NGK铍铜

Copper Beryllium



NGK

恩基客(中国)投资有限公司　金属部

上海事务所

上海市红宝石路 500 号　东银中心 1903A 室　邮编: 201103　　TEL +86 (021) 3209-8870

深圳事务所

深圳市福田区中心四路1号嘉里建设广场1座3楼9号 邮编:518048　　TEL +86 (0755) 3285-7733

NGK株式会社　金属部

本社/名古屋营业所　名古屋市瑞穗区须田町 2 番 56 号　邮编:467-8530　　TEL +81 (052) 872-7826

东京营业所　东京都千代田区丸之内 2-4-1 丸之内大厦 25 层　邮编: 100-6325　　TEL +81 (03) 6213-8913

知多工厂　爱知县半田市前潟町 1 番地　邮编: 475-0825　　TEL +81 (0569) 23-5801

NGK计算助手

NGK官方微信

No.JQA-0411

RoHS Ready

我司铍铜产品(板带线棒)符合欧洲RoHS指令

代理商

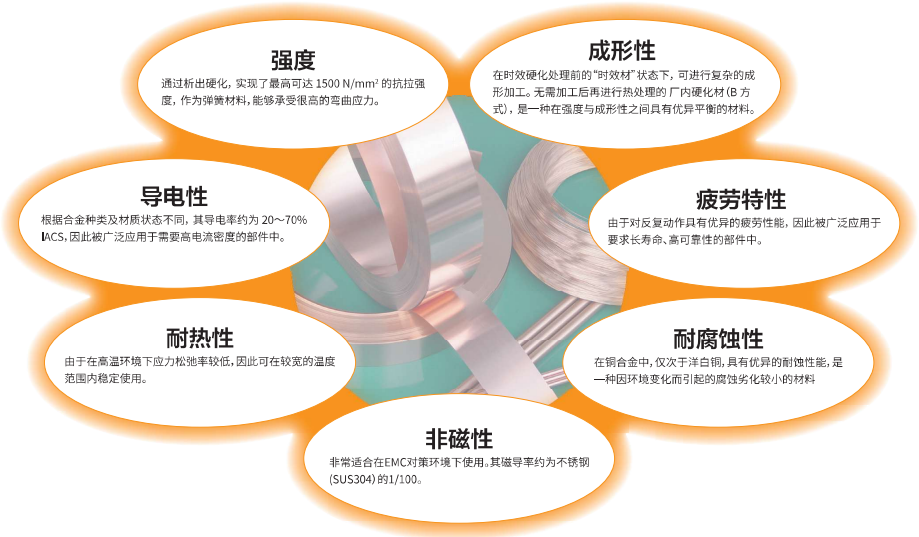
2023/11_Simplified_NGK Copper Beryllium_V13 2023 NGK All rights reserved

2212TR6Rev4

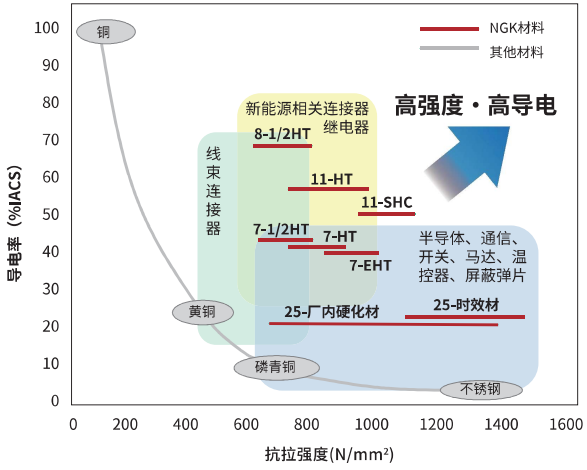
NGK

铍铜的特点

铍铜是一种同时兼具高强度、高导电性、良好成形性、优异疲劳特性、耐热性、耐腐蚀性以及非磁性的铜合金。被广泛应用于连接器、开关、继电器等多种领域。针对不同应用需求，提供多种合金种类及材质状态的选择，并可按带材、板材、棒材、线材以及锻造材等多种形态供货。



抗拉强度和导电率的关系



化学成分

合金名(NGK)	化学成分(wt%)		主要特点	形状
25 (C17200)	Be Ni+Co Ni+Co+Fe Cu+Be+Ni+Co+Fe	1.8~2.0 ⩾0.2 ⩽0.6 ⩾99.5	高强度 耐疲劳 高导电 耐磨损 非磁性	板·带 棒·线 锻造材
8·11 (C17510)	Be Ni Cu+Be+Ni	0.2~0.6 1.4~2.2 ⩾99.5	高导电 耐疲劳 免时效 非磁性	
7 (C17530)	Be Ni+Co Al Cu+Be+Ni+Co+Al	0.2~0.4 1.8~2.5 ⩽0.6 ⩾99.0		板·带

※铍铜合金的化学成分是根据NGK指定的方法，应用发光光谱分析法进行测试。且，Cu的含量为减去主要成分以及微量元素的差值。

物理特性

项目		25合金	8·11合金	7合金
溶解开始温度	℃	865	1004	1050
凝固开始温度	℃	980	1070	1081
密度	g/cm³ at 20℃	8.36	8.82	8.71
比热	J (kg·K) at 20℃	419	419	419
热膨张系数	/℃ at 20~300℃	17.8×10^{-6}	17.8×10^{-6}	17.8×10^{-6}
杨氏模量	kN/mm²	127	132	127
泊松比		0.3	0.3	0.3
透磁率	μ (μ=1+4πk)	1.000042	1.000031	1.000027

导电率与热传导率(at 20℃)

	25合金		8合金		11合金		7合金		
	时效完成材	厂内硬化材	8-1/2HT	8-HT	11-HT	11-SHC	7-1/2HT	7-HT	7-EHT
导电率 %IACS	24	21	68	64	60	51	45	42	41
热传导率 W/(m・K)	99	85	298	280	262	221	194	180	176

