

## 毛主席语录

大学还是要办的，我这里主要说的是理工科大学还要办，但学制要缩短，教育要革命，要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生，到学校学几年以后，又回到生产实践中去。

转引自一九六八年七月二十二日《人民日报》编者按



## 工农兵学员科学研究总结报告选登

### 编者按

这里挑选了一批北京大学物理系一九七〇届工农兵学员毕业前科学研究训练的成果。

毛主席光辉的“七·二一”指示的道路要不要坚持？工农兵能不能上大学？围绕着这个问题几年来一直进行着两个阶级、两条路线、两种思想的激烈斗争。毛主席的“七·二一”指示体现了亿万工农兵群众的心愿。自从一九七〇年首批工农兵学员入学以来，三年的实践证明，工农兵学员不仅有较高的阶级斗争和路线斗争的觉悟，在业务上也是大有希望的。从这批科研训练成果来看，这些课题都紧密联系我国生产和科研的实际，不少成果达到或接近了国内先进指标，已为有关生产、科研单位采纳使用。工农兵上大学是具有无限生命力的新生事物。可以预见，他们毕业后回到实践中去，必将为我国社会主义革命和社会主义建设作出更大的贡献。一代新型的无产阶级知识分子正在茁壮成长！

## Fe-Ni-Co基的矩磁合金材料的试制

工农兵学员 宋书玉 刘玉琴

(北京大学物理系磁学专业)

### 一、引言

遵照伟大领袖毛主席的“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的教导，我们到北京冶金试验厂进行科研训练，在工厂领导及同志们热情帮助下，和工人师傅、技术人员一起研究试制了

Fe-Ni-Co基的矩磁合金。

在电子设备、计算机技术和控制系统中广泛地应用具有矩形磁滞回线的软磁材料，它们起着选择、控制、放大、开关及记忆等作用。

目前，由于大面积集成电路、固体电路的飞速发展，要求磁性元件必须大大小型化。因此，就有必要研制一种比目前所用合金更为优越的新矩磁合金。

我们在工厂原有工作的基础上<sup>[1]</sup>,继续研制高导磁率、高矩形比和低损耗的矩磁合金,找出影响磁性能的因素及工艺条件。

## 二、成份的选择

为了在磁场处理后在合金中获得良好的矩形磁滞迴线,合金的磁晶各向异性常数  $K_1$  和磁致伸缩系数  $\lambda$  应趋近于零,而磁场感生各向异性  $K_u$  要远大于  $K_1$ ,即

$K_u \gg K_1$ ,这是获得矩形迴线的必要条件。

要保证合金具有良好的动态性能,合金的电阻率  $\rho$  要大。提高  $\rho$  的方法,是选择高  $\rho$  的合金成份及加入少量合金元素(如 Mo 等)来实现。

同时要选择合适的合金成份使合金的饱和磁感应强度  $B_s$  和居里温度  $T_\theta$  都比较高,使合金的居里温度  $T_\theta$  高于磁场热处理时原子能进行扩散的温度。 $T_\theta$  较高的合金,其温度稳定性也比较好。

根据性能要求,选择了如表 1 所示的五炉成份。

表 1 各炉号合金的成份和电阻率

炉号	化 学 成 份									$\rho$ ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )	备 注
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Co	Mo	Fe		
100	0.01	<0.1	0.21	0.007	0.003	40.38	25.70	5.04	余量	~65—70	
101	”	”	0.24	”	”	40.35	26.31	5.30	”	”	
102	”	”	0.22	”	”	40.36	26.51	6.10	”	”	
104	”	”	0.79	”	”	39.79	26.27	6.25	”	”	
19	”	<0.05	0.16	0.08	”	40.15	25.51	4.70	”	”	

