

气雾化NdFeB粉末的磁性能与热处理工艺的关系

李清泉* 童立荣 徐清洲
麻润海 欧阳通 田筱淑

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要 对气雾化NdFeB粉末的磁性能与回火温度、保温时间、回火气氛、冷却方式等热处理工艺参数和粉末粒度的关系进行了初步研究, 优化了工艺条件。回火态的粉末磁性能优良, 接近实用水平。气雾化NdFeB粉末有望成为粘结磁体的原料。

主题词 气体雾化法 NdFeB 磁性能 热处理

1 引言

研究气雾化NdFeB粉的磁性能主要是为粘结磁体提供理想的原料。与烧结磁体相比, 粘结磁体具有如下的优点:

- (1) 工艺过程简单, 原料利用率高, 易实现批量生产, 成本低。
- (2) 形状自由度大, 易制成各种形状复杂的部件, 也可与其它部件压制在一起。
- (3) 成品件的尺寸精度高, 批量件性能一致性好。
- (4) 机械性能好, 可进行再加工。
- (5) 电阻率高, 易多极充磁。

目前, 粘结磁体的应用领域在不断地扩大, 其增长速度超过任何一种磁性材料^[1,2]。

粘结磁体的质量虽然与粘结工艺有关, 但是主要取决于磁粉的性能。目前, 通用的粘结磁体用粉主要用快淬法(MQ)和氢处理法(HDDR)生产。此外, 气体雾化法生产Nd-FeB粉的研究开发工作也十分活跃^[3-13]。

与MQ法和HDDR法相比, 气体雾化有如下的特点:

(1) 气体雾化法是一种快速凝固法, 它可直接生产出晶粒细小、成分均匀的粉末。

(2) 在保护气氛中生产出来的粉末, 含氧量低, 颗粒外形为球形, 流动性好, 填充密度高。

有关气雾化NdFeB粉末的性能曾在文献[14]中报导过。本实验主要研究这种粉末的磁性能与热处理工艺的关系。同时研究了优化工艺条件下粉末的磁性能。

2 实验方法

本文所研究的合金成分如表1所示。

表1 合金成分表, at%

Table 1 Alloy composition

序号	Nd	Dy	Fe	Co	Al	B
1	15.4	-	78.6	-	-	6.0
2	16.5	-	75.0	-	1.0	7.5
3	14.5	1.0	73.8	2.2	1.0	7.5

首先, 在氩气保护下用中频感应炉将原料熔成预合金锭。然后在气体雾化制粉实验装置中重熔制粉。有关实验装置的详细情况

* 李清泉, 副研究员, 主要从事气雾化微细金属粉末生产工艺的研究工作。

收稿日期: 1996 2 16

参见文献 [15]。

本实验的雾化制粉条件:

雾化介质: 氩气, 其纯度大于 99.99%。

合金熔液过热至 1400 。

雾化压力: 8M Pa。

漏咀直径: $\varnothing 4\text{mm}$ 。

预抽真空度: $1 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 。

制出的合金粉末用标准筛进行筛分, 借助扫描电镜观察粉末颗粒的形貌, 用光学显微镜观察粉末的金相组织, 试样表面用硝酸酒精处理, 用 X-ray 分析粉末的相结构和相组成。

热处理工艺是在配有 DW T-702 控温仪的 SK-4-12 管式电阻炉中进行的, 装试样的管可抽空或充气。

采用 9500V SM 型振动样品磁强计测量处理前后粉末的磁性能。

3 试验结果

3.1 原始(或称雾化态)合金粉末的性能

图 1 给出了粉末的扫描电镜照片, 颗粒外形为球形。

图 2 是粉末的 X-ray 衍射图。由此图可知, 气雾化 NdFeB 合金粉末只有四方结构的 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 相的衍射峰, 没有观察到其它相的衍射峰。图 3 是粉末截面的光学显微照片。每个颗粒主要由 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 相的枝状晶和胞状晶组成, 晶粒间存在一些晶界相, 这种组织与铸造 NdFeB 合金的金相组织相似。

