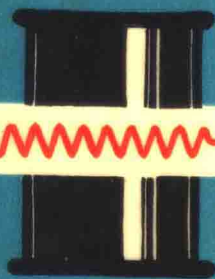




高电阻电热合金

说明书

1970



北京钢丝厂

前 言

高电阻电热合金是我厂广大革命职工在毛主席“**独立自主**”、“**自力更生**”的伟大方针指引下，高举总路线的伟大红旗，冲破了帝、修、反的重重封锁，克服了种种困难，于1960年开始试制并陆续生产的。在史无前例的无产阶级文化大革命的推动下，我厂广大革命职工又遵照毛主席“**抓革命、促生产**”、“**备战、备荒、为人民**”的伟大教导，高举《**鞍钢宪法**》伟大红旗，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇的“洋奴哲学”、“爬行主义”等反革命修正主义路线，在生产上有了新的发展，经过反复试验与研究，又试制成功了1350°C电热合金及聚酯漆包精密电阻合金，为当前我国电子工业发展创造了一定的物质条件。

为了适应我国工农业大跃进形势的需要，满足用户的要求，我们重新编印了“高电阻电热合金”产品说明。本说明分为“电热合金”和“精密电阻合金”两个部分。在“电热合金”部分中介绍了我厂生产的电热合金的种类、规格和交货状态等技术条件；电热合金的理化工艺性能、使用加工方法及注意事项；电热元件的选用和计算方法实例及所需图表等。通过“电热合金”这一部分的介绍，可以使一般工人、技术人员学会电热元件的简单设计和使用技术。在“精密电阻合金”部分中摘要介绍了“聚酯漆包精密电阻合金”的技术条件，以便推广选用。

我厂生产的稀土铁铬铝和铬镍两系列电热合金中，由于

稀土鉄鉻鋁合金比鉻鎳合金具有：高溫、高寿命、高电阻、价格便宜和資源丰富等优点，所以在“电热合金”这一部分中加以重点介紹。为了更好地使稀土鉄鉻鋁合金达到应有的技术經濟效果，所以用了較多的篇幅介紹了由于使用不合理而造成的缺陷及改进使用維護方法。

这本說明书在編印过程中，得到了很多单位热情的帮助，由于我們水平所限，又沒能把各单位好的經驗完全吸收进来，一定会存在許多缺点、錯誤，欢迎同志們批評、指正。

北京鋼絲厂革命委員会

1970年11月

目 录

前 言

第一部分 电热合金

(一) 电热合金的一般技术条件	1
一、电热合金材料简单介绍	1
二、电热合金生产规格	4
三、电热合金交货状态	6
(二) 电热合金的主要性能及使用说明	8
一、铁铬铝和铬镍电热合金的主要性能	
参考数据	8
二、元件最高使用温度	8
三、电阻温度系数	11
四、表面负荷	15
五、脆性	18
六、高温强度	19
七、缠绕和弯曲	28
八、螺旋体的拉伸	36
九、焊接	37
1. 引出端与元件的焊接	40
2. 电热元件之间的焊接	45
3. 电热元件修理的焊接	49

十、抗蝕性.....	49
1. 預先氧化處理.....	51
2. 爐內氣氛.....	53
3. 鹽類和搪瓷.....	61
4. 金屬和金屬氧化物.....	62
5. 耐火材料.....	64
(三) 技術參考數據、計算公式和圖表.....	72
一、合金的電阻、長度和重量換算表.....	72
1. 鐵鉻鋁電熱合金絲.....	73
2. 鉻鎳電熱合金絲.....	82
3. 鐵鉻鋁電阻帶.....	88
4. 鉻鎳電阻帶.....	100
二、電壓、功率和電流換算表.....	108
1. 220V時, 功率、電流及電流平方 換算表.....	108
2. 220V時, 電流、電流平方及功率 換算表.....	109
3. 380V時, 功率、電流及電流平方 換算表.....	111
4. 380V時, 電流、電流平方及功率 換算表.....	113
三、電阻爐功率的確定.....	115
四、電壓與接線方法的選擇.....	118
五、計算時使用符號一覽表.....	122
六、電熱元件尺寸的計算.....	123
1. 圖解法.....	123
2. 用表面積的計算公式求直徑.....	127

