

第三代稀土永磁:钕铁硼

中国科学院三环新材料研究开发公司

一、永磁材料新的突破

1983 年 11 月日本住友特种金属公司在匹兹堡召开的国际磁学会议上,正式宣布研制成功一种新型钕铁硼永磁材料,并已将磁能积为 35 兆高奥的产品“Neomax”投入商业生产。与此同时,美国通用汽车公司也宣布采用快速淬冷法,制成钕铁硼磁体“Magnequench”。这一引人注目的成果,立即引起国际磁学界和商业界的极大重视。在一些报道和评论中,称此为“引起轰动的突破”,认为“这种材料将作为起点,其发展具有巨大的潜力”。世界各国主要永磁制造商和研究机构,纷纷制定自己的研究发展计划,很短时间内便形成了世界范围的广泛研究。

中国科学院物理所和电子所,在长期从事钕-铁合金和稀土永磁的基础上,共同合作,于 1984 年 2 月研制成磁能积达 38 兆高奥的钕铁硼永磁材料。接着又于同年 5 月,以低纯钕稀土为原料,制成磁能积达 41 兆高奥的磁体。与此同时我国的一些研究机构如包头冶金研究所、北京钢铁研究院、北京钢铁学院以及有色金属研究院等,也先后宣布研究成功这种高性能磁体。这些成果标志着我国钕铁硼永磁的研究进入了世界先进国家的行列。

钕铁硼永磁材料之所以引起人们极大兴趣的原因主要有以下几点:

第一,它是迄今为止所发现的永磁材料中磁性最强的一种,据报道其最大磁能积已达 45 兆高奥。

几种常用永磁材料磁性能比较

性能 材料	剩磁 (高斯)	矫顽力 (奥斯特)	磁能积 (兆高奥)	备注
铁氧体	4.2~4.4	2.1~2.5	4.0~4.5	
铝镍钴-72	1.05	0.14	9.0	
钐钴(1:5)	9.8~10.5	9.0~10.0	26~27	日立金属 H-26A 商品
钐钴(2:17)	10.4~11.0	5.5~7.0	26~30	日立金属 H-27 商品
钕铁硼	12.0~12.5	7.5~11.0	38~41	中国科学院制品

从表中可见,钕铁硼的磁能积是铁氧体的 10 倍,比钐钴永磁至少高 1/3。由于这一特点,使它成为制造高性能、小体积、轻重量磁性器件的极好材料。

第二,由于用铁取代了昂贵的钴,不仅降低了原料成本,而且大大减少对战略物资钴的依赖。我国由于缺少钴资源,长期依赖进口,因此对我国尤其重要。

第三,在稀土矿物中钕的含量比钐大约高 5 倍,因此,用钕取代钐制造稀土永磁,不仅价格可以大幅度降低,而且原料来源丰富,使大规模生产和应用稀土永磁成为可能。

当然,任何一种新材料都不可能是完美的,钕铁硼也如此,其居里温度较低(约 310°C),高温使用受到一定限制。目前材料的价格还偏高,在短期内取代铁氧体还很困难。但是,由于钕铁硼所具有的突出优点,随着今后性能不断改善提高,以及磁性装置的改进,钕铁硼成为主要的永磁材料大规模进入市场将是毫无疑问的。

二、钕铁硼材料的发展前景及应用

1. 前景

近年来由于永磁材料的市场需求在急速增长,而作为重要原料钴的价格和供应很不稳定,这就刺激和推动了钕铁硼的研制和产生。因此,从这个意义上说,钕铁硼的出现是市场对永磁材料大规模需求的结果。为了预测钕铁硼今后的发展,有必要了解目前世界永磁生产情况。根据美国 Wheeler 公司,1984 年 7 月的一份报告,1983 年西方国家永磁生产总产值中,稀土永磁占 14%。在该报告中还预测了今后十年永磁材料的发展,指出“今后十年永磁市场将惊人地扩大”每年将以 10% 的速度增长。预计 1994 年西方世界的总产值将达到 24 亿美元,而钕铁硼预期将达到永磁材料总产值的 40%。

1985 年 3 月在美国加利福尼亚州 Monterey 召开的国际钕铁硼会议上,Alman's Ugimag 公司报告中分析了钕铁硼的潜在市场,估计 1988 年将达 1000 吨,1990 年达到 3000 吨,十年后将超过 6000 吨。

钕铁硼材料的商业化生产目前正处在初级阶段,但是由于它的优越性能,以及永磁生产的现有技术基础,预计其产品商业化速度将比钕钴永磁快一倍,即大约只需五年。从当前国内外发展趋势看,这个时间只会提前。