※物理特性，导电率与热传导率不是保证值，为我司测定的代表值

特点与用途



板·带的特征和用途例

合金名	特征	用途							参考规格				
		连接器	插座	开关	继电器	马达	温控器	EMI屏蔽弹片	ASTM	YS/T	CDA	DIN	JIS
高强度材料	25 ➡p.05,06	拥有铜合金中最高的强度，最适用于高接触可靠性要求的用途。	●	●	●	●	●	●	●	B194 C17200	TBe1.9-0.2	C17200	17666 2.1247 17670 CuBe2 1777 CuBe2	H3130 C1720
高导电材料	8·11 ➡p.07	强度高于磷青铜，而导电率则在纯铜导电率的一半以上。	●	●		●		●	●	B534 C17510	TBe0.4-1.8	C17510	17666 2.0850 17670 CuNi2Be 1777 CuNi2Be	H3130 C1751
中间材	7 ➡p.08	具有超过磷青铜的强度和加工性能，具有性价比优势。	●	●	●	●		●	●			C17530		

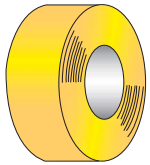
棒·线的特征和用途例

合金名	特征	用途						参考规格			
		同轴连接器	弹簧	探针	电极	光头接线	线连接器	ASTM	CDA	DIN	JIS
高强度材料	25 ➡p.09	拥有铜合金中最高的强度，最适用于高接触信赖性要求的用途。	●	●	●	●	●	●	B196 C17200 B197 C17200	C17200	17672 CuBe2	H3270 C1720
高导电材料	11 ➡p.09	强度高于磷青铜，而导电率则在纯铜导电率的一半以上。			●		●	●	B442 C17510	C17510	17672 CuNi2Be	

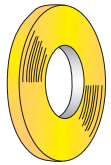
※本产品手册记载的合金名、品名及规格名称，是为了展示我司产品与各个规格的关系以方便参考，并不是表示我司的材料产品、实验方法等与各个规格一致。

产品形状

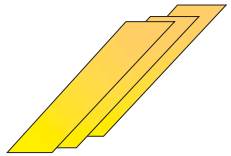
板·带的标准品形状与尺寸范围



宽带卷



纵剪带材



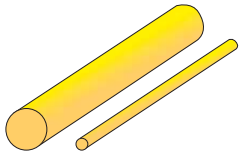
板材

带	厚　度	0.05~2.0mm
	宽　度	⩽ 200mm
板材	厚　度	0.05~1.0mm
	最　长	1200mm
	标　准	1000mm

※合金7和合金8提供标准厚度规格。
※如有特殊需求请与我们联系。



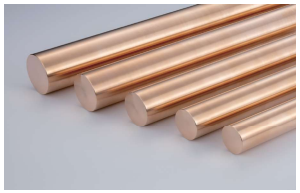
棒材的标准品形状与尺寸范围



圆棒

直径	ϕ1~ ϕ120mm

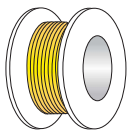
*如有特殊需求请与我们联系。



线材的标准品形状与尺寸范围

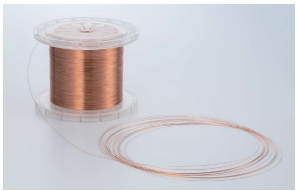


线圈



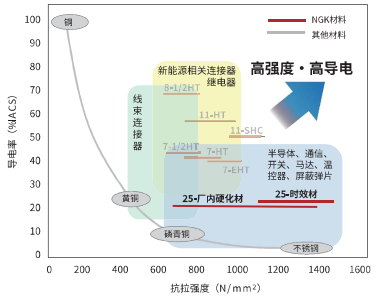
线轴

线圈	ϕ 0.2~ϕ 7.0mm
线轴	ϕ 0.05~ϕ 0.15mm



高强度材料的特性

25合金 (C17200)



板·带材的特性

合金名		规格	牌号[6]	抗拉测试[1] 抗拉强度 (N/mm²)	抗拉测试 0.2%屈服强度 (N/mm²)	抗拉测试 延伸率 (%)	硬度测试 维氏硬度 HV(0.5以上)	导电率[2] (%IACS)	热处理条件[7]
25	时效材[5]	O	C1720P/R-O	410~540	—	≥30	90~160	—	热处理前
		OT	C1720P/R-OT	1100~1380[3]	≥960	≥3	350~400	≥22	315℃×180分
		1/4H	C1720P/R-1/4H	510~620	—	≥10	145~220	—	热处理前
		1/4HT	C1720P/R-1/4HT	1180~1400[3]	≥1030	≥2	360~430	≥22	315℃×150分
		1/2H	C1720P/R-1/2H	590~695	—	≥5	180~240	—	热处理前
		1/2HT	C1720P/R-1/2HT	1240~1440[3]	≥1100	≥2	370~440	≥22	315℃×120分
		H	C1720P/R-H	685~835	—	≥2	210~270	—	热处理前
		HT	C1720P/R-HT	1270~1480[3]	≥1140	≥1	380~450	≥22	315℃×120分
	厂内硬化材（标准）[5]	1/4HM[8]	C1720P/R-1/4HM	735~930[4]	≥550	≥10	235~285	≥17	—
		1/2HM[8]	C1720P/R-1/2HM	815~1010[4]	≥650	≥8	260~310	≥17	—
		HM	C1720P/R-HM	910~1110[4]	≥750	≥6	295~345	≥17	—
		XHM	C1720P/R-XHM	1100~1290[4]	≥930	≥2	340~390	≥17	—
		XHMS	C1720P/R-XHMS	1210~1400[4]	≥1030	≥2	360~410	≥17	—
	厂内硬化材 B方式 (成形性好)[5]	1/4HMB[8]	C1720P/R-1/4HMB	760~860[4]	550~760	≥15	215~280	≥16	—
		1/2HMB[8]	C1720P/R-1/2HMB	830~930[4]	660~860	≥12	255~310	≥16	—
		HMB	C1720P/R-HMB	930~1030[4]	760~930	≥9	280~340	≥17	—
		XHMB	C1720P/R-XHMB	1070~1210[4]	930~1170	≥4	330~390	≥17	—

1)屈服强度、延伸率适用于厚度0.1mm以上。2) 导电率仅作设计上参考。3)时效硬化处理后的抗拉强度的上限,只作为设计上的参考值。
4)厂内硬化材的抗拉强度上限,只作为设计上的参考值。5)关于成形性参照P12。6)表中P是板,R是带材。
7)热处理温度的公差为±5℃,热处理时间的公差为±10分。8)因为是特殊品,需要此产品请与NGK商议。

