



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105723480 B

(45)授权公告日 2018.07.17

(21)申请号 201480043680.3

(22)申请日 2014.06.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105723480 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(30)优先权数据
61/835,897 2013.06.17 US
61/921,845 2013.12.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.01.27

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/042805 2014.06.17

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/205002 EN 2014.12.24

(73)专利权人 城市矿业科技有限责任公司
地址 美国特拉华州

(72)发明人 米哈·扎科尼克 皮特·阿菲尼
斯科特·杜恩
卡特利娜·瓦娜·图多尔

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

代理人 王璐

(51)Int.Cl.
H01F 41/02(2006.01)
H01F 1/057(2006.01)

(56)对比文件
CN 103117143 A,2013.05.22,
CN 103117143 A,2013.05.22,
TW 453907 B,2001.09.11,

审查员 吴肖志

权利要求书4页 说明书29页 附图17页

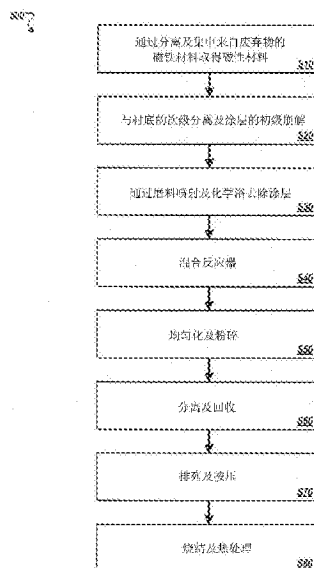
(54)发明名称

磁铁再生以产生磁性性能改善或恢复的Nd-Fe-B磁铁

(57)摘要

本发明揭示用于再生磁性材料以恢复或改善磁性性能的方法、系统及设备,其包含编码在计算机存储媒体上的计算机程序。所述方法中的一者包含通过循环加热及冷却来自废弃磁铁组合件的磁性材料将所述磁性材料消磁;粉碎附着于所述磁性材料的粘着剂;分裂所述磁性材料的涂层;及使所述磁性材料接受以下项中的至少一者:a)机械处理或b)化学处理,以去除所述涂层并制备无杂质的所述磁性材料;粉碎所述消磁的磁性材料以形成粉末;及将所述粉末与稀土材料R及元素添加剂A混合以产生均匀粉末,其中所述稀土材料R包括以下项中的至少一者:Nd或Pr,且所述元素添加剂A包括以下项中的至少一者:Nd、Pr、Dy、Co、Cu及Fe。

CN 105723480 B



1. 一种用于制造再生Nd-Fe-B永久磁铁的方法,其包括:

通过循环加热和冷却废弃磁铁组合件的磁性材料,消磁来自所述废弃磁铁组合件的所述磁性材料;

粉碎消磁的所述磁性材料以形成第一再生Nd-Fe-B粉末或第二再生Nd-Fe-B粉末;

将所述第一再生Nd-Fe-B粉末或第二再生Nd-Fe-B粉末与a)至少一种稀土材料R及b)至少一种元素添加剂A的粉末混合且任意地均匀化所产生的所述粉末混合以产生均匀粉末混合物,其中所述稀土材料R包括Nd或Pr中的至少一者,且所述元素添加剂A包括Dy、Co、Cu及Fe中的至少一者;及

烧结并磁化所述均匀粉末混合物以形成所述再生Nd-Fe-B永久磁铁,

其中,所述再生Nd-Fe-B永久磁铁包括延伸穿过所述再生Nd-Fe-B永久磁铁的多个晶粒边界区域,所述多个晶粒边界区域具有的所述稀土材料R及所述元素添加剂A的浓度大于存在于所述废弃Nd-Fe-B磁铁的对应晶粒边界区域中的浓度;其中,

所述第一再生Nd-Fe-B粉末具有从大约1微米至大约2毫米范围的平均颗粒大小,且

所述第二再生Nd-Fe-B粉末具有从大约1微米至大约4微米范围的平均颗粒大小,且其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁表现出:

(a)至少与来自所述废弃磁铁组合件的所述废弃磁性材料的剩磁及矫顽磁力相同的剩磁及矫顽磁力;或

(b)比来自所述废弃磁铁组合件的所述废弃Nd-Fe-B磁铁的矫顽磁力多约0%到约20%的矫顽磁力;或

(c)所述废弃Nd-Fe-B磁铁的剩磁的约97%的剩磁,且比来自所述废弃磁铁组合件的所述废弃Nd-Fe-B磁铁材料的矫顽磁力大至少30%的矫顽磁力;或

(d)所述废弃Nd-Fe-B磁铁的剩磁的约95%的剩磁,且比来自所述废弃磁铁组合件的所述废弃Nd-Fe-B磁铁材料的矫顽磁力大至少80%的矫顽磁力;或

(e)比来自所述废弃磁铁组合件的所述废弃Nd-Fe-B磁铁的剩磁多大约5%的剩磁,且与所述废弃Nd-Fe-B磁铁材料至少相同的矫顽磁力。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中从废弃Nd-Fe-B磁铁中粉碎消磁的磁性材料以形成第一再生Nd-Fe-B粉末或第二再生Nd-Fe-B粉末包含:通过筛分去除大于所述第一再生Nd-Fe-B粉末的所述平均颗粒大小的颗粒部分,形成具有从大约1微米至大约2毫米范围的平均颗粒大小的所述第一再生Nd-Fe-B粉末,以及进一步粉碎和均匀化所述第一再生Nd-Fe-B粉末以形成具有从大约1微米至大约4微米范围的平均颗粒大小的第二再生Nd-Fe-B粉末,以提供具有小于所述第一再生Nd-Fe-B粉末的氧含量的氧含量的所述第二再生Nd-Fe-B粉末。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中去除大于所述第一再生Nd-Fe-B粉末的所述平均颗粒大小的颗粒部分是在惰性氛围中进行的。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述惰性氛围包括氩气。

5. 根据权利要求1所述的方法,其包括:

将所述均匀粉末混合物与选自所述元素添加剂A的另一元素的粉末、选自所述稀土材料R的另一元素的粉末或者这两种粉末混合。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述稀土材料R包含NdPrH₃,其在烧结期间转变为无氧NdPr。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述稀土材料R的粉末相对于总均匀粉末混合物以原子百分比0.1at.%到1at.%范围的等级存在。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述稀土材料R的粉末包括具有25wt.%Nd比75wt.%Pr的比例的Nd及Pr。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中将所述稀土材料R及所述元素添加剂A的粉末依次与所述再生Nd-Fe-B粉末混合以产生所述均匀粉末混合物。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述稀土材料R的粉末、所述元素添加剂A的粉末以及所述再生Nd-Fe-B粉末同时混合以产生所述均匀粉末混合物。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中同时执行所述粉碎及所述混合。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述均匀粉末混合物具有从1微米到4微米范围内的平均颗粒大小。

13. 根据权利要求1所述的方法,其包含混合以下粉末以形成具有从大约1微米至大约4微米范围的平均颗粒大小的所述均匀粉末混合物:

所述第一再生Nd-Fe-B粉末;

所述稀土材料R及所述元素添加剂A的粉末。

14. 根据权利要求1所述的方法,其包含混合以下粉末以形成具有从大约1微米至大约4微米范围的平均颗粒大小的所述均匀粉末混合物:

所述第二再生Nd-Fe-B粉末;

所述稀土材料R及所述元素添加剂A的粉末。

15. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

将润滑剂添加到所述均匀粉末混合物及压实所述均匀粉末混合物以形成生坯;

在约1000°C到约1100°C之间的温度范围内烧结所述生坯;

在约490°C到约950°C之间热处理所述烧结的生坯;及

在低于15°C的惰性氛围中磁化所述经热处理的生坯以形成所述再生Nd-Fe-B永久磁铁。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B磁铁具有小于5毫米的平均颗粒尺寸。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B磁铁具有小于2.5毫米的平均颗粒尺寸。

18. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B磁铁具有约7.56g/cm³到约7.6g/cm³的范围的密度。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁包含原子百分比小于或等于3at.%的浓度的Co。

20. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁包含原子百分比小于或等于0.3at.%的浓度的Cu。

21. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁包含原子百分比小于或等于77at.%的组合浓度的Fe及Co。

22. 根据权利要求1所述的方法,其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁包含原子百分比小于或等于18at.%的组合浓度的Nd、Dy及Pr。

23. 根据权利要求1所述的方法, 其中:

所述再生Nd-Fe-B永久磁铁特征在于具有基本上为 $W_aR_bA_c$ 的成分, 其中W包括对应于来自所述废弃Nd-Fe-B磁铁中的消磁的Nd-Fe-B材料的Nd-Fe-B材料的组成;

下标a、b及c对应于对应成分或元素的原子百分比;

a(t) 是W中相对于所述再生Nd-Fe-B磁铁的所述成分的元素t的所述原子百分比;

b(t) 是含有材料R的所述稀土中相对于所述再生Nd-Fe-B磁铁的所述成分的元素t的所述原子百分比;

c(t) 是所述元素添加剂A中相对于所述再生Nd-Fe-B磁铁的所述成分的元素t的所述原子百分比; 及

a、b、c、a(t)、b(t) 及c(t) 具有满足以下条件的值:

$$81\text{at.}\% \leq a \leq 99.9\text{at.}\%,$$

$$0.1\text{at.}\% \leq b \leq 19\text{at.}\%,$$

$$3\text{at.}\% - 99.9\% * a(\text{Co}) \leq c(\text{Co}) \leq 3\text{at.}\% - 81\% * a(\text{Co}),$$

$$0.3\text{at.}\% - 99.9\% * a(\text{Cu}) \leq c(\text{Cu}) \leq 0.3\text{at.}\% - 81\% * a(\text{Cu}),$$

$$77\text{at.}\% - 99.9\% * (a(\text{Fe}) + a(\text{Co})) \leq c(\text{Fe}) \leq 77\text{at.}\% - 81\% * (a(\text{Fe}) + a(\text{Co})),$$

$$a(\text{Nd}) + b(\text{Nd}) + c(\text{Nd}) + a(\text{Pr}) + b(\text{Pr}) + c(\text{Pr}) > 0\text{at.}\%,$$

$$a(\text{Nd}) + b(\text{Nd}) + c(\text{Nd}) + a(\text{Pr}) + b(\text{Pr}) + c(\text{Pr}) + a(\text{Dy}) + b(\text{Dy}) + c(\text{Dy}) \leq 18\text{at.}\%,$$

$$a(\text{Co}) + b(\text{Co}) + c(\text{Co}) \leq 3\text{at.}\%,$$

$$a(\text{Cu}) + b(\text{Cu}) + c(\text{Cu}) \leq 0.3\text{at.}\%,$$

$$a(\text{Fe}) + b(\text{Fe}) + c(\text{Fe}) + a(\text{Co}) + b(\text{Co}) + c(\text{Co}) \leq 77\text{at.}\%, \text{ 及}$$

$$b(\text{Nd}) + c(\text{Nd}) + b(\text{Pr}) + c(\text{Pr}) + b(\text{Dy}) + c(\text{Dy}) \geq 0\text{at.}\%。$$

24. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述再生Nd-Fe-B永久磁铁特征在于具有基本上为 $W_aR_bA_c$ 的成分, 其中W包括来自所述磁性材料的Nd-Fe-B材料且下标a、b及c包括所述对应成分或元素的原子百分比, 且所述稀土材料R及所述元素添加剂A满足:

$$\text{Nd}[0.1-19\% * s(\text{Nd}), x],$$

$$\text{Pr}[0.1-19\% * s(\text{Pr}), y],$$

$$\text{Dy}[0.1-19\% * s(\text{Dy}), z],$$

$$\text{Co}[0\text{at.}\%, d],$$

$$\text{Cu}[0\text{at.}\%, e],$$

$$\text{Fe}[0\text{at.}\%, f],$$

其中:

[m,n] 意指从最小区间m中的第一值到最大区间n中的第二值的范围;

s(t) 是元素t在起始成分中的原子百分比;

$$x = 18\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}));$$

$$y = 18\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}));$$

$$z = 18\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}));$$

$$d = 3\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * s(\text{Co});$$

$$e = 0.3\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * s(\text{Cu}); \text{ 及}$$

$$f = 77\text{at.}\% - [81, 99.9]\% * (s(\text{Fe}) + s(\text{Co}))。$$

25. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

通过以下项从一个或多个废弃Nd-Fe-B磁铁组合件取得所述消磁的磁性材料:

将每一废弃Nd-Fe-B磁铁组合件物理分离为废弃Nd-Fe-B磁铁与非磁性材料;

从每一废弃Nd-Fe-B磁铁中去除任意残留的涂层或粘着剂;及

从废弃Nd-Fe-B磁铁中对每一废弃Nd-Fe-B磁铁消磁以形成所述消磁的磁性材料。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中:

去除任意残留的涂层或粘着剂包含使所述废弃Nd-Fe-B磁铁接受机械粉碎或分裂处理或化学处理。

27. 根据权利要求26所述的方法,其中所述至少一个涂层选自:所述废弃磁铁部分的电解质黑色环氧树脂、Ni、Ni-Cu、Ni-Ni、Ni-Cu-Ni或Zn涂层。

28. 根据权利要求1所述的方法,其中所述循环加热及冷却包括:

将每一废弃Nd-Fe-B磁铁加热到所述废弃Nd-Fe-B磁铁的居里温度;然后

以至少100°C/秒的速率冷却所述废弃Nd-Fe-B磁铁。

29. 根据权利要求1所述的方法,其中所述Nd-Fe-B磁性产物中的Nd、Pr及Dy的组合原子百分比大于或等于来自所述废弃Nd-Fe-B磁铁中的Nd、Pr及Dy的组合原子百分比。

30. 根据权利要求1所述的方法,其中:

(a) 所述稀土材料R的粉末在所述均匀粉末中相对于总均匀粉末混合物以原子百分比0.1at.%到1at.%范围的等级存在;

(b) 所述稀土材料R的粉末包括以下项中的至少一者:

(i) Nd或

(ii) 具有75wt.%Nd比25wt.%Pr的比例的Pr;及

(c) 所述剩磁及所述矫顽磁力至少与来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分相同。

磁铁再生以产生磁性性能改善或恢复的Nd-Fe-B磁铁

背景技术

[0001] 本发明涉及从废弃磁性材料制造钕-铁-硼 (Nd-Fe-B) 烧结磁铁。

[0002] 稀土永久磁铁 (REPM) 的全球市场正与REPM应用的范围一起成长。REPM展现出高磁性的性能特性,且在许多工业中被用来发展高科技、高效率的应用,所述工业包含电子、能源、交通、航空、国防、医疗装置、以及信息及通信技术。

[0003] 例如,使用Nd-Fe-B永久磁铁的应用包含:起动马达、防锁制动系统 (ABS)、燃料泵、风扇、扬声器、麦克风、电话铃、开关、继电器、硬盘驱动器 (HDD)、步进马达、伺服马达、磁共振成像 (MRI)、风车发电机、机器人、传感器、磁分离器、导引系统、卫星、巡航导弹等等。

[0004] Nd-Fe-B型烧结磁铁具有非常精细调整的元素成分,所述成分除了Nd之外还包含如Dy、Tb、Ga、Co、Cu、Al等元素及其它少量的过渡金属元素添加。

发明内容

[0005] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现于方法中,所述方法包含以下动作:通过循环加热及冷却来自废弃磁铁组合件的磁性材料将所述磁性材料消磁、粉碎附着于所述磁性材料的粘着剂、分裂所述磁性材料的涂层,及使所述磁性材料接受以下项中的至少一者:a) 机械处理或b) 化学处理,以去除所述涂层并制备无杂质的磁性材料;粉碎消磁的磁性材料以形成粉末;及将所述粉末与a) 稀土材料R及b) 元素添加剂A混合以产生均匀粉末,其中所述稀土材料R可包含以下项中的至少一者:a) Nd或b) Pr,且所述元素添加剂A可包含以下项中的至少一者:a) Nd、b) Pr、c) Dy、d) Co、e) Cu及f) Fe。此方面的其它实施例包含对应计算机系统、设备及记录在一或多个计算机存储装置上的计算机程序,所述计算机系统、设备及计算机程序各自经配置以执行所述方法的动作。一或多个计算机的系统可经配置以凭借具有安装在系统上的软件、固件、硬件或其组合来执行特定操作或动作,所述系统在操作时使所述系统执行所述动作。一或多个计算机程序可经配置以凭借包含指令来执行特定操作或动作,所述指令在由数据处理设备执行时使所述设备执行所述动作。

[0006] 前述及其它实施例可各自选用地包含以下单独的或组合的特征中一或多者。所述方法可包含同时执行所述粉碎及所述混合。粉碎所述消磁的磁性材料可包含将所述消磁的磁性材料粉碎到介于 $1\mu\text{m}$ 到 $4\mu\text{m}$ 之间的平均颗粒大小。粉碎所述消磁的磁性材料可包含从所述消磁的磁性材料去除所述消磁的磁性材料中颗粒分数大小大于平均颗粒大小的颗粒,以在所述消磁的磁性材料中获得低氧浓度。从所述消磁的磁性材料去除所述消磁的磁性材料中所述颗粒大小分数大于所述平均颗粒大小的颗粒以在所述消磁的磁性材料中获得低氧浓度可包含筛分。

[0007] 在一些实施方案中,所述方法包含将所述均匀粉末与选自所述稀土材料R或所述元素添加剂A的另一元素混合。所述方法可包含使所述磁性材料接受以下中的至少一者:a) 机械处理或b) 化学处理,以去除所述涂层并制备无杂质的磁性材料。所述方法可包含通过以下项从一个或多个磁铁组合件取得所述磁性材料:将废弃磁铁部分与所述磁铁组合件中

包含的非磁铁部分分离;及从所述非磁铁部分提取所述废弃磁铁部分。粉碎所述消磁的磁性材料以形成所述粉末可包含碎所述消磁的磁性材料以形成具有介于约1微米到约2毫米之间的平均颗粒大小的所述粉末。所述方法可包含进一步将所述粉末粉碎成介于约1微米到约4微米之间的平均颗粒大小;及均匀化所述粉末。均匀化所述粉末可包含均匀化可包含介于约1微米到约2毫米之间的平均颗粒大小的所述粉末,且将所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末可包含将具有介于约1微米到约4微米之间的平均颗粒大小的所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末。将所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末可包含将具有介于约1微米到约2毫米之间的平均颗粒大小的所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末,且均匀化所述粉末可包含均匀化可包含介于约1微米到约4微米之间的平均颗粒大小的所述粉末。

[0008] 在一些实施方案中,所述方法包含与粉碎所述消磁的磁性材料以形成所述粉末分开而粉碎所述稀土材料R及所述元素添加剂A,其中将所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末可包含将所述粉末与a)所述粉碎的稀土材料R及b)所述粉碎的元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末。

[0009] 在一些实施方案中,所述方法可包含烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物,所述再生Nd-Fe-B磁性产物的剩磁及矫顽磁力至少与来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分相同。烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物可包含压实所述均匀粉末以形成生坯;在约1000°C到约1100°C之间烧结所述生坯;及在低于15°C的惰性氛围中磁化所述烧结的生坯以形成所述再生Nd-Fe-B磁性产物。所述方法可包含在磁化所述烧结的生坯之前在约490°C到约950°C之间热处理所述烧结的生坯。所述方法可包含在低于15°C下将所述生坯暴露于惰性磁场。所述再生Nd-Fe-B磁性产物中的Co的原子百分比可小于或等于3%。所述再生Nd-Fe-B磁性产物中的Cu的原子百分比可小于或等于0.3%。所述再生Nd-Fe-B磁性产物中的Fe及Co的组合原子百分比可小于或等于77%。所述再生Nd-Fe-B磁性产物中的Nd、Pr及Dy的组合原子百分比可大于或等于来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分中的Nd、Pr及Dy的组合原子百分比。所述再生Nd-Fe-B磁性产物中的Nd、Dy及Pr的组合原子百分比可小于或等于18at.%。所述方法可包含在压实所述均匀粉末以形成生坯之前将润滑剂添加到所述粉末。所述再生Nd-Fe-B磁性产物的所述矫顽磁力可比来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分的所述矫顽磁力大约0%到约20%之间。

[0010] 在一些实施方案中,所述方法可包含烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物,所述再生Nd-Fe-B磁性产物具有最终剩磁及最终矫顽磁力,其中所述最终剩磁为来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分的另一剩磁的约97%,且所述最终矫顽磁力比所述废弃磁铁部分的另一矫顽磁力大至少30%。所述方法可包含烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物,所述再生Nd-Fe-B磁性产物具有最终剩磁及最终矫顽磁力,其中所述最终剩磁为来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分的另一剩磁的约95%,且所述最终矫顽磁力比所述废弃磁铁部分的另一矫顽磁力大至少80%。所述方法可包含烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物,所述再生Nd-Fe-B磁性产物具有最终剩磁及最终矫顽磁力,其中所述最终剩磁为比来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分的另一剩磁大约5%,且所述最终矫顽磁力至少与所述废弃磁铁部分的另一矫顽磁力相同。

