



中华人民共和国国家标准

GB/T 1234—2012
代替 GB/T 1234—1995

高电阻电热合金

High resistance alloys for electrical heating

2012-11-05 发布

2013-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

高电阻电热合金

1 范围

本标准规定了高电阻电热合金的牌号、订货内容、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书等。

本标准适用于制造各种电加热元件和一般电阻元件用拉拔、轧制和锻造的镍铬、镍铬铁和铁铬铝高电阻电热合金丝材、板带材、棒材和盘条(以下简称为合金材)。

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 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法
- GB/T 223.8 钢铁及合金化学分析方法 氟化钠分离-EDTA 滴定法测定铝含量
- GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青 S 分光光度法
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法
- GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量
- GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
- GB/T 223.28 钢铁及合金化学分析方法 α -安息香肟重量法测定钼量
- GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法
- GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法
- GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量
- GB/T 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量
- GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
- GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法
- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.70 钢铁及合金 铁含量的测定 邻二氮杂菲分光光度法
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法
- GB/T 223.73 钢铁及合金 铁含量的测定 三氯化钛-重铬酸钾滴定法
- GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法(常规法)
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法

- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 238 金属材料 线材 反复弯曲试验方法
- GB/T 2976 金属材料 线材 缠绕试验方法
- GB/T 6146 精密电阻合金电阻率测试方法
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 13300 高电阻电热合金快速寿命试验方法
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- YB/T 5242 精密合金包装、标志和质量证明书的一般规定

3 订货内容

按本标准订货的合同或订单应包括下列内容:

- a) 本标准编号;
- b) 合金牌号;
- c) 尺寸及精度;
- d) 重量或数量;
- e) 交货状态;
- f) 需方提出的其他特殊要求,经供需双方协商确定,并在合同中注明。

4 尺寸、外形、重量及允许偏差

4.1 尺寸

4.1.1 合金丝材、棒材和盘条的公称尺寸应符合表1的规定。

表1 合金丝材、棒材和盘条的尺寸

单位为毫米

合金牌号	公称直径		
	冷拉丝材	棒材	盘条
所有牌号	0.020~10.00	6.00~150.0	5.50~12.00

4.1.2 合金带材的公称尺寸应符合表2的规定。

表2 合金带材的公称尺寸

单位为毫米

合金牌号	冷轧带材		热轧带材	
	公称厚度	公称宽度	公称厚度	公称宽度
所有牌号	0.050~4.00	5.0~300.0	2.5~5.0(卷状) >5.0~20.0(条状)	15.0~300.0

4.1.3 根据需方要求,经供需双方协商并在合同中注明,也可提供表1和表2以外的其他尺寸的合金。

4.2 尺寸允许偏差

4.2.1 合金丝材和盘条的直径允许偏差应符合表 3 的规定。考核每米电阻值的丝材,其尺寸允许偏差供参考。

4.2.2 合金棒材的直径允许偏差应符合表 4 的规定。考核每米电阻值的棒材,其尺寸允许偏差供参考。

4.2.3 合金板带材厚度与宽度的允许偏差应分别符合表 5 和表 6 普通精度的规定,较高精度电热电阻器用带材的允许偏差应符合表 5 和表 6 中较高精度的规定。根据供需双方协议,在保证每米电阻值不变的情况下,可以调整宽度的正、负偏差范围。

4.2.4 合金板带材最小长度应符合表 7 的规定,当焊接部位符合本标准要求时,允许同一炉号数支坯料焊接在一起。根据供需双方协议,可供定尺或倍尺板带材。

4.2.5 热轧(锻)棒材及冷(热)轧板带材的每根长度由供需双方协议确定。

4.2.6 根据需方要求,经供需双方协商并在合同中注明,也可以提供表 3 和表 4 以外尺寸允许偏差的合金材料。

表 3 合金丝材和盘条直径的允许偏差

单位为毫米

类别	公称直径	直径允许偏差
冷拉钢丝	0.020~0.025	±0.002
	>0.025~0.030	±0.003
	>0.030~0.050	±0.005
	>0.050~0.10	±0.006
	>0.10~0.30	±0.008
	>0.30~0.50	±0.015
	>0.50~1.00	±0.020
	>1.00~3.00	±0.030
	>3.00~6.00	±0.035
	>6.00~8.00	±0.040
>8.00~10.00	±0.050	
热轧盘条	5.50~12.00	±0.40

表 4 合金棒材直径的允许偏差

单位为毫米

类别	公称直径	不同加工方式的直径允许偏差		
		热加工	车削	磨光
热轧棒材	6.00~12.00	±0.40	—	±0.10
	>12.00~20.00	±0.50	—	±0.15
	>20.00~30.00	±0.60	—	±0.20
	>30.00~60.00	±1.00	±0.50	±0.25
热锻棒材	>50.00~100.0	±3.0	±1.50	—
	>100.0~150.0	±5.0	±2.50	—