2# 和 3# 原始粉末磁性能随粒度的变化分别示于表 2 和表 3。从表中的数据可知, 雾化 NdFeB 粉末的比剩余磁化强度 α 和内禀矫顽力 H_c 都有随粒度减小而增大的趋势。-100 目的混合粉的 α 和 H_c 的值也比较高。表 2 中 -120+150 目和表 3 中 -100+120 目所对应的比饱和磁化强度 α_s 的值过高, 这可能是由称重或其它原因带来的误差造成的。由于消除了质量的影响, 矩形比 S R。随粒度变化的规律就比较合理了。

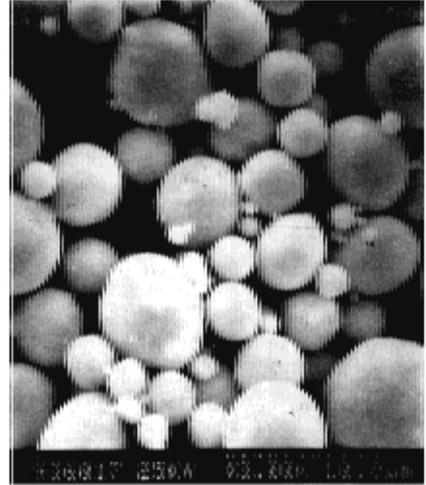


图 1 粉末的扫描电镜照片 $\times 300$

Fig 1 Scanning electron microscope photo of powder

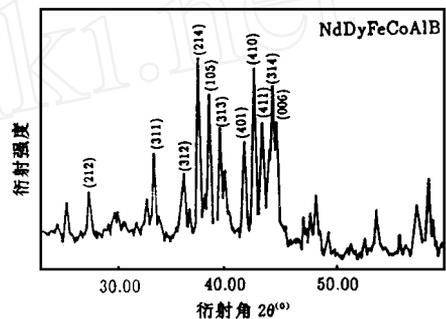


图 2 粉末的 X 射线衍射谱

Fig 2 X ray diffraction spectrum of powder

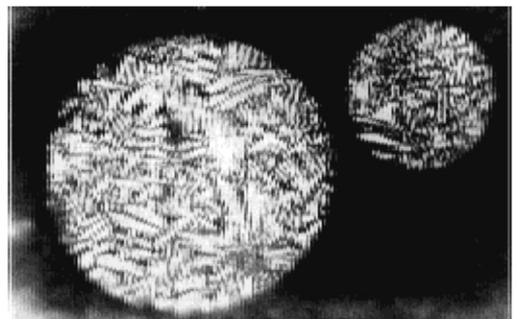


图 3 粉末截面的金相照片 $\times 200$

Fig 3 Metallographic photo of powder section

表2 2[#]原始粉末的磁性能随粒度的变化(外加磁场 H_{ext}= 20kOe)Table 2 Changement of magnetic properties of 2[#] raw powder with particle sizes

粒度, 目	σ_s , em u/g	σ_r , em u/g	iHc, Oe	S. R.
+ 75	71.38	15.25	1105	0.2136
- 75+ 100	70.86	17.65	1381	0.2491
- 100+ 120	63.29	15.05	1298	0.2378
- 120+ 150	91.30	22.65	1321	0.2481
- 150+ 200	75.90	19.61	1492	0.2583
- 200+ 300	76.82	24.70	2175	0.3216
- 300+ 400	80.43	33.09	3427	0.4114
- 400	80.07	35.29	3838	0.4407
- 100	80.99	35.88	3708	0.4430

表3 3[#]原始粉末的磁性能随粒度的变化(外加磁场 H_{ext}= 20kOe)Table 3 Changement of magnetic properties of 3[#] raw powder with particle sizes

粒度, 目	σ_s , em u/g	σ_r , em u/g	iHc, Oe	S. R.
+ 75	68.80	19.82	1869	0.2965
- 75+ 100	75.67	29.55	3236	0.3905
- 100+ 120	132.7	57.72	3642	0.4351
- 120+ 150	67.8	31.01	4319	0.4574
- 150+ 200	66.74	31.25	4613	0.4701
- 200+ 300	71.48	36.48	4716	0.5103
- 300+ 400	62.76	32.17	5766	0.5125
- 400	67.29	40.85	5888	0.5354
- 100+ 400	77.73	40.79	4610	0.5248