板·带材的尺寸公差

厚度公差（板・带材） 单位 :mm

厚度	公差
0.05～0.08	±0.004
＞0.08～0.10	±0.005
＞0.10～0.15	±0.006
＞0.15～0.20	±0.008
＞0.20～0.25	±0.010
＞0.25～0.40	±0.015
＞0.40～0.55	±0.020
＞0.55～0.70	±0.025
＞0.70～0.90	±0.030
＞0.90～1.20	±0.035
＞1.20～1.50	±0.045
＞1.50～2.00	±0.050

宽度公差 单位 :mm

形状/厚度/宽度	公差 板	公差 带	
	≤200	≤100	＞100~200
0.05~0.55	+2 -0	±0.1	±0.2
＞0.55~2	+2 -0	±0.2	±0.3

注）如公差要求为单正或单负值就是以上表中各值的2倍为标准。

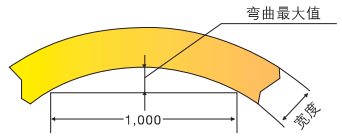
长度公差（板材） 单位 :mm

厚度/长度	公差 ≤1200
0.05~0.55	+8 -0
＞0.55~2	+10 -0

带材最大侧边弯曲度 单位 :mm

宽度	最大值 (任意的长度1000mm)
4~13	4
＞13~50	3
＞50~100	2
＞100~200	1

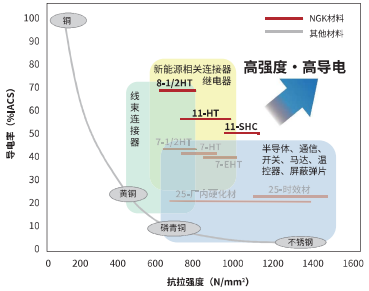
侧边弯曲度



P12 成形性 P13 耐热性 P14 疲劳特性

高导电率材料的特性

8・11合金 (C17510)



板・带材的特性

合金名	规 格	牌 号[4]	抗拉测试[1]			硬度测试	导电率[2] (%IACS)
			抗拉强度 (N/mm²)	屈服强度 (N/mm²)	延伸率 (%)	维氏硬度 HV(0.5以上)	
8	1/2HT	$BeCu_R^P$08-1/2HT	650~800[3]	≥550	≥10	180~230	≥60
11	HT	$BeCu_R^P$11-HT	760~965[3]	≥655	≥5	230~280	≥50
	SHC	$BeCu_R^P$11-SHC	930~1070[3]	≥850	≥5	280~330	≥45

1)屈服强度、延伸率适用于厚度0.1mm以上。2) 导电率仅作设计上参考。3) 抗拉强度的上限，只作为设计上的参考值。4) 表中P是板，R是带材。

板・带材的尺寸公差

板・带材厚度公差　　单位 :mm

厚度	公差
0.06~0.08	±0.005
>0.08~0.10	±0.006
>0.10~0.15	±0.008
>0.15~0.20	±0.009
>0.20~0.25	±0.010
>0.25~0.40	±0.015
>0.40~0.55	±0.020
>0.55~0.70	±0.025
>0.70~0.90	±0.030
>0.90~1.20	±0.040

注) 下限板厚 8-1/2HT:0.1mm、11HT:0.08mm

宽度公差　　单位 :mm

厚度＼形状・宽度	公差		
	板	带	
	≤200	≤100	>100~200
0.06~0.55	+2 -0	±0.1	±0.2
>0.55~2	+2 -0	±0.2	±0.3

注) 下限板厚 8-1/2HT:0.1mm、11HT:0.08mm

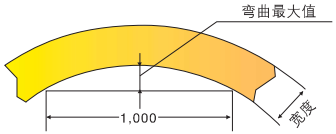
长度公差(板材)　　单位 :mm

厚度＼长度	公差
	≤1200
0.06~2	+10 -0

注) 下限板厚 8-1/2HT:0.1mm、11HT:0.08mm

带材最大侧边弯曲度　　单位 :mm

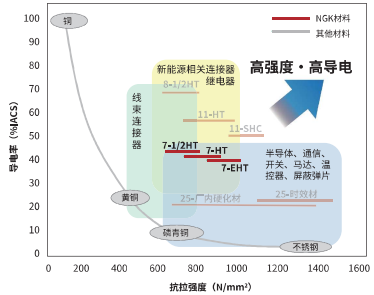
宽度	最大值 (任意的长度1000mm)
4~13	4
>13~50	3
>50~100	2
>100~200	1



P12 成形性　P13 耐热性　P14 疲劳特性

中间材料的特性

7合金 (C17530)



板・带材的特性

合金名	规 格	牌 号[4]	抗拉测试[1]			硬度测试	导电率[2] (%IACS)
			抗拉强度 (N/mm²)	屈服强度 (N/mm²)	延伸率 (%)	维氏硬度 HV(0.5以上)	
7	1/2HT	$BeCu_R^P$07-1/2HT	670~800[3]	550~760	≥10	195~250	≥38
	HT	$BeCu_R^P$07-HT	765~900[3]	685~835	≥8	220~275	≥33
	EHT	$BeCu_R^P$07-EHT	870~1000[3]	750~930	≥4	250~310	≥30

1)屈服强度、延伸率适用于厚度0.1mm以上。2) 导电率仅作设计上参考。3) 抗拉强度的上限，只作为设计上的参考值。4) 表中P是板，R是带材。

板・带材的尺寸公差

7合金板・带材厚度公差
*设定7合金为标准厚度　　单位 :mm

厚度	公差
0.08	±0.006
0.10	±0.006
0.12	±0.006
0.15	±0.008
0.18	±0.010
0.20	±0.010
0.25	±0.010
0.30	±0.015
0.35	±0.015
0.40	±0.015

宽度公差　　单位 :mm

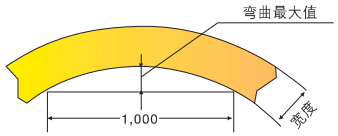
厚度＼形状・宽度	公差		
	板	带	
	≤200	≤100	>100~200
0.08~0.4	+2 -0	±0.1	±0.2

长度公差(板材)　　单位 :mm

厚度＼长度	公差
	≤1200
0.08~0.4	+10 -0

带材最大侧边弯曲度　　单位 :mm

宽度	最大值 (任意的长度1000mm)
4~13	4
>13~50	3
>50~100	2
>100~200	1



P12 成形性　P13 耐热性　P14 疲劳特性

棒・线材的特性

25合金(C17200) & 11合金(C17510)

