

添加液相合金对 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 稀土永磁磁性能的影响

陈德龙 张伟华

(机电部桂林电器科学研究所)

〔摘要〕 本文介绍了 $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{17}$ 稀土永磁合金中钐含量对合金磁性能的影响，并研究了液相烧结工艺中不同的液相合金添加量对合金性能的作用。研究结果表明，添加液相合金后容易获得较好而稳定的磁性能。与常规的2:17稀土永磁合金相比，合金的矫顽力 iH_c 和最大磁能积 $(BH)_{\max}$ 分别提高48kA/m和16kJ/m³左右。采用液相烧结工艺还可以实现人为调节合金成分，因此提高产品的合格率，对批量生产磁体具有很大的经济价值。

一、前言

第三代稀土永磁钕铁硼合金虽已实现高磁能化，价格也比较便宜，但其致命的弱点是居里温度低，温度系数大，容易氧化。相反， $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁却具有高的居里点，低的温度系数，抗氧化性也优于钕铁硼永磁材料。因此，国外仍广泛将其应用于要求高稳定的精密仪器仪表、电机及军工器件。国内一些单位对此也进行了研究，但产品还很少。其原因之一是产品性能分散性大。

$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁合金对成份比较敏感，熔炼时其组成成份不易控制。因此，难以获得稳定的高性能磁体，给生产带来一定的困难。但采用液相烧结工艺，合金成份可在较宽的范围内波动，只要将所添加的液相合金Sm 60%—Co的总成份调节到最佳区，便可获得高的磁性能，而且分散性小。无疑，这是制备 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁体的有效方法。

二、实验方法

本材料的制备工艺与固相烧结工艺基本

一致，不同点是，它是在常规的 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 基相合金中加入少量的液相合金。采用粉末冶金法制备样品，主要工艺流程如下：

原料配备 → 真空中频炉熔炼 → 制粉 → 磁场成形 → 烧结 → 时效 → 检测
所用原料的纯度分别为(%)：Sm99.5, Co99.9, Fe99, Zr99.5。在真空中频感应炉氩气保护下熔炼合金。合金锭经破碎后在甲苯保护下球磨成粒度为3~5μm的粉末。经干燥后，在取向磁场大于800kA/m的磁场中压缩成形，压力为30~50MPa，方向与磁场垂直。烧结工艺基本采用国外所报导的工艺，即在1190℃真空预烧20~30分钟；1200~1230℃氩气保护下保温30分钟；1160~1190℃固溶1小时；然后快速冷却至室温。时效采用多级处理，即在800~850、700、600、500、400℃下分别保持0.5、0.5、1.0、2.0和10小时。

用CL-6测磁仪测量样品的退磁曲线。

三、结果与分析

1. 在不加液相合金的情况下，成分为

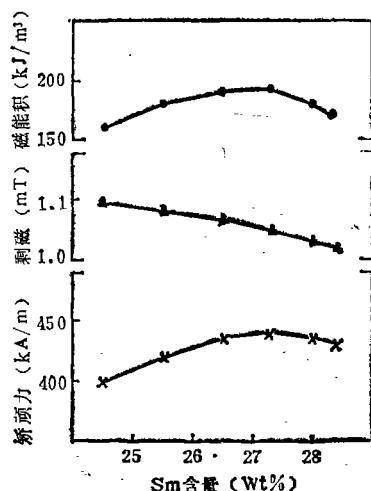


图1 含钐量与合金磁性能的关系

(%): Sm25~28、Cu7.5~8.5、Fe13.8~16、Zr1.2~1.5、余为Co的稀土钴永磁合金，其磁性能与钐含量的关系如图1所示。可以看到，其矫顽力*Hc*和最大磁能积(BH)_{max}在25~27.7%Sm的范围内呈线性增加，但剩磁Br则稍有下降。当钐含量为27.3%(~27.7%)时，*iHc*和(BH)_{max}的值在本实验中为最大值。应该指出，不加液相合金时，钐含量为27.3%，也很难获得稳定的高性能和440kA/m以上的矫顽力。

2. 化学成分为(%)：Sm25.74、Cu7.8、Fe17.2、Zr1.19、余为Co的基相合金，加入不

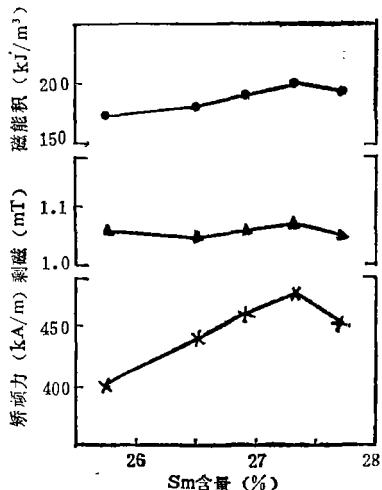


图2 添加液相合金后总含钐量对磁性能的影响

同液相添加量使总钐量分别为(%)：25.74(无液相)、26.5、26.9、27.3和27.7时，磁性能的变化示于图2。可见，添加液相后，矫顽力和磁能积随总钐含量的变化，与不加液相的情况几乎一致，均在约27.3%附近达到峰值，但前者的矫顽力和磁能积比后者分别高出约48kA/m和16kJ/m³。

