轧制方向的任意部位取样,不同卷(或张)带材	见 9.5
	结合强度 II	扭转			
		反复弯曲	6 个/批		
		弯曲			
6	表面质量		逐卷(或张)	在成品取样	见 9.6

10.4 复验和判定规则

10.4.1 温曲率、电阻率、弹性模量和结合强度检验结果不合格时,允许从同一批带材中再取双倍数量的试样进行不合格项目的复验,复验结果若有一个试样不合格时,则该批带材判为不合格。

10.4.2 尺寸、外形和表面质量不合格时,则按卷(或逐张)判为不合格。允许供方对不合格带材逐卷(或逐张)修理,合格者交货。

11 包装、标志和质量证明书

带材的包装、标志和质量证明书应符合 YB/T 5242 的有关规定。



附录 A
(资料性附录)
热双金属组元合金的化学成分

表 A.1 给出了的热双金属组元合金的化学成分。

表 A.1 热双金属组元合金的化学成分

序号	合金牌号	化学成分(质量分数) %											其他
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Co	Fe	
1	Mn75Ni15Cu10	≤0.05	余量	≤0.50	≤0.030	≤0.020	—	14.0~16.0	9.0~11.0	—	—	≤0.80	—
2	Mn72Ni10Cu18	≤0.05	余量	≤0.50	≤0.020	≤0.030	≤0.25	8.0~11.0	17.0~19.0	—	—	≤0.80	—
3	Ni20Mn6	≤0.05	5.5~6.5	≤0.30	≤0.020	≤0.020	—	19.0~21.0	—	—	—	余量	—
4	Ni22Cr3	0.25~0.35	≤0.60	≤0.30	≤0.025	≤0.025	2.0~4.0	21.0~23.0	—	—	—	余量	—
5	Ni22Cr3L	≤0.15	≤0.60	≤0.30	≤0.025	≤0.025	2.0~4.0	21.0~23.0	—	—	—	余量	—
6	Ni19Cr11	≤0.08	≤0.60	≤0.40	≤0.020	≤0.020	10.0~12.0	18.0~20.0	—	—	—	余量	—
7	Ni19Mn7	≤0.05	6.5~8.0	≤0.30	≤0.020	≤0.020	—	18.0~20.0	—	—	—	余量	—
8	Cu62Zn38	—	—	—	—	≤0.010	—	—	60.5~63.5	余量	—	≤0.15	—
9	Mn15Ni10Cr10	≤0.06	14.5~17.5	≤0.40	≤0.020	≤0.020	9.0~14.0	9.0~12.0	—	—	—	余量	—
10	Ni16Cr11	≤0.05	—	—	≤0.020	≤0.020	10.0~12.0	15.0~17.0	—	—	—	余量	—
11	Ni20Co26Cr8	≤0.05	—	—	≤0.020	≤0.020	7.0~9.0	19.0~21.0	—	25.0~27.0	—	余量	—
12	Ni45Cr6	≤0.05	0.30~0.60	0.15~0.30	≤0.020	≤0.020	5.5~6.5	44.0~46.0	—	—	—	余量	—
13	Ni50	≤0.05	≤0.60	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≤0.5	49.0~51.0	—	—	≤0.50	余量	—

表 A.1 (续)

序号	合金牌号	化学成分(质量分数) %											其他
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Co	Fe	
14	Ni42	≤0.05	≤0.60	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≤0.5	41.0~43.0	—	≤0.50	余量	—	—
15	Ni36	≤0.05	≤0.60	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≤0.5	35.0~37.0	—	≤0.50	余量	—	—
16	Ni34	≤0.05	≤0.60	≤0.30	≤0.020	≤0.020	≤0.5	33.5~35.0	—	≤0.50	余量	—	—
17	Ni36Nb4	≤0.06	≤0.50	≤0.40	≤0.020	≤0.020	0.6~1.2	34.0~40.0	—	1.5~2.1	余量	Nb: 3.0~6.0 Mo: 0.4~0.9 Al: ≤0.40	—
18	Ni	≤0.15	—	—	≤0.015	—	—	≥99.3	—	—	≤0.15	—	—
19	Cu	—	—	—	≤0.010	≤0.040	—	—	≤0.005	—	≥99.9	—	—

524

附录 B
(资料性附录)