棒材的特性

合金名	规 格	牌号 1)	直径 (mm)	抗拉强度 3) (N/mm²)	洛氏硬度 4)		导电率 2) (%IACS)
					HRB	HRC	
25	A(O)	C1720B-A	1~13 >13~120	410~590 —	— 45~85	— —	≥17 ≥17
	AT(OT)	C1720B-AT	1~13 >13~120	1100~1380 —	— —	— 36~42	≥22 ≥22
	H	C1720B-H	1~6 >6~13.3	645~900 —	— 88~103	— —	≥15 ≥15
	HT	C1720B-HT	1~6 >6~13.3	1270~1650 —	— —	— 37~45	≥22 ≥22
11	AT(OT)	BeCuB11-AT	13.3~120	—	92~105	—	≥45
	HT	BeCuB11-HT	1~6 >6~13.3	760~965 —	— 92~105	— —	≥50

1)B:棒。 2)导电率仅供设计上参考。3) 4) 适用硬度的情况下则抗拉强度不适用。注:购入A材、H材后需要进行热处理的情况请与NGK商议。

线材的特性

合金名	规 格	牌号 1)	直径 (mm)	抗拉强度 (N/mm²)	导电率 2) (%IACS)	热处理条件
25	3/4H	C1720W-3/4H	0.1~7	835~1070	—	—
	3/4HT	C1720W-3/4HT	—	1300~1590	≥22	315°×120分
	EH	C1720W-EH	0.05~0.4	≥1200	—	—
	EHT	C1720W-EHT	—	≥1500	≥22	260°×60分

1)W:线。 2)导电率仅供设计上参考。

棒・线材的尺寸公差

单位 :mm

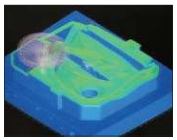
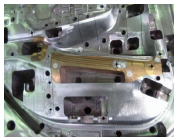
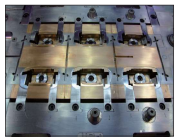
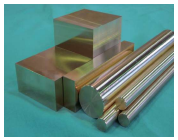
棒				线	
25A,H、11AT,HT		25AT、HT		25	
直径 (mm)	公差	直径 (mm)	公差	直径 (mm)	公差
1.0~5	±0.01	1.0~5	±0.01	0.05~<0.10	±0.003
>5~13.3	±0.02	>5~13.3	±0.02	0.10~0.25	±0.005
>13.3~20	±0.08	>13.3~20	±0.12	>0.25~0.3	±0.008
>20~35	±0.10	>20~35	±0.20	>0.3~0.5	±0.010
25合金:>35~55 11合金:>35~50	±0.12	>35~55	±0.25	>0.5~1	±0.015
		25合金:>55~120 (25合金H材:<94)	+1/−0	>1~2	±0.020
25合金:>55~120 (25合金H材:<94) 11合金:>50~120	+1/−0			>2~5	±0.025
				>5~7	±0.030

注)如公差要求为单正或单负值就是以上表中各值的2倍为标准。

锻造材

ULTRA & PLUS

用途


化学成分

商品名	UNS No.	化学成分(wt%)	
ULTRA	C17200	Be	1.80~2.00
		Ni+Co	≥ 0.20
		Ni+Co+Fe	≤ 0.60
		Cu	剩余
PLUS	C17510	Be	0.20~0.60
		Ni	1.40~2.20
		Cu	剩余

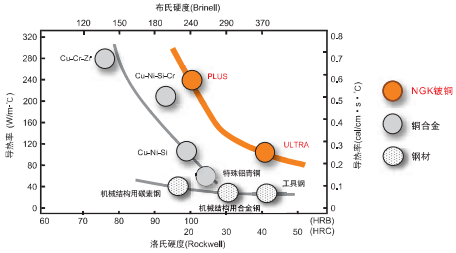
※铍铜合金的化学成分是根据NGK指定的方法,应用发光光谱分析法进行测试。且,Cu的含量为减去主要成分以及微量元素的差值。

物理及机械特性

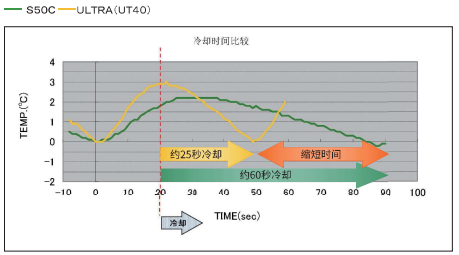
商品名	物理特性 ※物理特性,不是保证值,为我司测定的代表值。				机械特性 ※机械特性,硬度为保证值,抗拉强度及延伸率为我司测定的代表值。		
	导热率 (W/m°C)	热膨胀系数 (/°C)	密度g/cm³ at 20°C	弹性系数 (kN/mm²)	硬度 (Rockwell)	抗拉强度 (N/mm²)	延伸率 (%)
ULTRA	105	17.8×10⁻⁶	8.26	127	C36~42	1200	7
PLUS	245	17.6×10⁻⁶	8.75	132	B95~102	800	20

优点

模具素材导热率及硬度



缩短生产周期例



弹性及小型化

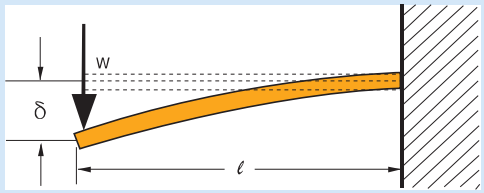
铍铜具有高强度和适度的弹性模量，可以说是一种作为弹簧材料极其优异的材料。

通常所说的弹性模量，多指纵向弹性模量，又称为杨氏模量E。该数值可通过拉伸试验，由应变与应力之间的斜率求得。此外，对于薄板弹簧，也可以采用直接测定弹性模量的方法。

图1给出了悬臂梁的表面应力与载荷之间的计算公式。在设计连接器、开关等弹簧用可动片时，弹性模量是一项十分重要的材料常数。一般而言，若该数值过大，则即使是微小的接点位移，也会导致接触压力发生过大的变化；相反，若该值过小，则无法获得足够的接触压力。

与不锈钢、磷青铜相比，铍铜的 YS / E (0.2%耐力 / 杨氏模量) 值更大，因此能够获得更大的位移量，并实现更高的接触压力

正因如此，如果能够充分发挥铍铜的这些特性，在制造具有相同弹簧压力的部件时，相比采用磷青铜，可以将零件设计得更加小型化。由此，可将可动片周边的模塑件、端子等结构进一步缩小，从而实现整个部件的成本降低。



t ：厚度 (mm)

b ：宽度 (mm)

