

超 导 铌 的 磁 化 曲 线*

南京大学低温物理专业电磁测量组

1. 我们用电子积分技术记录了两个国产纯铌材料样品的磁化曲线。积分器系用 SF-72 型数据放大器改装而成。积分电容的绝缘材料是聚苯乙烯。经测定,在时间常数为 0.123 秒时,每 100 秒的积分漂移小于 3 毫伏。

样品插在探测线圈的一个线包内。探测线圈由反串联的两个线包组成,每个线包长 20 毫米,用直径 0.1 毫米漆包线绕 2000 匝。探测线圈总长 60 毫米。经测定,两个线包的自感量分别是 15.68 毫亨和 15.62 毫亨,互感量是 0.03 毫亨,探测线圈位于亥姆霍兹型背景场线圈的均匀区。在均匀区内,磁场的变化小于百分之一。背景场由直流扫描电源供电,线圈常数是 688 奥斯特/安培。电源的电流稳定度优于千分之五。

测量了两个纯铌样品(分别简称样品 1 和样品 2): 一个长 32 毫米,直径 6.52 毫米;另一个长 29 毫米,直径 3.92 毫米。经过真空炉八小时退火,退火温度在一千度以上。

2. 图 1 是样品 1 去磁后第一次记录的曲线。它的左右两端不在同一水平轴上。这是探测线圈的两个线包不完全对称所致。取出样品,在相同条件下,记录了校正线,结果与图中曲线两端的上下位移一致。作为检验,又用冲击电流计作了逐点测量,结果与图 1 相符。

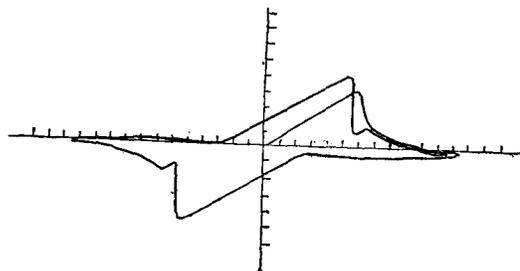


图 1

样品 1, 积分时间常数 τ 为 0.052 秒, 背景场扫描速度 $\frac{dH}{dt} = 79$ 奥斯特/秒

除第一次加场外,在 H_c 以上,图 1 曲线上,紧接着有一小峰。我们判断这是表面钉扎中心造成的磁通湮灭所致。用稀硝酸加氢氟酸对样品作简单的表面处理,再作记录,就得到图 2 的曲线,而小峰就不再出现。

要使曲线的两端拉平,可以仔细调节探测线圈,但这是不易做到的^[1],参照文献[2]的方法(考虑到我们的探测线圈已接近平衡)稍予改变,调到了平衡。图 3 是样品 2 的磁化曲线,其两端已经拉平。

3. 为了得到定量的结果,需要确定 x 和 y 轴的标度。这可以从整个装置各部件的常数计算出来。也可以采取另一个方法。我们用纯度五个 9 的铅,经机械加工和表面腐蚀,做成样品,纯铅是第一类超导体,它的临界场在 4.2K 为 (550 ± 1) 奥斯特^[3],因此通过它的磁化曲线,可以进行定标,或检验定标的准确性。在定 y 轴磁场标度时,需要(1)把铅样品的磁化曲线折合成与坐标轴成 45° 的直线;(2)再乘以铅样品和铌样品截面积的比。

* 1975 年 2 月 4 日收到。

铅样品的直径为 5.39 毫米。

图 2 的 y 轴标度是 189 奥斯特/厘米, 图 3 的 y 轴标度是 134 奥斯特/厘米。它们的 x 轴标度都是 275 奥斯特/厘米。由此定出两个样品的临界场数值如下:

| 样 品 | H_{c1} (千奥斯特) | H_{c2} (千奥斯特) |
|-----|-----------------|-----------------|
| 1 | 1.44 | 2.83 |
| 2 | 1.21 | 3.10 |

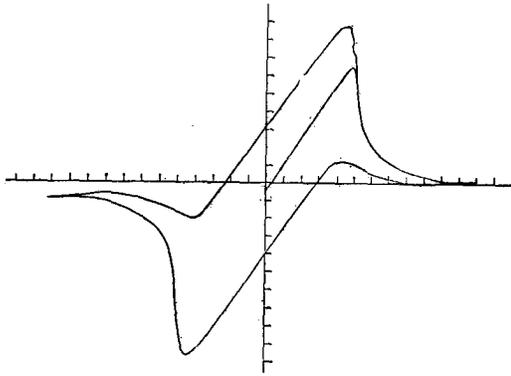


图 2

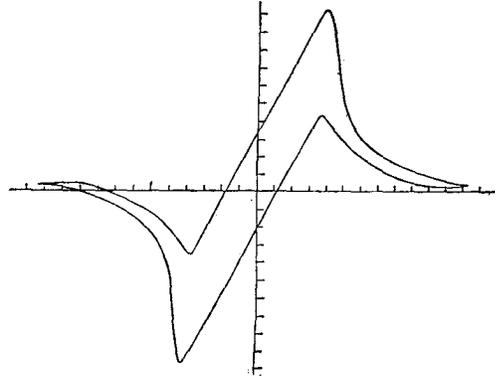


图 3

样品 1, 经表面处理, $\tau = 0.123$ 秒, $\frac{dH}{dt} = 79$ 奥斯特/秒 样品 2, $\tau = 0.0270$ 秒, $\frac{dH}{dt} = 79$ 奥斯特/秒

4. 造成误差的原因有: (1) 积分漂移; (2) 记录仪精度; (3) 样品截面积的均匀度和测量精度; (4) 退磁因子的影响; (5) 背景场的不均匀度、探测线圈两个线包不完全对称, 以及两个线包之间的相互影响; (6) $H_c(\text{Pb}, 4.2\text{K})$ 数值的精度; (7) 外界干扰。其中有些因素可以通过校正计算来克服。主要的误差来源是 (1), (3), (5), (7) 等项。综合考虑以上诸因素, 分析我们的测量结果, 其精度是: x 轴为 1%, y 轴为 3%。

我们曾经取出样品, 重复测量空的装置, 结果证明, 不存在由于系统装置所带来的磁性材料的影响。

其次, 为了检验是否存在背景场线圈剩磁的影响, 我们从探测线圈的空线包引出讯号, 经第二台积分器积分(不直接从背景场电路中分流器两端引出电压讯号), 输入记录仪的 x 轴。对样品 1 记录的曲线与图 2 完全一致。另外又取出样品 1 记录了背景场线圈的 $H-I$ 曲线 (I 是通过线圈的电流), 结果是一条通过原点的直线。反覆加电、退电的重覆性很好。因此剩磁的影响在我们的系统中是微不足道的。

本工作在进行过程中, 得到苏州仪表元件厂、上海有色金属研究所、上海电器科学研究所、北京有色金属研究院等单位的热情支持, 谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] C. A. M. van der klein *et al.*, *Physica*, **49** (1970), 98.
- [2] W. A. Fiertz, *Rev. Sci. Instr.*, **36** (1965), 1621.
- [3] W. F. Druyvesteyn *et al.*, *Rev. Mod. Phys.*, **36** (1964), 58.