[0011] 在一些实施方案中,所述方法可包含烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物,所述再生Nd-Fe-B磁性产物具有基本上为 $W_aR_bA_c$ 的成分,其中W可包含来自所述废弃磁铁组合件的Nd-Fe-B材料,且下标a、b及c表示对应成分或元素的原子百分比。将所述粉末与a)所述稀土材料R及b)所述元素添加剂A混合以产生所述均匀粉末可包含将所述稀土材料R及所述元素添加剂A均匀地分布于所述消磁的磁性材料内,且烧结及磁化所述均匀粉末以形成再生Nd-Fe-B磁性产物可包含形成具有所述稀土材料R的浓度及所述元素添加剂A的浓度的所述再生Nd-Fe-B磁性产物,平均上所述稀土材料R的浓度和所述元素添加剂A的浓度围绕所述再生Nd-Fe-B磁性产物内的初级 $Nd_2Fe_{14}B$ 相增加。形成所述再生Nd-Fe-B磁性产物可包含平均上在延伸遍布所述再生Nd-Fe-B磁性产物的多个晶粒边界区域恢复、修改及改善晶粒边界相的浓度及元素成分。 $81 \leq a \leq 99.9, 0.1 \leq b \leq 19, 3-81*a(Co) \leq c(Co) \leq 3-99.9*a(Co), 0.3-81*a(Cu) \leq c(Cu) \leq 0.3-99.9*a(Cu), 77-81*(a(Fe)+a(Co)) \leq c(Fe) \leq 77-99.9*(a(Fe)+a(Co)), a(Nd)+b(Nd)+c(Nd)+a(Pr)+b(Pr)+c(Pr) > 0, a(Nd)+b(Nd)+c(Nd)+a(Pr)+b(Pr)+c(Pr)+a(Dy)+b(Dy)+c(Dy) \leq 18, a(Co)+b(Co)+c(Co) \leq 3, a(Cu)+b(Cu)+c(Cu) \leq 0.3, a(Fe)+b(Fe)+c(Fe)+a(Co)+b(Co)+c(Co) \leq 77$, 且 $b(Nd)+c(Nd)+b(Pr)+c(Pr)+b(Dy)+c(Dy) \geq 0$ 。所述再生Nd-Fe-B磁性产物可满足 $Nd[0.1-19at.\%*s(Nd), x]Pr[0.1-19at.\%*s(Pr), y]Dy[0.1-19\%*s(Dy), z]Co[0, d]Cu[0, e]Fe[0, f]$, 其中[m,n]意指从最小值m到最大值n的范围; s(t)是元素t在起始成分中的原子百分比; f(t)是元素t在最终成分中的原子百分比; $x=18-[81, 99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $y=18-[81, 99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $z=18-[81, 99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $d=3-[81, 99.9]at.\%*s(Co)$; $e=0.3-[81, 99.9]at.\%*s(Cu)$; 且 $f=77-[81, 99.9]at.\%*(s(Fe)+s(Co))$ 。

[0012] 在一些实施方案中,通过循环加热及冷却来自所述废弃磁铁组合件的所述磁性材料将所述磁性材料消磁可包含将来自所述废弃磁铁组合件的废弃磁铁部分消磁,以粉碎将包含所述磁性材料的废弃磁铁部分粘着于非磁铁部分的所述粘着剂且分裂至少一个涂层,所述涂层是选自:所述废弃磁铁部分的电解质黑色环氧树脂、Ni、Ni-Cu、Ni-Ni、Ni-Cu-Ni或Zn涂层。所述循环加热及冷却可包含将所述磁性材料加热到所述稀土材料R的居里温度,且在达到所述稀土材料R的居里温度之后,以至少100°C/秒的速率冷却所述磁性材料。混合所述粉末可包含将所述粉末与Pr、Nd、Dy、Co、Cu或Fe中的至少三种元素混合。所述元素添加剂A可包含纯Nd。所述元素添加剂A可包含纯Pr。所述方法可包含在粉碎所述消磁的磁性材料之前将润滑剂添加到所述粉末。

[0013] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现于再生Nd-Fe-B烧结磁铁中,所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含 $W_aR_bA_c$ 的成分,其中废弃材料W可包含来自废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的材料,稀土材料R可包含以下中的至少一者:a) Nd或b) Pr, 且元素添加剂A可包含以下中的至少一者:a) Nd、b) Pr、c) Dy、d) Co、e) Cu及f) Fe, 且下标a、b及c指示对应成分或元素的原子百分比并具有满足 $81 \leq a \leq 99.9, 0.1 \leq b \leq 19, 3-81*a(Co) \leq c(Co) \leq 3-99.9*a(Co), 0.3-81*a(Cu) \leq c(Cu) \leq 0.3-99.9*a(Cu), 77-81*(a(Fe)+a(Co)) \leq c(Fe) \leq 77-99.9*(a(Fe)+a(Co)), a(Nd)+b(Nd)+c(Nd)+a(Pr)+b(Pr)+c(Pr) > 0, a(Nd)+b(Nd)+c(Nd)+a(Pr)+b(Pr)+c(Pr)+a(Dy)+b(Dy)+c(Dy) \leq 18, a(Co)+b(Co)+c(Co) \leq 3, a(Cu)+b(Cu)+c(Cu) \leq 0.3, a(Fe)+b(Fe)+c(Fe)+a(Co)+b(Co)+c(Co) \leq 77$, 且 $b(Nd)+c(Nd)+b(Pr)+c(Pr)+b(Dy)+c(Dy) \geq 0$ 的值。

[0014] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现于再生Nd-Fe-B烧结磁铁,所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含 $W_aR_bA_c$ 的成分,其中废弃材料W可包含来自废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的材料,稀土材料R可包含以下中的至少一者:a) Nd或b) Pr,且元素添加剂A可包含以下中的至少一者:a) Nd、b) Pr、c) Dy、d) Co、e) Cu及f) Fe,且下标a、b及c指示对应成分或元素的原子百分比并具有满足 $Nd[0.1-19at.\%*s(Nd),x]Pr[0.1-19at.\%*s(Pr),y]Dy[0.1-19\%*s(Dy),z]Co[0,d]Cu[0,e]Fe[0,f]$ 的值,其中[m,n]意指从最小值m到最大值n的范围;s(t)是元素t在起始成分中的原子百分比;f(t)是元素t在最终成分中的原子百分比; $x=18-[81,99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $y=18-[81,99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $z=18-[81,99.9]at.\%*(s(Nd)+s(Pr)+s(Dy))$; $d=3-[81,99.9]at.\%*s(Co)$; $e=0.3-[81,99.9]at.\%*s(Cu)$;且 $f=77-[81,99.9]at.\%*(s(Fe)+s(Co))$ 。

[0015] 前述及其它实施例可各自选用地包含单独的或组合的以下特征之一或更多者。所述稀土材料R及所述元素添加剂A可均匀地遍布于所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁中,使得所述稀土材料R的浓度及所述元素添加剂A的浓度平均上在废弃材料W的混合物中围绕所述再生Nd-Fe-B磁性产物内的初级 $Nd_2Fe_{14}B$ 相增加。所述废弃材料W的第一原子百分比可包含约99.9at.%与约81at.%之间,且所述稀土材料R及所述元素添加剂A的组合的第二原子百分比可包含约0.1at.%与约19at.%之间。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于5微米的平均粒度。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于2.5微米的平均粒度。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含介于约7.56g/cm³到约7.6g/cm³之间的密度。

[0016] 在一些实施方案中,所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于或等于3%的Co的原子百分比。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于或等于0.3%的Cu的原子百分比。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于或等于77%的Fe及Co的组合原子百分比。所述再生Nd-Fe-B烧结磁铁可包含小于或等于18%的Nd、Dy及Pr的组合原子百分比。所述元素添加剂A可包含纯Nd。所述元素添加剂A可包含纯Pr。

[0017] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现于用于从寿命终止产物取得废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的系统,所述系统包含界定凹部的定位机构,所述凹部相对于所述定位机构接收及定位所述寿命终止产物,所述寿命终止产物包含所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁;分离站,当所述定位机构移动相应寿命终止产物通过所述分离站时,所述分离站实质上将所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分与所述寿命终止产物的其余部分分离;及输送站,当所述定位机构将相应寿命终止产物移动到所述输送站时,所述输送站从所述定位机构接收所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分。

[0018] 前述及其它实施例可各自选用地包含单独的或组合的以下特征中一或更多者。所述系统可包含装载站及在所述装载站将所述寿命终止产物装载到所述定位机构上的装载装置。所述装载装置可在所述定位机构上定向所述寿命终止产物,以定位所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分以用于在所述分离站从所述寿命终止产物的其余部分分离。所述装载装置可包含机器人。所述装载装置可包含给料器。所述输送站可包含收回箱,所述收回箱从所述定位机构接收所述寿命终止产物中的至少一些的所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分。

[0019] 在一些实施方案中,所述输送站包含完成从所述寿命终止产物的其余部分去除所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分的工具。所述工具可包含偏转表

面。所述工具可包含磨料切割机。

[0020] 在一些实施方案中,所述输送站包含回收箱,当所述工具完成从所述寿命终止产物的其余部分去除所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分时,所述回收箱接收所述寿命终止产物中的至少一些的所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分。所述输送站可包含输送带,当所述工具完成从所述寿命终止产物的其余部分去除所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分时,所述输送带接收所述寿命终止产物中的至少一些的所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分。所述输送站可包含滑道,当所述工具完成从所述寿命终止产物的其余部分去除所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分时,所述滑道接收所述寿命终止产物中的至少一些的所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分。

[0021] 在一些实施方案中,所述系统包含支撑所述定位机构的基座及所述基座中在所述输送站的孔隙,以允许所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分落入所述回收箱。所述系统可包含丢弃站,所述丢弃站从所述定位机构去除所述寿命终止产物中的至少一些的所述寿命终止产物的其余部分。所述丢弃站可包含丢弃箱。所述定位机构可围绕中心轴旋转,以在所述分离站与所述输送站之间移动所述寿命终止产物。所述系统可包含支撑所述定位机构的基台。所述系统可包含轴承,所述轴承位于支撑所述定位机构的基台上并减少所述基台与所述定位机构之间的摩擦。

[0022] 在一些实施方案中,所述分离站可包含等离子体切割器、喷水器、刀片切割器、带锯及剪刀中的一者。所述定位机构可包含转台,所述转台界定多个凹部,其中的每一者在装载站处接收寿命终止产物中的一者。所述系统可包含过滤排气孔以从所述系统去除废弃颗粒。所述系统可包含惯性分离器以从所述系统去除废弃颗粒。所述系统可包含排气孔以从所述系统排出污染物。所述系统可包含加热器,所述加热器从所述输送站接收所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分并将所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分加热到高于所述磁性材料的居里温度的温度。所述系统可包含冷却器,所述冷却器快速冷却所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分,以在所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分中促进相应磁性材料从相应子组合件脱离。在将所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分加热到高于所述磁性材料的居里温度的温度之后,所述冷却器可将所述寿命终止产物中含有所述废弃Nd-Fe-B烧结磁铁的部分快速冷却到5℃。

[0023] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现在用于粉碎及混合废弃磁性材料的气体混合设备中,所述气体混合设备包含多个反应容器,所述多个反应容器中的每一者可包含内衬,所述内衬具有界定于其中的多个开口,所述内衬中的每一者经配置以接收磁性材料并促进气体通过所述多个开口在所述磁性材料周围循环;以及泵及阀组合件,其操作性地耦合到所述多个反应容器,以控制引入所述多个反应容器中的气体并控制气体在所述多个反应容器之间的传送。

[0024] 前述及其它实施例可各自选用地包含单独的或组合的以下特征中一或多个者。所述多个反应容器中的每一者可包含扩散促进装置,所述扩散促进装置包含被界定通过所述装置的多个孔隙,所述扩散促进装置操作性地耦合到所述泵及阀组合件且经配置以促进气体分布于整个反应容器中。所述多个反应容器中的每一者可包含可移动盖。所述泵及阀组合

件可被操作性地耦合到所述多个反应容器,以允许以下一或更多项:真空泵排空反应容器;从反应容器中的一者将气体排到大气;加压所述反应容器;及用气体回填一个或两个反应容器。所述设备可包含操作性地耦合到所述泵及阀组合件的控制器,以自动化气体混合过程及所述反应容器之间的气体传送。

[0025] 在一些实施方案中,所述设备包含气体存储室,其中所述气体存储室经配置以在将气体传送到反应容器中的一者之前存储传送自反应容器中的另一者的气体。所述气体可为氢气或惰性气体与氢气的混合物。反应容器中的一或多个者可包含经配置以促进气体在所述反应容器中的每一者内部流动的循环促进器。所述循环促进器可包含搅拌器、风扇或气体给料器中的一者。所述多个反应容器中的每一者可包含连接于所述反应容器与所述泵及阀组合件之间的单独气体供应管线。所述气体混合设备可经配置以从所述废弃磁性材料产生颗粒大小介于 $1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 之间的粉末。

[0026] 一般来说,本说明书中描述的标的物的一种创新方面可体现在用于粉碎及混合废弃磁铁以形成最优粉末及/或氢化物掺合物的氢混合设备,所述设备包含一对反应室及连接到所述对反应室或将其互连的气体管理组件,所述气体管理组件经配置以在所述对反应室之间传送气体,并将反应室中的一者加压到目标压力。

[0027] 前述及其它实施例可各自选用地包含单独的或组合的以下特征中的一或多个者。所述气体管理组件可包含操作性地耦合到所述对反应室的泵及阀组合件,以控制引入所述对反应室中的气体及控制所述对反应室之间的气体传送。反应室中的至少一者可在所述反应室内包含恒温调节加热器。所述设备可包含滑架组合件,所述滑架组合件经配置以被所述对反应室中的一者接收,所述滑架组合件可包含含有废弃磁性材料的一或多个瓶。所述滑架组合件可包含可移动盖。所述瓶可包含可移动盖,所述盖经配置以充当漏斗以在所述氢混合过程之后允许回收的氢化物磁铁颗粒被导引通过滑道。瓶中的一或多个者可包含促进气体在所述瓶的内部内扩散的装置。所述装置可包含圆柱体,所述圆柱体在其侧面中具有允许气体扩散的开口,因此气体可到达瓶内含有的废弃磁性材料。

[0028] 本说明书中描述的标的物可被实施于特定实施例中,以实现以下优点中的一或多个者。在一些实施方案中,再生过程具有低能量消耗及低原生材料消耗。在一些实施方案中,再生的Nd-Fe-B磁铁可减少经济及/或环境成本,且不减损最终产物(完全致密的Nd-Fe-B烧结磁铁)的磁性性能及交付价值。在一些实施方案中,再生的Nd-Fe-B磁铁产物可具有与原生Nd-Fe-B磁铁类似或更优的性能。在一些实施方案中,再生的Nd-Fe-B磁铁产物可包含用以产生再生磁铁的多达99.9%的废弃起始磁性材料。

[0029] 本说明书的标的物的一或多个实施例的细节陈述于附图及以下描述中。所述标的物的其它特征、方面及优点将从所述描述、图式及权利要求书中变得显而易见。

附图说明

[0030] 图1A到1C示出了分离机的实例。

[0031] 图2示出了炉的实例,所述炉处理磁铁或磁性组合件用于消磁并从EOL磁铁去除组合件。

[0032] 图3A示出了清洗磁铁的磨料喷射清洗装置的实例。

[0033] 图3B示出了将废弃磁性材料破坏成颗粒并混合所述颗粒的氢混合反应器的实例。

[0034] 图4A到4E、4H和4J示出了反应瓶,所述反应瓶可被放在滑架上以允许将反应瓶送入及送出反应室。

[0035] 图4F到4G示出了具有一对反应室的另一氢混合反应器的实例。

[0036] 图4K示出了用于从瓶接收的磁性颗粒的存储容器的实例。

[0037] 图5是用于回收来自产物的废弃磁铁及磁性材料的过程的实例,例如制造“散料的”、失败的/退回的/剩余的批次及/或EOL产物以实现目标性质。

[0038] 图6是示出可被获得成为散料及/或EOL磁铁及用于再生磁铁的起始材料的性质范围的实例的图。

[0039] 图7是比较原始废弃磁性材料的成分(左边的栏中示出)与通过所述过程产生的完成再生磁铁产物(右边的栏中示出)的成分的图。

[0040] 图8示出了不同形状及涂层的烧结磁铁。

[0041] 图9是计算系统的框图,所述计算系统可与本文件中描述的计算机实施方法结合使用。

[0042] 在各个图式中相同的元件符号及名称指示相同的元件。

具体实施方式

[0043] 根据一些实施方案,描述了一种用于使用废弃磁铁制造完全致密的Nd-Fe-B烧结磁铁的方法,所述废弃磁铁例如散料的磁性材料及/或寿命终止(EOL)磁铁。散料磁铁是指没有终端产物涂装(特别是涂层材料)的磁性材料。散料的磁铁材料的实例是由于材料损失、机械加工(废料)及制造过程中发生的无效率而被丢弃的磁性材料。此材料在产业中使用的另一术语是落砂。寿命终止(EOL)磁铁是指包含终端产物涂装(特别是涂层材料)的磁铁及磁铁片。EOL磁铁材料的实例包含从丢弃产物取得的磁铁或其磁铁片。例如,从磁铁的磁电路、组合件或其它衬底分离出来但是仍然可保留其涂层的磁铁。寿命终止产物将是包含例如硬盘驱动器的EOL磁铁的产物。

[0044] 制造方法与传统的Nd-Fe-B制造相比可减少整个价值链中的活动数量,例如采矿、浓缩、氧化生产、氯化物生产、合金生产、带铸程序均已被全部免除。由下文描述的过程所得的产物就剩磁(Br)、矫顽磁力(iHc)及能量乘积(BHmax)来说是可展现出高性能特性的完全致密Nd-Fe-B烧结磁铁,如下文参考表描述。在一些实施方案中,所述产物可被制造成与废弃起始材料相比具有相同或更大的剩磁(Br)、矫顽磁力(iHc)或能量乘积(BHmax)。与废弃起始材料相比,新的Nd-Fe-B产物可展现出改善的温度分布及耐腐蚀性。一种方法可具有低的原生材料输入要求及低的基本操作成本。所述过程可结合81%到99.9%的废弃磁性材料及/或磁铁以及0.1%到19%的稀土元素添加剂,且所述过程可具有回收存在于废弃磁铁中的所有元素(例如,Nd、Dy、Pr及Fe、Co、Cu、Al、Ti、Zr、Gd、Tb等)的高亲和性及磁性性能(例如,Br、iHc或BHmax等)。

[0045] 一种制造完全致密的Nd-Fe-B烧结磁铁的方法可包含:从产物结构中提取EOL磁铁组件,所述产物结构包含但不限于硬盘驱动器、马达、发电机或扬声器;及在新的Nd-Fe-B烧结磁铁产物的制造方法之前通过机械及化学措施及处理制备磁铁及磁性材料。一种Nd-Fe-B烧结磁铁产物的制造方法可包含直接从所提取的EOL磁铁组件中去除涂层。一种方法可包含所得的未涂覆材料的一或更多种混合操作,所述操作中的至少一者可包含(但不限于)使

用氢混合反应器来混合未涂覆的磁性材料。一种方法可采用氧气抑制的方法。一种方法可包含添加范围在起始材料的0.1%到19%的新稀土元素添加剂材料。一些实施方案的进一步细节及选用特征包含维持、改善、及/或提供特定目标的Nd-Fe-B磁铁性能特性的操作。此类性能特性可包含颗粒大小、排列、密度、能量乘积(BHmax)、矫顽磁力(iHc)及/或剩磁(Br)的所需组合。

[0046] 当制造具有所需性质的再生产物时,一些实施方案可减少对于新的稀土元素供应的需求。一些实施方案可降低稀土元素供应的风险及终端用户对于稀土元素价格波动的易受损性、在生产更可持续的磁铁供应链中扮演重要的角色或上述中任意两者或更多者的组合。在一些实施方案中,通过利用废弃磁性材料来取代开采原生材料,降低材料输入要求的成本。随之而来的效益是可降低在材料、废料、污染及能源方面的资源需求。

[0047] 在一些实施方案中,方法包含回收产物结构(例如EOL产物)中包含或内嵌的Nd-Fe-B磁铁组件。在初步处理(可被特征化为取得阶段)中,一种方法可包含从附接的组件或组件材料中取得EOL Nd-Fe-B磁铁,所述附接的组件或组件材料被包含在EOL产物中或与EOL产物分离。在一些实施方案中,所述初步处理包含合并含有EOLNd-Fe-B磁铁的组件及从组件材料中分离EOL Nd-Fe-B磁铁,以增加磁铁对总质量的浓度。所述初步处理可分离、粉碎或崩解磁铁及/或任何材料上的涂层,所述涂层例如将磁铁固定于其它材料(例如磁性电路或支撑框架)的粘着剂。

[0048] 初步取得处理之后可为进一步步骤,所述步骤包含适用于将磁铁和磁性组合件之间的粘着剂结合分离的加热及冷却操作,以及初步或完全分解磁铁上的涂层。在一些实施方案中,所取得的磁性组合件被装入炉中并暴露于循环加热过程。在此过程中,材料可被加热到Nd-Fe-B烧结磁铁的居里温度(例如600°C)以上(例如其中磁通量被降到零的点),以使磁铁消磁并减少或烧掉附着于磁铁或其部分的任何粘着剂。例如,第一加热循环可为其中材料被加热到至少400°C或到足够高的温度且持续足够长的时间,以使烧结磁铁消磁。第二加热循环可在足够高的温度(例如650°C)下执行,及/或持续足够长的时间,以确保粘着剂被减少或破坏。在第一或第二加热循环结束时的快速冷却可用于帮助稀土磁铁从任何组合件脱离及完全或部分地粉碎及/或层分覆盖磁铁的任何涂层。加热及冷却过程还可包含消磁及/或粉碎及/或层分已从其它部分或组合件(例如支撑框架、磁性电路或其它部分)分离的EOL磁铁的涂层。