3. 不加液相的常规2:17钐钴永磁要求合金的化学成分为(%)：Sm25~27.5、Cu7.5~8.5、Fe13.8~16、Zr1.2~1.5、余Co。但熔炼不易得到控制，使合金的磁性能分散性较大。采用液相工艺后，合金成分可允许在较宽的范围内变动。也就是说，合金成分偏离上述范围时也能获得较佳且稳定的磁性能。尤其值得指出的是，液相工艺可以把二种或二种以上成份偏离的基相合金，在制粉时混合起来，把总成分调节到最佳区域，便可获得较好的磁性能。表1列出了含铁量高、成分为(%)：Sm25.7、Cu7.8、Fe17.2、Zr1.19、余Co的基相合金A和含铁量低、成分为(%)：Sm25.9、Cu7.9、Fe13.2、Zr1.13、余Co的基相合金B的各自单独及将A、B混合后的性能试验结果。可以见到，两种合金混合后的磁能积比其单独时约高24kJ/m³左右。

表1 合金A、合金B及A与B混合合金的性能比较

合金编号	Br (mT)	iHc (kA/m)	bHc (kA/m)	(BH) _{max} (kJ/m ³)
A-1	1.06	476	432	180
A-2	1.05	480	444	183
A-3	1.09	476	436	192
A-4	1.04	440	404	173
B-1	1.03	464	436	184
B-2	1.03	464	432	188
B-3	1.06	452	424	184
B-4	1.06	456	424	192
AB-1	1.08	464	440	210
AB-2	1.05	460	436	207
AB-3	1.09	476	448	217
AB-4	1.08	480	448	217

4.之所以得到上述2和3的结果,是因为液相合金在高温烧结和时效时提供了较强的原子迁移和扩散能力,不但有助于磁体的致密化,并使整个晶粒尺寸内容易获得较均匀合适的细胞状结构,从而获得较好的磁性能。

四、结论

1.常规固相工艺制备 $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{17}$ 稀土钴永磁,合金的化学成份配比范围为(%): Sm25~28、Cu7.5~8.5、Fe13.8~16、Zr1.2~1.5、余Co。在27.3%Sm附

近,矫顽力和磁能积获得较高的数值。

采用液相工艺制备该合金,其性能随总钐含量的变化几乎和固相工艺一致,但前者矫顽力和磁能积分别比后者高48kA/m和16kJ/m³左右,并且容易获得稳定的高性能,提高产品的合格率。

3.液相工艺允许基相合金成分在相当宽的范围内波动,并且可以实现人为调节合金成份,减小产品性能的分散性。

4.综上所述,液相工艺是制备 $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{17}$ 稀土钴永磁合金的一个很有效的方法,适于在生产中推广运用。

EFFECTS OF ADDING LIQUID PHASE ALLOY ON MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ RARE EARTH PERMANENT MAGNETS

Chen Delong and Zhang Weihua

(Guilin Electrical Equipment Scientific Research Institute)

ABSTRACT This paper has introduced the effects of Sm Content on the magnetic properties of $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{17}$ rare earth permanent magnets. The influences of various liquid alloy additions during liquid phase sintering process on the properties of alloy have also been studied. The Results have shown that it is easy to have better and stabilizing magnetic properties by adding liquid phase alloy. Intrinsic coercive force, iHc and energy product, $(\text{BH})_{\text{max}}$ can be increased to about 48 kA/m and 16kJ/m³ respectively when compared with those of conventional 2:17 rare earth alloy. Alloying composition can be manually tailored by liquid phase sintering, and thus rate of qualified products increases and commercial production of this magnets has great economic effect.

· 动态 ·

常压烧结复合陶瓷

日本国家无机材料研究所开发了常压烧结碳化钛和氧化铝复合陶瓷的技术。钛氧化铝复合陶瓷的强度、硬度和韧性高,导热性好,用作切削工具。均匀混合1份(体积)碳化钛粉末和3份氧化铝粉末,并加入微量(氧化铝重量的1/200)氧化镁,制备标准粉末混合料。冷等静压成形,用氧化铝覆盖在氩气氛中于1800°C烧结。相对密度约为99%。能制得密度与高压烧结体大约相同的高密度烧结体。预计碳化钛—氧化铝复合陶瓷的用途将进一步扩大。

赵高惠译自《Techno. Japan》, 1988, 21(9), 78