## 三、加工工艺及试验方法

这项工作和文献[1]中采用的设备、仪器、方法相同。

## 四、试验结果及讨论

### 1. 高温退火温度对交直流性能的影响

对试样 100#, 102# 进行高温退火,温度选为 1000℃ 和 1200℃,保温 4 小时后以 100℃/小时速度冷却到 600℃ 后炉冷。

磁场处理工艺为加  $H=20$  奥斯特的纵向磁场,升温到 700℃,保温 2 小时后以不同冷速降温到 200℃ 出炉。

退火温度对直流性能的影响见图 1。

两个炉号的样品,磁场处理冷速尽管不同,然而 1200℃ 退火样品的直流性能总比 1000℃ 的好。这说明温度升高后,使合金材料得到进一步净化,消除了应力和样品内的缺陷,并使晶粒长大,也使  $K_1$  和  $\lambda$  更接近于零,因而使导磁率提高和矫顽力下降。

对交流性能来说(见图 2)与合金成份有关。对于 102# 样品,在不同磁场冷速下,1200℃ 退火样品的损耗值均较 1000℃ 退火的低。对于 100# 样品,发现 1000℃ 退火样品的损耗值反而比 1200℃ 的要低。这说明退火对交流性能的影响是比较复杂的。

### 2. 高温冷速的影响

19# 样品在 1150℃ 退火,保温 4 小时,冷速分别为 50℃/小时及断电推炉快冷,然后在 500℃ 磁场(20 奥斯特)处理,保温 6 小时,再以 100℃/小时冷却到 200℃ 出炉,结果见表 2。

表 2 高温冷速对交直流性能的影响

炉号	厚度 (毫米)	冷速 (℃/小时)	直 流			交 流				备 注
			$\mu_m$	$H_c$ (奥斯特)	$\alpha_1$	$P_{10/400}$ (瓦/公斤)	$P_{10/1000}$ (瓦/公斤)	$\hat{\mu}_{m400}$	$\hat{\mu}_{m1000}$	
19	0.05	50	890000	0.017	0.968	4.77	16.2	28600	21500	
”	”	断电快冷	1120000	0.014	0.985	5.14	16.8	25300	18100	断冷约 2800℃/小时

注:  $P_{10/400}$  及  $P_{10/1000}$  是  $B$  为 10 千高斯,频率为 400 及 1000 赫下的损耗,

$\hat{\mu}_{m400}$  及  $\hat{\mu}_{m1000}$  是频率为 400 及 1000 赫下的峰值磁导率。

从所得结果看来,高温退火的冷速对性能影响不大,而且磁场处理也都很有效。

试样 19#-2 高温处理冷速是慢冷(50℃/小时),磁

场处理之前矩形比  $\alpha_1=0.07$ ,是坡形迴线。19#-6 是断电快冷,磁场处理前  $\alpha_1=0.68$ ,是正常迴线(见图 3)。经磁场处理( $H=20$  奥斯特)升温到 500℃ 用不同

