

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-177253

(P2017-177253A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
B 2 4 B	7/22	(2006.01)	B 2 4 B	7/22	A	3 C 0 4 3		
H 0 1 F	41/02	(2006.01)	H 0 1 F	41/02	G	3 C 0 4 9		
H 0 1 F	1/08	(2006.01)	H 0 1 F	1/08	B	4 K 0 1 8		
H 0 1 F	1/057	(2006.01)	H 0 1 F	1/04	H	5 E 0 4 0		
B 2 4 B	9/00	(2006.01)	B 2 4 B	9/00	6 0 1 B	5 E 0 6 2		

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-65099 (P2016-65099)
 (22) 出願日 平成28年3月29日 (2016. 3. 29)

(71) 出願人 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区港南一丁目2番70号
 (74) 代理人 100101683
 弁理士 奥田 誠司
 (74) 代理人 100155000
 弁理士 喜多 修市
 (74) 代理人 100180529
 弁理士 梶谷 美道
 (72) 発明者 和田 真一
 兵庫県養父市大藪1062番地 株式会社
 NEOMAX近畿内
 Fターム(参考) 3C043 BA07 BA15 BA17 CC04 CC11
 3C049 AA04 AB03 AB08 AB09 CA04
 CB01 CB03

最終頁に続く

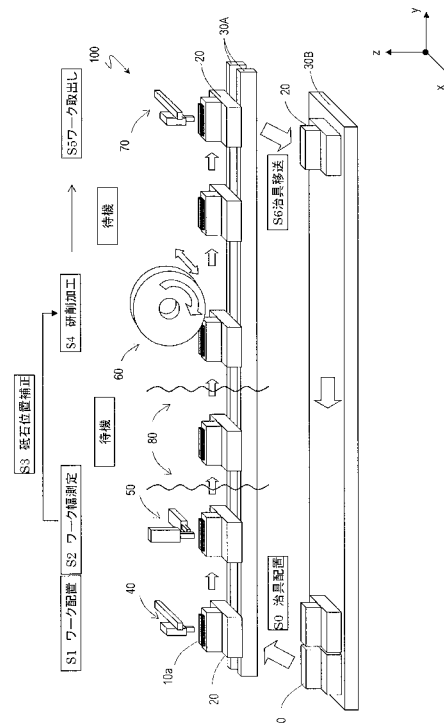
(54) 【発明の名称】 焼結体の形状加工方法および加工装置

(57) 【要約】

【課題】従来よりも高い加工精度が得られ、かつ、量産性を低下させることのない、形状加工方法を提供する。

【解決手段】焼結体の形状加工方法は、凸状の第1主面S0、第1主面の反対側の第2主面S1、および幅Wを規定する2つの第1側面SL1を有する焼結体を用意する工程aと、焼結体の長さ方向が搬送方向に平行で、第1主面S0または第2主面S1が上になるように焼結体を治具20に固定する工程bと、焼結体の幅Wを測定し、幅方向の中心位置を求める工程cと、中心位置が研削ホイール60の中心と一致するように研削ホイール60の位置を補正する工程dと、焼結体を搬送方向に搬送しながら、研削ホイール60によって焼結体を研削することによって、第1主面S0を凸状曲面に加工する、または、第2主面S1を凹状曲面または平坦な面に加工する工程eとを包含する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

凸状の第 1 主面、前記第 1 主面の反対側の第 2 主面、および幅 W を規定する 2 つの第 1 側面を有する焼結体を用意する工程 a と、

前記焼結体の長さ方向が搬送方向に平行で、前記第 1 主面または前記第 2 主面が上になるように前記焼結体を治具に固定する工程 b と、

前記焼結体の幅 W を測定し、幅方向の中心位置を求める工程 c と、

前記中心位置が研削ホイールの中心と一致するように前記研削ホイールの位置を補正する工程 d と、

前記焼結体を前記搬送方向に搬送しながら、前記研削ホイールによって前記焼結体を研削することによって、前記第 1 主面を凸状曲面に加工する、または、前記第 2 主面を凹状曲面または平坦な面に加工する工程 e と

を包含する、焼結体の形状加工方法。

【請求項 2】

前記工程 e の期間中に前記研削ホイールを上昇させる工程 f をさらに包含する、請求項 1 に記載の焼結体の形状加工方法。

【請求項 3】

前記工程 a は、前記焼結体の前記第 1 主面を部分的に研削することによって形成される第 1 基準面および前記第 2 主面を少なくとも部分的に研削することによって形成される少なくとも 1 つの第 2 基準面の内の少なくともいずれか一方を形成する工程 s a 1 をさらに包含する、請求項 1 または 2 に記載の焼結体の形状加工方法。