3.2 回火态合金粉末的磁性能

三种雾化NdFeB粉末是1993年生产的,当时对部分粉末进行了热处理,1994年进行了其余部分热处理。热处理的工艺参数包括:回火温度T、保温时间t、粒度大小、回火气氛和回火后的冷却方式等。在两种外加磁场H_{ext}分别为20和28kOe条件下,测量的磁性能包括:比饱和磁化强度 σ_s ,比剩余磁化强度 σ_r 以及它们的比值S. R. = σ_r/σ_s 和内禀矫顽力iHc,最大磁能积(BH)_{max}。

3.2.1 回火温度与磁性能的关系

表4和表5示出了在保温时间一定的情况下,2[#]、3[#]混合粉的磁性能随回火温度的变化。

由此可知,回火温度在600~700范围内iHc和S. R.值较高,在700时最高。回火温度偏低或过高均使iHc和S. R.值下降。

3.2.2 保温时间与磁性能的关系

表6和表7给出了在回火温度一定的条件下,2[#]和3[#]粉末的磁性能随保温时间的变化。

表 4 2[#] 回火粉末的磁性能随回火温度的变化
(粒度- 100 目, 保温时间 t= 60m in,
外加磁场 Hext= 20KOe)

Table 4 Chngement of magnetic properties of 2[#] tempered powder with tempering temperatures

T,	iHc,Oe	S R.
500	1925	0 3055
600	3852	0 4251
650	3429	0 4612
700	4492	0 4742
800	3156	0 4613
900	3360	0 4420

表 5 3[#] 回火粉末的磁性能随回火温度的变化
(粒度- 100+ 400 目, 保温时间 t= 60m in,
外加磁场 Hext= 20KOe)

Table 5 Chngement of magnetic properties of 3[#] tempered powder with tempering temperatures

T,	iHc,Oe	S R.
500	2157	0 3294
600	2510	0 3812
650	2330	0 3840
700	2633	0 4028
800	2039	0 4062
900	1341	0 3199

表 6 2[#] 回火粉末的磁性能随回火保温时间的变化
(回火温度 T= 700 , 外加磁场 Hext= 20KOe)

Table 6 Chngement of magnetic properties of 2[#] tempered powder with holding time for tempering

粒度, 目	保温时间 t, m in	α , em u/g	α , em u/g	iHc,Oe	S R.
- 100	30	79. 11	42. 32	6119	0 5349
	60	78. 18	41. 68	5873	0 5331
	120	78. 57	36. 37	3831	0 4628
- 300+ 400	30	77. 24	42. 09	6027	0 5449
	60	76. 69	41. 45	6191	0 5404
	120	76. 37	34. 11	3285	0 4467

表 7 3[#] 回火粉末的磁性能随回火保温时间的变化
(回火温度 T= 700 , 外加磁场 Hext= 20KOe)

Table 7 Chngement of magnetic properties of 3[#] tempered powder with holding time for tempering

测量日期	粒度, 目	保温时间 t, m in	α , em u/g	α , em u/g	iHc,Oe	S R.
931103	- 100+ 400	原始粉	77. 73	40. 79	4610	0 5248
		30	69. 17	37. 49	5888	0 5420
		60	71. 61	34. 68	5706	0 4843
		120	72. 57	35. 44	4146	0 4883
940620	- 100+ 400	原始粉	78. 56	41. 05	4765	0 5226
		15	68. 90	36. 15	5586	0 5247
		30	69. 51	36. 82	6024	0 5297
		60	55. 44	29. 69	4454	0 5356
931103	- 300+ 400	原始粉	74. 29	40. 85	5888	0 5354
		30	69. 52	38. 79	6513	0 5581
		60	73. 06	36. 76	5881	0 5031
		120	70. 40	36. 92	5181	0 5245