ℓ ：长度 (mm)

E ：杨氏系数 (N/mm²)

δ ：变位量 (mm)

σ ：表面应力 N/mm²

$$\sigma = \frac{3\delta Et}{2\ell^2}$$

W = 弹片负荷 N

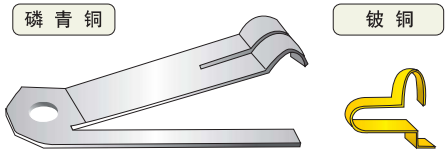
$$W = \frac{\delta Ebt^3}{4\ell^3}$$

图1　悬臂系统中的表面应力及弹片负荷

＊方便计算请使用【NGK计算助手】(见封底)

由于铍铜能够获得高达 1500 N/mm² 的强度，因此即使在相同的连接器结构设计下，只要采用铍铜材料，即可在不降低产品品质的前提下缩小端子间距，实现更高密度的设计，其结果是单个Pin的成本可低于磷青铜。

例如，如图 2所示，在电池端子等部位使用铍铜材料，可以实现小型化、轻量化的设计。由此可减少材料用量及电镀成本等，从整体成本进行比较时，相比采用磷青铜的方案，总成本更低。



使用材料	磷青铜 C5210-EH	铍铜 C1720R-HMB
使用重量(g)	1.14	0.14
重量比	1	0.12

图2　电池端子的微型、轻量化设计

成形性

铍铜的时效材产品种类齐全，从可进行深拉伸、杯形成形、拉伸成形的 O 材，到经过冷加工处理、兼具一定成形性的 H 材，均可提供。但需要注意的是，随着材质等级的提高，会逐渐出现一定程度的各向异性。在产品设计中，为了同时满足零部件性能与经济性要求，选择在可成形前提下尽可能高材质等级的材料尤为重要。

厂内硬化材由于已施加适度的时效硬化处理，因此在材料选定时，需要综合考虑强度与成形性的平衡。尤其在成形条件较为严苛的情况下，B 方式更为适合。

弯曲加工的成形性可用弯曲系数 R/t (弯曲内侧半径 R 与板厚 t 的比值) 来表示 (见图 3)。在 90° 弯曲时，通过将冲头压入 90° V 形模具进行弯折，以弯曲部外侧表面不产生裂纹或严重表面粗糙为前提，所能实现的最小 R/t 值即作为该材料的弯曲成形性指标。

NGK 铍铜系列材料的弯曲系数列于表 1～表 3中。弯曲系数会随板厚不同而变化，通常板厚越薄，R/t 越小。作为示例，文中给出了板厚 0.15 mm 时 R/t 的代表值。

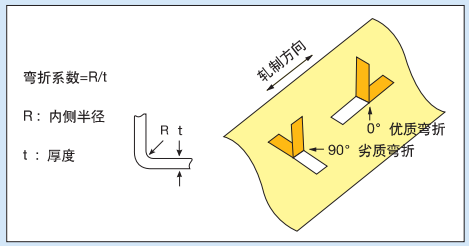


图3　弯折系数R/t

抗拉强度与成形性的关系 (板厚：0.15mm)

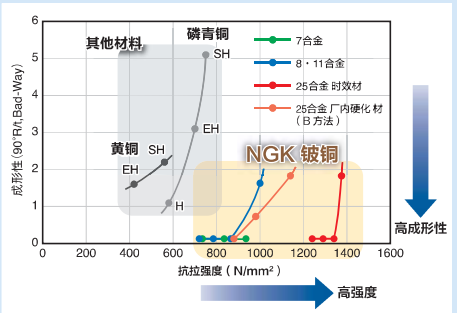


表1　高强度材料弯折系数 (90° 弯折)

合 金	材 料	硬 度	安全弯折系数		厚度0.15mm (参考值)	
			与轧制方向间的角度		与轧制方向间的角度	
			0°	90°	0°	90°
25	时效材	O	0.0	0.0	0.0	0.0
		1/4H	1.0	2.0	0.0	0.0
		1/2H	2.0	3.0	0.0	0.0
		H	2.0	6.0	0.0	1.7
	硬化材料	1/4HM	1.0	3.0	0.3	1.0
		1/2HM	2.0	4.0	0.6	2.7
		HM	3.0	6.0	1.0	4.0
		XHM	4.0	—	3.0	—
		XHMS	6.0	—	4.0	—
	硬化材料 B方式	1/4HMB	1.0	1.0	0.0	0.0
		1/2HMB	1.3	1.3	0.0	0.0
		HMB	2.5	2.5	0.6	0.6
		XHMB	3.4	3.8	1.7	1.7

表2　高导电材料弯折系数 (90° 弯折)

合 金	硬 度	安全弯折系数		厚度0.15mm (参考值)	
		与轧制方向间的角度		与轧制方向间的角度	
		0°	90°	0°	90°
8	1/2HT	0.5	0.5	0.0	0.0
11	HT	2.0	2.0	0.0	0.0
	SHC	3.5	3.5	1.5	1.5

表3　中间材料弯折系数 (90° 弯折)

合 金	硬 度	安全弯折系数		厚度0.15mm (参考值)	
		与轧制方向间的角度		与轧制方向间的角度	
		0°	90°	0°	90°
7	1/2HT	0.0	0.0	0.0	0.0
	HT	1.5	1.5	0.0	0.0
	EHT	2.0	1.5	0.3	0.0

抗热性

铍铜作为高强度、高导电性的弹簧材料，被广泛应用于连接器、开关、继电器等电子部件中。这些部件在恒定载荷或变动载荷作用下，均要求在长期使用过程中持续保持稳定的接触压力。另一方面，这些电子部件所使用的弹簧材料，往往会受到使用环境温度或通电所产生的发热影响，在此情况下，可能会因应力松弛现象而导致接触压力下降。

图4示出了铍铜与磷青铜的应力松弛特性对比。应力松弛特性的测定方法如下：将试样以悬臂梁方式固定，在一端施加规定的位移，并在设定的温度和时间条件下保持，随后释放位移，测量材料的永久变形量，并将其换算为应力松弛率进行表示。从结果可以看出，NGK 铍铜系列材料相比磷青铜，其应力松弛现象明显更小，显示出优异的耐热性能。

应力松弛试验本质上属于一种蠕变试验。然而，由于进行长时间试验在实际情况中并不现实，通常采用短时间试验结果来推算长期特性。其中，Larson–Miller 法因具有较高的精度而被广泛采用。