表 5 合金板带材厚度的允许偏差

单位为毫米

类别	公称厚度	厚度允许偏差	
		普通精度	较高精度
冷轧带材	0.050~0.100	±0.010	±0.005
	>0.100~0.200	±0.015	±0.010
	>0.200~0.50	±0.020	±0.015
	>0.50~1.00	±0.030	±0.025
	>1.00~1.80	±0.040	±0.030
	>1.80~2.50	±0.050	±0.040
	>2.50~4.00	±0.060	±0.050
热轧带材	2.5~5.0	±0.25	±0.20
	>5.0~7.0	±0.30	±0.25
	>7.0~10.0	±0.40	±0.35
	>10.0~20.0	±0.50	±0.45

表 6 合金板带材宽度的允许偏差

单位为毫米

类别	公称宽度	宽度允许偏差		
		切边		不切边
		普通精度	较高精度	
冷轧带材	5.0~10.0	±0.20	±0.10	-0.60
	>10.0~20.0			-0.80
	>20.0~30.0			-1.0
	>30.0~50.0	±0.30	±0.15	-1.2
	>50.0~100.0			±1.0
	>100.0~200.0	±0.50	±0.25	±1.5
>200.0~300.0	±1.8			
热轧带材	15.0~60.0	—		±1.5
	>60.0~200.0	—		±2.5
	>200.0~300.0	—		±3.0

表 7 合金板带材单支最小长度

类别	公称厚度/mm	单支最小长度/m
冷轧带材	0.05~0.10	10
	>0.10~0.30	20
	>0.30~1.00	15
	>1.00~2.00	10
	>2.00~4.00	5
热轧带材	2.5~5.0	10
	>5.0~7.0	3
	>7.0~10.0	2
	>10.0~20.0	1.5

4.3 外形

4.3.1 冷拉丝材的不圆度应不超过直径公差的一半。

4.3.2 热轧带材每米长度的镰刀弯应不大于 15 mm；冷轧带材每米长度的镰刀弯应符合表 8 普通精度的规定，较高精度电热电阻器用带材每米长度的镰刀弯应符合表 8 中较高精度的规定。

表 8 冷轧带材每米长度的镰刀弯

单位为毫米

公称宽度	每米镰刀弯 不大于		
	切边		不切边
	普通精度	较高精度	
<20.0	7.0	5.0	14.0
>20.0~50.0	4.0	3.0	8.0
>50.0~100.0	3.0	2.0	5.0
>100.0~150.0	2.5	2.0	5.0
>150.0~300.0	2.0	1.5	5.0

4.3.3 较高精度电热电阻器用卷切带(板材)的不平度应符合表 9 的规定。

表 9 较高精度电热电阻器用卷切带(板材)的不平度

单位为毫米

公称长度	不平度 不大于	
	普通级	较高级
任意长度	10	7

4.3.4 供方如能保证外形符合本标准规定时,可不作检查或部分抽检。

4.4 重量

4.4.1 每轴(盘)冷拉丝材重量应符合表 10 的规定,当焊接部位符合本标准要求时,允许同一炉号数支坯料焊接在一起。每轴(盘)最小单重的交货量不得超过该批总重量的 10%。

4.4.2 热轧盘条每盘重量不得小于 30 kg。

表 10 每轴(盘)的重量

公称直径/mm	每轴(盘)重量/kg 不小于	
	标准重量	最小重量
0.020~0.030	0.03	0.015
>0.030~0.050	0.05	0.030
>0.050~0.100	0.10	0.060
>0.100~0.300	0.50	0.30
>0.300~0.50	0.80	0.50
>0.50~1.00	1.50	—
>1.00~2.00	6.00	—
>2.00~3.50	8.00	—
>3.50~6.00	12.00	—
>6.00	15.00	—

5 技术要求

5.1 化学成分

5.1.1 合金牌号及化学成分应符合表 11 的规定。

5.1.2 在保证合金性能符合本标准要求的条件下,可以对合金成分范围进行适当调整。

5.1.3 为了改善合金性能,允许在合金中添加适量稀土元素及其他元素。

表 11 合金的牌号及化学成分

合金牌号	化学成分(质量分数)/%										其他
	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ni	Al	Fe	其他	
Cr20Ni80	0.08	0.020	0.015	0.60	0.75~1.60	20.0~23.0	余	≤0.50	≤1.0	—	
Cr30Ni70	0.08	0.020	0.015	0.60	0.75~1.60	28.0~31.0	余	≤0.50	≤1.0	—	
Cr15Ni60	0.08	0.020	0.015	0.60	0.75~1.60	15.0~18.0	55.0~61.0	≤0.50	余	—	
Cr20Ni35	0.08	0.020	0.015	1.00	1.00~3.00	18.0~21.0	34.0~37.0	—	余	—	
Cr20Ni30	0.08	0.020	0.015	1.00	1.00~3.00	18.0~21.0	30.0~34.0	—	余	—	
1Cr13Al4	0.12	0.025	0.020	0.50	≤0.70	12.0~15.0	≤0.60	4.0~6.0	余	—	
0Cr20Al3	0.08	0.025	0.020	0.50	≤0.70	18.0~21.0	≤0.60	3.0~4.2	余	—	
0Cr23Al5	0.06	0.025	0.020	0.50	≤0.60	20.5~23.5	≤0.60	4.2~5.3	余	—	
0Cr20Al6RE	0.04	0.025	0.020	0.50	≤0.40	19.0~21.0	≤0.60	5.0~6.0	余	La+Ce、Co、Ti、Nb、Y、Zr、Hf 等元素中的一种或几种加入总量的 0.04~1.00	
0Cr25Al5	0.06	0.025	0.020	0.50	≤0.60	23.0~26.0	≤0.60	4.5~6.5	余	—	
0Cr21Al6Nb	0.05	0.025	0.020	0.50	≤0.60	21.0~23.0	≤0.60	5.0~7.0	余	Nb 加入量 0.5	
0Cr24Al6RE	0.04	0.025	0.020	0.50	≤0.40	22.0~26.0	≤0.60	5.0~7.0	余	La+Ce、Co、Ti、Nb、Y、Zr、Hf 等元素中的一种或几种加入总量的 0.04~1.00	
0Cr27Al7Mo2	0.05	0.025	0.020	0.20	≤0.40	26.5~27.8	≤0.60	6.0~7.0	余	Mo 加入量 1.8~2.2	