从表中的数据可知, 保温时间在 30 和 60m in 之间均可, 保温时间为 30m in 较好。此外, 保温时间与粒度的关系不大。表 7 中给出

的三组数据是不同时期进行热处理和测试的结果, 由此可以看出, 雾化 NdFeB 粉末只要妥善保存, 性能相当稳定。

3.2.3 回火粉末的粒度与磁性能的关系

表8、表9和表10给出了回火粉末的磁性能与粒度的关系。其中1[#]、2[#]粉末的 α 和*H*_c随粒度减小而增加的趋势比较明显;而

3[#]粉末的这种趋势不明显;仅-400目粉末的*H*_c较高。2[#]、3[#]回火态混合粉的磁性能也很好。

表8 1[#]回火粉末的磁性能随粒度的变化
(回火温度 *T* = 700 , 保温时间 *t* = 30min, 外加磁场 *H*_{ext} = 28kOe)

Table 8 Chngement of magnetic properties of 1[#] tempered powder with particle sizes

粒度, 目	$\alpha_s, \text{emu/g}$	$\alpha_r, \text{emu/g}$	<i>H</i> _{c, Oe}	S. R.
- 120+ 150	96.99	35.67	2562	0.3678
- 150+ 200	89.56	37.98	3238	0.4238
- 200+ 300	92.65	56.06	7679	0.6058
- 300+ 400	92.57	61.84	8883	0.6680
- 400+ 500	89.93	59.76	8722	0.6649
- 500	91.62	46.08	3519	0.5029

表9 2[#]回火粉末的磁性能随粒度的变化
(回火温度 *T* = 700 , 保温时间 *t* = 60min, 外加磁场 *H*_{ext} = 20kOe)

Table 9 Chngement of magnetic properties of 2[#] tempered powder with particle sizes

粒度, 目	$\alpha_s, \text{emu/g}$	$\alpha_r, \text{emu/g}$	<i>H</i> _{c, Oe}	S. R.
- 75+ 100	79.92	27.45	2706	0.3435
- 100+ 120	79.27	28.16	2563	0.3552
- 150+ 200	81.66	33.91	3439	0.4153
- 300+ 400	76.69	41.45	6191	0.5404
- 400	75.27	42.34	6422	0.5625
- 100	78.18	41.68	5873	0.5331

表10 3[#]回火粉末的磁性能随粒度的变化
(回火温度 *T* = 700 , 保温时间 *t* = 60min, 外加磁场 *H*_{ext} = 20kOe)

Table 10 Chngement of magnetic properties of 3[#] tempered powder with particle sizes

粒度, 目	$\alpha_s, \text{emu/g}$	$\alpha_r, \text{emu/g}$	<i>H</i> _{c, Oe}	S. R.
- 75+ 100	70.63	38.67	6233	0.5476
- 100+ 120	70.91	39.64	6644	0.5591
- 150+ 200	71.96	38.09	5781	0.5294
- 300+ 400	73.06	36.76	5881	0.5031
- 400	68.03	38.53	7141	0.5663
- 100+ 400	71.61	34.68	5706	0.4843

3.2.4 回火气氛、外加磁场与磁性能的关系

表11给出了3[#]粉末的磁性能与回火气氛和外加磁场的关系。由表可知, 不论是原始

粉还是回火粉, 磁性能随外加磁场的增加而增加, 回火的气氛对磁性能也有很大的影响。

表 11 3[#] 回火粉末的磁性能随回火气氛和外加磁场的变化
(粒度- 100+ 400 目)

Table 11 Chngement of magnetic properties of 3[#] tempered powder with tempering atmosphere plus magnetic fields

测量日期	T () × t (m in)	气氛	Hext, KOe	α, em u/g	α, em u/g	iHc,Oe	S R.
940620	原始粉		20	78.56	41.05	4765	0.5226
940609			28	80.17	49.31	7068	0.6150
931103	700 × 60	A	20	71.61	34.69	5706	0.4843
940618		B	20	71.91	39.43	9058	0.5483
940628		B	26	79.65	52.17	9597	0.6550
940625		B	28	76.44	49.76	11043	0.6510