【請求項 4】

前記工程 a は、前記焼結体を研削することによって前記焼結体の幅を規定する互いに平行な 2 つの前記第 1 側面を形成する工程 s a 2 をさらに包含する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の焼結体の形状加工方法。

【請求項 5】

前記工程 a は、前記焼結体を研削することによって前記焼結体の長さを規定する互いに平行な 2 つの第 2 側面を形成する工程 s a 3 をさらに包含する、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の焼結体の形状加工方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の焼結体の形状加工方法に用いられる加工装置であって、

x y z 直交座標系において、

前記焼結体を y 軸方向に搬送する搬送装置と、

前記搬送装置に配置された前記焼結体の幅を測定し、前記焼結体の幅方向の中心位置を求める幅測定装置と、

x 軸方向に平行な回転軸を有するモータと、

前記回転軸に固定された研削ホイールであってディスクの外周面が半径方向に対して凹状曲面または凸状曲面である研削ホイールと、

前記研削ホイールを x 軸方向に移動させる第 1 機構部材と、

前記焼結体の幅方向の前記中心位置に前記研削ホイールの中心位置が一致するように前記研削ホイールを x 軸方向に移動させるように第 1 機構部材を制御する制御装置と

を有する、加工装置。

【請求項 7】

前記研削ホイールを z 軸方向に移動させる第 2 機構部材をさらに有し、前記制御装置は前記第 2 機構部材を制御する、請求項 6 に記載の加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、焼結体の形状加工方法および加工装置に関し、特に、希土類焼結磁石の形状

10

20

30

40

50

加工に好適に用いられる形状加工方法および加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石（以下、単に「磁石」という。）は、種々の形状の磁石として用いられる。希土類磁石は、優れた磁気特性を有しており、広く利用されている。その中でも、ネオジム磁石として知られているR-T-B系焼結磁石（Rは希土類元素、TはFeを必ず含む遷移金属元素）は、優れた磁気特性と比較的材料費が安価なことから広く利用されている。

【0003】

R-T-B系焼結磁石の磁石は、以下の方法で製造される。なお、本明細書において、着磁していない状態のものも磁石という。

10

【0004】

所望の組成を有するR-T-B系合金の粉末を用意する。合金粉末をプレス成形によって、所望の形状の成形体を得る。成形体を焼結することによって焼結体を得る。必要に応じて、焼結体は、いわゆる時効処理などの熱処理を受ける。熱処理の前または後に、機械加工を受けて、所望の大きさおよび形状の磁石となる。その後、磁石は機械加工で発生し磁石表面に付着した研削加工粉や研削液（冷却液）を除去するために洗浄される。その後、耐食性向上等の目的で種々の表面処理が施される場合もある。

【0005】

R-T-B系焼結磁石の製造効率や材料の歩留りを向上させるために、最終的な磁石の形状（「ネットシェイプ」ということがある。）に近い形状を有する成形体を作製する試みがなされている。例えば、特許文献1には、かまぼこ状および瓦状（弓形またはC形ともいう。）の希土類焼結磁石の製造方法が開示されている。また、特許文献2には、磁石を所望の形状（例えば瓦状）に効率よく加工する方法が開示されている。特許文献2に記載の方法によると、磁石は搬送路に沿って一方向に搬送されながら一对の研削手段によって、互いに反対側の面が研削加工を受ける。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-278919号公報

【特許文献2】特開平11-347900号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、モータ等の高性能化に伴い、磁石の形状および寸法の精度に対する要求は厳しくなっている。特許文献2に記載の方法の様に、磁石を搬送しながら研削を行うと、量産性には優れたものの、高い寸法精度を得ることができない。具体的には、磁石を搬送路に沿って搬送するために、搬送方向に直交する方向における磁石の位置を規制する側壁に対して、 $\pm 25 \mu\text{m}$ 程度のクリアランスが必要であり、これが寸法精度を低下させる。