5.2 冶炼方法

除非用户有特殊要求,冶炼方法由供方选择。

5.3 交货状态

合金材以退火、退火加酸洗、退火加磨光或车削、光亮退火、冷拉或固溶热处理状态交货,具体要求应在合同中注明。

5.4 物理性能

5.4.1 电阻率

5.4.1.1 软态丝材的室温电阻率应符合表 12 的规定。考核每米电阻值的丝材,其室温电阻率不考核。

表 12 软态丝材的室温电阻率

合金牌号	公称直径范围/mm	电阻率(20 °C)/ $\mu\Omega \cdot m$
Cr20Ni80	<0.50	1.09±0.05
	0.50~3.00	1.13±0.05
	>3.00	1.14±0.05
Cr30Ni70	<0.50	1.18±0.05
	≥0.50	1.20±0.05
Cr15Ni60	<0.50	1.12±0.05
	≥0.50	1.15±0.05
Cr20Ni35 Cr20Ni30	—	1.04±0.05
1Cr13Al4 0Cr20Al3 0Cr23Al5 0Cr20Al6RE 0Cr25Al5 0Cr21Al6Nb 0Cr24Al6RE 0Cr27Al7Mo2	0.020~10.00	1.25±0.08 1.23±0.07 1.35±0.06 1.40±0.07 1.42±0.07 1.45±0.07 1.48±0.07 1.53±0.07

5.4.1.2 软态带材的室温电阻率应符合表 13 的规定。考核每米电阻值的带材,其室温电阻率不考核。

表 13 软态带材的室温电阻率

合金牌号	合金带厚度/mm	电阻率(20 °C)/ $\mu\Omega \cdot m$
Cr20Ni80	≤ 0.80	1.09 ± 0.05
	$> 0.80 \sim 3.00$	1.13 ± 0.05
	> 3.00	1.14 ± 0.05
Cr30Ni70	≤ 0.80	1.18 ± 0.05
	$> 0.80 \sim 3.00$	1.19 ± 0.05
	> 3.00	1.20 ± 0.05
Cr15Ni60	≤ 0.80	1.11 ± 0.05
	$> 0.80 \sim 3.00$	1.14 ± 0.05
	> 3.00	1.15 ± 0.05
Cr20Ni35 Cr20Ni30	—	1.04 ± 0.05
1Cr13Al4 0Cr20Al3 0Cr23Al5 0Cr20Al6RE 0Cr25Al5 0Cr21Al6Nb 0Cr24Al6RE 0Cr27Al7Mo2	0.050~4.00	1.25 ± 0.08 1.23 ± 0.07 1.35 ± 0.07 1.40 ± 0.07 1.42 ± 0.07 1.45 ± 0.07 1.48 ± 0.07 1.53 ± 0.07

5.4.2 每米电阻值及其允许偏差

公称直径为 0.020 mm~5.50 mm 的软态丝材的每米电阻值及其允许偏差应符合表 14 的规定。其他尺寸的每米电阻值可由式(1)计算而得,其允许偏差由供需双方协商确定。

$$R = \rho \frac{L}{S} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R ——电阻值,单位为欧姆(Ω);

L ——长度,单位为米(m);

ρ ——电阻率,单位为微欧姆米($\mu\Omega \cdot m$);