3. 求直径和厚度的计算公式	129
七、 $0\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 电热元件各种功率的参考数据	136
八、各种电热材料主要性能参考表	140
九、常用线规号码与公制对照表	145
十、温度与火色	147

第二部分 精密电阻合金

(四) 精密电阻合金简介	150
一、精密电阻合金的化学成分、特性和用途	150
二、精密电阻合金的主要性能参考数据	151
三、精密电阻合金生产规格	151
四、精密电阻合金交货状态	151

毛主席语录

一切产品,不但求数量多,而且求质量好,……。
任何质量都表现为一定的数量,没有数量也就没有质量。

第一部分 电热合金

(一) 电热合金的一般技术条件

一、电热合金材料简单介绍

可以用做电热体的材料是很多的,主要分为金属电热体和非金属电热体。金属电热体又可分为贵金属及其合金(如铂、铂铱等),重金属及其合金(如钨、钼等),镍基合金(如铬镍、铬镍铁等)及铁基合金(如铁铬铝、铁铝等)等。在所有的这些金属电热体中,应用比较广泛的是镍基合金和铁基合金。镍是比较稀少的元素,就镍所具有的特性用于其他合金更为合适,如高性能的磁性材料,及其他高温高强度及特殊物理性能的合金等是不可缺少的。我们应当把电热合金的生产立足于国内,因此在电热合金中节省镍和不用镍是非常重要的。

铁铬铝电热合金与铬镍电热合金相比较,各有优缺点,

但总的說来，鉄鉻鋁电热合金的优点比較多，其优点是：

1. 使用温度高。鉄鉻鋁电热合金中的 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 最高使用温度为 1200°C ，而鉻鎳电热合金中的 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 最高使用温度为 1100°C 。目前我厂已成功地試制出高温鉄鉻鋁，最高使用温度可以达到 $1300\sim 1350^{\circ}\text{C}$ 。

2. 电阻系数大。 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 的电阻系数是 $1.45\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ， $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 的电阻系数是 $1.11\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ 。电阻系数愈大，則使用的元件就愈省，元件在炉内所占的位置因此也就愈小。

3. 电阻温度系数小。 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 的电阻温度系数是 $3\sim 4\times 10^{-5}$ ，而 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 的电阻温度系数是 8.5×10^{-5} ，电阻温度系数愈小，則炉膛温度及供电电源愈容易保持平稳。

4. 表面負荷高。表面負荷容許高，即表示元件断面尺寸可以选的小些，长度因此也就短些，总之是节省材料。如果以箱式电阻炉 RJX-45-9（即 H-45）为例，用 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ ，需 $\phi 5.5\text{mm}$ ，总长度是 152.1m ，表面負荷是 $1.71\text{W}/\text{cm}^2$ 。而用 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ ，則需 $\phi 6.0\text{mm}$ ，总长度是 238.5m ，表面負荷是 $1.0\text{W}/\text{cm}^2$ 。这两个表面負荷都是符合要求的。

5. 比重小。 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 的比重是 $7.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，而 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 的比重是 $8.4\text{g}/\text{cm}^3$ ，就箱式电阻炉 RJX-75-9（即 H-75）为例，如果在功率、电压和元件直径相同的情况下， $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 需要 75kg ，而 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 只需要 42.3kg ，少用 32.7kg 。

6. 价格便宜。 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 比 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 就价格上說，便宜的很多。如一般的規格，我厂生产的 ${}_{0}\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 是 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 价格的七分之一还不到，电热合金属于消耗品，既要物美也应要价廉。