3.2.5 回火后冷却方式与磁性能的关系

表 12 给出了 1[#] 粉末的回火制度与磁性能的关系, 其中主要说明回火后冷却方式的影响。回火后装粉的管子不论在空气中或在

水中冷却, 对粉末的磁性能影响不十分明显。此外, 磁性能对回火温度和保温时间不象 2[#]、3[#] 粉末那样敏感。

表 12 1[#] 粉末的磁性能随回火制度的变化
(粒度- 200+ 300 目, 外加磁场 Hext= 28KOe)

Table 12 Chngement of magnetic properties of 1[#] powder with tempering system

T () × t (m in)	冷却介质	α, em u/g	α, em u/g	iHc,Oe	S R.
650 × 15	空气	97.98	57.60	6754	0.5879
30	空气	93.07	57.53	8127	0.6181
60	空气	95.32	59.74	8001	0.6267
120	空气	94.17	56.76	6911	0.6027
650 × 15	水	94.05	57.82	8212	0.6148
30	水	94.74	58.44	7851	0.6168
60	水	95.30	59.09	7555	0.6200
120	水	92.36	56.56	7949	0.6123
700 × 15	空气	90.75	55.22	8408	0.6085
30	空气	92.65	56.06	7679	0.6050
30	水	94.86	57.21	7904	0.6031
60	水	94.68	59.52	8154	0.6286
120	空气	95.26	58.91	7237	0.6184

表 13 优化回火制度下雾化粉末的磁性能

Table 13 Magnetic properties of a atom ized powder under optin ized tempering system

成分序号	粒度, 目	T () × t (m in)	α, em u/g	α, em u/g	iHc,Oe	S R.
1 [#]	- 200+ 300	700 × 30	91.49	60.41	8139	0.6602
		700 × 60	94.61	63.26	8157	0.6686
2 [#]	- 300+ 400	700 × 30	94.30	63.94	8530	0.6730
		700 × 60	86.60	58.08	8633	0.6707
3 [#]	- 100+ 400	700 × 30	80.78	55.80	11063	0.6907
		700 × 60	77.46	52.06	11786	0.6718
	- 200+ 300	675 × 30	79.49	49.30	11043	0.6618
		700 × 30	78.80	55.27	10742	0.7015

3.2.6 在优化热处理制度下的雾化粉末的磁性能

表13和表14给出了一部分在优化热处理制度下雾化NdFeB粉末的磁性能。由表可见, 1#粉末的 α 和 α' 值高, 相应的 $(BH)_{max}$

高; 3#粉末的 iH_c 值高; 2#粉末的 iH_c 值与1#相近, $(BH)_{max}$ 值与3#相近。此外, 这些粉对热处理制度和粒度的要求范围很宽。这对工业化生产十分有利。

表14 优化回火制度下雾化粉末的磁能积

Table 14 Magnetic energy flux of atomized powder under optimized tempering system

成分序号	粒度, 目	B_r, G	iH_c, Oe	$(BH)_{max}, MGOe$
1#	- 200+ 300	6042	8157	5 920
	- 300+ 400	6203	8615	6 805
2#	- 100	5547	8633	5 260
3#	- 100+ 400	5238	11680	5 288
	- 300+ 400	5279	10742	5 243

4 讨论

4.1 实验结果的比较

4.1.1 磁性能与粒度

原始粉的磁性能随粒度的减小而增加这是一致的结论^[8,9,13]。但是经回火后有的随粒度减小而增加^[9], 有的与粒度关系不大, 甚至粒度细的磁性能反而低^[13], 这些现象与本实验结果相似。

4.1.2 磁性能与回火温度

回火温度一般在500~700之间较好^[9,13]。

4.1.3 磁性能与保温时间

保温时间一般选择1h左右^[9], 有的长达10~22h^[13], 有关这方面的优化数据不多。本实验选用0.5~1h的回火时间效果较好。若时间大于2h, 磁性能会下降。

4.1.4 粘结NdFeB磁体产品性能

与市场上部分粘结NdFeB磁体的性能相比, 本实验经热处理的雾化NdFeB粉末已接近实用水平。

4.2 改善雾化NdFeB粉末的磁性能

NdFeB系永磁体的主要磁性相是金属间化合物 $Nd_2Fe_{14}B$, 为四方结构, C轴为易磁化轴^[16]。其饱和磁化强度 $M_s = 16KG$, 各向异性场为65~70kOe, 理论磁能积 $(BH)_{max}$

