

磁粉的性能及其应用

罗 河 烈

磁粉一般是指颗粒尺寸在 $1\mu\text{m}$ 以下的单畴铁磁或亚铁磁性粉末。

铁磁材料为了能处于最低的能量状态,在退磁状态下会分裂成许多磁畴。随着其尺寸的减小,不仅磁畴的数目减少,而且畴壁的厚度也小于大块材料的。由于畴壁厚度减小,其内部相邻电子自旋之间的夹角增大,使畴壁能量密度比大块材料的畴壁能量密度变大。因此,铁磁小颗粒为了减少总能量,就需要减少畴壁的数目。当磁粉尺寸小于某一临界尺寸以下,其内部所有原子的自旋方向都相互平行而成为单畴。单畴的临界尺寸主要决定于它的退磁能、各向异性能和交换能等的相互平衡。对一定的材料而言,它主要决定于颗粒的形状。一般铁磁单畴的临界尺寸在 $10-100\text{nm}$ 范围。由于铁磁单畴具有和大块材料不同的特性,近年来被较广泛地应用工业生产及日常生活等方面,引起了人们的极大重视。

1. 磁记录材料方面的应用

磁记录可以记录一切能转换成电信号的信息。而磁粉为制作磁记录部件(磁带、磁盘等)的重要材料之一。它的价格便宜,既可作模拟又可作数字记录,无需特殊处理就可读出。信号抹去可反复使用。记录和读出的时标可以不同,此外还有记录密度和信噪比高、对机械的冲击或振动不灵敏等优点。是全面性能优良

做双酚A聚碳酸酯塑料(主要成份为 $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3$)它对 $Z>4$ 的带电粒子有响应,可分辨范围为 $5\leq Z\leq 8$ (Z 为带电粒子所带的电荷数)。这正好可用于探测碳(碳的 $Z=6$),而克服了强 α 本底的困难。又如聚乙二醇对酞酸酯塑料(主要成份为 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_7$),它对 $Z>6$ 的粒子有响应,可分辨范围为 $8\leq Z\leq 12$,这正好用于探测氦($Z=10$)的放射性模式。

固体径迹探测器需借助人力在显微镜下识别与测量径迹,因此工作极不方便,只适用小几率事件。这本是它的一大缺点,但在探测重离子发射衰变事件场合下,英雄正有其用武之地。

因此面对重离子发射衰变这种小几率事件,又加上强 α 的竞争本底,其它探测器一筹莫展,望而却步的

的记录介质。因此广泛用于广播、电视、电子计算机、资料数据保存和票证等方面。是目前应用最广和产值最高的磁性材料。按现在磁记录方面磁粉品种的用量来排列,其顺序为: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, CrO_2 和铁粉。若按用途分,则以录音和录像的用量最大。据统计,全世界磁粉用量逐年增大。以计算机、视频、音频所用磁粉为例,在1979—1985年期间,其用量每年比上一年多40%。由此可见磁性应用的重要性和广泛性。

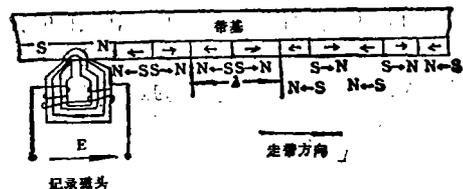


图1 磁带上的剩磁

现在我们来了解一下磁记录的原理。将声音、图象、数字等信号电压加在磁头绕组的两端。绕组中便产生与信号电压的幅度和频率对应的电流使磁头磁化,磁头的杂散磁通又使磁记录介质(磁带、磁盘等)磁化,将信号不失真地记录下来。这个过程称为记录过程。以磁带为例,在这个过程中,磁带以恒定速度经过

时候,固体径迹探测器一枝独秀,几乎独霸了这个领域。1988年,所发现的十七个重离子发射衰变模式中除了一个以外,全部是由固体径迹探测器来完成的。

重离子发射自发衰变模式的发现,不仅填补了放射性衰变质量谱上的一大段空白,而且使人们对 α 衰变过程有了更深刻的理解,加深了对原子核运动形态的多样性的印象。它必将推动核科学的深入发展,提供更多的核形变运动知识。在这种新类型的自发衰变模式的发现过程中,人们更能体会到“水到渠成”这句俗语所包含的哲学含义。没有一代继一代的不懈努力,没有相应的实验方法、探测仪器的进步,没有相应的理论知识积累,一个新发现是不会轻而易举地呈现在眼前的。

磁头, 随时间变化的信号电压 E 在磁带上产生的剩磁如图 1 所示。剩磁的大小与信号电压(记录电流)成正比, 而记录波长 λ 则是由带速(v)/信号频率(f)所决定。每个记录波长 λ 的剩磁由相当于两个相邻的小磁铁 $N-S, S-N$ 组成。当磁带上的剩磁经过重放磁头时, 磁头绕组中便产生感生电压, 经放大器放大而重现出原来的记录信号。

由磁记录的简要原理可知对磁记录介质的两点主要要求: (1) 为了获得较大的重放电压, 介质的剩磁应尽可能大, 即要求它的矩形比高和磁滞回线尽量接近矩形; (2) 要使介质能高密度地记录(波长短), 要求介质的矫顽力 H_c 足够大, 以抵抗短波记录时退磁场的增大。