Larson–Miller 经验公式如式（1）所示：

$$\left(\frac{9}{5}T+492\right)(20+\log t)\times 10^{-3}=P\cdots\cdots(1)$$

T：温度（℃）　t：保持时间 (h)

图5示出了铍铜的应力松弛率与Larson–Miller 参数P之间的关系。通过该曲线，可以首先求得在指定残余应力条件下对应的 P 值，再根据该 P 值，自由推算出在设计所需的温度与时间组合条件下的应力松弛率。

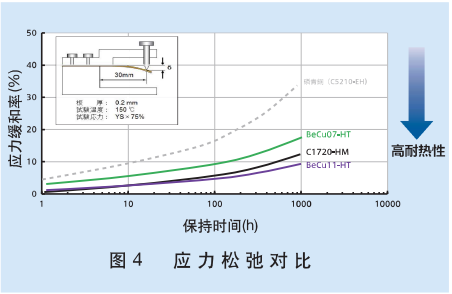


图 4　应 力 松 弛 对 比

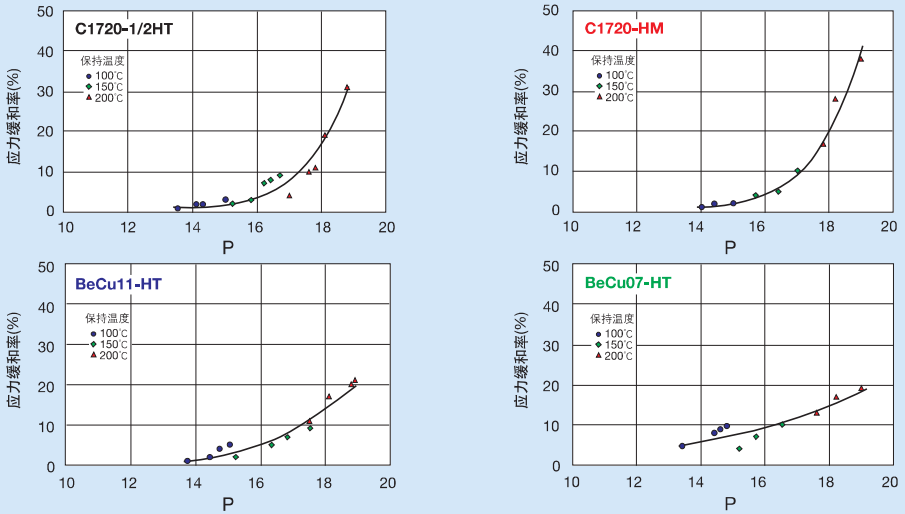


图 5　应 力 缓 和 率 与 拉 森 - 米 勒 参 数 P 的 关 系

＊方便计算请使用【NGK计算助手】(见封底)

疲劳特性

疲劳特性是保证需要反复动作的微动开关及继电器可动片可靠性的一项重要性能指标。图6示出了各种铜合金的疲劳特性对比。

铍铜 25 合金在铜合金中具有最高的疲劳强度，其疲劳寿命是弹簧用磷青铜的 8 倍以上。此外，铍铜 11 合金、7 合金的疲劳寿命与弹簧用磷青铜相比，表现出基本相当的水平。

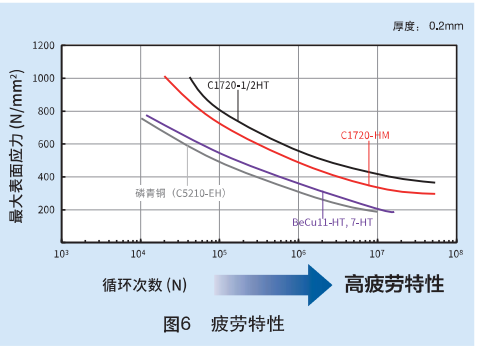


图6　疲劳特性

导电性和散热特性

在汽车用高电压连接器、开关、继电器，以及控制设备用继电器的可动片中，通常会有 20～30 A 的大电流通过。由于铍铜具有良好的电导性，即使在如此大的电流通过时，也能够将由于弹簧材料自身固有电阻所引起的自发热控制在较低水平。

图7示出了各种弹簧材料在通电情况下的温度上升情况。该图所示数据为：在尺寸为 t 0.2 × w 10 × ℓ 75 mm 的试样中，通以 20 A 电流时，材料自身的温度上升程度。在通电 500 s 后进行对比可以看到：

- 铍铜 25 合金的温度约为 80～90 ℃
- 铍铜 7 合金约为 70 ℃
- 铍铜 11 合金约为 60 ℃

而磷青铜的温度则升高至约 120 ℃的高温。

这种由材料自身固有电阻引起的发热，可能会诱发前述的应力松弛现象。因此，对于承受大电流负载的开关、继电器等部件，有必要选用电导率较高的弹簧材料。

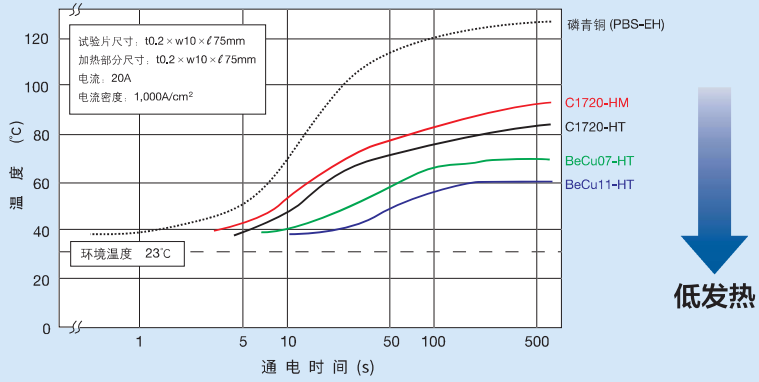


图7　铍铜及磷青铜温度上升对比

抗腐蚀性

铜及铜合金以其良好的耐蚀性而广为人知。铍铜在铜合金中从综合性能来看具有优异的耐蚀性，并且对于黄铜、洋白而言具有致命影响的应力腐蚀开裂，铍铜被认为敏感性较低。在海水环境中，铍铜的耐蚀性与铝青铜、白铜等材料相当或更优，因此在同时要求耐蚀性与高强度的应用领域中，具有压倒性的优势。此外，铍铜在时效硬化处理过程中，其表面会形成致密的氧化保护皮膜，该氧化膜起到保护层作用，因此在高温条件下的耐氧化性能也十分出色。