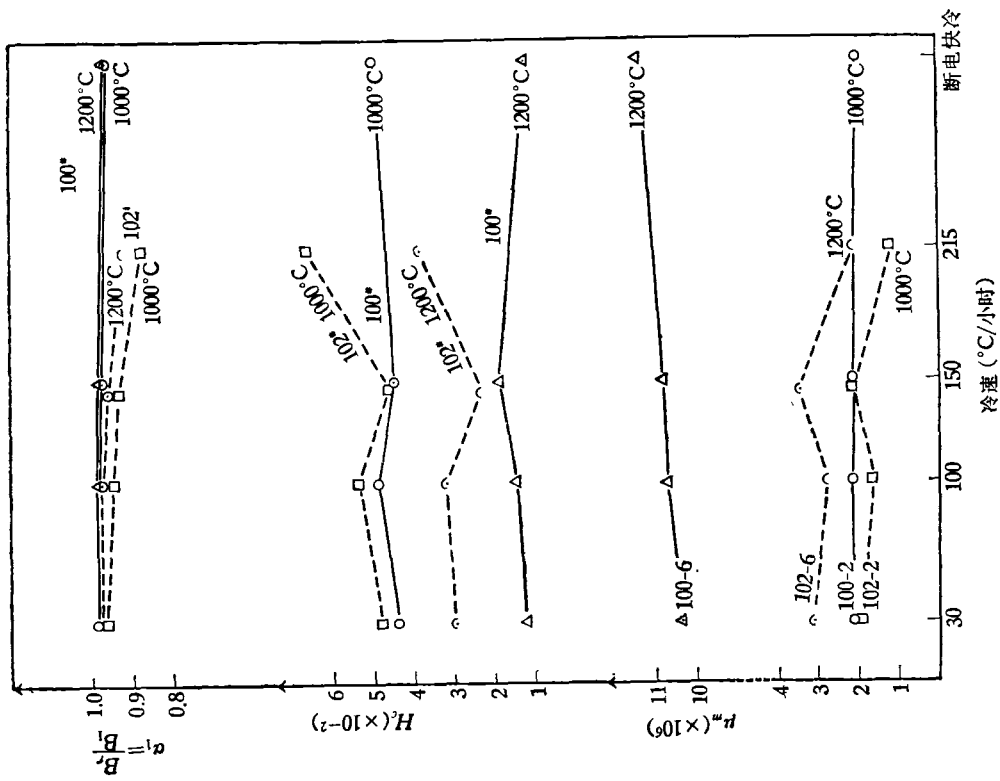


图 1 高温处理温度及磁场处理冷却速率对直流性能  $\mu_m \cdot H_c$  和  $\alpha_1$  的影响  
( $\alpha_1 = B_1/B_2$  中,  $B_1$  为磁场等于 1 奥斯特时的  $B$  值)