鉄鉻鋁电热合金的缺点主要是高温强度低，經高温使用

冷却后因晶粒长大变脆不能冷态加以弯曲等，所有这些缺点，如果注意到了，在设计和使用上都是能够加以避免和克服的。

铁铬铝和铬镍电热合金的化学成分、特性和主要用途见表1。

表 1

钢 号	牌号	0铬25铝5	铬17铝5	铬13铝4	铬20镍80	铬15镍60
	代号	0Cr ₂₅ Al ₅	Cr ₁₇ Al ₅	Cr ₁₃ Al ₄	Cr ₂₀ Ni ₈₀	Cr ₁₅ Ni ₆₀
化 学 成 分 %	Cr	23.0~27.0	16.0~19.0	13.0~15.0	20.0~23.0	15.0~18.0
	Al	4.50~6.50	4.00~6.00	3.50~5.50	≤0.20	≤0.20
	Ni	—	—	—	75.0~78.0	55.0~61.0
	Fe	余 量	余 量	余 量	余 量	余 量
	C	≤0.06	≤0.06	≤0.15	≤0.15	≤0.15
	Si	≤0.60	≤0.60	≤1.00	0.40~1.30	0.40~1.30
	Mn	≤0.70	≤0.70	≤0.70	≤0.70	≤1.50
	S	≤0.030	≤0.030	≤0.030	≤0.025	≤0.025
	P	≤0.030	≤0.035	≤0.030	≤0.030	≤0.035
	Re	微 量	—	—	—	—
特 性		高电阻， 耐热性很 好，但高温 强度较低， 冷却后有脆 性。	高电阻， 耐热性好， 但高温强度 较低，冷却 后有脆性。	高电阻， 耐热性一 般，但高温 强度较低， 冷却后有脆 性。	高电阻， 耐热性好， 但高温强度 较高，冷却 后无脆性。	高电阻， 耐热性一 般，但高温 强度较高， 冷却后无脆 性。
用 途		1200℃以 下的工业电 阻炉，民用 电热器具及 电阻元件 等。	1000℃以 下的工业电 阻炉，民用 电热器具及 电阻元件 等。	850℃以 下的工业电 阻炉，民用 电热器具及 电阻元件 等。	1100℃以 下的工业电 阻炉，民用 电热器具及 电阻元件 等。	1000℃以 下的工业电 阻炉，民用 电热器具及 电阻元件 等。

二、电热合金生产规格

1. 热轧扁带

表 2

厚 度 mm	厚度公差 mm	宽 度 mm					
		15	20	22	25	30	40
		宽度公差 $mm \begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$					
2.0	± 0.2	0	0	0	0		
2.2			0	0	0	0	
2.5			0	0	0	0	0
3.0	± 0.3			0	0	0	0
3.5				0	0	0	0
4.0					0	0	0

2. 冷轧扁带

表 3

厚 度 mm	厚度公差 mm	寬 度 mm								
		10	12	14	15	16	18	20	25	30
		寬度公差 mm ≤ -1.0				寬度公差 mm ≤ -1.2			寬度公差 mm ≤ -1.4	
1.00	± 0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.20		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.40		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.60	± 0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.80		0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00		0	0	0	0	0	0	0	0	0

3. 冷拉合金絲和熱軋圓條

表 4

合金絲直徑	容許偏差	合金絲直徑	容許偏差	
	冷 拉		冷 拉	熱 軋
mm		mm		
0.20	±0.01	1.80	±0.03	—
0.22		2.00		—
0.25		2.20		—
0.28		2.50		—
0.30		2.60		—
0.35	±0.02	3.00	±0.04	—
0.40		3.50		—
0.45		4.00		—
0.50		4.50		—
0.55		5.00		—
0.60		5.50		—
0.70	+0.03 -0.02	6.00	±0.10	—
0.80		6.50		—
0.90		7.00		—
1.00	±0.03	8.00	—	+0.30 -0.50
1.20		9.00	—	
1.40		10.00	—	
1.50		12.00	—	
1.60		14.00	—	

注：根據用戶要求，可以製造中間直徑的合金絲，其容許偏差按接近的大直徑規定。

4. 微細合金絲

表 5

合金絲直徑	容 許 偏 差		
	I 級	II 級	III 級
<i>m m</i>			
0.010~0.012	±0.002	—	—
>0.012~0.020	±0.002	±0.003	—
>0.020~0.050	±0.002	±0.003	±0.004
>0.050~0.090	±0.004	±0.006	±0.008