热双金属组元合金的平均线热膨胀系数和电阻率

表 B.1 给出了热双金属组元合金的平均线热膨胀系数和电阻率。

表 B.1 热双金属组元合金的平均线热膨胀系数和电阻率

序号	合金牌号	平均线热膨胀系数 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$		电阻率 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$
		25 $^{\circ}\text{C}$ ~ 100 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$ ~ 200 $^{\circ}\text{C}$	
1	Mn72Ni10Cu18	≥ 25.2	≥ 26.2	165~178
2	Mn75Ni15Cu10	≥ 25.2	≥ 26.2	160~180
3	Ni20Mn6	≥ 18.0	≥ 19.0	74.0~82.0
4	Ni22Cr3	≥ 17.8	≥ 18.8	74.0~82.0
5	Ni22Cr3L	≥ 17.8	≥ 18.8	74.0~82.0
6	Ni19Cr11	≥ 15.4	≥ 17.0	73.0~83.0
7	Ni19Mn7	≥ 17.2	≥ 18.0	76.0~82.0
8	Cu62Zn38	≥ 18.0	≥ 18.5	6.8~7.4
9	Mn15Ni10Cr10	≥ 15.0	≥ 15.5	75.0~95.0
10	Ni16Cr11	—	—	—
11	Ni20Co26Cr8	—	—	—
12	Ni45Cr6	≥ 14.0	≥ 14.5	88.0~97.0
13	Ni50	≤ 10.8	≤ 10.8	39.0~43.0
14	Ni42	≤ 6.0	≤ 5.8	59.0~67.0
15	Ni36	≤ 1.9	≤ 2.7	77.0~84.0
16	Ni34	≤ 3.0	≤ 5.6	77.0~86.0
17	Ni36Nb4	≤ 6.0	≤ 6.0	80.0~90.0
18	Ni	12.7~13.8	12.9~14.0	8.1~8.8
19	Cu	16.5~17.9	16.8~18.2	1.7~1.9

附 录 C
(资料性附录)
推荐的热处理制度

表 C.1 给出了测量热双金属温曲率和弹性模量用试样推荐的热处理制度。

表 C.1 推荐的热处理制度

序号	新牌号	旧牌号	推荐的热处理制度		
			处理温度 ℃	保温时间 h	冷却方式
1	5J39110	5J20110	260~280	1~2	空冷
2	5J28140	5J14140	260~280		
3	5J28120	5J15120	260~280		
4	5J2780	5J1480	300~320		
5	5J2580	5J1380	300~320		
6	5J2880	5J1580	300~320		
7	5J2613	5J1413	180~200		
8	5J2616	5J1416	180~200		
9	5J1817	5J1017	300~320		
10	5J2270	—	300~320		
11	5J2370	—	300~320		
12	5J1970	5J1070	380~400		
13	5J1356	5J0756	400~420		
14	5J2606	5J1306A	250~270		
15	5J2506	5J1306B	250~270		
16	5J2709	5J1309A	250~270		
17	5J2609	5J1309B	250~270		
18	5J2711	5J1411A	250~270		
19	5J2611	5J1411B	250~270		
20	5J2815	—	250~270		
21	5J2817	5J1417A	250~270		
22	5J2617	5J1417B	250~270		
23	5J2520	5J1320A	300~320		
24	5J2320	5J1320B	300~320		
25	5J2625	5J1325A	300~320		
26	5J2425	5J1325B	300~320		
27	5J2630	5J1430A	300~320		

表 C.1 (续)

序号	新牌号	旧牌号	推荐的热处理制度		
			处理温度 ℃	保温时间 h	冷却方式
28	5J2530	5J1430B	300~320	1~2	空冷
29	5J2733	5J1433A	300~320		
30	5J2533	5J1433B	300~320		
31	5J2735	5J1435A	300~320		
32	5J2535	5J1435B	300~320		
33	5J2740	5J1440A	300~320		
34	5J2640	5J1440B	300~320		
35	5J2845	5J1445A	300~320		
36	5J2645	5J1445B	300~320		
37	5J2850	5J1450A	300~320		
38	5J2650	5J1450B	300~320		
39	5J2855	5J1455A	300~320		
40	5J2655	5J1455B	300~320		
41	5J2209	—	250~270		
42	5J3405	—	250~270		
43	5J3708	—	250~270		
44	5J3810	—	250~270		
45	5J3812	—	250~270		
46	5J3815	—	250~270		
47	5J3820	—	250~270		
48	5J3840	—	250~270		
49	5J2075	5J1075	400~420		
50	5J2085	5J1085	300~320		



参 考 文 献

- [1] GB/T 15014—2008 弹性合金、膨胀合金、热双金属、电阻合金物理量术语及定义
-