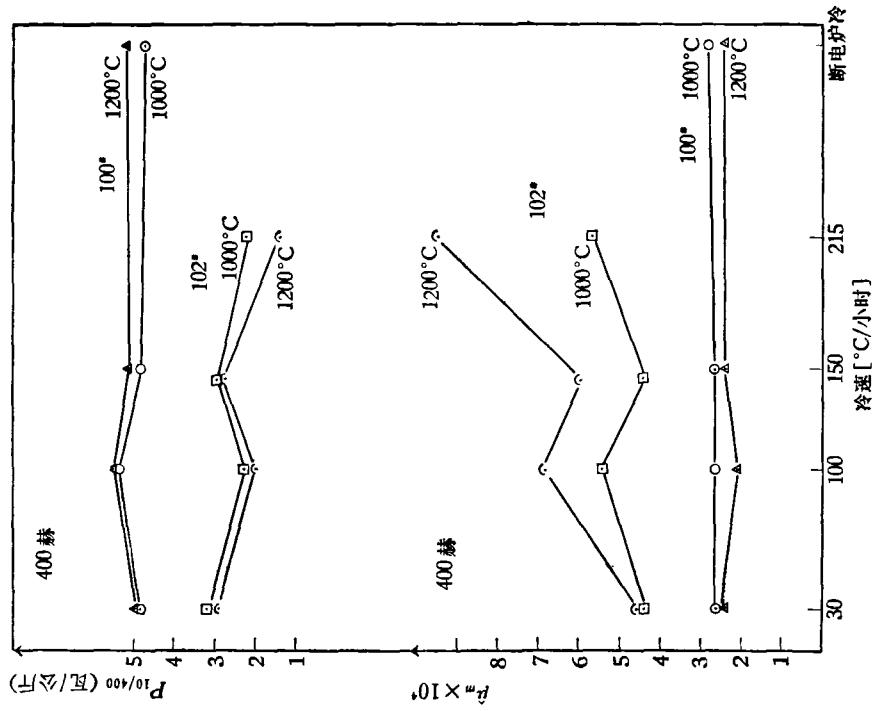


图 2 高温处理温度及磁场处理冷却速率对交流  $\hat{\mu}_{m400} \cdot P_{10/400}$  的影响

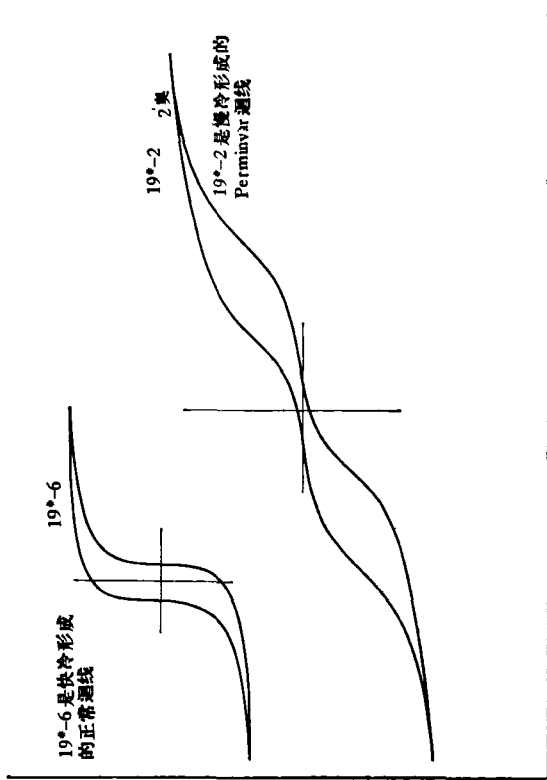


图3 高温退火冷却不同得到的磁滞曲线

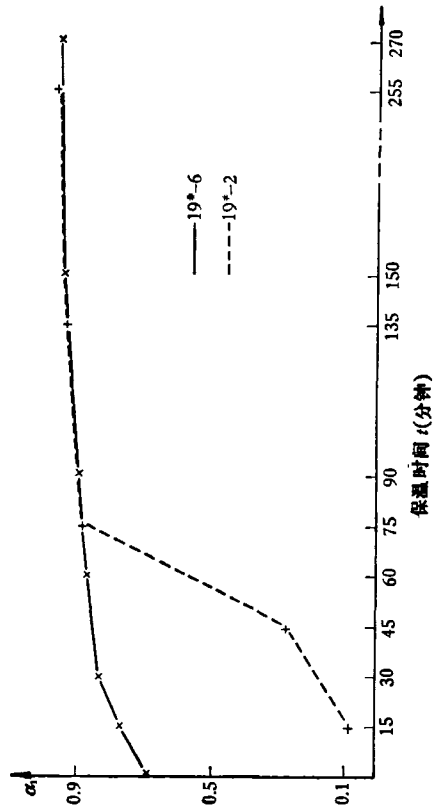


图4 矩形比  $\alpha_1$  与时间  $t$  的关系曲线图

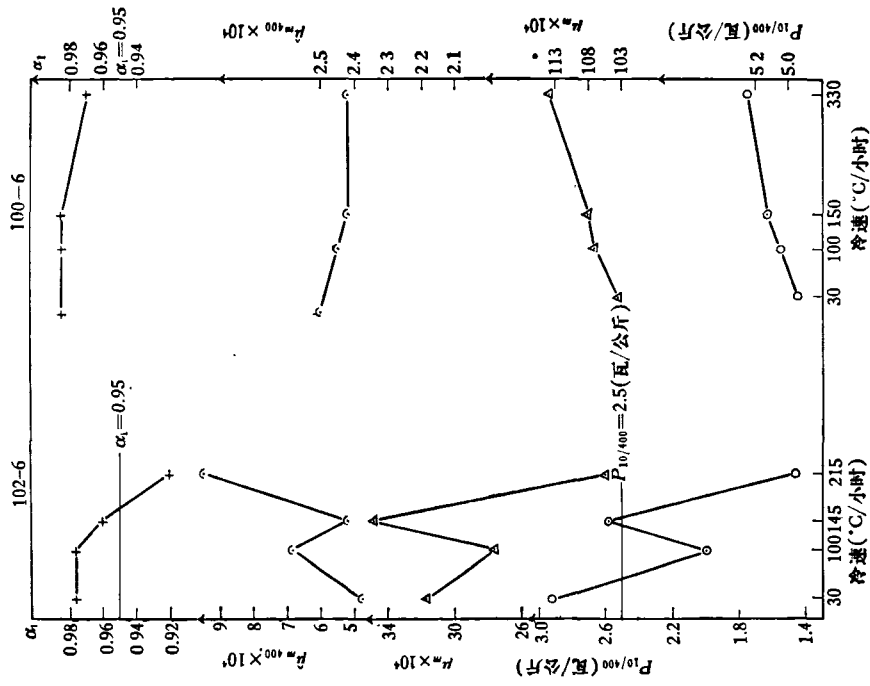


图5 磁场处理冷却速的影响

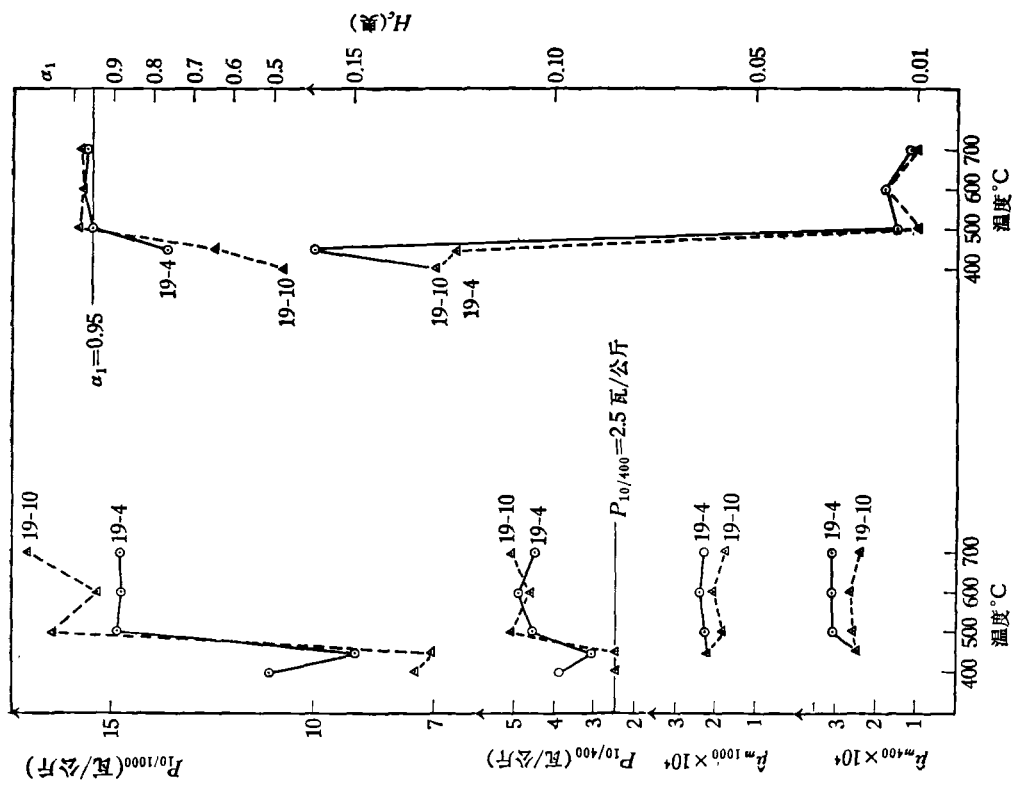


图 6 磁场处理温度的影响

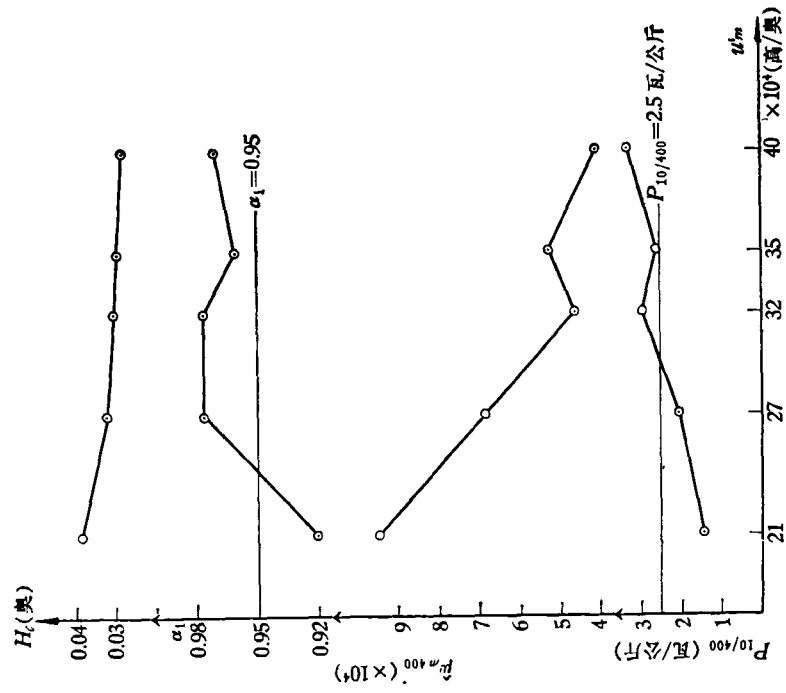


图 7 交流性能的关系

保温时间然后以 200℃/小时冷却到 200℃ 出炉,  $\alpha_1$  与时间  $t$  的关系见图 4。