对于一种新的永磁材料,要评价它是否具有商业价值和发展前景,最终将取决于该种材料的磁性能价格比。

根据有关资料来看,按目前的价格,除铁氧体外,钕铁硼的价格性能比,比任何一种磁体都低,可以预期钕铁硼的价格还将大幅度下降,考虑到使用钕铁硼的磁性装置性能提高,体积和重量大大变小,钕铁硼大量进入传统的铁氧体市场是完全可能的。

2. 应用

永磁材料作为一种基础电子材料,在许多领域中有着广泛的应用,从汽车、采矿、化工、医疗、仪表、家用电器以及计算机和机器人等,都应用各种磁性器件。可以期望钕铁硼在这些领域中都会得到应用,以下列举其中一些方面。

(1) 电机。各种类型永磁电机制造将是钕铁硼最主要的应用方面。据报道采用这种高性能磁体,将使汽车启动马达的重量减少 40—50%,体积减少 45%,同时可以大大节省铜的消耗。据悉采用钕铁硼作启动电机的新型汽车,将于 1986 年 6 月问世。此外,汽车冷暖电机、雨刷电机、各种微型电机都有可能应用钕铁硼。还可以用它制造各种工频和中频发电机,供流动性大的牧区、渔船、野外作业等照明和电器供电用。

(2) 核磁共振成像装置(NMR)。为了研制医疗诊断用的核磁成像装置已经耗资约 5 亿美元,目前所用的磁路系统有超导电磁铁和铁氧体永磁。如果采用钕铁硼,据估计磁铁重量将从数十吨减至数吨,而且体积也将大大缩小。

(3) 磁力传动。在石油和化工部门,常常因为输送各种酸、碱、盐等带腐蚀性液体,需用各

种耐腐蚀泵。目前采用机械传动,由于存在密封问题,严重影响泵的寿命。采用钕铁硼磁力传动装置将可以克服上述问题,目前国内外都在加紧试制。

(4) 磁性物质分选设备。目前所使用的磁力选矿设备大都是用铁氧体和钕钴铜等,设备笨重且效率较低。国内某单位已采用钕铁硼试制成一台磁力选矿机,据初步试验对铁磁物质的收率可提高 3%。由于选矿效率提高和能耗降低,钕铁硼在这方面的应用会有较好前景。

(5) 电声器件。由于钕铁硼具有较高磁性能,价格比钕钴永磁低,因此在薄型扬声器、通讯用耳机、收录机中的应用将占有优势。

(6) 磁性塑料和磁性橡胶。利用钕铁硼作为磁性物质填料,制造高性能的塑料磁体和橡胶磁体,在工业和家用电器方面都会有很广的应用。但目前在工艺技术和价格方面还存在一些问题尚待解决。

此外,在仪器仪表、计算机打印设备、磁疗、磁化水装置等方面,钕铁硼都能得到应用。

三、加速发展我国的稀土永磁

我国有着得天独厚的稀土资源,工业储量为国外总和的 5 倍。我国稀土资源不仅数量大,分布广,而且钕在稀土矿物中的含量高达 17%—25%,这是发展我国稀土永磁十分有利的条件。

长期以来我国稀土永磁的生产比较落后,钕钴永磁年产量大约只有十吨左右,相当于日本 1983 年产量的 1/28。而且原材料价格高,生产设备较落后,因而产品缺乏竞争力。目前我国钕铁硼的研制水平和产品开发速度在国际上处在较前沿地位,这是发展我国第三代稀土永磁十分有利的技术基础。

丰富的资源、先进的技术、广阔的市场,这是当前发展我国稀土永磁、振兴稀土工业的三个极有利因素。应当充分利用这些有利条件,采取适当措施,加速我国稀土永磁的开发,使我国的稀土永磁产品投入国际市场,从而根本改变我国长期处在稀土原料出口国的地位,做到这一点,除了必须继续解决技术问题外,还有一些值得注意的问题。

1. 预计在 2—3 年内,钕铁硼永磁及其应用产品将成为商品大量进入市场。由于对钕原料的大量需求必将刺激稀土原料工业的发展。原料的价格将是决定我国钕铁硼产品能否在国际市场上竞争的关键。我国稀土产品的价格原来就偏高,近来似有继续上升的趋势,这就给我国钕铁硼产品的竞争带来十分不利的影响。建议国家加强对各个生产环节的指导,对包括原料、中间产品以及最终产品的价格进行适当的控制和调节。

2. 随着钕铁硼永磁生产的发展,预计国际市场对我国稀土资源的需求将会增加。因此,我国的稀土原料一方面支持国内稀土永磁的发展,另一方面出口为国家增收创汇,这两者必须要适当兼顾,国家应有统一计划,尤其要注意支持我国稀土永磁工业的发展。

3. 目前西方许多公司都十分注重“辅加价值”的研究,即努力研制和出售“系统”。我们也应当在发展钕铁硼材料的同时,努力开发各类永磁设备,以创造更大的经济效益。