【0008】

ここでは、焼結磁石の形状加工について説明したが、これに限られず、フェライトなどのセラミック焼結体の形状加工についても同様の問題がある。

40

【0009】

本発明の目的は、従来よりも高い加工精度が得られ、かつ、量産性を低下させることのない、形状加工方法およびその方法に好適に用いられる加工装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、凸状の第1主面、前記第1主面の反対側の第2主面、および幅Wを規定する2つの第1側面を有する焼結体を用意する工程aと、前記焼結体の長さ方向が搬送方向に平行で、前記第1主面または前記第2主面が上になるように前記焼結体を治具に固定する工程bと、前記焼結体の幅Wを測定し、幅方向の

50

中心位置を求める工程 c と、前記中心位置が研削ホイールの中心と一致するように前記研削ホイールの位置を補正する工程 d と、前記焼結体を前記搬送方向に搬送しながら、前記研削ホイールによって前記焼結体を研削することによって、前記第 1 主面を凸状曲面に加工する、または、前記第 2 主面を凹状曲面または平坦な面に加工する工程 e とを包含する。

【 0 0 1 1 】

ある実施形態において、前記焼結体の形状加工方法は、前記工程 e の期間中に前記研削ホイールを上昇させる工程 f をさらに包含する。

【 0 0 1 2 】

ある実施形態において、前記工程 a は、前記焼結体の前記第 1 主面を部分的に研削することによって形成される第 1 基準面および前記第 2 主面を少なくとも部分的に研削することによって形成される少なくとも 1 つの第 2 基準面の内の少なくともいずれか一方を形成する工程 s a 1 をさらに包含する。

10

【 0 0 1 3 】

ある実施形態において、前記工程 a は、前記焼結体を研削することによって前記焼結体の幅を規定する互いに平行な 2 つの前記第 1 側面を形成する工程 s a 2 をさらに包含する。

【 0 0 1 4 】

ある実施形態において、前記工程 a は、前記焼結体を研削することによって前記焼結体の長さを規定する互いに平行な 2 つの第 2 側面を形成する工程 s a 3 をさらに包含する。

20

【 0 0 1 5 】

本発明の実施形態による加工装置は、上記のいずれかの焼結体の形状加工方法に用いられる加工装置であって、x y z 直交座標系において、前記焼結体を y 軸方向に搬送する搬送装置と、前記搬送装置に配置された前記焼結体の幅を測定し、前記焼結体の幅方向の中心位置を求める幅測定装置と、x 軸方向に平行な回転軸を有するモータと、前記回転軸に固定された研削ホイールであってディスクの外周面が半径方向に対して凹状曲面または凸状曲面である研削ホイールと、前記研削ホイールを x 軸方向に移動させる第 1 機構部材と、前記焼結体の幅方向の前記中心位置に前記研削ホイールの中心位置が一致するように前記研削ホイールを x 軸方向に移動させるように第 1 機構部材を制御する制御装置とを有する。

30

【 0 0 1 6 】

ある実施形態において、前記加工装置は、前記研削ホイールを z 軸方向に移動させる第 2 機構部材をさらに有し、前記制御装置は前記第 2 機構部材を制御する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明の実施形態によると、従来よりも高い加工精度が得られ、かつ、量産性を低下させることのない、形状加工方法およびその方法に好適に用いられる加工装置が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法に好適に用いられる加工装置 1 0 0 を模式的に示す図である。

40

【 図 2 】治具 2 0 で焼結磁石 1 0 a を固定する様子を模式的に示す図であり、(a) は断面図であり、(b) は斜視図である。

【 図 3 】(a) は、焼結磁石 1 0 a に第 1 基準面および第 2 基準面を形成する工程を説明するための模式図であり、(b) は、焼結磁石 1 0 a の幅を規定する第 1 側面を形成する工程を説明するための模式図であり、(c) は、焼結磁石 1 0 a の長さを規定する第 2 側面を形成する工程を説明するための模式図である。

【 図 4 】(a) は、焼結磁石 1 0 b に第 1 基準面および第 2 基準面を形成する工程を説明するための模式図であり、(b) は、焼結磁石 1 0 b の幅を規定する第 1 側面を形成する

50

工程を説明するための模式図であり、(c)は、焼結磁石10bの長さを規定する第2側面を形成する工程を説明するための模式図である。

【図5】(a)は、治具20で焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図であり、(b)は、治具20で焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図である。

【図6】(a)は、治具20で焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図であり、(b)は、治具20aで焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図である。

【図7】(a)および(b)は、本発明の実施形態による形状加工方法が好適に用いられるR-T-B系焼結磁石10aおよび10bを模式的に示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法およびその方法に好適に用いられる加工装置を説明する。以下では、焼結体としてR-T-B系焼結磁石を用いる例を説明する。R-T-B系焼結磁石は、希土類焼結磁石の中でも加工抵抗が高いため、R-T-B系焼結磁石を加工できれば、他の希土類磁石、フェライト磁石、その他のセラミック焼結体を加工することができる。