S ——截面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

表 14 软态丝材的每米电阻值及其允许偏差

公称直径/ mm	每米电阻/ Ω						每米电阻 允许偏差/ %
	Cr20Ni80	Cr30Ni70	Cr15Ni60	Cr20Ni35 Cr20Ni30	1Cr13Al4	0Cr20Al3	
0.02	3 471	3 757	3 566	3 312	3 980	3 917	± 15
0.03	1 542	1 669	1 584	1 471	1 768	1 740	± 10
0.04	867.4	939.0	891.3	827.6	994.7	978.8	± 10
0.05	555.1	601.0	570.4	529.7	636.6	626.4	± 10
0.06	385.5	417.3	396.1	367.8	442.1	435.0	± 10
0.07	283.2	306.6	291.0	270.2	324.8	319.6	± 8
0.08	216.8	234.8	222.8	206.9	248.7	244.7	± 8
0.09	171.3	185.5	176.1	163.5	196.5	193.3	± 8
0.10	138.8	150.2	142.6	132.4	159.2	156.6	± 8
0.11	114.7	124.2	117.9	109.4	131.5	129.4	± 8
0.12	96.38	104.3	99.03	91.96	110.5	108.8	± 8
0.13	82.12	88.90	84.38	78.35	94.17	92.67	± 7
0.14	70.81	76.65	72.76	67.56	81.20	79.90	± 7
0.15	61.68	66.77	63.38	58.85	70.74	69.60	± 7
0.16	54.21	58.69	55.70	51.73	62.17	61.18	± 7
0.17	48.02	51.99	49.34	45.82	55.07	54.19	± 7
0.18	42.83	46.37	44.01	40.87	49.12	48.34	± 6
0.19	38.44	41.62	39.50	36.68	44.09	43.38	± 6
0.20	34.70	37.56	35.65	33.10	39.79	39.15	± 6
0.22	28.67	31.04	29.46	27.36	32.88	32.36	± 6
0.25	22.21	24.04	22.82	21.19	25.46	25.06	± 6
0.28	17.70	19.16	18.19	16.89	20.30	19.98	± 6
0.30	15.42	16.69	15.84	14.71	17.68	17.40	± 6
0.32	13.55	14.67	13.93	12.93	15.54	15.29	± 6

表 14 (续)

公称直径/ mm	每米电阻/ Ω						每米电阻 允许偏差/ %
	Cr20Ni80	Cr30Ni70	Cr15Ni60	Cr20Ni35 Cr20Ni30	1Cr13Al4	0Cr20Al3	
0.35	11.33	12.26	11.64	10.81	12.99	12.78	± 5
0.38	9.611	10.40	9.876	9.170	11.02	10.85	± 5
0.40	8.674	9.390	8.913	8.276	9.947	9.788	± 5
0.42	7.868	8.517	8.084	7.50	9.002	8.878	± 5
0.45	6.853	7.419	7.042	6.539	7.860	7.734	± 5
0.48	6.024	6.521	6.189	5.747	6.908	6.797	± 5
0.50	5.551	6.010	5.704	5.297	6.366	6.364	± 5
0.55	4.756	5.051	4.840	4.378	5.261	5.177	± 5
0.60	3.997	4.244	4.067	3.678	4.421	4.350	± 5
0.65	3.405	3.616	3.466	3.134	3.767	3.707	± 5
0.70	2.936	3.118	2.988	2.703	3.248	3.196	± 5
0.75	2.558	2.716	2.603	2.355	2.829	2.784	± 5
0.80	2.248	2.387	2.288	2.069	2.487	2.447	± 5
0.85	1.991	2.115	2.027	1.833	2.203	2.168	± 5
0.90	1.776	1.886	1.808	1.635	1.965	1.933	± 5
0.95	1.594	1.693	1.622	1.467	1.763	1.735	± 5
1.00	1.439	1.528	1.464	1.324	1.592	1.566	± 5
1.50	0.639 4	0.679 1	0.650 8	0.588 5	0.707 4	0.696 1	± 5
2.00	0.359 7	0.382 0	0.366 1	0.331 0	0.397 9	0.391 5	± 5
2.50	0.230 2	0.244 5	0.234 3	0.211 9	0.254 7	0.250 6	± 5
3.00	0.159 9	0.169 8	0.162 7	0.147 1	0.176 8	0.174 0	± 5
3.50	0.118 5	0.124 7	0.119 5	0.108 1	0.129 9	0.127 8	± 5
4.00	0.090 7	0.095 5	0.091 5	0.082 8	0.099 5	0.097 9	± 5
4.50	0.071 7	0.075 5	0.072 3	0.065 4	0.078 6	0.077 3	± 5
5.00	0.058 1	0.061 1	0.058 6	0.053 0	0.063 7	0.062 6	± 5
5.50	0.048 0	0.050 5	0.048 4	0.043 8	0.052 6	0.051 8	± 5

表 14 (续)

公称直径/ mm	每米电阻/ Ω						每米电阻 允许偏差/ %
	0Cr23Al5	0Cr20Al16RE	0Cr25Al5	0Cr21Al6Nb	0Cr24Al6RE	0Cr27Al7Mo2	
0.020	4 299	4 456	4 522	4 617	4 710	4 872	± 15
0.030	1 910	1 981	2 009	2 051	2 094	2 165	± 10
0.040	1 074	1 114	1 130	1 154	1 178	1 218	± 10
0.050	687.5	713.0	723.2	738.5	753.8	779.2	± 10
0.060	477.5	495.1	502.2	512.8	523.4	541.1	± 10
0.070	350.8	363.8	369.0	376.8	384.6	397.6	± 8
0.080	268.6	278.5	282.5	288.5	294.4	304.4	± 8
0.090	212.2	220.1	223.2	227.9	232.6	240.5	± 8
0.10	171.9	178.3	180.8	184.6	188.4	194.8	± 8
0.11	142.1	147.3	149.4	152.6	155.7	161.0	± 8
0.12	119.4	123.8	125.6	128.2	130.9	135.3	± 8
0.13	101.7	105.5	107.0	109.2	111.5	115.3	± 7
0.14	87.70	90.95	92.24	94.19	96.14	99.39	± 7
0.15	76.39	79.22	80.36	82.05	83.75	86.58	± 7
0.16	67.14	69.63	70.63	72.12	73.61	76.10	± 7
0.17	59.48	61.68	62.56	63.88	65.20	67.41	± 7
0.18	53.05	55.02	55.80	56.98	58.16	60.13	± 6
0.19	47.61	49.38	50.08	51.14	52.20	53.96	± 6
0.20	42.97	44.56	45.20	46.15	47.11	48.70	± 6
0.22	35.51	36.83	37.36	38.14	38.93	40.25	± 6
0.25	27.50	28.52	28.93	29.54	30.15	31.17	± 6
0.28	21.92	22.74	23.06	23.55	24.04	24.85	± 6
0.30	19.10	19.81	20.09	20.51	20.94	21.65	± 6
0.32	16.79	17.41	17.66	18.03	18.40	19.02	± 6
0.35	14.03	14.55	14.76	15.07	15.38	15.90	± 6