[0049] 在一些实施方案中,在650°C下重复加热附着于另一部分(例如组合件、磁性电路、支撑件或其它部分)的磁铁持续1小时的时间接着快速冷却到5°C有效地从磁性组合件去除磁铁,以减少或破坏任何粘着剂并分裂磁铁上的任何涂层。

[0050] 加热过程可使用空气、氩气或任何其它惰性氛围进行。可使用任何适当的技术执行加热,所述技术包含例如电阻加热、射频加热、对流、微波加热、气体燃烧加热或浸入化学热浴中或其它对流加热。然后可使用分离装置分离磁铁并使用适当的输送机收集及输送磁铁。

[0051] 主要目的在于去除磁铁的涂层的过程(可被特征化为表面去除过程)可采用机械式表面去除技术,例如使用磨料喷射。表面去除过程可包含离心式滚筒、研磨或浸入热的化学浴中。

[0052] 在涂层去除阶段的一些实施方案中,对于100kg的混合废弃磁铁来说,发现进行15

分钟的使用1mm直径的钢粒的磨料喷射足以去除NiCuNi、铝、黑色环氧树脂及不同形状的涂覆磁铁上的保护层。为了再生的目的,可通过筛分来收集此保护层且所提取的磁铁被转用于进一步处理。

[0053] 在磨料喷射处理期间可控制氛围及温度。在一些实施方案中,磨料喷射(例如珠击)处理可在5°C到600°C下在空气、氩气或其它惰性氛围中执行,且湿度优选地在0%到35%的范围中。在一些实例中,在此操作期间,废弃的烧结Nd-Fe-B材料的质量损失小于1%。可选择处理的持续时间、微粒材料(例如珠粒)的速度及/或其它参数,以将质量损失限制在不超过1%。在一些实施方案中,可选取参数来确保质量损失不超过10%,且在一些实施方案中为不超过5%。

[0054] 机械上未涂覆的磁铁可在1%到5%的稀HCl或HNO₃中进行化学处理,以从废弃磁铁的表面进一步去除任何氧化物层。所述实施方案不限于此类选项,且在一些实施方案中可使用其它试剂来去除氧化物,例如CuSO₄。此过程期间中的质量损失可被保持在0.1%到5%的范围中。优选的是,选取时间、温度及浓度使得所述质量损失不超过10%,且具体来说不超过20%。

[0055] 在混合阶段中,将散料磁铁与额外原料混合以在由所述材料制成的成品中实现所需最终性质。混合过程可包含使用压碎、研磨、碾磨或氢气来将材料分解成粗粉末。在一些实施方案中,磁铁(例如Nd-Fe-B或2:17型磁铁)使用氢混合反应器处理成粉末,且所述粉末材料就地与添加剂结合以恢复或改善剩磁、能量乘积及/或密度。

[0056] 在一些实施方案中,可将额外磁性材料添加到废弃的磁性材料中以恢复或改善磁铁的性能。所述额外磁性材料可为稀土元素(RE)与过渡金属(例如TM)的组合,所述稀土元素例如Nd、Pr、Dy、Gd、Tb、La、Ce、Yb、Ho或Eu,所述过渡金属例如V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Y或Zr。例如,再生磁铁可具有以下方程式(1)满足的化学式。

[0057] (1) Nd_[0.1-19at.%*s(Nd), x]Pr_[0.1-19at.%*s(Pr), y]Dy_[0.1-19%*s(Dy), z]Co_[0, d]Cu_[0, e]Fe_[0, f]

[0058] 其中[m, n]表示从最小值m到最大值n的范围, s(t)是元素t在起始成分中的原子百分比, f(t)是元素t在最终成分中的原子百分比, $x = 18 - [81, 99.9] \text{at. \%} * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$, $y = 18 - [81, 99.9] \text{at. \%} * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$, $z = 18 - [81, 99.9] \text{at. \%} * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$, $d = 3 - [81, 99.9] \text{at. \%} * s(\text{Co})$, $e = 0.3 - [81, 99.9] \text{at. \%} * s(\text{Cu})$, 且 $f = 77 - [81, 99.9] \text{at. \%} * (s(\text{Fe}) + s(\text{Co}))$ 。

[0059] 额外要求包含以下项中的一或多个者: a) 添加的原生材料Nd_pPr_qDy_r需要在最终产物的 $0.1 \leq p+q+r \leq 19 \text{at. \%}$ 的范围中, 且 $T \geq \min(R, 18)$, 其中 $T = f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy})$ 且 $R = s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy})$; b) $p+q+r \geq X$, 其中X为从原始磁铁中去除的RE(Nd, Pr, Dy)的at.%; c) $T \leq 18\%$; d) $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) > 0$, 其中f为最终产物的分率at.%; e) $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy}) \leq 18$; f) $f(\text{Co}) \leq 3$; g) $f(\text{Cu}) \leq 0.3$; h) $f(\text{Fe}) + f(\text{Co}) \leq 77$; 或 i) $f(\text{Dy}) + f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) \geq R$ 。

[0060] 混合过程包含碾磨、切割、高能球磨、辊磨、锯切、喷磨、滚磨、摇动、钳口压碎及氢气混合。在一些实施方案中,氢气混合是用于均匀化起始材料废弃磁铁与新鲜的稀土元素添加剂的方法。在氢气混合过程中,氢气进入Φ相(例如Nd₂Fe₁₄B)及废弃磁铁的富稀土元素晶粒边界并与稀土元素反应,从而与被截留在晶体结构中的氢形成氢化物。由于氢吸收和氢化物形成而引起脆性结构断裂的结果,晶体结构会膨胀。所述结果可有效用于混合,并在

同一时间用于粉碎废弃磁铁及添加剂材料。

[0061] 如本文所使用的术语“粉碎”包含任何类型的固体材料分裂,包含机械、化学、热、辐射或包含上述的组合的任何适当过程。粉碎的程度可从粗分裂到完全崩解成细粉末。

[0062] 在一些实施方案中,一种方法提供了添加0.1重量%到19重量%的一或多种稀土元素添加剂到本文中描述的成分或方法中。另一方面,一种方法提供了添加约0.1重量%、约0.2重量%、约0.3重量%、约0.4重量%、约0.5重量%、约1重量%、约2重量%、约3重量%、约4重量%、约5重量%、约6重量%、约7重量%或约8重量%的一或多种稀土元素添加剂或一或多种稀土元素添加剂的组合到本文中描述的成分或方法中。在又另一方面,一种方法提供了添加约0.1重量%到0.5重量%、约0.1重量%到1重量%、约0.5重量%到1重量%、约1重量%到2重量%、约1重量%到3重量%、约1重量%到5重量%、约1重量%到8重量%、约2重量%到4重量%、约2重量%到6重量%、约3重量%到5重量%、或约3重量%到8重量%的一或多种稀土元素添加剂或一或多种稀土元素添加剂的组合到本文中描述的成分或方法中。

[0063] 在一些实施方案中,所述方法包含不超过0.1at.%到1at.%、优选1%的Pr (25重量%)/Nd (75重量%) 稀土元素添加剂。使用氢混合反应器就地生产所需的微细无杂质粉末混合物连同新鲜元素的基本稀土元素添加剂及/或氢化物添加剂可有效地从废弃的Nd-Fe-B型烧结磁性材料中恢复或改善磁性性能。可包含添加0.1重量%到19重量%、优选1%的添加剂元素添加剂来恢复或改善磁性材料的磁性性能及物理性质,例如密度或耐腐蚀性。所述添加及废弃的磁性材料被装在氢混合反应器中,以产生包含 $\text{Pr}_{75}\text{Nd}_{25}\text{H}_x$ 的稀土的粗粉末混合物,其中x为范围从1到3的莫耳分率。

[0064] 氢混合过程可在20°C到150°C、压力1巴到60巴的氢氛围下执行。之后,可将材料加热,优选就地加热到550°C到600°C以使混合物部分脱气。混合步骤产生的平均颗粒大小可在1 μm 到2000 μm 的范围中。如果使用50巴的压力,那么平均颗粒大小可对应于废弃磁性材料中存在的粒度(例如2 μm 到8 μm)及在500 μm 到2000 μm 范围中且由于氧化而未与氢反应的粉末。所述粉末可被筛分以去除氧化的粗稀土元素粉末。

[0065] 在一些实施方案中,氢混合过程采用足够高的压力,以确保颗粒足够小而可用于最终的磁铁,且可跳过喷射碾磨操作。在此实例中,筛分以去除较大颗粒借此去除具有较高氧浓度的颗粒可为有利的。筛分是有效的,因为氧化物会构成从磁铁回收的材料的较坚硬部分并抗拒缩小到更小的颗粒大小。

[0066] 磁性粉末混合物的进一步混合及均匀化可被输送到辊磨机用于进一步均匀化所述混合物。在辊磨期间中可例如使用1%的硬脂酸锌来润滑碾碎的材料。在辊磨步骤之后,废弃的磁性粉末可经筛分以进一步去除任何残留的稀土元素氧化物。在一些实施方案中,所述筛分可选择性去除大于500 μm 的颗粒。

[0067] 用于辊磨的润滑剂可具有低的氧含量及/或含有粘结剂。润滑剂的实例包含酰胺(例如油酸酰胺或酰胺)或其它较低的碳氢化物的酯或脂肪酸(例如油酸)。

[0068] 粉末可通过喷射碾磨进行进一步均匀化。在一些实施方案中,可使用空气或惰性气体(例如He、Ar或N)来形成喷射。喷射碾磨可执行例如1小时到4小时的此时间,且以此速度喷射以均匀化混合物及进一步将单一晶粒的聚集分裂为1 μm 到4 μm 。在一些实施方案中,喷射碾磨可在24小时或更少的时间内完成。

[0069] 在一些实施方案中,与Nd-Fe-B元素添加剂的喷射碾磨相比,可观察到来自废弃物的Nd-Fe-B粉末的喷射碾磨时间减少了80%。废弃磁铁的平均颗粒大小可在4 μ m到10 μ m的范围内。在喷射碾磨期间,聚集被分裂成单一晶粒,而氧化的稀土粉末仍为粗糙的。通过去除氧化的稀土粗粉末,可减少被并入废弃起始磁性材料的氧量,且更优选的是抑制最终再生的烧结磁铁中的氧量。此阶段优选地可在惰性氛围下进行,例如使用无任何氧污染的Ar气体,目的是均匀化废弃磁性粉末及新鲜添加的(RE(TM)_x)元素添加剂的混合物,并沿着晶粒边界破坏分离的单晶粒。RE(稀土)是指任何Nd、Pr、Dy、Tb、Y、La、或Sm的组合,而TM(过渡元素添加剂材料)是指任何Co、Ni、V、Nb、Mo、Ti、Zr、Al、Cu、Ga、或Fe的组合。

[0070] 在颗粒缩小、混合及筛分完成之后,可在空气或惰性氛围中将粉末排列并按压形成生坯。可在按压及排列之前将润滑剂施加于粉末。可在磁场中按压及排列生坯。然后生坯可直接在1050 $^{\circ}$ C到1100 $^{\circ}$ C的范围中进行烧结持续5小时的保持时间,然后在900 $^{\circ}$ C下热处理5小时及在550 $^{\circ}$ C下热处理3小时。烧结温度的选择可取决于氢化/混合步骤之前添加的稀土添加物的总量。

[0071] 在一些实施方案中,可提供废弃磁性材料的成本有效可扩充回收过程。一种方法可包含用于取得EOL磁铁的机械自动化过程。所述过程可提供取得阶段,所述取得阶段提供EOL废弃磁铁与其它材料组合件及/或附件的有效且快速分离及EOL磁铁的收集/合并。所述取得过程的分离方面可包含完成消磁及粘结分离的循环加热及冷却过程。

[0072] 所述过程可被施加于可带有涂层的EOL磁铁。涂层可通过机械手段去除,以最小化污染及保留高的磁性材料回收浓度。高回收浓度的未涂覆磁性材料可伴随较低的成本,因为可明显减少初级的CO₂、CO、SO₂、NO_x能量及材料的使用,从而使用所描述方法提供更环保的过程。

[0073] 所述过程可通过在一系列混合阶段中添加元素添加剂、氢化物或其它添加剂来提供迅速恢复的磁性性能,以产生具有与废弃的起始材料相比相同或更好的磁性性能的再生烧结磁铁。所描述的过程可通过使用0.1重量%到19重量%、优选1重量%的原料/原生/新鲜添加剂与81重量%到99.9重量%、优选99重量%的散料或未涂覆EOL磁铁的结合来防止相对于起始材料的磁性性能损失或衰退。

[0074] 在一些实施方案中,可有利地使用氢混合来促进散料及/或EOL磁铁与新鲜元素添加剂的均匀化。此之后可是喷射碾磨,在适合成本有效的可扩充处理的过程中,所述喷射碾磨可用于与补充材料的进一步均匀化,所述补充材料例如稀土氧化物或Nd/Pr。其它实施方案可包含碾磨、辊磨、高能球磨、滚磨及其它混合步骤。

[0075] 图1A到C示出了分离机100的实例。分离机100接收EOL物品,例如硬盘,并产生具有高浓度的关注磁铁材料的材料流。分离机100可包含控制分离机100的操作的控制单元20。由驱动器12驱动的转台4围绕被支撑在基台19上的轴承13上的中心6旋转。

[0076] 在一些实施方案中,硬盘驱动器(HDD)单元14在装载站11被装载并通过机器人定位装置16、给料机、输送机或工人手动地固定在转台上。所述装载及固定有效地在切割站21处通过等离子体切割器、喷水器或刀片切割器来定向待切割的HDD单元14,例如发出例如N、Ar或O的加压气体通过被惰性气体屏蔽并被固定在基台19的特定点处的小通道,所述惰性气体通过屏蔽气体输送管5给料。例如,转台4围绕中心6旋转并将HDD单元14从装载站11移到切割站21,其中HDD单元经切割以产生HDD拐角,HDD拐角包含来自HDD单元14的磁性材料。

[0077] 在一些实例中,等离子体切割机可包含位于HDD单元上方的喷嘴17,喷嘴17喷出等离子体以从HDD单元移出HDD拐角。喷嘴17可通过气体管线18来从等离子体控制单元接收气体。

[0078] 在一些实施方案中,分离机100可采用带锯或切割站处的剪刀。剪刀操作可经更改以最小化可限制磁铁提取的衬底捏缩、对回收磁铁的损坏、HDD单元14拐角部分的粉碎或上述两者或更多者的任意组合。

[0079] 如果未通过切割器完全分离,那么偏转表面可抵着拐角进一步施加力,直到拐角与HDD单元的其余部分分离为止,例如拐角收回箱7上方的基台19中的孔隙8上方的面向下偏转表面,所述表面允许HDD拐角落入拐角收回箱7中。在一些实施方案中,磨料切割机或磨料喷射切割机(例如喷水器)或其它种类的切割工具可用来将拐角与HDD单元14的其余部分分离。

[0080] 可提供具有过滤器(例如HEPA过滤器2)的过滤排气孔1用于微粒管理。可提供其它的微粒管理装置,例如惯性分离器3。污染物可被吸引通过下吸式排气孔15。

[0081] 可通过重力将HDD单元14保持在转台4的凹部24中(图1C中所示),因为凹部24可经塑形使得HDD单元14通过在凹部24内与转台4接合而被精确地定向。凹部24可根据含有磁铁的组合件的类型来修改,所述组合件例如马达、风车组合件等。HDD单元14通过切割站21,这可完全或部分分离具有将被回收的磁铁的拐角。分离的拐角掉落通过拐角掉落开口8而进入拐角收回箱7,而HDD单元的其余部分掉落通过开口10而进入丢弃箱9。

[0082] 在一些实施方案中,可提供滑道或输送机来输送HDD拐角或其它磁铁组合件到进一步处理的位置而非拐角收回箱7。在一些实例中,HDD拐角可被成批回收及输送来进行处理。

[0083] 图2示出了炉40的实例,炉40处理磁铁或磁性组合件用于消磁并从EOL磁铁去除组合件。例如,HDD单元拐角可被输送机47输送到炉40中。炉40能够使用加热器43达到磁性材料的居里温度以上的温度,加热器43可为电动的(如陶瓷套筒45内部的加热元件44所示)或任何其它适当形式的加热器。可使用替代的加热方法,包含电阻、射频(RF)、对流、微波加热、气体燃烧、浸入化学热浴中、任何其它适当的加热方法或上述任意两者或更多者的组合。通风管46可在加热的HDD拐角或含有磁铁的其它废弃材料上方提供控制的氛围,例如惰性气体,以进一步抑制磁铁氧化的进程。

[0084] 炉40可包含具有外壁42'的绝缘壳体42。例如,绝缘壳体42可减少从炉40中逸出的热量及/或保护炉40外部的物体。内部密封件41、41'可减少从炉40中逸出的热量。

[0085] 炉40可为经配置以直接加热废弃磁铁及磁性组合件的任何类型的加热器,其基本上不污染大气以便使磁铁从子组合件及其它非磁性材料脱离。加热与后续快速冷却的组合可用于促进磁性组合件上的任何磁铁涂层的初始分裂。在不施加磁场的情况下可通过至少加热到磁性材料的居里温度(例如320°C)来确保磁铁的消磁。

[0086] 炉40可具有界定密封加热空间的内壁,所述加热空间与提供受控的惰性或空气氛围的通风管46流体连通。居里温度可介于310°C到900°C之间,这取决于磁性材料的成分。可保持居里温度或高于居里温度的温度,以确保将磁铁固定于磁性组合件的其它部分(例如含有磁性电路元件及/或支撑件的HDD单元拐角)的粘着剂被释放或毁坏。快速冷却(例如到5°C)可跟随在加热之后,以进一步促进磁铁从其子组合件脱离,随后压裂涂层或磁铁与涂

层两者。可在多个循环中反复地执行加热及冷却,或加热及冷却可执行一次。

[0087] 图3A示出了清洗磁铁79的磨料喷射清洗装置60的实例。磨料喷射清洗装置60具有框架67,框架67支撑将磁铁79给料到旋转鼓64的入口输送机63。鼓64旋转以使磁铁79的表面暴露于从喷嘴66发出的磨料喷射。

[0088] 可提供带研磨辊75以确保磁铁79的移动及其解聚,进而确保材料(例如粘着剂及其它磁铁涂层)从磁铁79中去除。通过磨料喷射清洗装置60处理磁铁79可有效地用于去除涂层,所述涂层包含但不限于NiCuNi、Al、Zn及电解沉积的黑色环氧树脂材料。辊75可沿与鼓64的旋转方向相同的方向旋转,使得邻接磁铁的表面沿与鼓64的表面的移动方向相反的方向移动。辊75可进一步从磁铁去除表面材料。辊75与鼓64的使用可使磁铁79的表面更均匀地暴露于喷嘴66的珠击处理。

[0089] 粉尘/珠粒收集槽57接收来自涂层的珠粒和微粒,然后可使所述珠粒和微粒进行筛分或其它大小或密度的分离过程,以回收去除的涂覆材料并重复使用磨料微粒,例如珠粒,所述珠粒由输送机68输送到给料器/发电机69,给料器/发电机69产生从喷嘴66射出的磨料喷射。

[0090] 一旦过多的材料从磁铁79断裂,出口输送机70便从喷射清洗装置60中去除磁铁。空气清洗器65可从磁铁79中去除任何松散的材料,同时出口输送机70从喷射清洗装置中去除磁铁。

[0091] 所述磨料喷射清洗装置可包含71处所示的控制柜以控制环境,例如喷射清洗装置的处理时间、氛围、速度等。

[0092] 可通过使用磨料喷射来清洗表面而完全去除磁铁涂层,所述磨料喷射通过剥离来去除磁铁的一部分或所有表面。在一些实施方案中,磨料可为钢珠、碳化钨、陶瓷或钢砂。颗粒的大小可为约1mm。在进一步处理废弃磁铁之前,磨料喷射清洗装置60可接收废弃磁铁并从废弃磁铁实质上去除表面或保护涂层,而不会氧污染废弃磁铁。环绕磁铁的氛围可为受控的惰性氛围,例如氩气。

[0093] 磁铁79可在磨料喷射清洗装置60中在约5°C与600°C之间的温度且在约1%到35%相对湿度(RH)之间的湿度水平下进行处理。

[0094] 在一些实施方案中,表面去除过程执行持续有效去除小于5%磁铁质量的时间周期。在一些实施方案中,表面处理执行持续约15分钟与约5小时之间的周期。

[0095] 图3B示出了将废弃磁性材料破坏成颗粒并混合所述颗粒的氢混合反应器的实例。在一些实施方案中,所述氢混合反应器将元素添加剂与所述颗粒混合。所述氢混合反应器可产生介于约1微米到约2mm之间或介于约4微米到约7微米之间的目标平均直径的颗粒。所述氢混合反应器包含分别被放在混合室122、124中的两个容器102、104,每一个容器具有内衬110,内衬110固定磁性材料并促进气体通过内衬110中的孔隙而在磁性材料周围循环。在容器102、104中的一者含有稀土材料的同时将所述容器填充氢气导致磁性材料由于氢混合而粉碎。暴露于氢气可持续约1小时到40小时之间。所述暴露可持续较短或较长的周期,且可基于过程的工程要求、用以实现目标微粒大小的其它处理阶段、用以实现目标均匀混合物的其它处理阶段或上述两者或更多者的任意组合来选择压力和温度。