【0020】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、例えば、図7(a)および(b)に示すR-T-B系焼結磁石10aおよび10bの形状加工に好適に用いられる。

【0021】

図7(a)に示す焼結磁石10aは、かまぼこ状の外形を有しており、凸状曲面(第1主面)SO(外側R面)と、平坦な(第2主面)SIと、幅方向に平行な2つの側面SW1と、長さ方向L1に平行な2つの第1側面SL1とを有している。第1主面SOと第2主面SIは互いに対向している。2つの第2側面SW1は、長さL1を規定し、2つの第1側面SL1は幅(最大幅)W1を規定している。

【0022】

図7(b)に示す焼結磁石10bは、瓦形の外形を有しており、凸状曲面(第1主面)SO(外側R面)と、凹状曲面(第2主面)SI(内側R面)と、幅方向に平行な2つの側面SW1と、長さ方向L2に平行な2つの第1側面SL1とを有している。第1主面SOと第2主面SIは互いに対向し、幅方向に湾曲している。2つの第2側面SW1は、長さL2を規定し、2つの第1側面SL1は幅W2を規定している。

【0023】

焼結磁石10aおよび10bの厚さT1およびT2は、例えば2mm~5mm、幅W1およびW2は5mm~20mm、長さL1およびL2は20mm~70mmである。焼結磁石10aおよび10bは、ネットシェイプに近い形状を有する成形体を焼結することによって得られた焼結磁石を研削することによって得られる。研削等の機械加工を受けていない焼結磁石は、成形体の密度分布などの影響で、外形がひずんでいることがある。もちろん焼結磁石10aおよび10bは大型ブロックを板状に切断した磁石でもよい。焼結磁石10aおよび10bは、例えばモータに用いられる磁石であり、モータの高性能化に伴い、磁石の形状および寸法の精度に対する要求は厳しくなっている。

【0024】

このように比較的小型で長い焼結磁石を特許文献2のように搬送しながら研削すると、上述のように、磁石を搬送路に沿って搬送するために、搬送方向に直交する方向における磁石の位置を規制する側壁に対して、 $\pm 25\mu\text{m}$ 程度のクリアランスが必要であり、これが寸法精度を低下させる。さらに、幅方向だけでなく、焼結磁石が上下に動き寸法精度が低下する、あるいは欠けが発生する場合もあった。これは、焼結磁石が長いと、研削ホイールと接触し始める先頭部分が下に押され、焼結磁石の最後尾の部分が浮き上がるからである。R-T-B系焼結磁石は、加工抵抗が高いため、この現象が顕著に起こる。また、この現象は、搬送速度が大きいほど顕著になるので、搬送速度にも限界があった。

10

20

30

40

50

【0025】

このように、従来の形状加工方法で得られた焼結磁石は加工精度が低いため、高い寸法精度が要求される場合には、全数を検査し、所定の寸法精度を満足する焼結磁石を選別することによって対応していた。したがって、最終的なスループットは低く、歩留まりも低いという問題があった。

【0026】

本発明の実施形態によると、上記の問題を解決し、従来の方法よりも高い加工精度が得られ、全数検査を省略することが可能な形状加工方法およびその方法に好適に用いられる加工装置が提供される。

【0027】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、以下の工程 a ~ 工程 e を含む。

【0028】

工程 a : 凸状の第 1 主面 S O、第 1 主面 S O の反対側の第 2 主面 S I、および幅 W を規定する 2 つの第 1 側面 S L 1 を有する焼結体を用意する。

【0029】

工程 b : 焼結体の長さ方向が搬送方向に平行で、第 1 主面 S O または第 2 主面 S I が上になるように焼結体を治具に固定する。

【0030】

工程 c : 焼結体の幅 W を測定し、幅方向の中心位置を求める。

【0031】

工程 d : 中心位置が研削ホイールの中心と一致するように研削ホイールの位置を補正する。

【0032】

工程 e : 焼結体を前記搬送方向に搬送しながら、研削ホイールによって焼結体を研削することによって、第 1 主面 S O を凸状曲面に加工する、または、第 2 主面 S I を凹状曲面または平坦な面に加工する。