三、电热合金交貨状态

1. 冷拉合金絲分热处理状态和冷拉状态交貨，热处理状态的表面具有氧化色。

2. 热軋圓条可以成盘热处理状态 交貨，或热軋 直条交貨。

3. 冷軋、热軋扁帶切边或不切边成盘热处理状态交貨，表面具有氧化色。

4. 鋼花牌民用开启式盘形电炉絲和茂福电炉絲纏繞成型交貨，其規格見表 6。

5. 包裝和标志

①冷拉合金絲、热軋圓条、冷軋扁帶及热軋扁帶成盘交貨时，用麻布或玻璃布包扎，每批附有标签，其上注明：

制造厂名 _____

鋼 号 _____

規 格 _____

批 号 _____

重 量 _____

制造日期 _____

②微細合金絲以线軸包装供应。

③鋼花牌民用开启式盘形电炉絲用紙盒包装，盒內附有标签。

表 6

炉絲鋼号	标定功率 <i>W</i>	額定电压 <i>V</i>	鋼絲直径 <i>mm</i>	心棒直径 <i>mm</i>	炉絲长度 <i>mm</i>	炉絲重量 <i>g</i>
$0\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$	300	220	0.25	3.0	132	1.9
	500	220	0.35	3.0	215	4.3
	600	220	0.40	3.2	255	6.1
	800	220	0.50	3.5	350	11.2
	1000	220	0.60	3.5	470	18.4
	1200	220	0.70	4.0	535	29.0
	1500	220	0.80	4.0	615	39.0
	2000	220	0.95	4.0	759	58.0
	2000*	220	1.40	4.5	1850	275.0

注：①表中炉絲长度，为未拉开螺距时的长度，使用时节距(中心至中心)要拉开为鋼絲直径的3倍为宜。

②表中有*者为茂福炉用电炉絲。

③實驗室用其他規格的茂福电炉絲，可根据用戶提出的电压、溫度和功率等条件另行制造。

毛主席语录

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路綫，不是回避問題，而是用积极的态度去解决問題，任何人間的困难总是可以解决的。

我們是馬克思主义者，馬克思主义叫我們看問題不要从抽象的定义出发，而要从客观存在的事实出发，从分析这些事实中找出方針、政策、办法来。

(二) 电热合金的主要性能 及使用說明

一、鉄鉻鋁和鉻鎳电热合金的主要性能参考数据

(見表 7)

二、元件最高使用温度

元件最高使用温度，是指元件在干燥空气中本身的表面温度，并不是指的炉膛温度。因为电阻炉构造不同，其元件与炉膛的温度差也不同，一般要求是炉膛最高使用温度应比元件最高使用温度低 100°C 左右。

鉄鉻鋁电热合金的熔点約在 1500°C ，鉻鎳电热合金的熔点約在 1400°C （見表 7），当元件温度愈高时，則高温强度

表 7

性	鋼 能	号	$0Cr_{23}Al_5$	$Cr_{17}Al_5$	$Cr_{13}Al_4$	$Cr_{20}Ni_{80}$	$Cr_{15}Ni_{60}$
主要化学成分%	Cr		23.0~ 27.0	16.0~ 19.0	13.0~ 15.0	20.0~ 23.0	15.0~ 18.0
	Al		4.50~ 6.50	4.00~ 6.00	3.50~ 5.50	—	—
	Ni		—	—	—	75.0~ 78.0	55.0~ 61.0
	Fe		余 量	余 量	余 量	余 量	余 量
元件最高使用温度(°C)			1200	1000	850	1100	1000
20°C时电阻系数 (欧姆·毫米 ² /米)			1.45	1.30	1.26	1.11	1.10
比重(克/厘米 ³)			7.1	7.2	7.4	8.4	8.15
电阻温度系数($\times 10^{-5}/^{\circ}C$)			20~ 1200°C 3~4	20~ 1000°C 6	20~ 850°C 15	20~ 1100°C 8.5	20~ 1000°C 14
线膨胀系数($\times 10^{-6}/^{\circ}C$)			15.0	15.5	16.5	14.0	13.0
导热系数 (千卡/米·小时·°C)			14.4	14.4	14.4	14.4	10.8
比热(卡/克·°C)			0.15	0.15	0.15	0.105	0.11
熔点(°C)			1500	1500	1450	1400	1390
抗张强度*(公斤/毫米 ²)			70~80	60~80	55~75	65~80	65~80
延伸率*(%)			20~25	10~30	15~30	25~35	25~35
断面收缩率*(%)			70~75	65~75	65~75	60~70	60~75
硬度*(H _B)			200~260	200~260	200~260	130~150	130~150
组 織			铁素体	铁素体	铁素体	奥氏体	奥氏体
磁 性			有	有	有	无	弱