[0096] 可使用扩散促进装置112(例如具有孔隙的通气管或管道)来确保氢的混合会导致在反应器容器102、104中的磁铁分解,且堆积的微粒物质不会阻止一些磁性材料暴露于氢

气。循环促进器(未示出)(例如搅拌器、风扇或气体给料)可有助于促进容器102、104中的氢气流动。可通过位于各自容器102、104底部处的搅拌器来搅拌掉落通过内衬110的孔隙的磁性材料。

[0097] 可提供可移动的盖体114用于将磁铁引入容器102、104中。例如,在磁铁79在图3A中示出的磨料喷射清洗装置60中进行清洗之后,磁铁可被放在图3B中示出的容器102、104中。可在受控或不受控的环境中通过输送机或手动地将磁性材料输送到内衬110中,例如在磁铁在磨料喷射清洗装置60中进行清洗之后。可将一小部分的稀土过渡元素添加剂材料添加到内衬110,以使由磁铁制成的最终产物的性质具有预定规格的剩磁、能量乘积、及/或矫顽磁力。在一些实例中,在混合之后可将添加剂加入粉碎的废弃磁铁材料中,以调整最终产物的性质。所述添加剂材料的一些实例可包含Nd、Pr、Dy、Gd、Tb、La、Ce、Yb、Ho或Eu。

[0098] 容器102、104可承受预定压力。例如,氢混合反应器可包含真空泵。在一些实施方案中,压力可增大到60巴。容器102、104还可承受较低压力。容器102、104可具有恒温控制加热器116及压力调节控制。

[0099] 所述氢混合反应器包含气源连接138,气源连接138通过泵送组合件128及阀组合件133将氢气或其它气体引入容器102、104。泵送组合件128、阀组合件133、气体管理组件144或上述两者或更多者的组合可将气体直接给料到扩散促进装置112中,以确保容器102、104中的容积完全布满磁性材料。在一些实施例中,泵送组合件128及阀组合件133可连接容器102、104,从而允许真空泵排空容器102、104,例如用于除气或初级装载来自一个容器的气体、泵送气体到另一容器,例如用以收回氢气、排放到大气(例如使用到外部大气的环境连接132)、加压容器102、104、使用惰性气体回填容器102、104中的一或两者、执行其它的回收过程、或上述两者或更多者的组合。控制器140可连接到阀组合件133及泵送组合件128,以自动化氢混合过程及容器102、104之间的氢输送。

[0100] 在氢混合过程期间,磁性颗粒从容器102、104通过滑道126落入腔室120中。磁性颗粒可从腔室120去除用于进一步处理。在一些实施方案中,可在滑道126与容器102、104之间的开口处采用按压承受阀。

[0101] 在一些实施方案中,容器102、104中的一者被制成气密的并使用气体管理组件144排空。然后可使用来自气源的氢气(例如通过泵送组合件138)填充选定容器102、104,以准备好选定容器102、104用于混合及粉碎废弃的磁性材料。在混合及粉碎之后,可通过气体管理组件144将氢气输送到另一容器104、102,例如通过排空选定容器102、104中的氢气并将氢气输送到另一容器104、102。由于每一容器的内容物均进行氢混合,氢可被回收并被输送到另一容器102、104,并在另一容器中重复氢混合的过程。

[0102] 在一些实施方案中,气体存储室被包含在气体管理组件144中,且从容器102、104中的一者排出的氢气在被输送到另一容器102、104之前(例如在氢混合循环之间)被暂时存储在所述气体存储室(未示出)中。使用气体存储室可允许氢混合反应器只包含一个容器。在一些实例中,所述氢混合反应器可包含两个以上容器。所述气体存储室可包含构成相应阶段的多个腔室,其中体积经选取以通过最小化输送期间的压降或压升来最大化输送气体进出腔室及容器102、104的能量经济。

[0103] 图4A示出了滑架216上的一组四个反应瓶212,滑架216允许将反应瓶212送入及送出反应室,例如图4F中示出的反应室202、202'中的一者。反应室202、202'可与图3B中示出

的氢混合反应器结合使用或取代所述氢混合反应器。在一些实例中,反应瓶212可与图3B中示出的氢混合反应器一起使用,例如作为容器102、104。例如,气体管理组件144可使用惰性气体(例如Ar或N)填充瓶212,瓶212随后被填充磁铁。(例如将被氢化的)磁铁206从输送滑道208装入反应瓶212中。磁铁206可在惰性氛围下装入反应瓶212中,以防止磁铁206被例如氧污染。

[0104] 在一些实施方案中,一小部分的稀土过渡元素添加剂材料可被加到反应瓶212中。可选择稀土过渡元素添加剂材料,以使由磁铁206及稀土过渡元素添加剂材料产生的最终产物的性质具有预定规格的剩磁、能量乘积及矫顽磁力。在一些实例中,在混合及粉碎回收的磁铁之后,可将稀土过渡元素添加剂材料的氢化物加入氢化磁铁206中。

[0105] 反应瓶212中的每一者可包含通气管213或促进气体在反应瓶中扩散的另一装置。例如,通气管213可为在允许气体扩散的侧面具有开口的圆柱体,因此气体可到达位于每一瓶212中心的磁铁。

[0106] 瓶212及通气管213可在顶部敞开,以允许氢气进入瓶212及通气管213并与瓶212内含有的磁铁206接触及/或允许将磁铁206装入瓶212中。

[0107] 当磁铁215位于瓶212内时,如图4B中示出,输送盖214可被附接到滑架216,以将瓶212及其内容物与外部大气隔离。由盖214及滑架216形成的容器不允许气体泄漏,使得所述容器的内部体积可保持防止环境空气接触磁铁215的惰性气体氛围。例如,在瓶212被装入惰性氛围中之后,瓶212可被盖214覆盖,而滑架216在外部空间存储惰性氛围。例如,图4E示出了在装载瓶212被放在滑架216上且盖214被放在装载瓶212的顶部上之前所述装载瓶212实例。瓶212可同时被装在滑架216上或可被装载然后放到滑架216上。

[0108] 图4F到G示出了具有一对反应室202、202'的另一氢混合反应器的实例。反应室202、202'连接到气体管理组件144,并通过气体管理组件144互连,如上文讨论。气源138可提供多种气体(例如惰性气体及氢气)的相应连接。环境连接132可提供到大气的排放。气体管理组件144如上文参考图3B描述般操作,并从一个反应室202输送气体到另一反应室202'(反之亦然)来取代在容器102、104之间输送。

[0109] 有盖的滑架260(例如滑架216)被滚入反应室202中的第一者中,同时在另一反应室202'中发生氢化。一旦有盖的滑架260在反应室202中,从滑架260中移除盖214并关闭反应室202上的舱口252。然后腔室202可被惰性气体填充。

[0110] 气体管理组件144可供应来自氢源的氢气到反应室202以实现所需压力。例如,当反应室202'中的氢化完成时,气体管理组件144将氢气从反应室202'移入反应室202并将反应室202加压到目标压力。气体管理组件144可通过将来自反应室202的氢气(例如加压的氢气)通过盖232或瓶中的其它开口引入瓶212而在反应室202中起始氢化。

[0111] 氢混合过程可产生平均直径在约1微米到约2mm之间(例如当氢混合反应器执行初始混合过程时)或在约4微米到约7微米之间(例如当氢混合反应器执行第二混合过程时)的磁性颗粒。在一些实例中,图4F到G的氢混合反应器可执行两种过程,图3B中示出的氢混合反应器可执行两种过程,或其反应器中的一者可执行一种过程,且另一反应器可执行另一过程。例如,图3B中示出的氢混合反应器可执行第一混合过程,且图4F到G中示出的氢混合反应器可执行第二混合过程。

[0112] 气体管理组件144可从腔室202'例如完全地排空气体,并将所述气体放在腔室202

中,以在处理期间在腔室202中或在存储室或容器中使用。腔室202内的恒温调节加热器257(图4G中示出)可由控制器调节以提供目标温度。

[0113] 当氢化过程在反应室202中进行时,气体管理组件144用惰性气体回填反应室202'。然后打开到反应室202'的舱口252',如图4G中示出,并将盖214'放在滑架260'上。然后现在被缩小为颗粒的氢化物磁铁材料从滑架260'中的反应室202'移出。

[0114] 在腔室202中的氢化反应完成之后,气体管理组件144从腔室202排出过量的氢气。例如,放在腔室202'中的一或多个瓶212可再次开始氢化过程。

[0115] 在一些实施方案中,可用图4C到D及4J中示出的盖232关闭瓶212,盖232充当漏斗,以当阀234打开时(例如在瓶212处于倒置的位置时)允许回收的氢化物磁铁颗粒被导引通过滑道237。可将盖232移除,例如以允许磁铁206进入瓶212,并于之后放在相应瓶212上。

[0116] 参考图4J,在惰性氛围中,盖232被定位在瓶212上,且瓶可被密封并从惰性氛围中移出而不需要盖214。瓶212可由滑架216输送或个别输送。

[0117] 图4K示出了用于从瓶212接收的磁性颗粒的存储容器240的实例。瓶212上的阀234接受被包含在存储容器240中的喷嘴265,以将歧管267密封于瓶212中的通气管213。送风机266给料惰性气体通过歧管267并进入通气管213,以从瓶212去除磁性颗粒而进入存储容器240。进入瓶212中的一者之后,惰性气体可循环回到存储室240中。

[0118] 惰性气体可以切向/径向流动流出通气管213,如图4H中示出,图4H是瓶212及通气管213的横截面。箭头示出了切向图案的惰性气体在通气管213中被喷射通过瞄准切向的槽。切向图案的惰性气流可有助于从瓶212的内壁去除颗粒并促进磁性颗粒从瓶212中完全排空。

[0119] 阀234可具有门配置,例如以允许喷嘴265进入瓶212。盖268可被放在喷嘴265上以在瓶212被移除时密封存储容器240。

[0120] 图5是用于回收来自产物的废弃磁铁及磁性材料的过程500的实例,所述过程例如制造“散料的”、失败的/退回的/剩余的批次及/或EOL产物以实现目标性质。可使用上文描述的系统中的一或多个者来执行过程500。

[0121] 在S10处,输送机相对于切割器定向产物,并将产物给料通过切割器。将产物的含磁铁部分(或切割)与产物的其余部分分离,并在某个批次中将含磁铁部分与从相同或类似设备“取得”的其它含磁铁部分结合。

[0122] 在S20处,含磁铁部分(或切割)被输送到执行分离、消磁及初级压裂涂层的系统,其中含磁铁部分被加热且然后冷却以使含磁铁部分上用以将磁铁附着于相应衬底(例如磁性电路或组合件的部分)的任何粘着剂与磁性材料分离。此过程可从含磁铁部分或组合件实质回收全部的磁铁,且不会再破坏回收的磁铁。

[0123] 在一些实施方案中,加热及冷却可有效地破坏或部分压裂涂层,例如有时用于Nd-Fe-B磁铁上的镍-铜-镍涂层。一些涂层(例如磷酸盐、漆或聚合物)可在加热期间被完全破坏。

[0124] 可多次或只一次重复加热及冷却循环。所述系统可将含磁铁部分加热到约600°C的温度,且然后将含磁铁部分冷却到约5°C的温度。也可使用其它目标温度。可使用被包含在含磁铁部分中的磁性材料的居里温度来选取加热温度,例如大于磁性材料的居里温度的温度,以使磁铁的磁化消失。

[0125] 所述系统在同一时间加热的单批含磁铁部分可包含具有不同居里温度的多种配方的磁铁。所选择的加热温度可等于或大于磁性配方中的任一者的最高居里温度,以确保去除所有不同类型的磁性材料的磁化。

[0126] 在一些实施方案中,加热及冷却均是迅速的。在一些实例中,温度保持高于居里温度持续预定义最短时间,以使磁性材料消磁。在一些实施方案中,含磁铁部分被加热到高于居里温度并保持预定义最短时间,且然后将含磁铁部分迅速冷却。然后含磁铁部分可被再次加热且保持较短时间且被加热到较低的温度且然后再次快速冷却。如果在第一加热及冷却循环中发生消磁,那么不需要在后面的循环中实现相同温度或保持时间,但是冷热循环对于从粘着剂移出磁性材料及/或压裂涂层可为有益的。在一些实施方案中,所述系统以10℃/秒或更高的速率、优选地50℃到100℃/秒的速率加热含磁铁部分。所述系统可例如以100℃/秒的速率、优选地介于约200℃到1000℃/秒之间的速率迅速冷却含磁铁部分。

[0127] 过程500可以介于约50到约1000kg之间的批次的含磁铁部分在炉中执行约1小时,以从磁性材料中充分去除非磁性材料。例如由于对流,装入炉中的批次质量越大,在炉中的保持时间就越长。在炉中的保持时间可为所有加热及冷却循环的总时间,例如炉加热并冷却含磁铁部分。

[0128] 可在炉中采用惰性氛围或加热可在空气中执行。在一些实施方案中,一旦任何涂层被破坏或从磁性材料去除,磁性材料的处理可采用惰性氛围以保护磁性材料免于过度氧化。

[0129] 在S30处,整个涂层从磁性材料去除。所述涂层可通过机械、化学及/或其它方法去除。在一些实例中,所述涂层是通过珠击或磨料喷射去除。化学浴可在珠击或磨料喷射之后。例如,也可使用稀释的盐酸、硝酸或其它可有效去除氧化物的试剂。化学浴可从磁性材料的表面去除氧化物。

[0130] 在S40处,在机械和化学处理之后,将磁性材料放在混合设备中。所述混合设备可使磁性材料处于加压的氢气氛围持续预定时段、温度、转速等。例如,可通过图3B、图4G中或其两者示出的氢混合反应器或另一适当的混合设备处理磁性材料。

[0131] 在一些实例中,可在混合之前或之后将稀土过渡元素添加剂材料添加到磁性材料中。在一些实施方案中,Nd-Fe-B磁铁(例如废弃磁铁)及稀土元素添加剂(例如Nd_{1-x}Pr_x)以99.9:0.1到81:19之间的比率一起放在混合设备中,并被均匀地掺合在一起。在S40之后,稀土过渡元素添加剂材料可被单独粉碎并被添加到废弃的磁性材料中。

[0132] 可使用废弃磁性材料成分的元素分析及通过实验及外推确定的再生分子式的数据库来选取稀土过渡元素添加剂材料,以适用于实现预定义目标配方及磁性性能或任何其它适当的方法。例如,数据库可包含指示废弃磁性材料及被添加到起始材料的稀土过渡元素添加剂材料的成分性质的历史数据,以对所得烧结再生磁铁产物实现所需性质。

[0133] 可在起始磁性材料通过混合而缩小(例如之后将被处理成新的烧结再生磁铁的氢氧化物粉末或粉碎粉末)期间或之后通过添加预定义比例的某些稀土过渡元素添加剂材料来恢复或改善起始磁性材料的磁性和物理性质。此配方的实例是99份的废弃Nd-Fe-B磁铁及1份Pr、25重量%/Nd、75重量%元素添加剂且在2:17型磁铁的情况下,其中含有Sm₂Co₁₇、1份的Sm。另一实例是99份的废弃Nd-Fe-B磁铁及1份Nd、Dy、Co、Cu及Fe元素添加剂。在一些实施方案中,所述组合是占主要部分的废弃稀土磁铁中的一者与小部分的稀土过渡元素添加剂

或元素组合。在一些实施方案中，稀土过渡元素添加剂是Nd与镧系元素及另一过渡金属的组合。在一些实施方案中，元素添加剂少于与起始磁性材料的组合的2%。在一些实施方案中较轻的镧系元素为可用Pr取代。

[0134] 在S50处，通过适当手段来粉碎并均匀地混合粉末。在一些实施方案中，此是通过喷射碾磨到介于约1微米到约4微米之间的目标颗粒大小来完成。可使用任何适当的粉碎设备来粉碎、均匀化、或粉碎及均匀化所述粉末，例如上文更详细解释。在一些实施方案中，步骤S40及S50可同时执行。在一些实施方案中，取代添加小部分的稀土过渡元素添加剂材料到将被氢化的批次，在S50处单独氢化及混合稀土材料。在一些实例中，稀土过渡元素添加剂可被单独碾磨并在碾磨起始废弃磁性材料之后（例如在S50之后）被添加，在此期间优选使用例如60巴的高压来将起始废弃磁性材料充分分裂而形成范围在约1微米到约50微米之间的粉末。

[0135] 在S60处，较大颗粒（例如约1mm）从粉碎的材料筛分出来，例如通过从微细粉末筛分出较大颗粒（例如约500微米到至约2mm之间的颗粒）来处理粉末的氧化部分。由于氧化物相对于防止氧化颗粒粉碎成较小部分的回收稀土磁铁材料的主要部分的硬度，此程序可有效去除氧化的部分。例如，氢化、碾磨、喷射碾磨、破碎或另一适当的方法可能较不易于分解氧化物，使得其大小分布较大，并可通过筛分消除或减少其在微细粉末中的比例。

[0136] 在S70处，通过填充加压机并在所述加压机中建立磁场来按压及排列微细粉末而形成生坯，且在S80处烧结及热处理所述生坯以形成再生的烧结磁铁产物。

[0137] 图6是示出可被获得成为散料及/或EOL磁铁及用于再生磁铁的起始材料的性质范围的实例的图。图上绘制的气泡302表示过程500可施加于其的起始材料的大概范围。过程500也可施加于气泡302外部的其它起始材料。

[0138] 图7是比较原始废弃磁性材料的成分（左边的栏中示出）与通过过程500产生的完成再生磁铁产物（右边的栏中示出）的成分的图。在起始的磁性材料中，稀土金属的成分可大于或小于18at.%，由左边的栏的“R”区域指示。稀土金属的量“X”在处理期间从起始磁铁材料去除。为了使再生的Nd-Fe-B产物具有类似于原始磁铁的成分，必须添加新的稀土材料，即原生材料。

[0139] 在图7中，原生材料是由“V”区域表示并大概等于在处理期间去除的稀土金属量或“X”。在完成的再生产物中，稀土金属的最终百分比至少是起始磁性材料中的百分比，但是不高于18at.%。如果起始磁性材料中的稀土材料百分比“R”低至左边栏中的两条虚线中的较低者（例如小于18at.%），那么在完成的再生磁铁产物中最终的稀土原子百分比（右边栏中示出）至少等于相同的百分比，如由划过的下虚线指示。然而，如果起始磁性材料中的稀土金属的百分比大于18at.%，那么在完成的再生磁铁中的原子百分比被限制为18%，如右边栏中上限为18%的上虚线所示。

[0140] 在完成的再生产物中，最终的稀土原子百分比为1，其中原生磁铁的每个组份Nd、Pr、Dy、Gd、Tb、La、Ce、Yb、Ho及/或Eu的百分比是其所述成分在原始磁铁中的百分比的0.1%到19%的范围中，且Nd加上Pr的原子百分比大于零。

[0141] 除了稀土金属之外，起始磁性材料及完成的再生磁铁两者的其余部分是由Fe、Co、Cu、铝及其它元素组成。在完成的再生产物中，存在以下的限制：(1) Co的原子百分比不超过3%；(2) Cu的原子百分比不超过0.3%；及(3) Fe及Co的组合原子百分比不超过77%。

[0142] 图8示出了不同形状及涂层的烧结磁铁800。在再生过程500期间可使用任何的烧结磁铁800。烧结磁铁800的涂层的实例包含磷酸盐802、Al 804、NiCuNi 806、环氧树脂808及Zn 810。例如,图3A中示出的磨料喷射清洗装置60可从烧结磁铁800去除涂层。

[0143] 以下实例表明来自均匀或混合等级及性能(例如剩磁(Br)及矫顽磁力(iHc))的散料及EOL来源的废弃磁铁可被聚集并进行处理,以形成具有订制成所需磁性能的性质性质的新Nd-Fe-B再生磁铁,所述性质等于或大于原始起始磁性材料所展现的性质。

[0144] 实例1

[0145] 废弃磁铁包含通过感应耦合等离子体(ICP)分析及氧/碳元素分析仪确定的质量成分率,如下表1A中指示。使用渗透计确定混合废弃磁铁的磁性性质,例如剩磁、矫顽磁力等,如下表1B中指示。表1A及1B特征化废弃磁性材料。

[0146] 将约300公斤的混合级EOL磁铁保持在套炉中,并在居里温度以上的温度高温加热到650℃持续4小时,以使EOL磁铁消磁。将消磁的磁铁在水中淬冷以使涂层破裂,并在炉中加热到200℃进行干燥。消磁的磁铁被珠击15分钟,以进一步去除Ni-Cu-Ni涂层并保持在惰性氛围中。由于去除涂层所造成的消磁磁铁的质量损失小于5%。未涂覆的磁铁在稀HCl中进行化学处理。