【0033】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法によると、焼結体の凸状曲面がひずんでいても、幅方向の中心を基準に正確に凸状曲面を形成することができる。

【0034】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、工程 e の期間中に研削ホイールを上昇させる工程 f をさらに包含してもよい。工程 f は、焼結体の最後尾付近で焼結体と研削ホイールの接触部分が少なくなるにつれて研削ホイールが下降してしまうことによる厚さの変動を抑制するように行われる。

【0035】

焼結体の寸法精度を高めるために、工程 a は、下記の工程 s a 1 および s a 2 の少なくとも 1 つを含むことが好ましい。また、工程 a は、下記の工程 s a 3 を含んでもよい。工程 s a 1 および s a 2 は、工程 a の前に行うことが好ましい。工程 s a 3 は、工程 a の後に行ってもよい。

【0036】

工程 s a 1 : 焼結体の第 1 主面 S O を部分的に研削することによって形成される第 1 基準面および第 2 主面 S I を少なくとも部分的に研削することによって形成される少なくとも 1 つの第 2 基準面の内の少なくともいずれか一方を形成する。

【0037】

工程 s a 2 : 焼結体を研削することによって焼結体の幅を規定する互いに平行な 2 つの第 1 側面を形成する。

【0038】

工程 s a 1 および / または工程 s a 2 を行うことによって、焼結体を治具に高い精度で固定することができる。

【0039】

10

20

30

40

50

工程 s a 3 : 焼結体を研削することによって焼結体の長さを規定する互いに平行な 2 つの第 2 側面を形成する。

【 0 0 4 0 】

本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、例えば、下記の加工装置を用いて実効され得る。

【 0 0 4 1 】

本発明の実施形態による加工装置は、 $x y z$ 直交座標系において、焼結体を y 軸方向に搬送する搬送装置と、搬送装置に配置された焼結体の幅を測定し、焼結体の幅方向の中心位置を求める幅測定装置と、 x 軸方向に平行な回転軸を有するモータと、回転軸に固定された研削ホイールであってディスクの外周面が半径方向に対して凹状曲面または凸状曲面である研削ホイールと、研削ホイールを x 軸方向に移動させる第 1 機構部材と、焼結体の幅方向の前記中心位置に前記研削ホイールの中心位置が一致するように研削ホイールを x 軸方向に移動させるように第 1 機構部材を制御する制御装置とを有する。加工装置は、研削ホイールを z 軸方向に移動させる第 2 機構部材をさらに有し、制御装置は第 2 機構部材を制御する。

10

【 0 0 4 2 】

以下、図 1 から図 5 を参照して、本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法およびそれに用いられる加工装置の具体例を説明する。もちろん、本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法および加工装置は、下記の具体例に限られない。

【 0 0 4 3 】

図 1 に本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法に好適に用いられる加工装置 1 0 0 を模式的に示す。図 1 には本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法のフローチャートを併せて示す。本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法は、以下の工程 S 0 ~ S 4 を包含する。

20

【 0 0 4 4 】

ここでは、図 7 (a) に示した焼結磁石 1 0 a を形状加工する例を説明する。以下では、焼結磁石の形状加工の前後に拘わらず共通の参照符号を付す。

【 0 0 4 5 】

工程 S 0 : 焼結磁石 1 0 a を固定する治具 2 0 を用意する。治具 2 0 は、コンベア 3 0 A に所定の向きで配置される。治具 2 0 の構造は、図 2 を参照して後述する。治具 2 0 は、例えば、コンベア 3 0 B によって順次供給されるようにしてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

工程 S 1 : 焼結磁石 (図 1 中ではワークという。) 1 0 a を用意し、焼結磁石 1 0 a を治具 2 0 に固定する。焼結磁石 1 0 a は、凸状の第 1 主面 S 0、第 1 主面の反対側の第 2 主面 S I、および幅 W を規定する 2 つの第 1 側面 S L 1 を有する (図 7 参照)。焼結磁石 1 0 a の長さ方向が搬送方向 (図 1 中の y 軸方向) に平行になるように、第 1 主面 S 0 を上に向けて固定する。焼結磁石 1 0 a は、例えば、ロボットのアーム 4 0 で、真空吸着され所定の位置に配置される。焼結磁石 1 0 a が固定された治具 2 0 は、コンベア 3 0 A で y 軸方向に搬送される。工程 S 1 は、上記工程 a および工程 b を包含する。