具有磁场热处理效应的材料, 通常具有坡明伐效应; 也就是, 在高温处理后不加外磁场经较长时间慢冷下来, 在合金中每个磁畴中形成方向有序, 畴内方向有序形成坡明伐迴线。但是, 快速冷却时, 在畴内来不及形成方向有序, 所以它的迴线是正常的。

从过去的实验中已经发现<sup>[2]</sup>, 磁场热处理的效果达到其稳定值需要一定的时间, 即是一个弛豫过程。一般说来, 弛豫时间  $\tau$  与热处理温度之间满足经验公式:  $\tau = Ae^{Q/kT}$ , 其中  $A$  为常数;  $Q$  为激活能;  $k$  为玻耳兹曼常数;  $T$  为磁场处理温度。

从实验中看出, 两种样品的弛豫时间  $\tau$  差不多, 说明它们的激活能和空位浓度相差不大, 这点和 Fe-Ni 合金是不同的。

### 3. 磁场处理冷速的影响

100#, 102# 样品高温处理工艺为 1200℃, 保温 4 小时后以 100℃/小时冷至 600℃ 炉冷。

磁场处理温度 700℃, 保温 2 小时在不同冷速下的

结果如图 5。

由图 5 可见, 对 100# 样品冷速影响不大, 方向有序形成极快; 而 102# 样品对冷速很敏感, 冷速加快时, 由于方向有序逐渐不充分, 导致  $\alpha_1$  逐渐下降。为保证  $\alpha_1 \geq 0.95$ , 对 102# 样品进行了磁场冷速的优选, 所得结果按磁性能的要求选 100℃/小时的冷速为好。

### 4. 磁场处理温度的影响

19# 样品随磁场处理温度的提高性能变化的趋势见图 6。

(1) 磁场处理温度 400℃ × 10 小时加磁场无效, 说明温度太低。

(2) 升温到 450℃ × 6 小时, 原子扩散可以进行, 但内磁场作用开始被削弱, 19#-4 样品, 由坡明伐迴线向正常迴线过渡。

(3) 温度升到 500℃ × 6 小时, 加磁场时方向有序形成充分,  $\alpha_1 \geq 0.95$ 。

发现对 19# 试样, 在 500℃ 时  $\alpha_1$  急增,  $H_c$  迅速下降, 同时伴随着矩形迴线的形成, 但损耗也增加, 磁场处理温度再升高, 性能变化就不大了。