[0147] 在反应旋转混合容器中装入100kg未涂覆的无杂质废弃材料并添加1%的Nd(0.55x+1)Pr(0.45x+1)添加剂。在室温下(例如约20℃到约25℃)将所述未涂覆的无杂质废弃材料及所述添加剂保持在具有2巴氢压的反应旋转混合容器中持续4小时。然后将所得氢化物混合物就地加热到550℃到600℃以使氢化物混合物部分脱气。使用辊磨机将1%的硬脂酸Zn与脱气的粉末混合30分钟,以润滑脱气的粉末。在氩气氛围下将脱气的粉末喷射碾磨1.5小时,以进一步均匀化直到实现近似2.5μm或更小的平均颗粒大小为止。将所得颗粒排列及按压、烧结、退火及磁化。在约1050℃到约1100℃之间的烧结温度保持5小时,之后在600℃下热处理3小时。

[0148] 在新的Nd-Fe-B烧结产物上进行ICP、元素分析及渗透率测试。新Nd-Fe-B烧结产物的成分及磁性性质分别在表2A及2B中示出。

[0149] 在此实例中,就地制备稀土元素添加剂RE(例如Nd/Pr)与废弃材料的元素成分,以形成氢化物粉末掺合物。RE添加取代了例如在参考图5描述的步骤S20、S30、S40、S50期间从废弃起始材料去除的稀土氧化物或晶粒边界表面积相的计数损失。部分脱气的稀土氢化物添加可有助于固态扩散及/或减少烧结期间氢化物粉末内的氧量,其中形成选择性丰富的晶粒边界相。换句话说,与起始材料相比,新形成磁铁的微结构有所修改。例如,当稀土元素添加剂吸收工业气体的氢气成分而形成例如NdPrH₃时,再生过程利用晶粒边界的恢复和改善,然后NdPrH₃在烧结过程中被转化回无氧的NdPr。因此,晶粒边界恢复及与Nd₂Fe₁₄B组分的反应构成了新形成的微结构及元素成分,使得所得Nd-Fe-B烧结磁铁可展现出等于或大于废弃起始材料的性质,包含Br、iHc、BH_{max}或上述两者或更多者的组合。

[0150] 在一些实例中,通过在单独具有富Nd相的所得Nd-Fe-B磁铁中恢复及形成富含晶粒边界相可允许稀土RE添加剂成分沿着晶粒边界扩散,并使矫顽磁力和剩磁力变差,如参考图3B更详细描述。

[0151] 来自废弃磁铁的稀土RE元素的稀土比例可通过Nd₂Fe₁₄B基本相中的新鲜添加来取代。在一些实施方案中,稀土RE添加剂与来自废弃磁铁的材料一起烧结,从而允许稀土RE组

分选择性地沿着晶粒边界扩散及渗透。可使用极少量的新稀土材料在再生的烧结磁铁中恢复或改善相当于原始废弃磁铁起始材料的矫顽磁力。例如,可制造出与起始废弃材料相比具有优越性质的新再生Nd-Fe-B产物。

[0152] 表中报告磁性性质,如BHmax (能量乘积)、iHc (矫顽磁力) 及Br (剩磁)。

[0153]

样本	Nd	Pr	Fe	B	Dy	Al	Co	C	O
A-1	9.77	2.96	76.94	5.72	0.92	0.86	0.81	0.21	1.81
A-2	9.77	2.96	77.02	5.66	0.92	0.86	0.79	0.21	1.81

[0154]

B-1	9.65	2.95	74.95	5.56	0.90	0.84	0.78	2.63	1.74
B-2	9.64	2.94	74.96	5.56	0.90	0.84	0.79	2.63	1.74
C-1	9.59	2.95	77.35	5.67	1.06	0.98	0.86	0.21	1.33
C-2	9.54	2.94	76.69	5.69	1.05	0.97	0.68	1.12	1.32
D-1	9.62	3.01	77.15	5.73	1.06	0.98	0.75	0.21	1.49
D-2	9.61	2.96	77.13	5.72	1.06	0.98	0.84	0.21	1.49
E-1	10.89	3.44	75.06	5.76	0.54	1.85	0.12	0.43	1.91
E-2	10.88	3.43	75.11	5.76	0.53	1.83	0.12	0.43	1.91

[0155]

样本	Br (T)	iHc (kA/m)	BHmax (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
A-1	1.22	1580	280	7.54
B-1	1.23	1570	285	7.57
C-1	1.20	1680	270	7.52
D-1	1.20	1670	270	7.54
E-1	1.22	1410	275	7.38

[0156]

样本	添加剂	Nd	Pr	Fe	B	Dy	Al	Co	C	O
A-1	1% Nd25 Pr75	10.74	3.26	75.62	5.81	0.91	0.80	0.75	0.60	1.51
A-2	1% Nd25 Pr75	10.74	3.26	75.62	5.81	0.91	0.82	0.73	0.60	1.51
A-3	1% Nd25 Pr75	10.72	3.25	75.32	5.79	0.90	0.80	0.79	0.60	1.83
A-4	1% Nd25 Pr75	10.72	3.25	75.35	5.79	0.90	0.80	0.76	0.60	1.83

[0157]

样本	添加剂	Br (T)	iHc (kA/m)	BHmax (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
A-1	1% Nd25 Pr75	1.23	1730	290	7.61
A-2	1% Nd25 Pr75	1.23	1730	290	7.61
A-3	1% Nd25 Pr75	1.24	1720	290	7.61
A-4	1% Nd25 Pr75	1.25	1715	295	7.61

[0158] 实例2

[0159] 以磁化形式供应EOL磁铁起始材料。所述EOL磁铁最初被附着于EOL产物内的Fe背板。使用上文更详细描述循环加热过程将磁铁消磁并从所述Fe背板分离。使用实例1中揭

示的再生步骤来处理混合的EOL磁铁并产生新的完全致密的Nd-Fe-B烧结磁铁产物。

[0160] 将1%的添加剂(例如Nd_x/Pr_y)添加到废弃磁铁中,如表3A和3C中示出的的添加剂栏中指示。通过ICP、元素分析及渗透计来特征化废弃磁铁。表3A及3B中及表3C及3D中分别示出起始废弃材料及新的Nd-Fe-B烧结产物的成分及磁性性质。

[0161] 表3A到5B中报告磁性性质,如BH_{max}(能量乘积)、iH_c(矫顽磁力)及Br(剩磁)。

[0162]

表 3A 目标: ICP 元素分析、起始材料及再生磁铁

样本	添加剂	Nd	Fe	B	Dy	Al	Pr	C	O
起始材料	不可用	10.50	Bal.	6.92	0.39	0.52	3.04	0.31	2.00
B-1	纯 Nd	11.39	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.01	0.31	1.98
B-2	Nd95 Pr5	11.34	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.06	0.31	1.98
B-3	Nd90 Pr10	11.29	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.11	0.31	1.98
B-4	Nd85 Pr15	11.23	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.16	0.31	1.98
B-5	Nd75 Pr25	11.13	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.26	0.31	1.98
B-6	Nd50 Pr50	10.89	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.51	0.31	1.98
B-7	纯 Pr	10.40	Bal.	6.85	0.39	0.52	4.00	0.31	1.98

[0163]

表 3B 目标 iH_c: 起始材料及再生磁铁的磁性性质

样本	添加剂	Br (T)	iH _c (kA/m)	BH _{max} (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
起始材料	不可用	1.27	1160	310	7.45
B-1	纯 Nd	1.23	1130	290	7.50
B-2	Nd95Pr5	1.26	1200	305	7.53
B-3	Nd90Pr10	1.26	1230	305	7.53
B-4	Nd85Pr15	1.26	1260	305	7.53
B-5	Nd75Pr25	1.26	1315	305	7.53
B-6	Nd50Pr50	1.26	1335	305	7.53
B-7	纯 Pr	1.25	1355	305	7.53

[0164]

表 3C 目标: ICP 元素分析、起始材料及再生磁铁

样本	添加剂	Nd	Fe	B	Dy	Al	Pr	C	O
起始材料	不可用	10.50	Bal.	6.92	0.39	0.52	3.04	0.31	2.00
B-8	1% Nd75 Pr25	11.10	Bal.	6.85	0.39	0.52	3.26	0.31	1.98

[0165]

表 3D 目标 iH_c: 起始材料及再生磁铁的磁性性质

样本	添加剂	Br (T)	iH _c (kA/m)	BH _{max} (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
起始材料	不可用	1.26	1034	305	7.45
B-8	1% Nd75 Pr25	1.31	1034	331	7.56

[0166] 实例3

[0167] 通过ICP及渗透计来特征化废弃的起始材料磁铁,分别参见表4A及4B。将0.5%到8%的Nd、Dy、Co、Cu及Fe添加剂添加到废弃磁铁,如表5A及5B的添加剂栏中指示。表5A及5B中分别示出新Nd-Fe-B烧结产物的成分及磁性性质。

[0168]

样本	Nd	Fe	B	Dy	Tb	Al	Cu	Co	Pr	GA	C	O
A-1	10.15	Bal.	5.88	0.32	0.17	0.38	0.9	0.81	3.26	0.09	0.32	0.97

[0169]

样本	Br (T)	iHc (kA/m)	BHmax (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
A-1	1.43	780	395	7.5

[0170]

样本	添加剂	Nd	Fe	B	Dy	Tb	Al	Cu	Co	Pr	Ga	C	O
C-1	0.5 at% NdDyCoCuFe	10.09	Bal.	5.88	0.42	0.17	0.38	0.10	0.90	3.18	0.07	0.32	1.00
C-2	1.0 at% NdDyCoCuFe	10.09	Bal.	5.94	0.52	0.17	0.41	0.11	0.99	3.16	0.07	0.32	1.00
C-3	2.0 at% NdDyCoCuFe	10.10	Bal.	5.96	0.75	0.17	0.39	0.13	1.17	3.14	0.07	0.32	1.00
C-4	3.0 at% NdDyCoCuFe	10.15	Bal.	5.92	0.94	0.17	0.41	0.17	1.37	3.15	0.07	0.31	1.10
C-5	5.0 at% NdDyCoCuFe	10.31	Bal.	5.99	1.38	0.17	0.39	0.25	1.68	3.19	0.07	0.33	1.10
C-6	8.0 at% NdDyCoCuFe	10.50	Bal.	6.07	2.05	0.18	0.40	0.35	2.35	3.23	0.07	0.32	1.10

[0171]

样本	添加剂	Br (T)	iHc (kA/m)	BHmax (kJ/m ³)	密度(g/cm ³)
C-1	0.5 at% NdDyCoCuFe	1.42	1050	395	7.6
C-2	1.0 at% NdDyCoCuFe	1.38	1200	370	7.6
C-3	2.0 at% NdDyCoCuFe	1.33	1660	345	7.6
C-4	3.0 at% NdDyCoCuFe	1.29	1880	325	7.6
C-5	5.0 at% NdDyCoCuFe	1.24	2094	295	7.6
C-6	8.0 at% NdDyCoCuFe	1.16	2431	256	7.6

[0172] 从表2B及3B可观察到,Nd/Pr元素添加剂可用来操纵剩磁的恢复并增强所得再生烧结磁铁的矫顽磁力。具体来说,元素添加剂中Nd的纯度越低,所得再生烧结磁铁中恢复的矫顽磁力就越大。随着更多的Pr被添加到元素添加剂-对应于元素添加剂中存在的Nd百分比降低-矫顽磁力增加,然而所得再生烧结磁铁的剩磁稍有下降。

[0173] 类似地,再生烧结磁铁的矫顽磁力及剩磁可通过改变Nd、Dy、Co、Cu及Fe添加剂的百分比来操纵,如表5B中示出。例如,从表5B可观察到,随着添加剂的百分比增加,对应于矫顽磁力增加,剩磁降低。因此,低百分比的添加剂(例如0.5%的添加剂)可导致剩磁完全恢复,而较高百分比的添加剂(例如8%的添加剂)可导致所得再生烧结磁铁的剩磁退化。当与表4B中的废弃起始材料相比时,使用更高百分比的添加剂可为新的再生烧结Nd-Fe-B产物实现至少约30%到约80%的矫顽值增加,参见表5B。

[0174] 再生的废弃磁铁适合一定范围的可能成分。例如,废弃磁铁成分可包含至少72%

的Fe、范围在7%到20%的Nd、至少2%的Pr、至少5.6%的B及至少0.1%的Al的第一磁铁废料。在一些实施方案中,第一磁铁废料包含以下至少一项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0至0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少两项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少三项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。

[0175] 在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下项至少四项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少五项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少六项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。

[0176] 在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少七项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少八项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述第一磁铁废料包含以下至少九项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。

[0177] 在一些实施方案中,上述一些实施方案包含以下至少一项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,上述一些实施方案包含以下至少一项:介于0%与5%之间的Dy;介于0%与4%之间的Co;介于0%与0.3%之间的

Cu;介于0%与2.07%之间的Tb;介于0%与0.19%之间的Ga;介于0%与1.25%之间的Gd;介于0%与0.14%之间的Ti;介于0%与0.3%之间的Zr;及介于0%与0.3%之间的Ni。

[0178] 在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少一项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少两项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少三项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。

[0179] 在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少四项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少五项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少六项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。

[0180] 在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少七项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少八项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。在一些实施方案中,所述磁铁废料包含以下至少九项:介于0.1%与5%之间的Dy;介于0.1%与4%之间的Co;介于0.1%与0.3%之间的Cu;介于0.1%与2.07%之间的Tb;介于0.01%与0.19%之间的Ga;介于0.01%与1.25%之间的Gd;介于0.01%与0.14%之间的Ti;介于0.01%与0.3%之间的Zr;及介于0.01%与0.3%之间的Ni。

[0181] 在一些实施方案中,本文中描述的废弃磁铁成分含有微量的Dy、Co、Cu、Tb、Ga、Gd、

Ti、Zr、Ni中的一或多者或其组合。在一些实施方案中，本文中描述的废弃磁铁成分含有Dy、Co、Cu、Tb、Ga、Gd、Ti、Zr、Ni中的一或多者或其组合的杂质。在一些实施方案中，本文中描述的废弃磁铁成分含有少于约0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%或1%的Dy、Co、Cu、Tb、Ga、Gd、Ti、Zr、Ni中的一或多者或其组合。在一些实施方案中，本文中描述的废弃磁铁成分不含Dy、Co、Cu、Tb、Ga、Gd、Ti、Zr、Ni中的一或多者或其组合。在一些实施方案中，本文中描述的废弃磁铁成分包括本文中提供的范围中的任一者、基本上由本文中提供的范围中的任一者组成或由本文中提供的范围中的任一者组成。

[0182] 表6示出了根据一些实施方案的界定其它可能的再生磁铁材料的材料的组合。

组分	至少%	不超过%
Fe	72	83
Nd	7	25
Pr	2	4
B	5.6	6.4
Al	0.1	2.9
Dy	0	5
Co	0	4
Cu	0	0.3
Tb	0	2.07
Ga	0	0.19
Gd	0	1.25
Ti	0	0.14
Zr	0	0.3
Ni	0	0.3

[0185] 在一些实施方案中，废弃磁铁材料(成分范围界定于上表中)可在混合之前、期间或之后与一定量的稀土元素添加剂组合，以产生最优磁性粉末混合物，其中约0.5at%到约8at%的磁性粉末来自稀土元素添加剂。在一些实施方案中，元素添加剂的量使得稀土元素添加剂的元素组分中的至少一者的量至少与在初始处理步骤期间从废弃磁铁起始材料中失去的相同元素相同。在一些实施方案中，元素添加剂的量使得稀土元素添加剂的元素组分中的至少一者的量等于在初始处理步骤期间从废弃磁铁起始材料中失去的相同元素的量。为了确定失去材料的量，可处理并使用ICP分析废弃磁铁起始材料的样本以确定稀土元素构成的变化。例如，元素Nd的浓度减少可为0.7%。在此情况下，添加1%的Nd (0.70) Pr (0.25) (0.05其它材料) 元素添加剂将可在回收的Nd-Fe-B烧结磁铁产物中有效地恢复原始的富含晶粒边界相。在一些实例中，当Nd的浓度减少为0.7%时，可添加两倍的元素添加剂(例如2%)，使得所得Nd-Fe-B烧结产物中Nd、Pr、及Dy的总量不超过18%。

[0186] 以下公式进一步描述一些实施方案：废弃磁铁起始材料中 $R = s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy})$ ；最终的Nd-Fe-B产物中 $T = f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy})$ ，如第19段中所定义；及添加的原生材料 $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$ ，其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 19\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。为了说明目的，考虑以下实例：如果在废弃磁铁起始材料中Nd、Pr及Dy的原子百分比值分别为9.77、2.96及0.92，那么将对应的值替换到公式 $R = s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy})$ 中得到 $R = 9.77 + 2.96 + 0.92$ 或 $R = 13.65$ 。在相同的实例中，再生的Nd-Fe-B烧结磁铁中的Nd、Pr、及Dy的原

子百分比值可分别为10.74、3.26及0.91。将新再生的Nd-Fe-B烧结磁铁的值替换到公式 $T = s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy})$ 中时, T 等于 $10.74 + 3.26 + 0.91$ 或 $T = 14.91$ 。在相同实例中, 如果在再生过程期间添加原生材料, 且原生材料含有的Nd、Pr及Dy的原子百分比值分别为0.2、0.3及0.4, 那么公式 $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$ 得到 $V = 0.2 + 0.3 + 0.4$ 或 $V = 0.9$ 。原生材料的公式(或 V)受到两个限制: $0.1 \leq p+q+r \leq 19\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在我们的实例中, $p+q+r = 0.9\%$ —满足第一限制— $p+q+r$ 的值必须大于或等于0.1%且小于或等于19%。此实例还满足针对原生材料公式的第二限制: T 大于或等于 R 或18的集合中的最小者。在此实例中, T 是14.91且 R 或18的集合中的最小者是 R (R 是13.65), 因此 T 大于或等于 R 或18的集合中的最小者。

[0187] 在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 15\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 12\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 8\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 5\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 3\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 2\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。在一些实施方案中, $V = \text{Nd}[p] + \text{Pr}[q] + \text{Dy}[r]$, 其中 $0.1 \leq p+q+r \leq 1\text{at.}\%$ 的最终产物且 $T \geq \min(R, 18\text{at.}\%)$ 。

[0188] 在一些实施方案中, X 是从原始磁铁去除的 $\text{at.}\% \text{RE}(\text{Nd}, \text{Pr}, \text{Dy})$, 且 $p+q+r \geq X$ 。在一些实施方案中, 添加剂使得在最终再生的Nd-Fe-B烧结产物中, 其中 f 是再生的Nd-Fe-B烧结磁铁的分率($\text{at}\%$), $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) > 0$ 。在一些实施方案中, $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy}) \leq 18$ 。在一些实施方案中, $f(\text{Co}) \leq 3$ 。在一些实施方案中, $f(\text{Cu}) \leq 0.3$ 。在一些实施方案中, $f(\text{Fe}) + f(\text{Co}) \leq 77$ 。在一些实施方案中, $f(\text{Dy}) + f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) \geq R$ 。

[0189] 在一些实施方案中, 元素添加是 $\text{Nd}[0.1-19\text{at.}\% * s(\text{Nd}), x] \text{Pr}[0.1-19\text{at.}\% * s(\text{Pr}), y] \text{Dy}[0.1-19\% * s(\text{Dy}), z] \text{Co}[0, d] \text{Cu}[0, e] \text{Fe}[0, f]$, 其中 $[m, n]$ 意指从最小值 m 到最大值 n 的范围; $s(t)$ 为起始成分中元素 t 的原子百分比; $f(t)$ 为最终成分中元素 t 的原子百分比; $x = 18 - [81, 99.9] \text{at.}\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$; $y = 18 - [81, 99.9] \text{at.}\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$; $z = 18 - [81, 99.9] \text{at.}\% * (s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy}))$; $d = 3 - [81, 99.9] \text{at.}\% * s(\text{Co})$; $e = 0.3 - [81, 99.9] \text{at.}\% * s(\text{Cu})$; $f = 77 - [81, 99.9] \text{at.}\% * (s(\text{Fe}) + s(\text{Co}))$ 。

[0190] 在一些实施方案中, (i) 原生材料, 例如 $\text{Nd}_p\text{Pr}_q\text{Dy}_r$ 必须在 $0.1 \leq p+q+r \leq 19\text{at.}\%$ 最终产物的范围中, 且 $T \geq \min(R, 18)$, 其中 $T = f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy})$ 且 $R = s(\text{Nd}) + s(\text{Pr}) + s(\text{Dy})$; (ii) $p+q+r \geq X$, 其中 X 是从原始磁铁去除的 $\text{at.}\%$ 的 $\text{RE}(\text{Nd}, \text{Pr}, \text{Dy})$; (iii) $T \leq 18\%$; (iv) $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) > 0$, 其中 f 是最终产物的分率 $\text{at.}\%$; (v) $f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) + f(\text{Dy}) \leq 18$; (vi) $f(\text{Co}) \leq 3$; (vii) $f(\text{Cu}) \leq 0.3$; (viii) $f(\text{Fe}) + f(\text{Co}) \leq 77$; 且 (ix) $f(\text{Dy}) + f(\text{Nd}) + f(\text{Pr}) \geq R$ 。