= 64MGOe, 居里点 $T_c = 313$, 在0~150的温度范围内剩磁 B_r 和内禀矫顽力 iH_c 的温度系数分别为-0.126%/和-0.71%/。与其它磁体相比, 除温度系数较高外, NdFeB系永磁体具有优异的磁性能, 改善雾化NdFeB粉末的磁性能, 主要是提高 iH_c 和 $(BH)_{max}$, 降低温度系数。

为了得到优异的NdFeB粉末的磁性能, 通常从三个方面着手:

(1) 选择与制粉工艺相适应的合金成分;

(2) 减小雾化粉的颗粒直径;

(3) 寻找最佳的热处理工艺。

4.2.1 关于雾化粉末的成分配比

对于烧结法, 永磁合金中Nd和B的含量分别比 $Nd_2Fe_{14}B$ 化合物含量多时才能获得好的永磁性能, 一般含14~17at%Nd和6.5~8at%B。具有良好磁性能的快淬Nd-FeB合金成分与 $Nd_2Fe_{14}B$ 化合物十分接近, 而且B的含量要低, 一般不大于5at%。对于雾化粉的合金成分还处于摸索阶段。本实验研究了三种成分, 表14的结果给出了初步的启示: 提高 B_r , 应尽量提高Fe的含量; 提高 iH_c 和降低温度系数, 加Dy和Co是可行的办法。

用重稀土元素Dy部分地替代Nd,主要是为了提高各向异性场。因 $Dy_2Fe_{14}B$ 的各向异性场为158KOe,比 $Nd_2Fe_{14}B$ 高得多,加入Dy有利于提高 H_c 和合金的温度稳定性。然而由于Dy原子与Fe原子的反磁交互作用,加入Dy会降低合金的剩磁 B_r 。

用Co部分地替代Fe是提高 $Nd_2Fe_{14}B$ 相的居里温度最有效的办法,即提高合金的温度稳定性。居里温度的提高是由Co-Co间的强烈交互作用。然而Co-Co之间的交互作用能高于Co-Fe和Fe-Fe间的交互作用能,导致合金矫顽力下降。此外,Co还可提高磁体的耐腐蚀性能。

加入部分Al,作为Fe的代位元素,大多数研究者认为有利于提高矫顽力。文献[17]的研究表明,在 $NdDyFeCoB$ 系合金中,加入Al均有利于提高矫顽力。

4.2.2 减小雾化粉末的颗粒直径

雾化NdFeB粉末的磁性能随粒度的减小而增加,因此细化粉末是改善磁性能的一条重要途径。雾化粉的一种快速凝固粉,其冷却速率在铸锭-破碎粉和快淬粉之间,粉越细,晶粒也越细。晶粒小于单畴粒子的临界尺寸 $0.3\mu m$ 的细粉,是理想的粘结各向同性磁体的原料。关于细化粉末,文献[18]已探索出一套办法。

4.2.3 优化热处理工艺

NdFeB磁体的矫顽力不仅取决于 $Nd_2Fe_{14}B$ 相的各相异性场强度,而且还与合金的微观组织结构密切相关。实验表明雾化态的粉磁性能低,即与微观组织有关。文献[9]的热差分析结果表明,快速凝固的雾化粉中可能有介稳相,甚至还有非晶相。此外,文献[14]的分析指出,雾化粉的矫顽力机制可能与反磁化畴形核机制相近。因此,雾化粉必须象烧结磁体那样,进行回火处理,调整晶面和晶界相的结构,改善磁性能。实验表明,优化热处理工艺能大幅度地提高雾化粉的磁性能。

5 结论

(1) 雾化NdFeB粉的磁性能较低,经过回火处理后,其磁性能大幅度提高,回火温度在650~700、保温时间在30~60min之间为宜。

(2) 进一步优化热处理工艺及合金成分,雾化NdFeB粉有可能成为粘结各向同性永磁体的优质、廉价的原料。

本课题得到国家科委和中国科学院的大力资助,并列为院“八五”重点科研项目(应用研究,编号KM85-31);得到中国科学院院士吴承康先生,物理所副所长詹文山研究员的指导和支助,得到国家磁学开放实验室杨伏明、赵建纲、沈保根等教授的支持和帮助。在此,一并表示衷心的感谢。