表 14 (续)

公称直径/ mm	每米电阻/ Ω						每米电阻 允许偏差/ %
	0Cr23Al5	0Cr20Al16RE	0Cr25Al5	0Cr21Al6Nb	0Cr24Al6RE	0Cr27Al7Mo2	
0.38	11.90	12.34	12.52	12.79	13.05	13.49	± 5
0.40	10.74	11.14	11.30	11.54	11.78	12.18	± 5
0.42	9.744	10.11	10.25	10.47	10.68	11.04	± 5
0.45	8.488	8.803	8.928	9.117	9.306	9.620	± 5
0.48	7.460	7.737	7.847	8.013	8.179	8.455	± 5
0.50	6.875	7.130	7.232	7.385	7.538	7.792	± 5
0.55	5.682	5.893	5.977	6.103	6.229	6.440	± 5
0.60	4.775	4.951	5.022	5.128	5.234	5.411	± 5
0.65	4.068	4.219	4.279	4.370	4.460	4.611	± 5
0.70	3.508	3.638	3.690	3.768	3.846	3.976	± 5
0.75	3.056	3.169	3.214	3.282	3.350	3.463	± 5
0.80	2.686	2.785	2.825	2.885	2.944	3.044	± 5
0.85	2.379	2.467	2.502	2.555	2.608	2.696	± 5
0.90	2.122	2.201	2.232	2.279	2.326	2.405	± 5
0.95	1.905	1.975	2.003	2.046	2.088	2.159	± 5
1.00	1.719	1.783	1.808	1.846	1.884	1.948	± 5
1.50	0.763 9	0.792 2	0.803 6	0.820 5	0.837 5	0.865 8	± 5
2.00	0.429 7	0.445 6	0.452 0	0.461 5	0.471 1	0.487 0	± 5
2.50	0.275 0	0.285 2	0.289 3	0.295 4	0.301 5	0.311 7	± 5
3.00	0.191 0	0.198 1	0.200 9	0.205 1	0.209 4	0.216 5	± 5
3.50	0.140 3	0.145 5	0.147 6	0.150 7	0.153 8	0.159 0	± 5
4.00	0.107 4	0.111 4	0.113 0	0.115 4	0.117 8	0.121 8	± 5
4.50	0.084 8	0.088 0	0.089 2	0.091 1	0.093 1	0.096 2	± 5
5.00	0.068 7	0.071 3	0.072 3	0.073 8	0.075 4	0.077 9	± 5
5.50	0.056 8	0.058 9	0.059 7	0.061 0	0.062 3	0.064 4	± 5

5.4.3 电阻均匀性

5.4.3.1 合金材每米电阻均匀性的计算按式(2)进行:

$$R_{JY} = \frac{2(R_1 - R_2)}{R_1 + R_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- R_{JY} ——电阻均匀性;
- R_1 ——高电阻,单位为欧姆(Ω);
- R_2 ——低电阻,单位为欧姆(Ω).

5.4.3.2 每轴(盘)丝材任意部位每米电阻均匀性应不超过4%,每卷冷轧带材任意部位每米电阻均匀性应不超过5%。

5.4.3.3 供方如能保证电阻均匀性符合本标准规定时,可不作检查或部分抽检。

5.5 快速寿命

合金丝材在规定温度下的快速寿命应符合表15的规定。

表 15 合金丝材在规定温度下的快速寿命

合金牌号	试验温度/°C	快速寿命值/h 不小于
Cr20Ni80	1 200	80
Cr30Ni70	1 250	50
Cr15Ni60	1 150	80
Cr20Ni35	1 100	80
Cr20Ni30	1 100	80
0Cr20Al3	1 250	80
0Cr23Al5	1 300	80
0Cr20Al6RE	1 300	80
0Cr25Al5	1 300	80
0Cr21Al6Nb	1 350	50
0Cr24Al6RE	1 350	80
0Cr27Al7Mo2	1 350	50

5.6 力学性能

5.6.1 合金材推荐的热处理制度参见表16。

表 16 合金材推荐的热处理制度

合金牌号	推荐热处理制度 ^a	
Cr20Ni80	固溶	980 °C~1 150 °C,水冷或空冷
Cr30Ni70		980 °C~1 100 °C,水冷或空冷
Cr15Ni60		980 °C~1 100 °C,水冷或空冷
Cr20Ni35		900 °C~1 100 °C,水冷或空冷
Cr20Ni30		900 °C~1 100 °C,水冷或空冷