[0191] 在一些实施方案中, 一种方法提供添加0.1wt.%到19wt.%的一或多种稀土元素添加剂到本文中描述的成分或方法。另一方面, 一种方法提供添加约0.1wt.%、约0.2wt.%、约0.3wt.%、约0.4wt.%、约0.5wt.%、约1wt.%、约2wt.%、约3wt.%、约4wt.%、约5wt.%、约6wt.%、约7wt.%、约8wt.%、约9wt.%、约10wt.%、约11wt.%、约12wt.%、约13wt.%、约14wt.%、约15wt.%、约16wt.%、约17wt.%、约18wt.%或约

19wt.%的一或多种元素添加剂或一或多种元素添加剂的组合到本文中描述的成分或方法。在又另一方面,一种方法提供添加约0.1wt.%到0.5wt.%、约0.1wt.%到1wt.%、约0.5wt.%到1wt.%、约1wt.%到2wt.%、约1wt.%到3wt.%、约1wt.%到5wt.%、约1wt.%到8wt.%、约1wt.%到12wt.%、约1wt.%到15wt.%、约1wt.%到19wt.%、约2wt.%到4wt.%、约2wt.%到6wt.%、约2wt.%到12wt.%、约2wt.%到19wt.%、约3wt.%到5wt.%、约3wt.%到8wt.%、约3wt.%到15wt.%及约3wt.%到19wt.%的一或多种元素添加剂或一或多种元素添加剂的组合到本文中描述的成分或方法。

[0192] 在一些实施方案中,无法避免的杂质可与所识别的材料结合。

[0193] 本说明书中描述的标的物及功能操作的实施例可以数字电子电路、有形体现的计算机软件或固件、计算机硬件(包含本说明书中揭示的结构及其结构等效物)或其中的一或多者的组合实施。本说明书中描述的标的物的实施例可被实施为一或多个计算机程序,即,编码在有形非暂时程序载体上以供数据处理设备执行或控制数据处理设备的操作的计算机程序指令的一或多个模块。替代地或此外,所述程序指令可被编码在人为产生的传播信号上,例如机器产生的电、光、或电磁信号,所述信号被产生来编码用于传输到适当接收器设备的信息以供由数据处理设备执行。计算机存储媒体可为机器可读存储装置、机器可读存储衬底、随机或串联存取存储器装置或其中的一或多者的组合。

[0194] 术语“数据处理设备”是指数据处理硬件且包含用于处理数据的所有种类的设备、装置及机器,例如包含可编程处理器、计算机或多个处理器或计算机。所述设备也可为或进一步包含专用逻辑电路,例如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)。除了硬件以外,所述设备可选用地包含产生用于计算机程序的执行环境的代码,例如构成处理器固件、协议堆栈、数据库管理系统、操作系统或其中的一或多者的组合的代码。

[0195] 计算机程序(又可称作或描述为程序、软件、软件应用程序、模块、软件模块、脚本或代码)可以程序设计语言(包含编译或解释语言或说明性或程序语言)的任何形式写入,且其可以任何形式部署,包含被部署为独立程序或模块、组件、子常式或适用于在计算环境中使用的其它单元。计算机程序可但无需对应于文件系统中的文件。程序可存储在保存其它程序或数据(例如存储在标记语言文档中的一或多个脚本)的文件的部分中、专用于正讨论的程序的单个文件中或多个协调文件(例如,存储一或多个模块、子程序或代码的部分的文件)中。计算机程序可被部署为在一个计算机或多个计算机上执行,所述多个计算机位于一个位区处或跨多个位区分布且由通信网络互连。

[0196] 本说明书中描述的程序及逻辑流可由一或多个可编程计算机执行,所述可编程处理器执行一或多个计算机程序以通过作用于输入数据及产生输出来执行功能。程序及逻辑流还可通过专用逻辑电路(例如FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路))执行,且设备也可被实施为所述专用逻辑电路。

[0197] 适用于执行计算机程序的计算机包含,例如,通用或专用微处理器或其两者或任何其它种类的中央处理单元。通常,中央处理单元将从只读存储器或随机存取存储器或两者接收指令及数据。计算机的基本元件是用于执行指令的中央处理单元及用于存储指令及数据的一或多个存储器装置。通常,计算机还将包含用于存储数据的一或多个大容量存储装置(例如,磁盘、磁光盘或光盘),或操作地耦合以从一或多个大容量存储装置接收数据或将数据传送到一或多个大容量存储装置,或两者。然而,计算机不一定具有此类装置。此外,

计算机可被嵌入在另一装置(例如,只举少数几个实例,移动电话、个人数字助手(PDA)、移动音频或视频播放器、游戏机、全球定位系统(GPS)接收器或便携式存储装置,例如通用串行总线(USB)闪存驱动器)中。

[0198] 适用于存储计算机程序指令及数据的计算机可读媒体包含所有形式的非易失性存储器、媒体及存储器装置,包含(例如)半导体存储器装置,例如,EPROM、EEPROM及快闪存储器装置;磁盘,例如,内置硬盘或可装卸式磁盘;磁光盘;及CD ROM及DVD-ROM光盘。处理器及存储器可由专用逻辑电路增补或并入在专用逻辑电路中。

[0199] 为提供与用户的交互,本说明书中描述的标的物的实施例可实施于计算机上,所述计算机具有用于向用户显示信息的显示装置(例如,CRT(阴极射线管)或LCD(液晶显示器)监视器)且具有键盘及定点装置,例如,鼠标或轨迹球,用户可通过其提供输入给计算机。其它种类的装置还可用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可为任何形式的传感反馈,例如,视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈;及来自用户的输入可以任何形式接收,包含声音、语音或触觉输入。此外,计算机可通过以下项与用户交互:发送文档到由用户使用的装置且从所述装置接收文档;例如,通过响应于接收自网络浏览器的请求发送网页到用户的装置上的网络浏览器。

[0200] 本说明书中描述的标的物的实施例可实施于计算系统中,所述计算系统包含后台组件(例如,作为数据服务器)或包含中间件组件(例如,应用服务器)或包含前端组件(例如,具有图形用户接口或网络浏览器的客户端计算机,通过图形用户接口或网络浏览器,用户可与本说明书中描述的标的物的实施方案交互)或一或多个此类后台、中间件或前端组件的任何组合。系统的组件可由数字数据通信(例如,通信网络)的任何形式或媒体互连。通信网络的实例包含局域网(LAN)及广域网(WAN)、例如,因特网。

[0201] 计算系统可包含客户端及服务器。客户端及服务器通常彼此远距且通常通过通信网络交互。客户端及服务器的关系借助于在相应计算机上运行且彼此之间具有客户端-服务器关系的计算机程序而出现。在一些实施例中,服务器将数据(例如,HTML页面)传输到用户装置(例如,用于向与充当客户端的用户装置交互的用户显示数据及从所述用户接收用户输入的目的)。产生于用户装置处的数据(例如,用户交互的结果)可接收自服务器处的用户装置。

[0202] 图9中示出了此一类型的计算机的实例,图9示出了通用计算机系统900的示意图。系统900可用于根据一个实施方案的关联先前描述的计算机实施方法中的任一者描述的操作。系统900包含处理器910、存储器920、存储装置930,及输入/输出装置940。组件910、920、930及940中的每一者是使用系统总线950互连。处理器910能够处理用于在系统900内执行的指令。在一个实施方案中,处理器910是单线程处理器。在另一实施方案中,处理器910是多线程处理器。处理器910能够处理存储在存储器920中或存储装置930上的指令,以在输入/输出装置940上为用户界面显示图形信息。

[0203] 存储器920将信息存储在系统900内。在一个实施方案中,存储器920是计算机可读媒体。在一个实施方案中,存储器920是易失性存储器单元。在另一实施方案中,存储器920是非易失性存储器单元。

[0204] 存储装置930能够为系统900提供大容量存储。在一个实施方案中,存储装置930是计算机可读媒体。在各种不同的实施方案中,存储装置930可为软磁盘装置、硬盘装置、光盘

装置或磁带装置。

[0205] 输入/输出装置940为系统900提供输入/输出操作。在一个实施方案中,输入/输出装置940包含键盘及/或定点装置。在另一实施方案中,输入/输出装置940包含用于显示图形用户界面的显示单元。

[0206] 虽然本说明书含有许多特定实施方案细节,但是此类细节不应被解释为限制任何发明的范围或权利要求书的范围,反而应描述为可为特定发明的特定实施例所特有的特征。本说明书中在独立实施例的背景中描述的某些特征还可组合地在单个实施例中实施。相反地,单个实施例的背景中描述的各种特征还可在多个实施例中单独地或以任何适当子组合实施。此外,虽然特征在上文被描述为作用于某些组合且甚至最初也是如此要求的,但是来自所要求组合的一或多个特征在一些情况中可从所述组合除去,且所要求组合可针对子组合或子组合的变动。

[0207] 类似地,虽然在图式中以特定次序描绘操作,但是不应将此理解为要求以所示特定次序或以顺序次序执行此类操作或执行所有所说明的操作以实现所需结果。在某些境况中,多任务处理及并行处理可能是有利的。此外,上文描述实施例中的各种系统模块及组件的分离不应被理解为要求在所有实施例中进行此分离,而应理解为所描述的程序组件及系统通常可一起集成在单个软件产品中或封装到多个软件产品中。

[0208] 已描述了标的物的特定实施例。其它实施例在所附权利要求书的范围内。例如,权利要求书中叙述的动作可以不同次序执行且仍然实现所需结果。作为一个实例,附图中描绘的过程不一定要求所示出的特定次序或循序次序才能实现所需结果。在一些情况下,多任务处理及并行处理可为有利的。