注：有*者皆指 $\phi 8.0mm$ 经热处理后的热轧圆条而言，一般情况下，随尺寸的减小，抗张强度有所增加，有时可增至20%多，其他与此有关的数据，也相应地减小或增加。

也愈低，特別是鉄鉻鋁电热合金元件易变形倒塌，造成短路，縮短使用寿命（見图 1）。即使是高溫强度較好的鉻鎳电热合金元件，由于过热也会产生組織結構的熔接（見图 2）。用戶如果能保證电热合金元件在不熔化、不变形、不

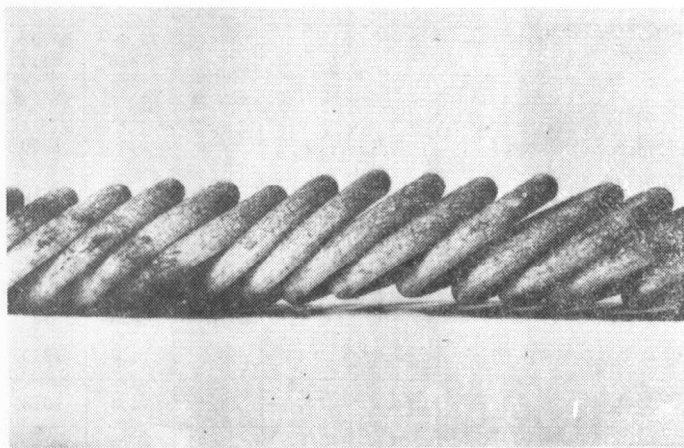


图 1 $\text{Cr}_{25}\text{Al}_5$ 元件溫度过高变形倒塌

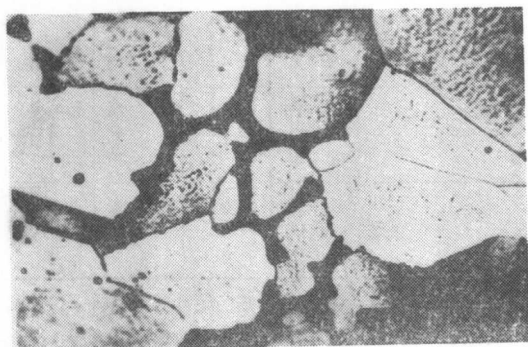


图 2 $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$ 元件过热产生組織結構的熔接 $\times 100$

倒塌，而又能满足使用要求，且有着比较满意的寿命时，元件最高使用温度是可以适当地提高的。

电热合金元件在最高使用温度下的寿命，与炉膛构造、元件形状、断面大小、表面负荷、周围介质、散热状况等都有着密切的关系，它不是一个孤立的数字，除了民用电热器具对电热合金元件有着特殊的要求外，而用于工业电阻炉的电热合金元件，一般要求元件的尺寸是：线材直径不能小于 $\phi 3.0$ 毫米，扁带厚度不能小于 $b 1.5$ 毫米。

本厂生产的铁铬铝和铬镍电热合金，如果作为电热合金元件时，在干燥空气中使用，考虑到电热合金元件有着比较长的寿命，其元件最高使用温度与元件尺寸可参考表 8。

表 8

温度 °C 线 径 mm 钢 号	$\phi 0.15 \sim 0.40$	$\phi 0.41 \sim 0.95$	$\phi 1.0 \sim 3.0$	$> \phi 3.0$ $> b 1.5$
$0Cr_{25}Al_5$	925~1000	1000~1075	1075~1150	1150~1200
$Cr_{17}Al_5$	900~925	925~950	950~975	975~1000
$Cr_{13}Al_4$	750~775	775~800	800~825	825~850
$Cr_{20}Ni_{80}$	900~950	950~1000	1000~1050	1050~1100
$Cr_{15}Ni_{60}$	900~925	925~950	950~975	975~1000

三、电阻温度系数

电阻系数不是一成不变的，在使用过程中，它是随着温度升高而变化，或增大（正值），或减小（负值），电阻系数随温度变化的这个数值叫做电阻温度系数（见表 7 和表