表 3 交直流性能的关系

试 样 号	102-6				
	30℃/小时	100℃/小时	145℃/小时	215℃/小时	75℃/小时
$\mu_m$	317000	276000	348000	209000	400000
$\alpha_1$	0.976	0.976	0.96	0.92	0.97
$P_{10/400}$ (瓦/公斤)	2.92	2.05	2.59	1.46	3.32
$\hat{\mu}_m$	46000	68700	52100	95000	40300
$H_c$ (奥斯特)	0.03	0.032	0.029	0.0385	0.028

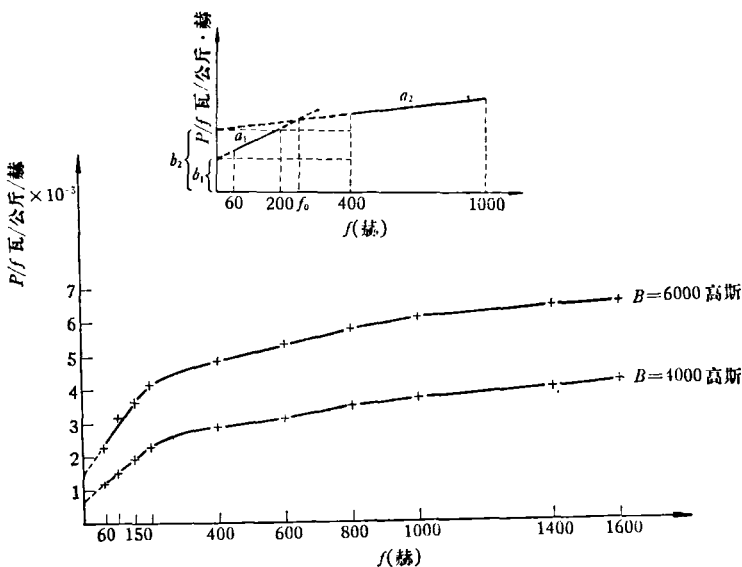


图 8  $P/f$  与  $f$  的关系曲线

### 5. 交直流性能的关系

对同一样品进行不同处理, 得到了不同的交直流性能, 如图 7、表 3。

由此可见, 交直流性能是相互制约的, 单纯追求某一指标都将导致综合性能的下降。

### 6. 损耗与频率的关系

(1) 选择了磁性能中等水平的 101#-5 样品, 在  $B$  值为 4000—6000 高斯及频率为 60—1600 赫芝范围内测出损耗值, 做  $P/f$  与频率  $f$  的关系如图 8。

从图中看出,  $P/f$  与  $f$  不是线性关系, 从 60—200 赫芝是直线, 由 200 赫芝开始偏离线性比较显著, 从 400—1000 赫芝又是另一条直线。说明频率较高时, 随  $B$  值增加, 材料内部磁畴

变细,磁畴数目增多。

由于畴结构发生变化,损耗也随之发生变化,因此就与经典结果不同了。

## 五、小 结

经过对此合金试制,用 0.05 毫米厚的试样,着重进行了热处理工艺的摸索,得到如下性能:  $B_r$  为 13000—14000 高斯,  $\alpha_1 \geq 0.95$ ,  $P_{10/400} \leq 2.5$  瓦/公斤,  $P_{10/1000} \leq 6.5$  瓦/公斤。