6 参考文献

- 肖文涛 Nd-Fe-B型粘结磁体的发展现状 国外金属材料, 1991, 4: 16
- 张正义, 肖耀福, 裘宝琴, 等. HDD法粘结NdFeB磁体的磁性能 北京科技大学学报, 1993, 15(1): 115
- Method for making rare-earth element containing permanent magnets U S patent 4585473 1986
- 磁石用Nd-B-Fe系合金粉末的制造方法 JP, 昭 63- 109010 1988
- 磁石用合金粉末 JP, 昭 63- 216307 1988
- 永久磁石用合金粉末 JP, 昭 63- 216308 1988
- 稀土类-铁系永久磁石的制造方法 JP, 昭 63- 224306 1988
- 磁性粉末的制造方法 JP, 平 1- 194304 1989
- Masami Yamamoto, Akihisa Inoue, Tsuchi Masamoto. Production of Nd-Fe-B alloy powders using high-pressure gas atomization and their hard magnetic properties Metallurgical Transactions A, 1989, 20A: 5
- 稀土类-Fe-B系磁性粉末的制造方法 JP, 平 1- 205402 1989

- 11 永久磁石の制造方法 JP, 平 2- 162704 1990
- 12 Method of making bonded or sintered permanent magnet U S patent, 5240513 1993
- 13 Method for producing permanent magnet alloy particles for use in producing bonded permanent magnets EP, 0396235 A 2 1990
- 14 李清泉, 徐清洲, 麻润海, 等. 雾化NdFeB合金粉末的组织结构与磁性能. 粉末冶金技术, 1995, 13(1): 3
- 15 李清泉, 麻润海, 徐清洲, 等. 高温合金气体雾化制粉技术的实验研究. 有色金属与稀土应用, 1995, 1: 3
- 16 周寿增. 稀土永磁材料及其应用. 冶金工业出版社, 1990
- 17 A S Kim. Magnetic properties of NdDyFeCoAlB alloys J Appl Phys, 1988, 63(8): 3975
- 18 李清泉, 欧阳通, 麻润海, 等. 气雾化微细金属粉的生产工艺研究. 粉末冶金技术, 1996, 14(3): 181~ 188

RELATIONS BETWEEN MAGNETIC PROPERTIES OF GAS-ATOMIZED NdFeB POWDER AND HEAT TREATMENT TECHNOLOGY

Li Qingquan Tong Lirong Xu Qingzhou Ma Runhai Ouyang Tong Tian Xiaoshu
(Mechanical Research Institute, Academia Sinica, Beijing 100080)

Abstract An initial research has been made on the relations between the magnetic properties of gas-atomized NdFeB powder and the technological parameters of heat treatment including tempering temperatures, holding time, tempering atmosphere, cooling mode, etc and particle sizes. Technological conditions have been optimized. The powder as-tempered has superior properties, approximating to a level of practical use. Gas-atomized NdFeB powder is expected to be the raw materials for bonded magnets.

Key words gas-atomizing process NdFeB magnetic property heat treatment

· 简讯 ·

乌克兰专家来京举行技术讲座

应北京市粉末冶金研究所的邀请,乌克兰科学院材料学问题研究所 . . . 和 . . . 两位科学院院士(均为该所副所长),于九月上旬来华进行技术交流。该研究所技术力量雄厚,在国际上知名度极高。为满足粉末冶金及相关行业企事业单位生产和技术开发需要,北京机械工程学会粉末冶金分会和北京市粉末冶金研究所于9月9日联合举办了“乌克兰材料学问题技术讲座”,来自北京和天津有关生产企业、科研院所及高等院校的代表参加了讲座,讲座内容涉及粉末冶金发展现状、多孔材料、精细陶瓷、电工合金和注射成形等领域。两位专家既介绍了乌克兰材料学问题研究所目前的科研成果,也介绍了相应领域国际上其它国家的发展状况。

(学会秘书处 供稿)