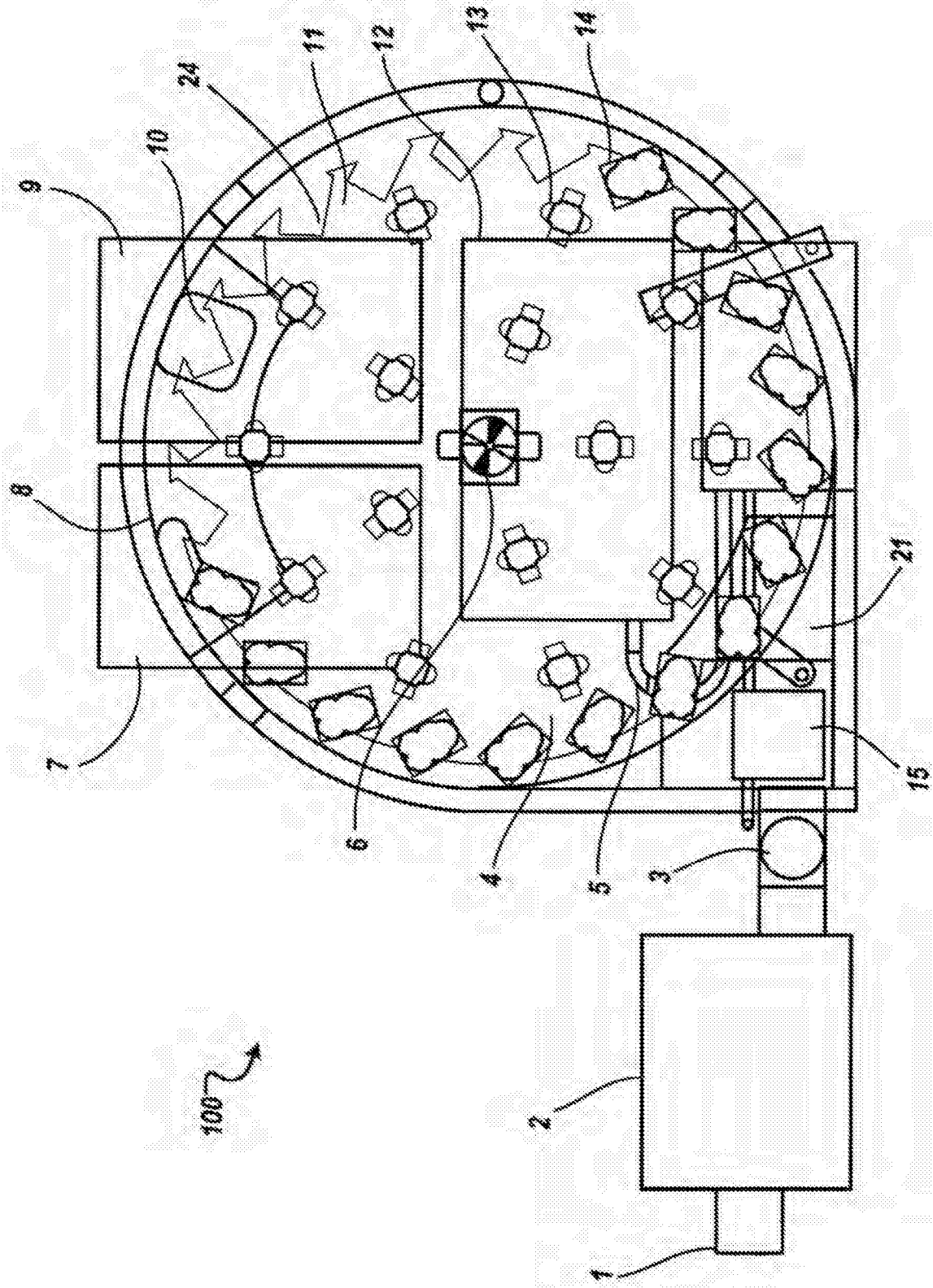


图1A

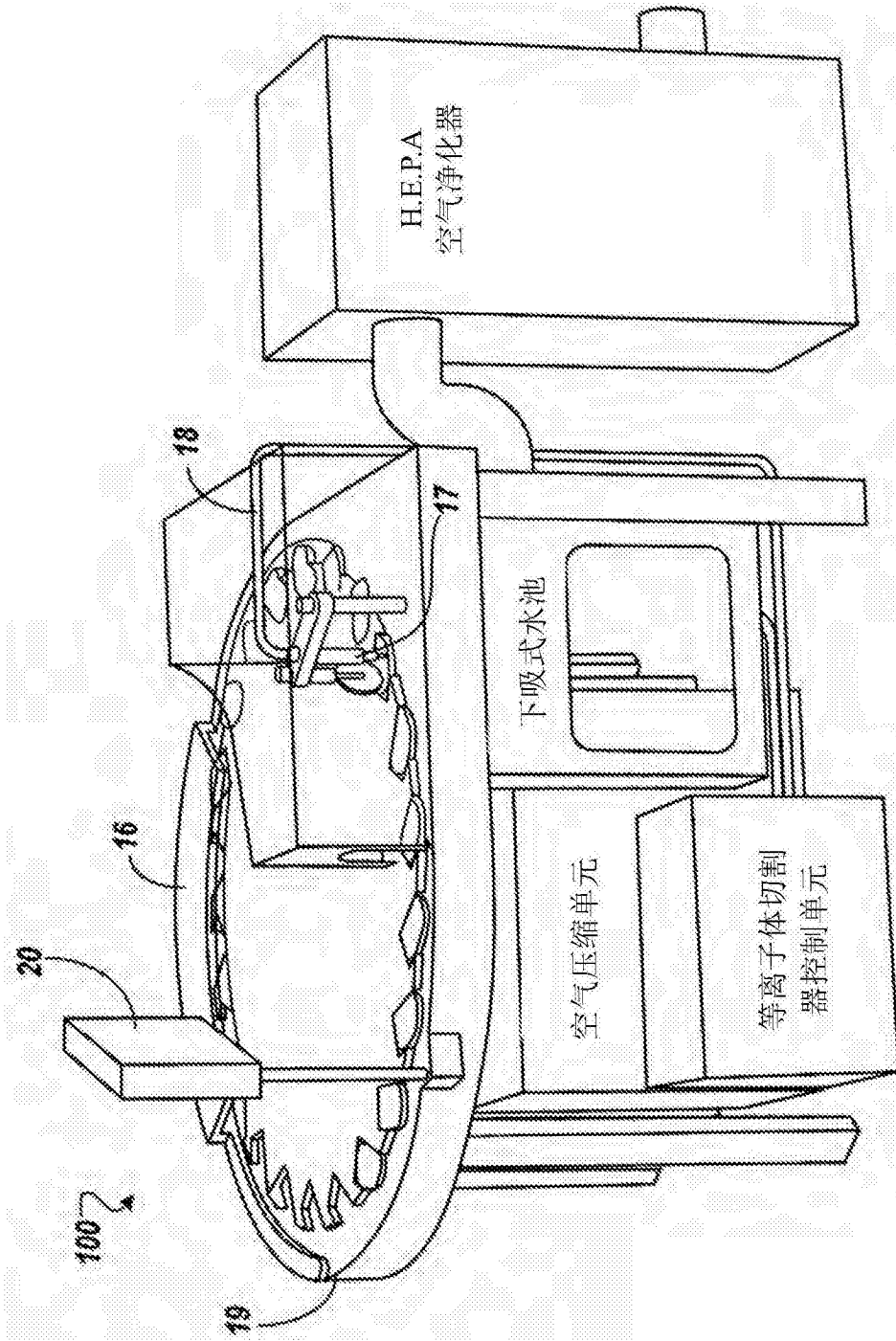


图1B

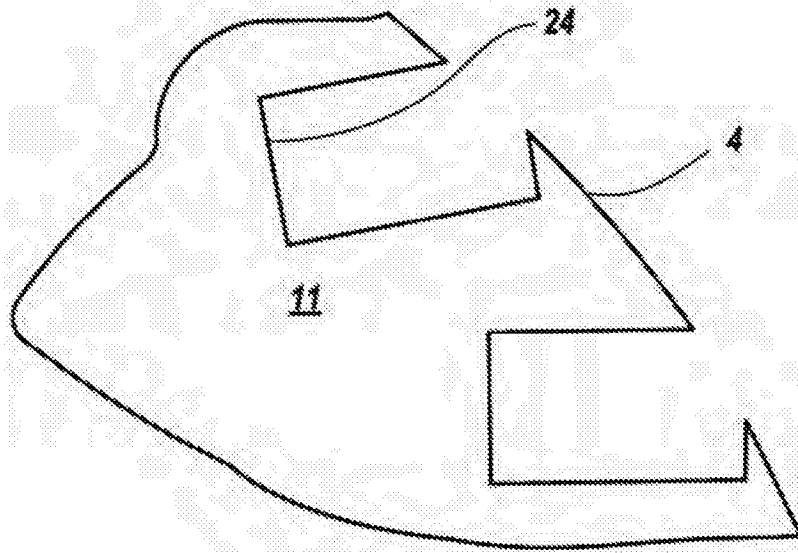


图1C

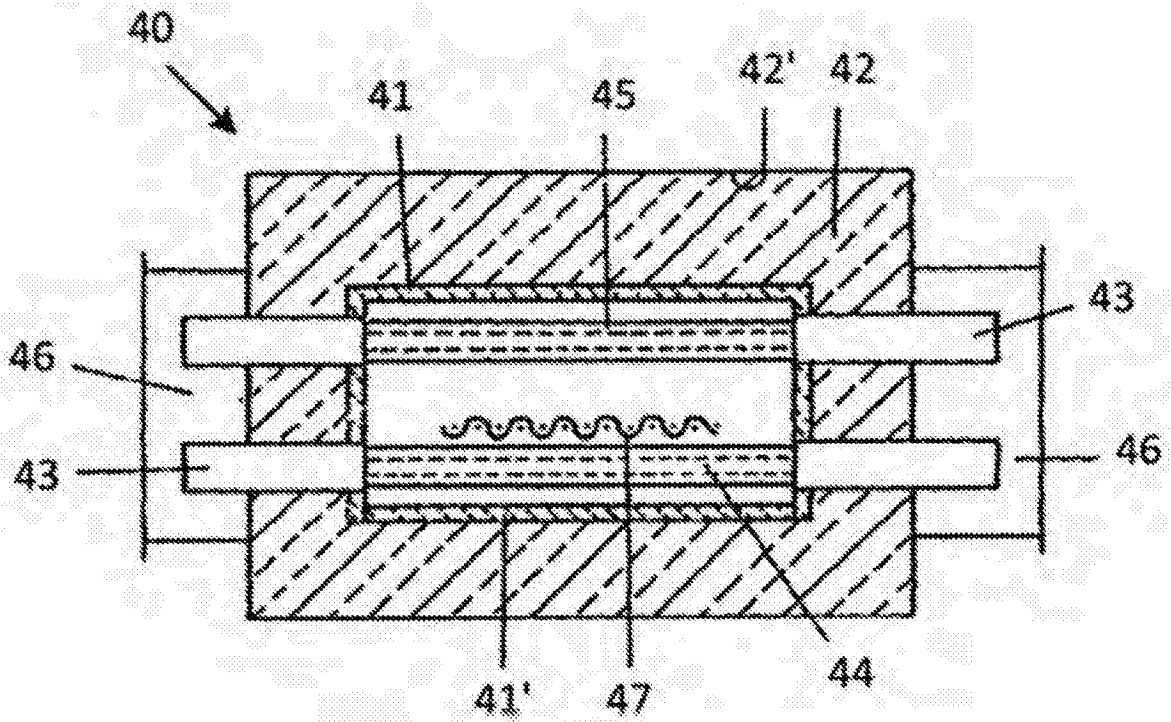


图2

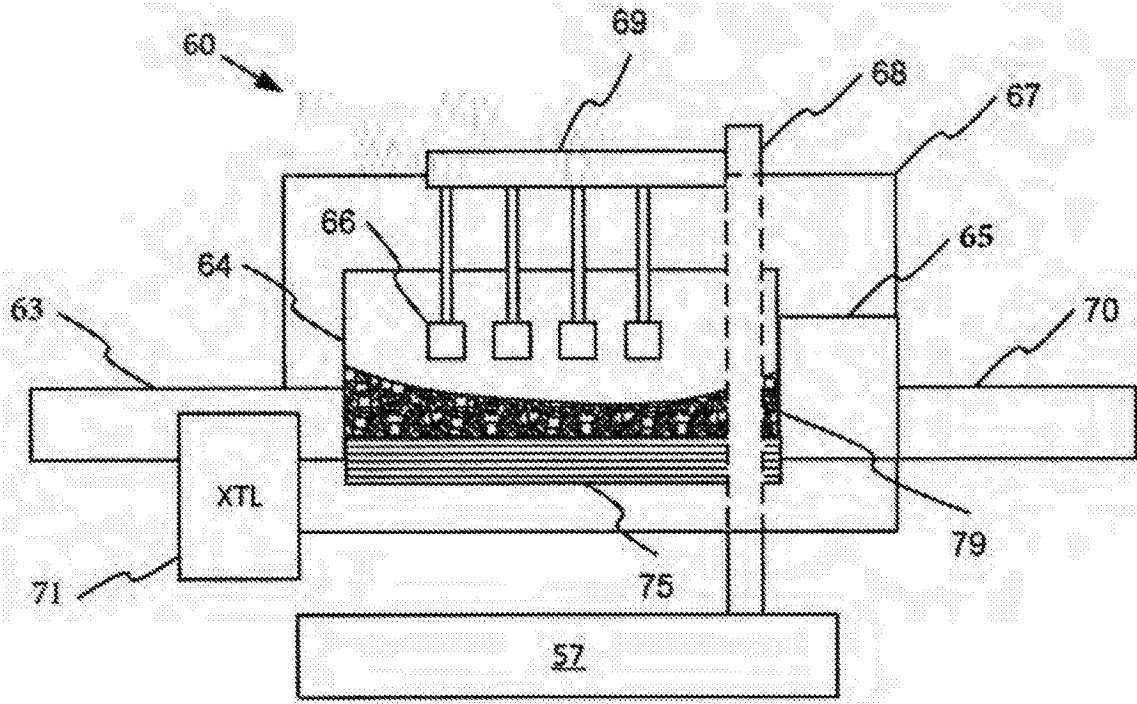


图3A

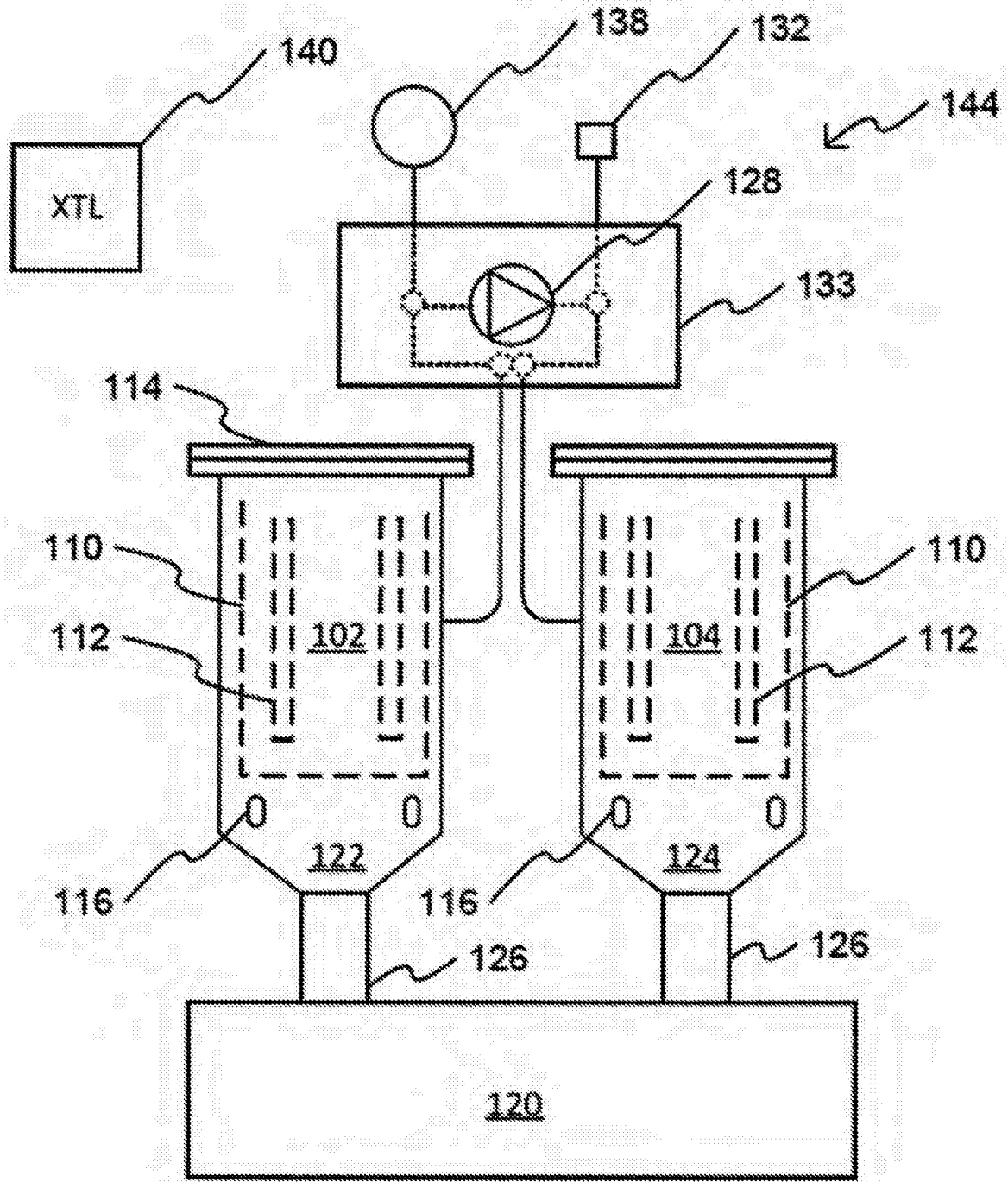


图3B

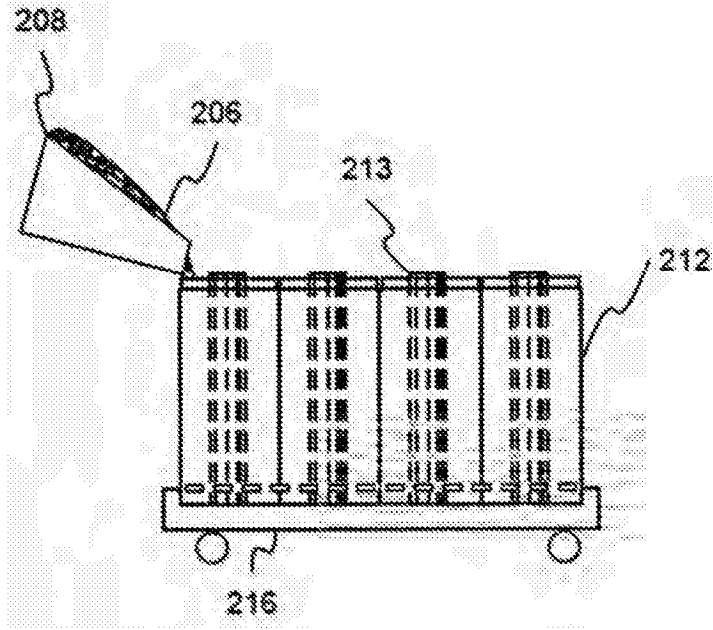


图4A

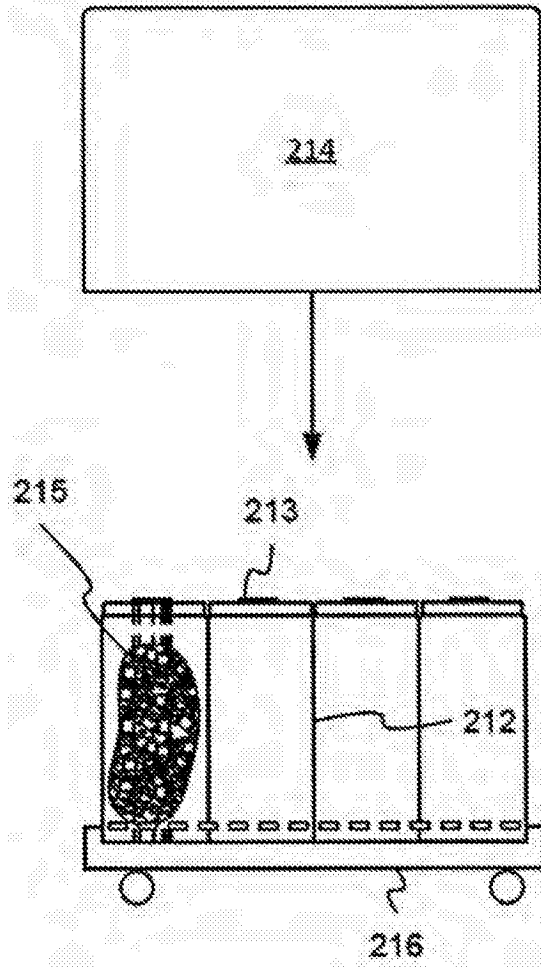


图4B

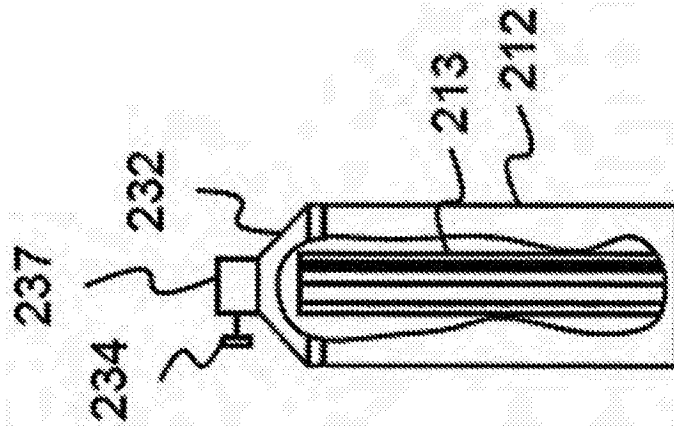


图4C

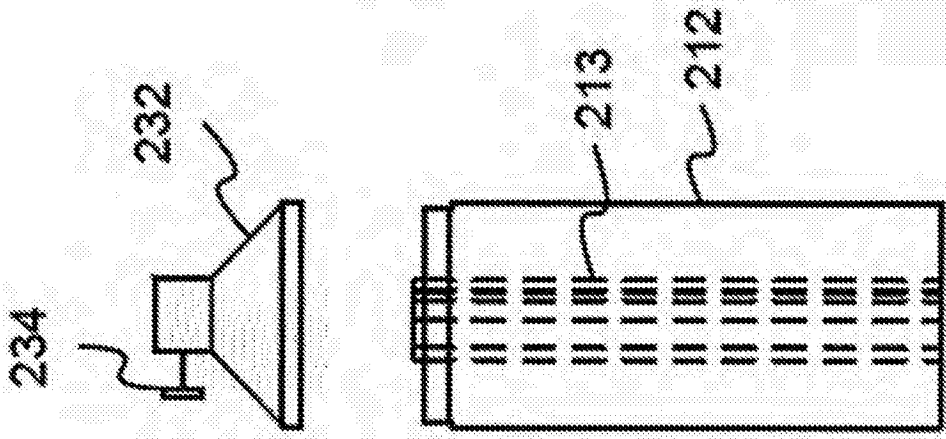


图4D

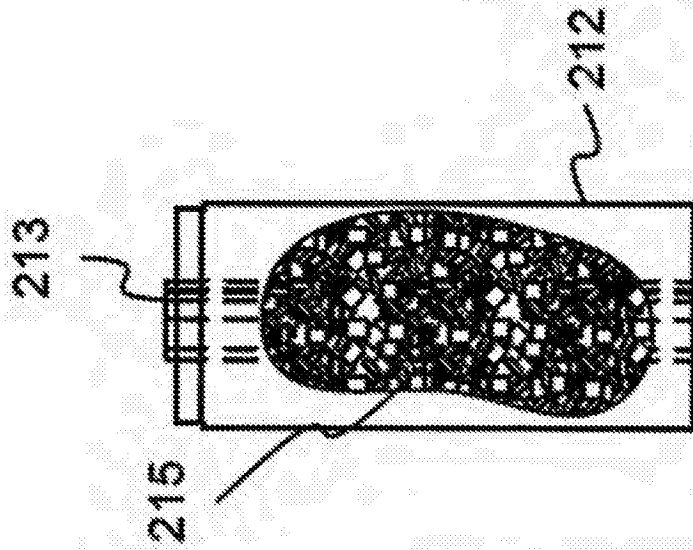