图8示出了各种铜合金的耐蚀性（盐雾试验）对比结果。由图可知，铍铜 25 合金相比磷青铜、钛铜，其耐蚀性能高出 2 倍以上。

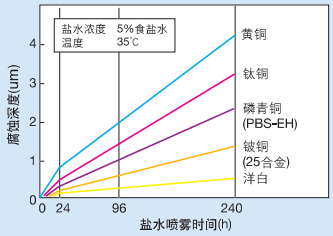


图8　各种铜合金的抗腐蚀性 (盐雾测试)

时效硬化处理条件与热处理炉

铍铜在采用标准时效处理条件以及非标准时效硬化处理条件时，其机械性能的变化会因冷加工率的不同而有所差异。这种性能变化关系被称为时效硬化曲线，相关曲线示于图 9、图 10。

● 热处理条件

铍铜 25 合金时效材的标准热处理条件为315°C × 2～3 小时，该时间应从材料本体温度真正达到 315°C 后开始计时。需要特别注意的是：当炉内容量较大、装炉量较多，或装入质量较大的工件时，应在工件本体上安装热电偶，确认工件温度达到设定值后，是否持续保持 2～3 小时。

此外，在标准处理条件下，升温与降温过程对材料性能影响较小；但在短时间处理或高温时效处理的情况下，升降温过程会对性能产生影响，因此需要充分进行确认和控制。

● 热处理环境

在对铍铜进行时效硬化处理时，通常采用氮气或惰性气体氩气作为炉内气氛。虽然在大气气氛中处理成本最低，但会生成黑色氧化皮膜，因此在对外观要求较高的电子部件中并不常采用。另外，为了确保炉内温度分布的均匀性，建议使用具有搅拌 / 循环功能的热处理炉。

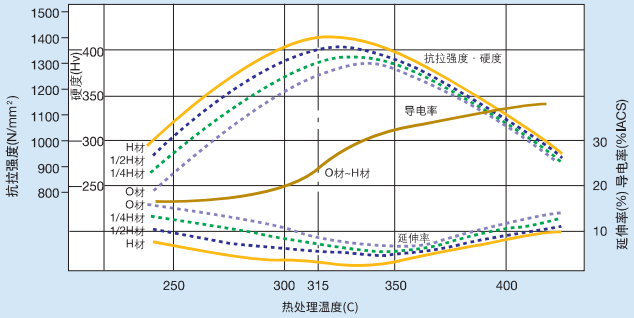


图9 合金25的时效特性(恒温保持2小时)

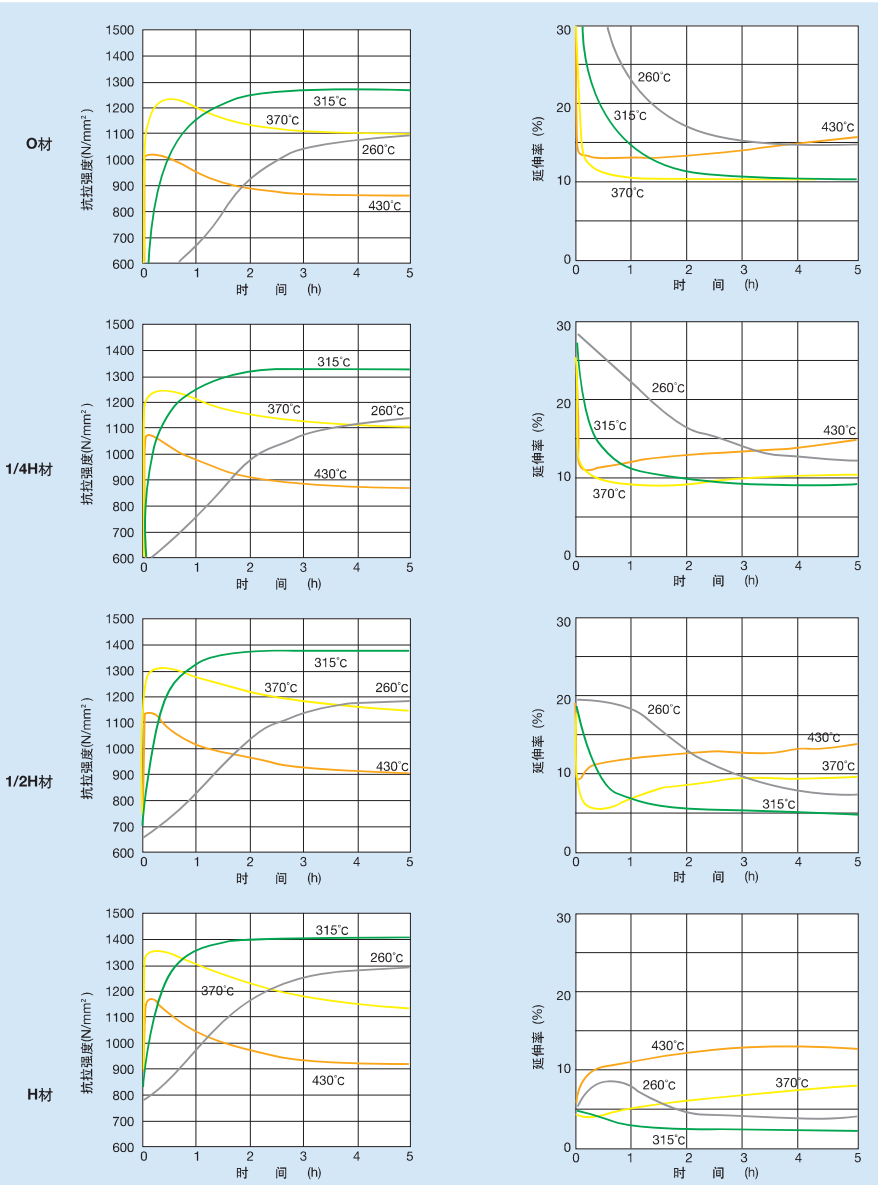


图10　合金25的各类别时效硬化曲线

热收缩(25合金)

铍铜 25 合金时效材在进行时效硬化处理后，其强度会显著提高。在该时效硬化过程中，原本以过饱和固溶状态存在于铜基体中的铍原子发生析出，从而在材料长度方向产生约 0.15% 的收缩。因此，对冲压零件进行时效硬化处理时，有时会出现轻微变形(翘曲)。变形程度会因时效硬化处理温度及冷加工率的不同而有所差异。为了尽量减小变形，以下对策是有效的：