目前普遍采用的磁带(或磁盘、磁卡等)是由单畴磁粉加粘合剂均匀涂敷在塑料带上制成的。涂敷时沿磁带长度方向加一磁场使磁粉定向排列。由于单畴磁粉的特性与大块材料的不同, 因而可以符合磁记录的要求: (1) 单畴磁粉用均匀或不均匀转动模型实现磁化或反磁化。矫顽力要比大块材料的高许多, 例如, 纯铁的矫顽力只有 $10Oe$ 左右, 而针状单畴铁粉的矫顽力可高达 $1000Oe$ 左右, 并且可以由针状磁粉的长轴与短轴比来改变单畴磁粉的矫顽力, 以满足不同类型磁记录介质的要求。(2) 单畴磁粉的磁滞回线是近似矩形的。涂敷时磁粉取向度愈好, 矩形比愈高。磁滞回线的矩形度也愈好。这就要求磁记录用的磁粉的颗粒大小和针形度的分布范围要尽可能窄, 磁粉在粘合剂中的分散性要好。目前大量使用的磁粉主要有: (1) $\gamma-Fe_2O_3$; (2) 钴改性 $\gamma-Fe_2O_3$; (3) CrO_2 和(4)铁粉。利用这些磁粉做成磁带等记录介质的矫顽力在 $300-1500Oe$; 矩形比在 $0.7-0.9$; 剩磁为 $1000-1800Gs$ 。

我国磁记录材料工业起步于五十年代末, 经过廿多年的努力, 已得到飞跃的发展; 全国已有数十家专门从事磁记录材料生产的工厂; 预计到 1990 年我国年需用 $\gamma-Fe_2O_3$ 和 $Co-\gamma-Fe_2O_3$ 磁粉各 2 千吨左右。中国科学院物理研究所是国内最早研制磁记录用磁粉的单位之一, 首先研制成钴改性 $\gamma-Fe_2O_3$ 磁粉, 并将科研成果推广到工厂生产, 形成第一个有商品磁粉, 畅销国内外的磁粉生产厂。

2. 塑料永磁方面的应用

塑料永磁由单畴磁粉(例如 $BaFe_{12}O_{19}$) 与塑料或橡胶热塑而成。根据需要可制成各向同性或异性磁体。其 $(BH)_{max}$ 在 $0.6-1.6 \times 10^4 GOe$ 范围。塑料永磁容易做成条状或片状, 易形变, 耐冲击。同时容易进行切割、冲孔等机械加工。因而塑料永磁的用途广泛, 市场逐年扩大。以美国为例, 1980 年的产值为 3 千万美

元, 1985 年上升到 1 亿美元左右。目前广泛用于冷藏库门的衬垫和玩具等方面, 下列领域的需要量正在增加: (1) 电动机; (2) 定时器; (3) 音响装置; (4) 办公自动设备; (5) 家用电器; (6) 开关; (7) 恒温箱和计测仪表; (8) 汽车用电机和电瓶车; (9) 磁性医疗器和磁带健康垫等。

科学院物理所是国内最早研制塑料永磁用的钡铁氧体磁粉的单位之一, 所研制的磁粉性能与意大利 IOS 公司出品的 PULVEROX PO, 磁粉性能相当。并已推广到工厂生产。

3. 磁流体方面的应用

磁流体具有独特的性质, 有着广泛的用途: (1) 可在转速每分钟 1000 转, 超过 20 个大气压的条件下作动态密封, 而且摩擦力小, 密封程度高。(2) 轴承: 这种轴承的寿命长, 损耗低, 振动小, 噪声低。在罗盘、显微镜、高速纺织机和磁带记录仪等方面已被采用。(3) 矿物分选和比重测定; (4) 磁性墨水和快速印刷; (5) 润滑和阻尼; (6) 肿瘤治疗; (7) 清除水面油污的清除; (8) 涡轮机的推动; (9) 磁性黑板。

物理所也是国内最早开展磁性液体研制的单位之一。早在 1976 年就与北京东方红炼油厂密封组合作, 首先研制成以煤油为载体的磁流体, 并用这种磁流体完成了化学反应过程的动态密封。1985 年与黑龙江省化工研究所合作研制成双酯基 HZS 型磁流体, 其性能达到日本 DEA-40 和 DES-40 磁流体的性能水平。

4. 催化剂方面的应用

这方面应用的主要是铁、钴、镍以及它们的化合物微粉。广泛用于氨的合成。磁性催化剂的作用原理尚不清楚。1931 年合成氨工业化以来, 全世界用于氨合成的催化剂几乎都是采用含有各种助催化剂的融铁催化剂, 其通常的主要原料为磁铁矿。将助催化剂 Al_2O_3 和 MgO 溶于磁铁矿中, 催化还原时 Fe_3O_4 被还原为 $\alpha-Fe$, Al_2O_3 和 MgO 不能被氧化, 抑制了铁在还原时和以后使用中长大, 已还原的铁晶粒在 $200-400 \text{ \AA}$ 之间, 比表面积在 $15-20 m^2/g$ 。关于磁性催化剂在合成氨方面的应用, 请参阅“工业催化”(王文兴著), 这里不再赘述。

总之, 磁粉是应用面很广的磁性材料, 除了上面列举的应用方面外, 利用一般陶瓷工艺制成的永磁材料, 如钡铁氧体, 钐钴 V 和第三代永磁钕铁硼等, 以及铝镍钴 V 等脱溶硬化型的永磁材料都是利用对单畴磁粉具有高矫顽力等特性的深入了解而制成的。由此可见, 加深对单畴磁粉基本问题的研究, 会开拓出它新的应用前景。而它的广泛应用又会推动对单畴磁粉更深入的研究和开发。