图4E

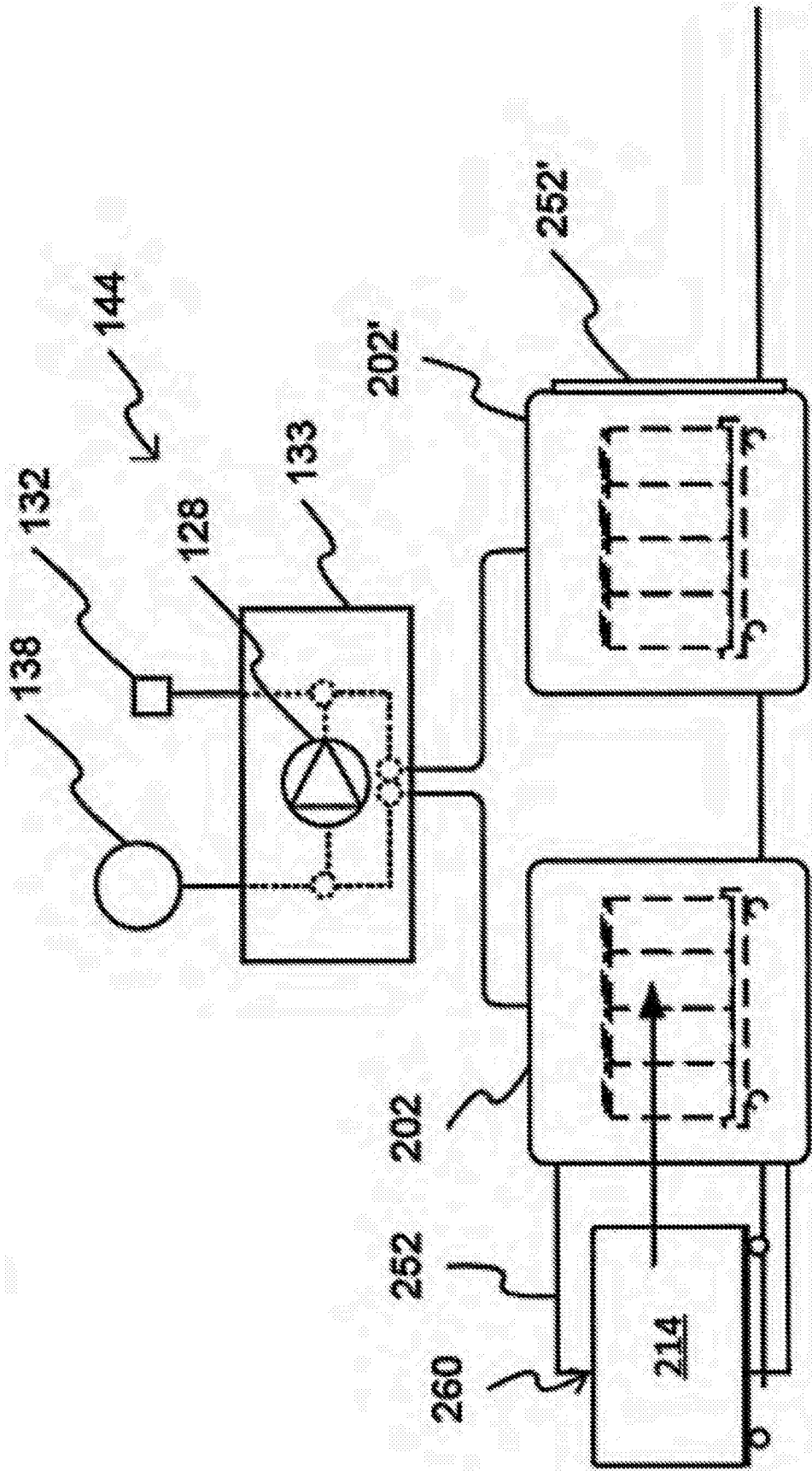


图4F

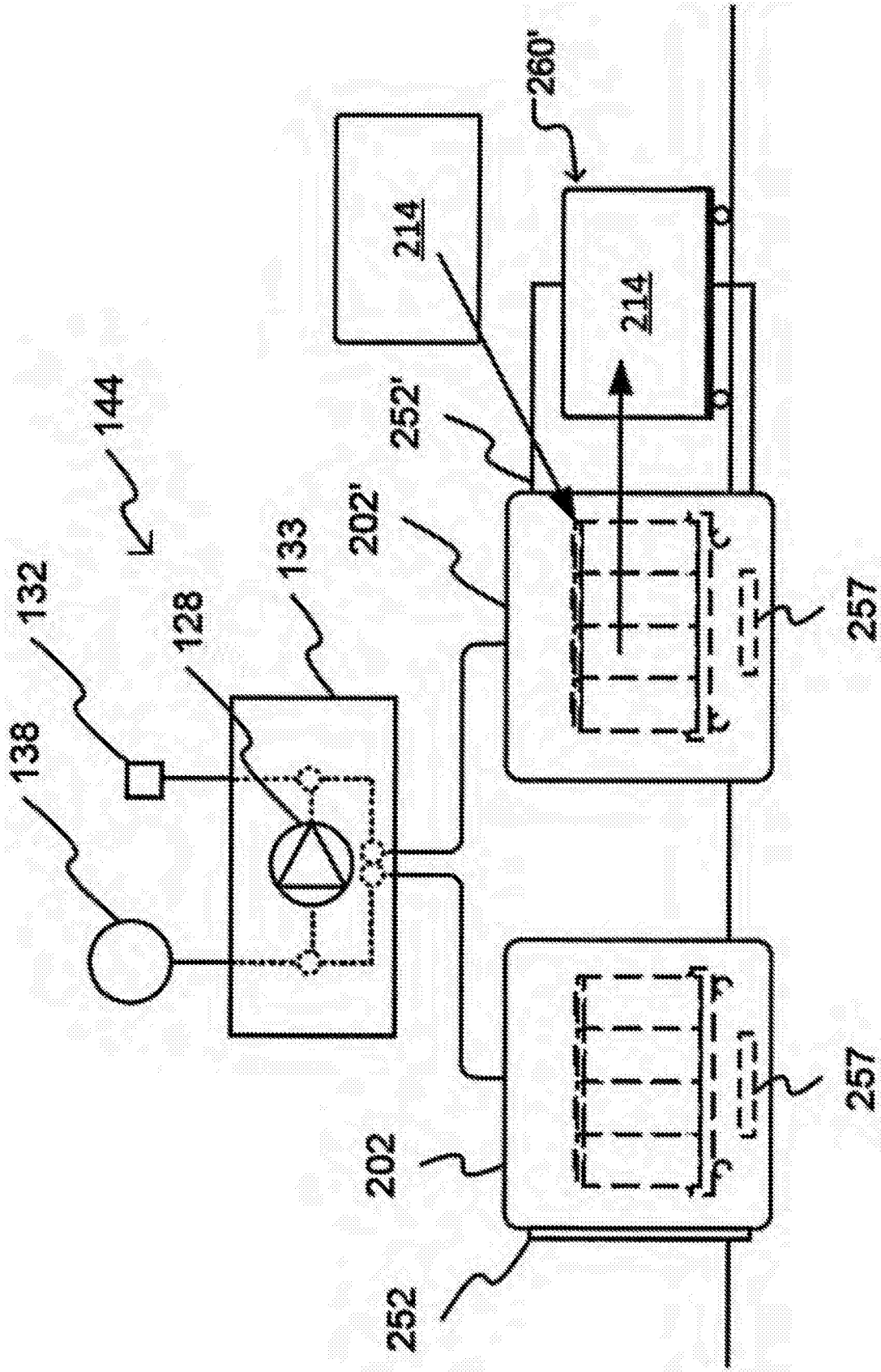


图4G

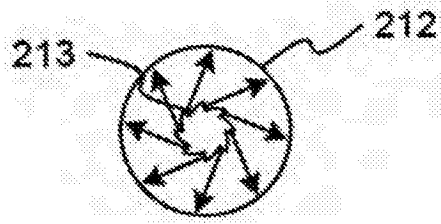


图4H

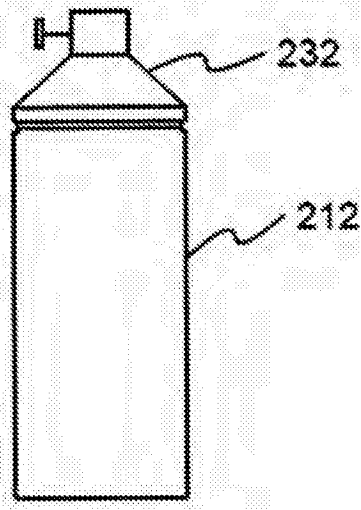


图4J

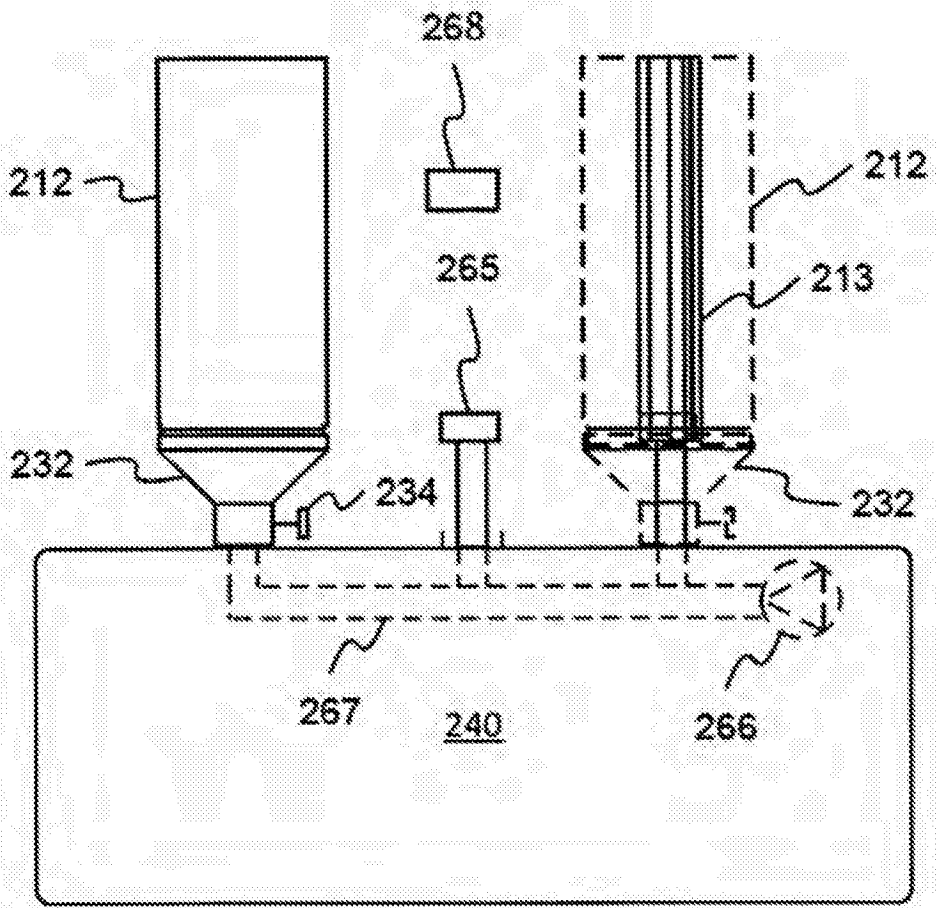


图4K

500

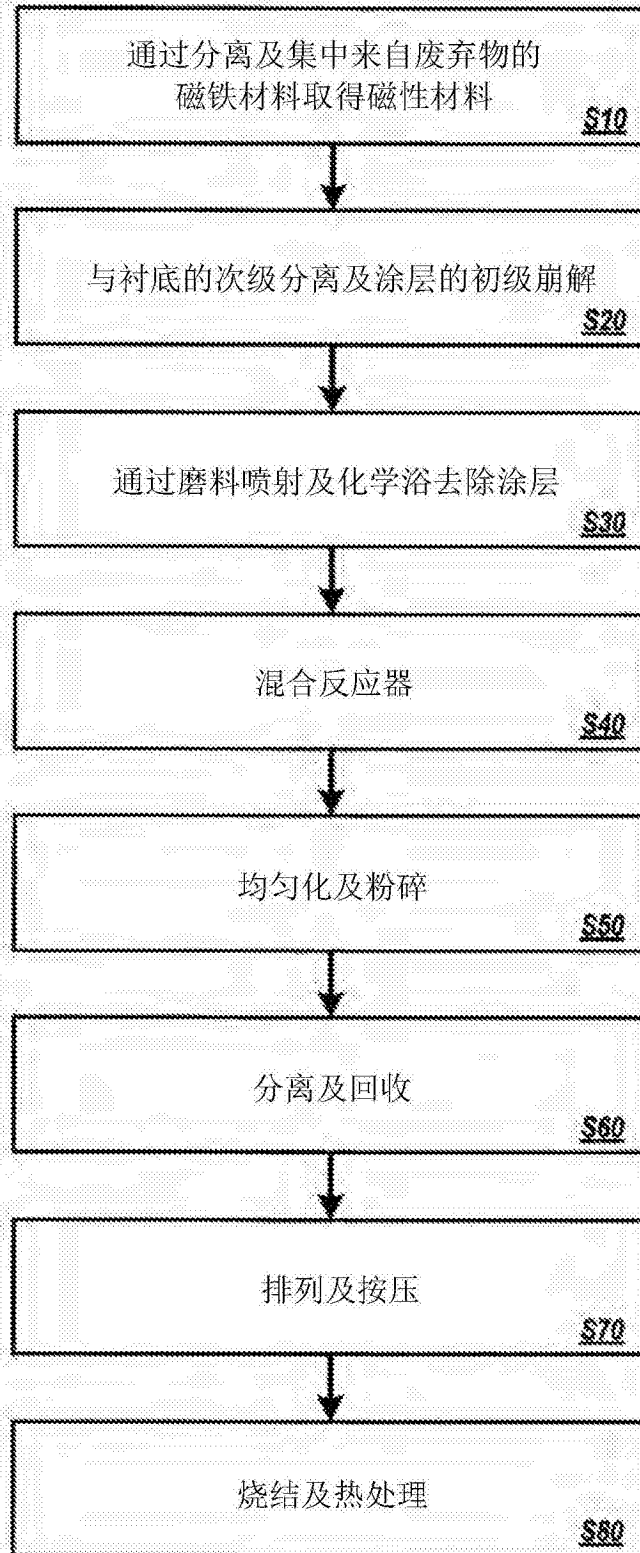


图5

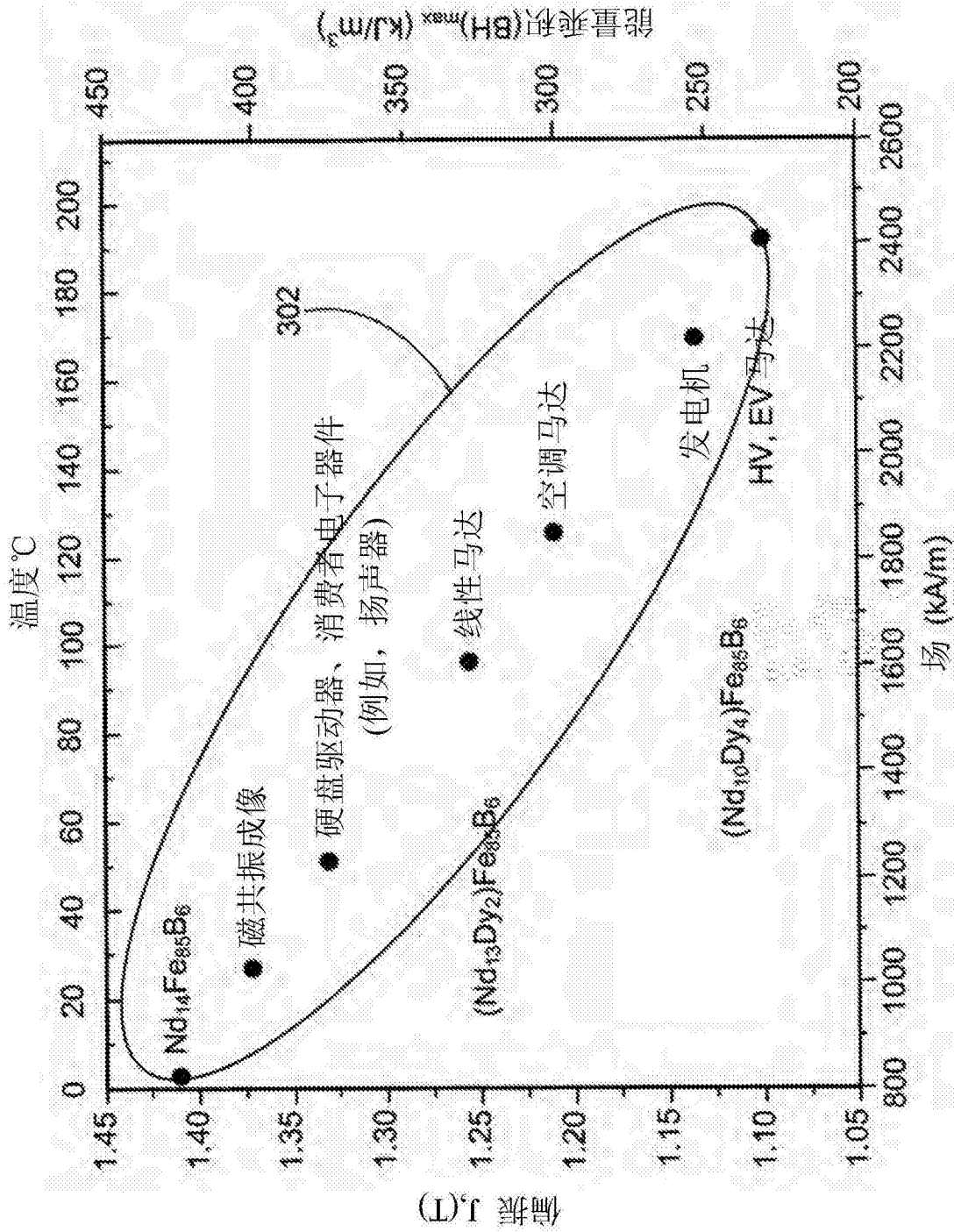


图6

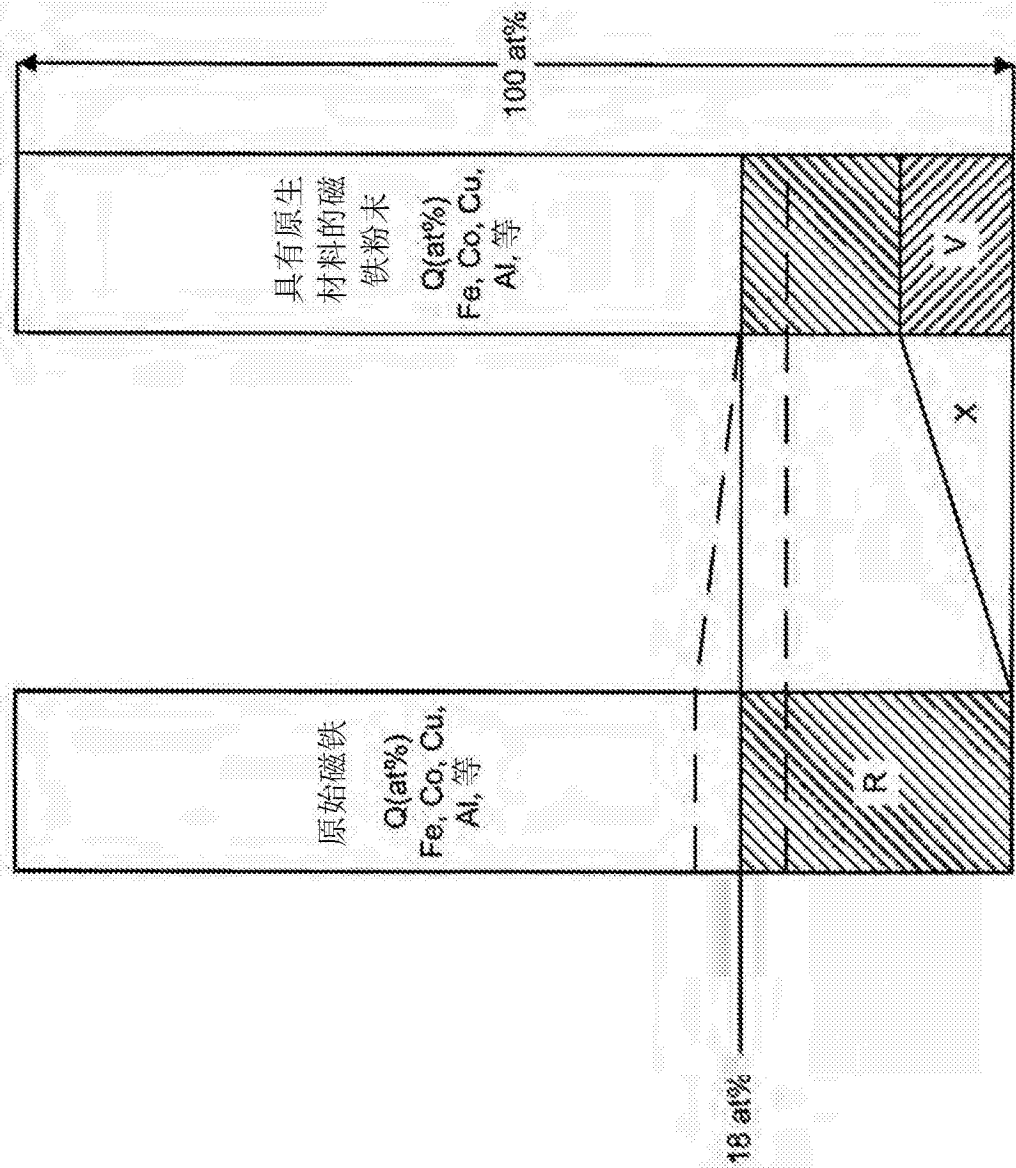


图7

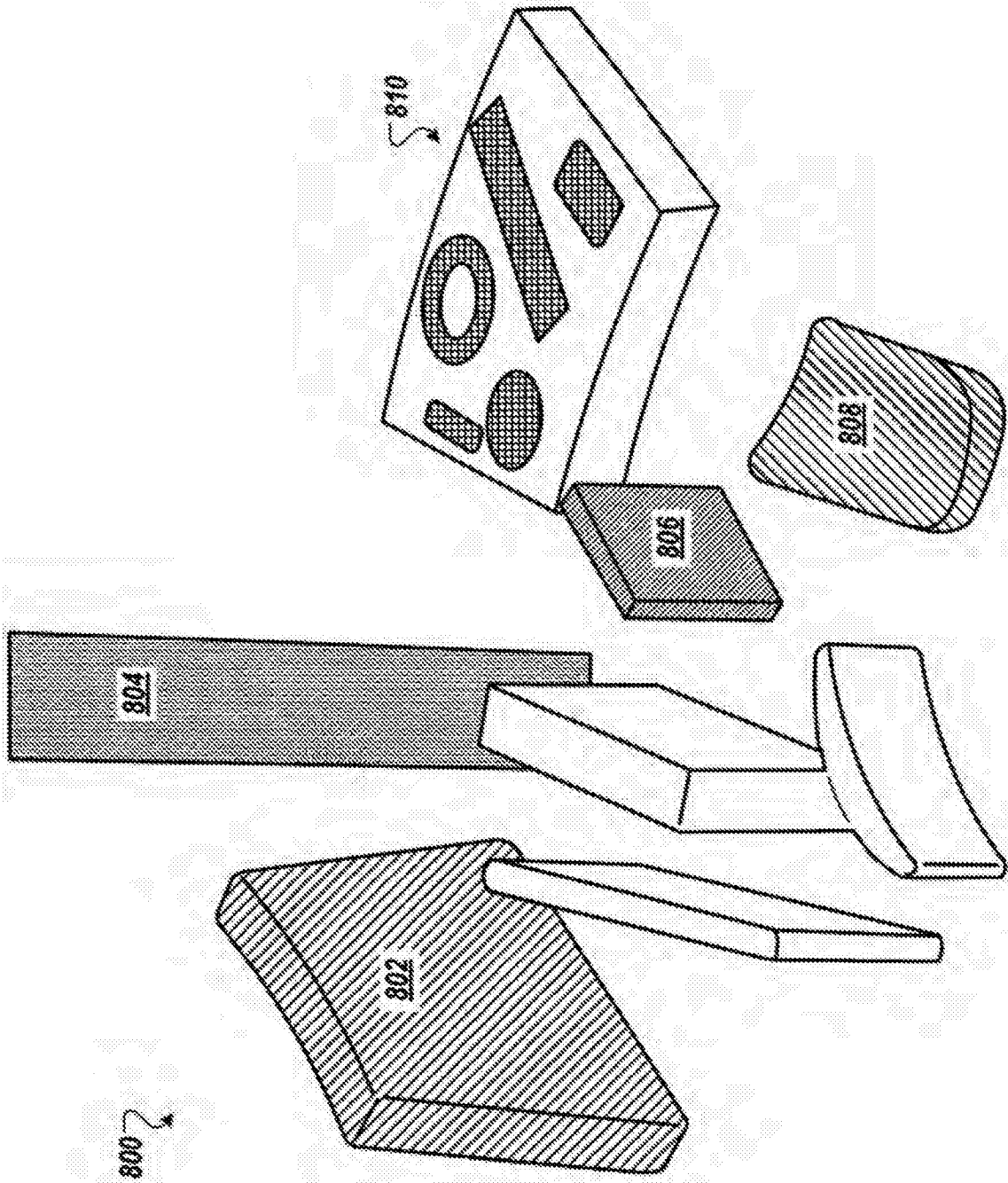


图8

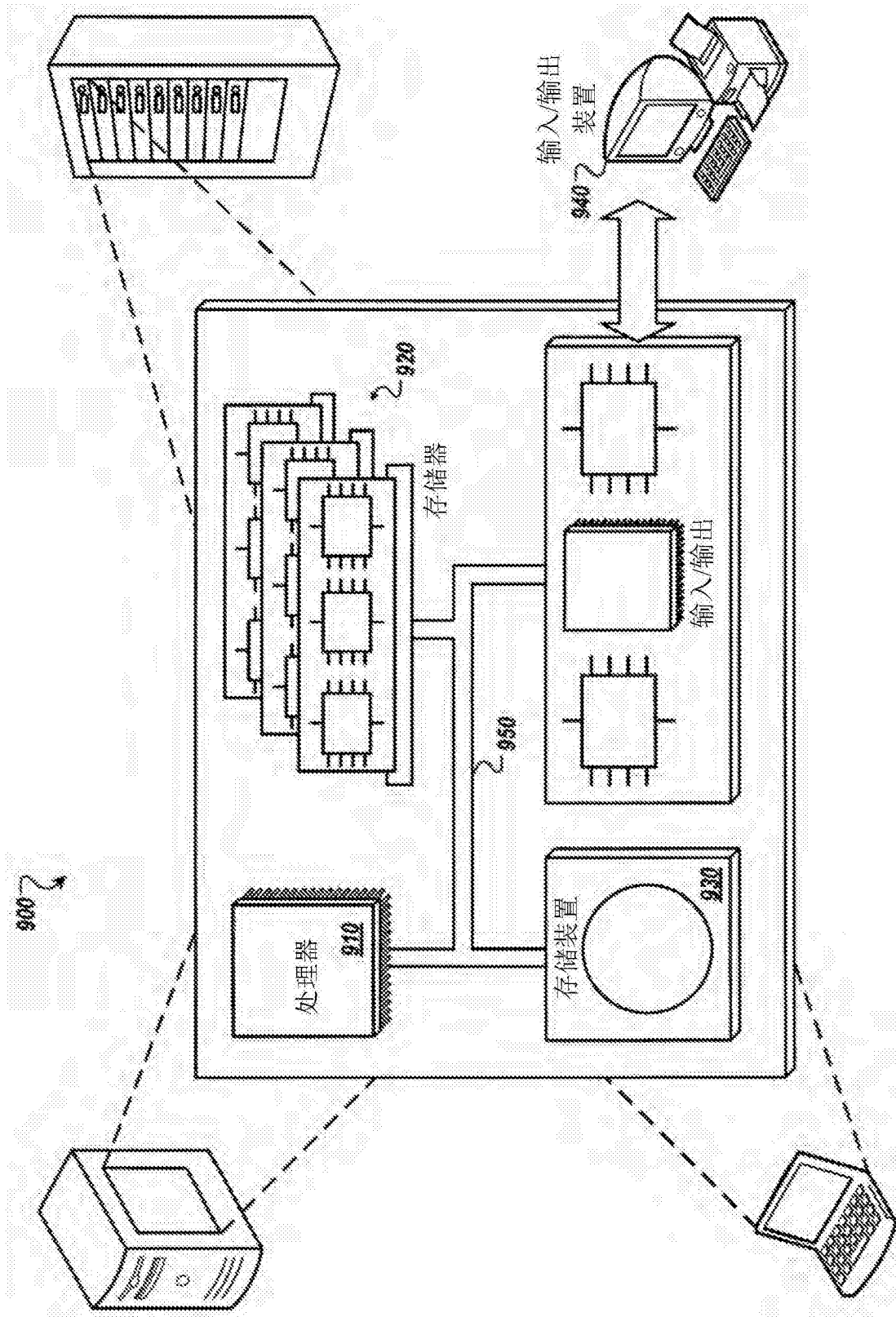


图9