发现对此合金提高高温处理温度,直流性能得到明显的改善,该合金低于 450°C 时进行磁场处理无效,但在 500°C × 2 小时已充分起作用。

磁场处理工艺与合金成份有关,某几种成份有关,

某几种成份的合金对磁场处理工艺极不敏感,对另几种成份的合金磁场处理冷速是影响性能的关键因素,对所试验的合金选出了最佳冷速。

此合金的交直流性能相互关系比较复杂,为得到良好的动态性能,应控制直流性能在一适当水平。

在 60—1600 赫芝范围内,该合金的损耗随磁化频率增加,合金的磁畴结构发生变化,畴宽减小。损耗的变化与畴结构密切相关。

## 参 考 文 献

- [1] 北京冶金试验厂、北京钢铁学院、七机部 703 所,《新型矩磁合金的研制》,《北冶研试通讯》,1—3 (1973),9。
- [2] 孟宪振,《磁场处理,恒导磁效应及磁后效中的几个问题》,《1964 年磁学讨论会文集》,137—139。

# 三厘米波段 $H$ 面谐振式微波铁氧体隔离器的初步研究

工农兵学员 田 启 明

(北京大学物理系磁学专业)

遵照伟大领袖毛主席光辉的“五·七”指示和“教育必须为无产阶级政治服务,必须同生产劳动相结合”的教导,我们工农兵学员到工人阶级身边接受再教育,理论联系实际,进行了毕业实践,在三大革命运动的斗争中锻炼成长。在工人师傅和革命技术人员及辅导教师的帮助和指导下,对三厘米波段  $H$  面谐振式微波铁氧体隔离器展宽频带进行了初步研究。

描述隔离器特性的主要参数为正向损耗  $\alpha_+$ , 反向隔离  $\alpha_-$ , 驻波系数  $\rho$ , 承受脉冲功率  $\hat{P}$  和平均功率  $\bar{P}$  及频带宽度  $\frac{\Delta f}{f}$  等。由于社会主义革命和社会主义建设

事业的需要,有关部门迫切要求研制工作频带宽,插入损耗(即  $\alpha_+$ )低,承受功率高的隔离器。

$H$  面谐振式隔离器主要由磁钢、波导管和铁氧体片三部分组成,其整体结构如图 1 所示。谐振式隔离器的工作原理是基于微波铁氧体的铁磁共振现象。在传输  $TE_{10}$  波的矩形波导管中,在微波磁场圆偏振较强的地方,放置铁氧体片,并沿垂直  $H$  面的方向加上合适的恒磁场。如果微波信号沿一个方向传输时,铁氧体片处在负圆偏振波较强的地方,则信号顺利通过;而当微波信号反向传输时,铁氧体片处在正圆偏振波较强的地方,则由于发生铁磁共振现象,从而使信号强烈衰减,所以隔离器具有使微波单向传输的功能。 $H$  面

谐振式隔离器由于结构上的特点,从而具有频带宽和承受功率高的优点。

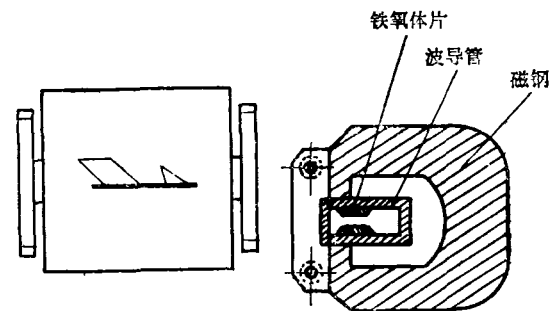


图 1  $H$  面谐振式隔离器整体结构图

我们从生产需要,节约原材料和提高器件性能出发,选用 Mg-Mn 系微波铁氧体材料来研制三厘米波段  $H$  面谐振式隔离器,并在提高性能上进行了一些尝试。初步实践证明:通过适当选择铁氧体片的尺寸以及所在位置和恒磁场的分布,可以使器件达到较高的性能。

## 一、低功率性能

我们在三厘米波段测量了正向损耗  $\alpha_+$ 、反向隔离  $\alpha_-$ 、驻波系数  $\rho$  与频率  $f$  关系的特性曲线。如图 2 所