① 在成形性允许的范围内，尽可能选择更高的材质等级(例如：相比 1/4H 选用 1/2H，相比 1/2H 选用 H)。

② 在进行时效硬化处理时，将工件夹持在治具中，或对于形状复杂的零件，可埋入铜粉中并施加压力后进行处理。

③ 虽然最终可达到的强度会略有降低，但可降低时效硬化处理温度(例如由 315℃ 降低至 280℃)。

④ 选用热处理变形改善材※。

※ 热处理变形改善材属于特殊规格材料，如有需求请另行咨询。

⑤ 若结构允许成形加工，可采用厂内硬化材进行冲压成形，随后再追加标准时效硬化处理。

表面处理

● 酸洗

铍铜在进行热处理时，容易在表面生成氧化皮膜。因此，在需要进行电镀、焊锡等后续工序时，有必要去除该氧化皮膜。其代表性处理方法如下：

当零件为散件状态时，可将其浸入约 20 vol% 的稀硫酸中，并加热至 50～90 ℃。数分钟后，氧化皮膜即可剥离。若时间较为充裕，也可在室温下浸泡，于次日取出亦无问题。但需注意的是，被油污烧结的氧化皮膜无法通过酸洗去除，因此在时效硬化处理前必须充分进行脱脂处理。

● 脱脂

附着在铍铜表面的油脂类物质，不仅会导致表面变色，还会对热处理、电镀、焊锡、连接等工序产生不良影响。在使用冲压油的情况下，必须在冲压后进行充分的脱脂处理。特别是含氯、含硫成分较高的油品，应在充分评估脱脂方法后再行使用，或尽量避免使用更为稳妥。

● 防锈处理

用于防止铜合金在大气中发生变色的防锈剂中，**苯并三唑(Benzotriazole，$C_6H_4N_2 \cdot NH$)**被广泛采用。其原理是：在铜合金表面形成苯并三唑亚铜络合物($(C_6H_4N_2)_2Cu$)，该化合物不溶于水及其他溶剂，从而起到防护作用。即使在后续进行电镀处理时，该防锈处理也不会对常规前处理工序产生不良影响；此外，由于其在 100 ℃以上会升华消失，因此不会对时效硬化处理造成不良影响。

保管方法

在伸铜制品的保管过程中，需要注意的是：必须将其与雨、雾、雪、冰、灰尘等自然环境因素隔离，并置于不会产生结露的干燥环境中，同时还应防止受到腐蚀性气体等污染物的影响。导致伸铜制品发生变色的条件主要包括：

·温度较高
·湿度较高
·存在腐蚀介质

这些因素可能单独作用，也可能相互叠加共同作用，从而引起变色。

因此，作为伸铜制品的推荐保存条件，应在常温、常湿度环境下进行保管，即 30℃、60%RH 以下为宜；务必避免置于高温高湿环境，例如 40℃、80%RH 以上的条件。
(RH = Relative Humidity，相对湿度)

以下为日本国内的保管条件示例：
温度管理：空调设备设定值
夏季：27℃ / 冬季：18℃
湿度管理：除湿机设定值
夏季：30% / 冬季：50%

环境关连

【法律规定】

● 化学物质限制

截至目前(2022 年 3 月)，尚不存在对铍铜的使用施加限制的相关法律法规。
目前已实施的化学物质相关法规包括：
·欧盟 RoHS 指令(2011 年 7 月 1 日施行)
·ELV 指令(2000 年 10 月 21 日施行)
·化审法※(1974 年施行)
·中国 RoHS(2016 年 7 月 1 日施行)
但上述法规均未对铍铜的使用设定限制。此外，本公司生产的铍铜完全符合上述所有法规要求。
如因合规审查需要提供
受管制物质的分析结果(ICP 数据)作为证明资料，我司可予以提供，敬请提出需求。
※「化学物质的审查及制造等规制相关法律」

● 特定化学物质障害预防规定

铍铜展伸材不属于本法规的管制对象。
《特定化学物质危害预防规则》是一项以防止化学物质对人体健康造成危害为目的的法规。
该法规的适用对象包括：
·纯铍
·铍化合物
·含铍量超过 3% 的合金
本资料中所介绍的铍铜，为最大铍含量不超过 2% 的铜合金，因此不属于该法规的管制范围。

● 化管法

在进行一般的冲压下料、弯曲加工等工序时，不适用于本法规的申报要求。根据《化管法※》，铍含量达到 0.1% 以上的物质被指定为“第一类特定指定化学物质”，铍铜亦属于该范畴。
当同时满足以下 ①～④ 所有条件时，需按事业所单位，向地方政府申报该物质的年度排放量及转移量等信息：
条件：
① 适用行业：几乎所有制造业
② 从业人员数量：21 人以上
③ 产品条件：
在铍铜加工过程中，材料转变为液体、气体或粉末、颗粒状态
④ 年使用量：以铍元素计 500 kg 以上
例如：若使用 铍铜 25 合金(铍含量：1.85%)，则对应的基准使用量约为 27 吨。但由于铍铜展伸材的主要加工方式为冲压、弯曲等固态加工，加工过程中始终保持固体状态，因此不符合条件③“产品条件”，无需进行申报。
注)※「关于特定化学物质向环境排放量的把握及促进管理改进的法律」

● 对人体健康的影响

铍铜在固体状态下性质稳定，在正常使用情况下，尚无对人体健康产生影响的实际案例。
本产品以常规条材形式销售，在后续进行冲压、热处理、电镀等加工工序时，在该使用范围内，可与其他铜合金同等对待，不存在任何特殊问题。

● 对环境的影响

NGK 株式会社设立了专门的应对部门，积极开展与铍铜回收利用及使用、处理过程中潜在问题相关的管理与改善工作。如有关于：
·冲压边角料等的处理与回收
·环境负荷相关问题
·产品使用或处理方面的疑问
欢迎随时与我司联系咨询。

详细的询问部门
Tel. 上海分公司　金属部营业部　+86-21-3209-8870
Tel. 金属事业部　环境保全推进室　+81-569-23-5810
(www.ngk-metal.com)

※技术资料的内容并非保证值，仅作为设计上的参考值。在产品设计中，如有需要更详细的数据或者铍铜材料的建议，请随时联系NGK各事务所。