表 16 (续)

合金牌号	推荐热处理制度 ^a	
1Cr13Al4	退火	730 °C~830 °C, 水冷
0Cr20Al3		730 °C~830 °C, 水冷
0Cr23Al5		750 °C~850 °C, 水冷
0Cr20Al6RE		750 °C~850 °C, 水冷
0Cr25Al5		750 °C~850 °C, 水冷
0Cr21Al6Nb		750 °C~850 °C, 水冷
0Cr24Al6RE		750 °C~850 °C, 水冷
0Cr27Al7Mo2		750 °C~850 °C, 缓冷
^a 适用于直径或厚度大于 2 mm 合金丝材和带材, 铁铬铝合金除 0Cr27Al7Mo2 外, 热处理后应迅速淬水, 不应在低于零度的大气中冷却。		

5.6.2 软态合金材的力学性能应符合表 17 的规定。

表 17 软态合金材的力学性能

合金牌号	合金状态	抗拉强度 R_m /MPa 不小于	断后伸长率 A/% 不小于	
			直径 > 3.00 mm 全部的丝材 和厚度 > 0.200 mm 镍铬带材	直径 0.10 mm~3.00 mm 全部的 丝材和厚度 > 0.200 mm 铁铬 铝带材
Cr20Ni80	固溶	650	25	20
Cr30Ni70		650	25	20
Cr15Ni60		600	25	20
Cr20Ni35		600	25	20
Cr20Ni30		600	25	20
1Cr13Al4	退火	580	15	12
0Cr20Al3		580	15	12
0Cr23Al5		600	15	12
0Cr20Al6RE		600	15	12
0Cr25Al5		600	15	12
0Cr21Al6Nb		650	12	10
0Cr24Al6RE		680	12	10
0Cr27Al7Mo2		680	10	10

5.7 工艺性能

5.7.1 公称直径为 0.50 mm~6.00 mm 的丝材应进行缠绕试验, 在规定的芯棒上缠绕 5 圈后, 表面不

允许出现分层及裂纹。

铁铬铝丝材允许用反复弯曲试验代替缠绕试验,反复弯曲次数不得小于5次。

5.7.2 公称厚度大于0.80 mm的冷轧带材应做弯曲试验,其弯曲处不允许出现分层及裂纹。

5.7.3 供方如能保证,可不检验缠绕、弯曲。

5.8 非金属夹杂物

公称直径或厚度小于0.10 mm微细丝和箔材合金应检查非金属夹杂物,其A、B、C、D类夹杂物(粗系和细系)的合格级别均应不大于2.0级。

5.9 表面质量

5.9.1 热轧板带材、棒材及盘条表面不应有折叠、裂纹、重皮、凹陷、耳子、夹杂、磷屑及其他影响使用的缺陷存在。上述缺陷允许清理,清理深度不应超过直径或厚度公差的一半。

5.9.2 冷拉丝材和冷轧带材表面应光滑、平整,不允许有裂纹、折叠、结疤、锈斑、分层及其他影响使用的缺陷存在。但允许局部有深度不超过直径公差的一半或厚度公差的加工痕迹或划伤。

5.9.3 热轧带材、棒材及盘条表面允许有氧化膜存在。冷拉丝材和冷轧带材表面允许有均匀的氧化薄膜存在。

较高精度电热电阻器用带材表面颜色应是合金的本色,但允许有不影响使用的轻微色差存在。

5.9.4 切边冷轧带材的边缘不允许有超过厚度公差的飞边、毛刺,不切边冷轧带材的边缘不允许有明显的裂边。

6 试验方法

6.1 尺寸测量

6.1.1 尺寸测量工具

合金材的尺寸测量采用能满足本标准精度要求的通用量具进行测量。

6.1.2 尺寸测量方法

测量冷拉丝材、热轧棒材和盘条的直径时,每轴(盘)测量不少于3处。

测量带材厚度时,当带材宽度不大于20.0 mm时,应于宽度的中心处进行测量;宽度大于20.0 mm时,应于距宽度边缘不小于5 mm处进行测量。

6.2 外形测量

6.2.1 不圆度的测量

丝材的不圆度采用能保证相应精度要求的通用标准量具进行测量。

6.2.2 不平度的测量

合金板材在自重状态下平放于平台上,测量板材任意位置的下表面与平台间的最大距离。

6.2.3 镰刀弯的测量

带材平稳的放于平面上,将钢板米尺宽度边缘紧靠带材宽度边缘,测量其之间的最大间隙。

6.3 化学成分分析

合金的化学成分分析用试样按 GB/T 20066 的规定取样,化学成分分析方法按 GB/T 223 的规定进行,允许采用能保证相应分析精度的其他方法进行分析。

6.4 每米电阻和电阻率的测量

6.4.1 测量合金材的每米电阻采用能保证精度不低于 0.2% 的测量仪器,按 GB/T 6146 的规定进行。

6.4.2 测量合金材的电阻率时,冷拉丝材的横截面积以实际直径计算,切边冷轧带材的横截面积可视为矩形,不切边冷轧带材横截面积应是实际厚度与实际宽度的乘积再乘以修正系数,其修正系数视宽度不同分别是:

- 宽度小于 10.0 mm 的为 0.95;
- 宽度大于或等于 10.0 mm 的为 0.98。

6.5 快速寿命试验

合金丝材快速寿命试验按 GB/T 13300 标准规定进行。当 3 个试样的快速寿命值均达到本标准规定最小值时,可不再继续进行试验。以 3 个试样的快速寿命值的算术平均值为试样的快速寿命值。

6.6 拉伸试验

合金材拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定进行。

6.7 工艺性能试验

合金材的弯曲试验、反复弯曲试验及缠绕试验分别按 GB/T 232、GB/T 238 和 GB/T 2976 的规定进行。

6.7.1 缠绕试验

6.7.1.1 公称直径为 0.50 mm~4.50 mm 丝材缠绕试验用的芯棒直径:

- 镍铬、镍铬铁合金为 4 倍丝材直径;
- 铁铬铝合金为 5 倍丝材直径。

6.7.1.2 公称直径大于 4.50 mm 的所有牌号丝材缠绕试验用的芯棒直径为 6 倍丝材直径。

6.7.1.3 0Cr27Al7Mo2 合金丝缠绕试验应在 300 °C~400 °C 下进行。

6.7.2 弯曲试验

公称厚度大于 2.00 mm 带材弯曲角度为 90°,弯曲芯棒直径为 30 mm;公称厚度为 0.80 mm~2.00 mm 的带材,弯曲角为 180°,弯曲芯棒直径为 10 mm;公称厚度小于 0.8 mm 带材采用弯曲至两面接触的重合弯曲法。

6.8 非金属夹杂物

从分别合金坯料的头、尾取样检验非金属夹杂物,试验方法按 GB/T 10561—2005 的 A 法进行。

6.9 表面质量

合金材的表面质量用目视进行检查。

7 检验规则

7.1 检查与验收

合金材的检查与验收由供方技术监督部门进行,需方也可按本标准的规定进行检查。

7.2 检验分类

本标准采用型式检验和出厂检验。

7.2.1 型式检验

7.2.1.1 本标准规定的所有要求为型式检验项目。在正常生产情况下,同一炉冷拉丝材或同一牌号、同一熔炼方法,但不同炉号,总锭重小于5 t的丝材可进行一次型式检验。

在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 更新关键生产工艺;
- b) 主要原料有变化;
- c) 停产又恢复生产;
- d) 合同规定。

7.2.1.2 合金材的检验项目、取样数量、取样部位以及相应要求和试验方法应符合表18的规定。

7.2.1.3 当快速寿命或/和非金属夹杂物的检验不合格时,则该轴(盘、卷、支)合金材判为不合格。允许从未检验的轴(盘、卷、支)合金材上切取双倍数量的试样进行复验,复验结果只要有一个试样不合格,则该批合金材判为不合格或该型式检验不通过。允许供方逐轴(盘、卷、支)进行检验,合格者可交货。

合金材的其他检验项目的合格判定规则按7.2.2.3进行。

7.2.2 出厂检验

7.2.2.1 组批规则

合金材应按批检查和验收,每批由同一合金牌号、同一熔炼炉号、同一规格、同一加工方法、同一热处理制度(或炉批)的合金材组成。采用电渣重熔冶炼的合金,在工艺稳定、且能保证本标准各项技术要求的条件下,允许以自耗电电极的熔炼母炉号组批交货,并在质量证明书中注明。

7.2.2.2 取样部位及取样数量

7.2.2.2.1 每批合金材的检验项目、取样数量、取样部位以及相应要求和试验方法应符合表18的规定。

7.2.2.2.2 按每米电阻交货的丝材,应逐轴(盘)检验每米电阻值。

7.2.2.3 复验与判定规则

合金材检验结果若有一项不合格时,则该轴(盘)/卷(支)为不合格。允许从未检验的轴(盘、卷、支)中取双倍试样对不合格项目进行复验。如果复验结果仍不合格时,则该批判为不合格。但可逐轴(盘、卷、支)进行检验,合格者交货。供方可以将不合格的合金材重新加工,重新组批提交验收。

表 18 合金材的检验项目、取样数量、取样部位以及相应要求和检验方法

序号	检验项目	型式 检验	出厂 检验	取样数量 ^a	取样部位	试验方法
1	化学成分	●	●	每炉 1 个	按 GB/T 20066 规定	GB/T 223(见第 2 章)、 GB/T 11170
2	尺寸	●	●	逐轴 (盘、卷、支)	—	相应精度卡尺、 千分尺测量
3	外形	●	●			
4	电阻率	●	●	3%,但 不少于 2 个	不同轴(盘、卷、支) 的合金材上	6.4.2
	每米电阻 ^b	●	●	1 个	每轴(盘、卷、支) 的合金材上	GB/T 6146
5	快速寿命	●	—	3 个组	同一轴(盘)合金材上	GB/T 13300
6	电阻均匀性	●	●	2 个	每轴(盘、卷、支) 合金材的头、尾	5.4.3.1
7	室温拉伸	●	●	2 个	合金材上任意部位	GB/T 228.1
8	弯曲试验	●	●	3%,但 不少于 2 个	不同轴(盘、卷、支) 的合金材上	GB/T 232、GB/T 238
9	缠绕试验	●	●			GB/T 2976
10	非金属夹杂物	●	—	2 个	合金坯料的头、尾	GB/T 10561—2005 的 A 法
11	表面质量	●	●	逐轴 (盘、卷、支)	—	目视检查,必要时用不大于 10 倍的放大镜检查

注：●为必检项目；—为不检项目。

^a 当合金取样数量少于表中规定时应逐轴(盘、卷、支)进行检验。

^b 按每米电阻交货的合金材检验。

8 包装、标志和质量证明书

8.1 合金材的包装、标志和质量证明书应符合 YB/T 5242 的规定。

8.2 经供需双方协议,供方可用能保证在运输和贮存中保持合金材表面质量和性能不受影响的其他材料进行包装。

附录 A
(资料性附录)
高电阻电热合金电阻温度因数(修正系数)

高电阻电热合金电阻温度因数(修正系数)见表 A.1。

表 A.1 高电阻电热合金电阻温度因数(修正系数)

合金牌号	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1 000 °C	1 100 °C	1 200 °C	1 300 °C
Cr20Ni80	1.000	1.006	1.012	1.018	1.025	1.026	1.018	1.010	1.008	1.010	1.014	1.021	1.025	—
Cr30Ni70	1.000	1.007	1.016	1.028	1.038	1.044	1.036	1.030	1.028	1.029	1.033	1.037	1.043	—
Cr15Ni60	1.000	1.011	1.024	1.038	1.052	1.064	1.069	1.073	1.078	1.088	1.095	1.109	—	—
Cr20Ni35	1.000	1.029	1.061	1.090	1.115	1.139	1.157	1.173	1.188	1.208	1.219	1.228	—	—
Cr20Ni30	1.000	1.023	1.052	1.079	1.103	1.125	1.141	1.158	1.173	1.187	1.201	1.214	1.226	—
1Cr13Al4	1.000	1.005	1.014	1.028	1.044	1.064	1.090	1.120	1.132	1.142	1.150	—	—	—
0Cr20Al3	1.000	1.011	1.025	1.042	1.061	1.085	1.120	1.142	1.154	1.164	1.172	1.180	1.186	—
0Cr23Al5	1.000	1.002	1.007	1.014	1.024	1.036	1.056	1.064	1.070	1.074	1.078	1.081	1.084	1.084
0Cr20Al6RE	1.000	1.002	1.005	1.010	1.015	1.021	1.029	1.035	1.039	1.042	1.044	1.046	1.047	1.047
0Cr25Al5	1.000	1.002	1.005	1.008	1.013	1.021	1.030	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.047	1.047
0Cr21Al6Nb	1.000	0.997	0.996	0.994	0.991	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990	0.990
0Cr24Al6RE	1.000	0.995	0.993	0.990	0.988	0.986	0.984	0.982	0.980	0.978	0.976	0.976	0.975	0.975
0Cr27Al7Mo2	1.000	0.992	0.986	0.981	0.978	0.976	0.974	0.972	0.970	0.969	0.968	0.968	0.967	0.967

附录 B
(资料性附录)
电热合金主要物理性能

电热合金主要物理性能见表 B.1。

表 B.1 电热合金主要物理性能

合金牌号	元件最高 使用温度 °C	熔点 (近似) °C	密度 g/cm ³	电阻率 (20 °C) μΩ·m	比热容 J/(g·K)	导热系数 (20 °C) W/(m·K)	平均线膨胀系数 α (20 °C~1 000 °C) 10 ⁻⁶ /K	组织	磁性
Cr20Ni80	1 200	1 400	8.40	1.09	0.46	15	18.0	奥氏体	非磁性
Cr30Ni70	1 250	1 380	8.10	1.18	0.46	14	17.0	奥氏体	非磁性
Cr15Ni60	1 150	1 390	8.20	1.12	0.46	13	17.0	奥氏体	弱磁性
Cr20Ni35	1 100	1 390	7.90	1.04	0.50	13	19.0	奥氏体	非磁性
Cr20Ni30	1 100	1 390	7.90	1.04	0.50	13	19.0	奥氏体	非磁性
1Cr13Al4	950	1 450	7.40	1.25	0.49	15	15.4	铁素体	磁性
0Cr20Al3	1 100	1 500	7.35	1.23	0.49	13	13.5	铁素体	磁性
0Cr23Al5	1 300	1 500	7.25	1.35	0.46	13	15.0	铁素体	磁性
0Cr20Al6RE	1 300	1 500	7.20	1.40	0.48	13	14.0	铁素体	磁性
0Cr25Al5	1 300	1 500	7.25	1.42	0.46	13	15.0	铁素体	磁性
0Cr21Al6Nb	1 350	1 510	7.10	1.45	0.49	13	16.0	铁素体	磁性
0Cr24Al6RE	1 400	1 520	7.10	1.48	0.49	13	16.0	铁素体	磁性
0Cr27Al7Mo2	1 400	1 520	7.10	1.53	0.49	13	16.0	铁素体	磁性