40

【 0 0 4 7 】

工程 S 2 : 焼結磁石 1 0 a の幅 W を測定し、幅方向の中心位置 (幅 W を二等分する中心線の位置) を求める。工程 S 2 は、上記工程 c に対応する。例えば、幅方向の中心位置の図 1 中の x 軸方向座標を求める。焼結磁石 1 0 a の幅 W の測定する幅計測装置 5 0 は、例えば、レーザー変位計またはデジタルマイクロスケールである。幅計測装置 5 0 からの出力は制御装置 (不図示) に送られ、制御装置は焼結磁石 1 0 a の中心位置 (x 軸座標) を求める。制御装置は、一般的な、NC 制御装置であり、説明を省略する。

【 0 0 4 8 】

なお、工程 S 2 は、焼結磁石 1 0 a の厚さ T を測定する工程をさらに包含してもよい。ここで、焼結磁石 1 0 a の厚さ T に代えて、焼結磁石 1 0 a の上面の z 座標を用いることもできる。すなわち、焼結磁石 1 0 a の厚さ T に応じて変化する z 軸方向の値であればよ

50

く、例えば治具 20 の上面を基準とした焼結磁石 10 a の上面の z 座標を用いてもよい。

【0049】

厚さ T を測定する厚さ計測装置（不図示）も、例えばレーザー変位計またはデジタルマイクロスケールである。測定された厚さの値は、制御装置に送られ、制御装置が、厚さの測定値を予め設定され厚さの値と比較する。測定値と設定値との差が予め決められた許容範囲内にあるか否かによって、焼結磁石 10 a が治具 20 に正常に固定されたか否かを判定する。判定結果が否の場合、例えば、加工装置 100 は搬送を停止する、および/または、作業者に警告を発する。

【0050】

工程 S3：工程 S2 で求めた中心位置（x 軸座標）が研削ホイール 60 の中心と一致するように研削ホイール 60 の位置（x 軸座標）を補正する。工程 S3 は、上記工程 d に対応する。補正量および方向は、制御装置から送られる。研削ホイール 60 は、x 軸に平行な回転軸を中心に回転する。研削ホイール 60 は、例えば、ダイヤモンド砥粒（粒径 100 μm ~ 200 μm）を一層だけ電着したものである。研削ホイール 60 は、第 1 機構部材（不図示）によって、x 軸方向に移動させられる。

10

【0051】

工程 S2 は焼結磁石 10 a の厚さ T を測定する工程を包含するとき、厚さ T の測定値と設定値との差が予め決められた許容範囲内にあるとき、制御装置が、当該差に基づいて、研削ホイール 60 の z 軸方向の位置（z 座標）を補正するように構成してもよい。そうすることによって、焼結磁石 10 a の厚さ方向にも高い加工精度を得ることができる。

20

【0052】

工程 S4：砥石（回転する研削ホイール）60 によって焼結磁石 10 a を研削することによって、焼結磁石 10 a の第 1 主面を凸状曲面に加工される。工程 S4 は、上記工程 e に対応する。

【0053】

工程 S5：焼結磁石 10 a を治具 20 から取り出する。焼結磁石 10 a は、例えば、ロボットのアーム 70 で、真空吸着され所定の位置に移動される。

【0054】

工程 S6：治具 20 をコンベア 30 A からコンベア 30 B へ移送する。

【0055】

ここでは、搬送装置として、コンベア 30 A、30 B を例示したが、これに限られず、治具 20 を y 軸方向に正確に搬送できるかぎり、公知の搬送装置を広く用いることができる。なお、工程 S2 における幅計測装置（および/または厚さ計測装置）50 が工程 4 における研削液に晒されることを防ぐため、図 1 に示すように、砥石 60 と計測装置 50 との間にカーテン 80 を配置することが好ましい。

30

【0056】

なお、研削ホイール 60 と接触し始める先頭部分に比べて焼結磁石 10 a の最後尾の部分の厚さ T1 が小さくなることがある。例えば、10 μm ~ 20 μm 程度、最後尾の部分の厚さ T1 が小さくなる。研削ホイール 60 による研削が焼結磁石 10 a の最後尾に進んでいき、研削ホイール 60 と焼結磁石 10 a の接触部分が少なくなるにつれて（焼結磁石 10 a の削り代が少なくなるにつれて）、研削ホイール 60 が下がるために生じる。これは、あらかじめ決めた条件で、研削ホイール 60 が焼結磁石 10 a（最後尾部分）を押し下げる力を弱めるように制御することによって防止することができる。すなわち、焼結磁石 10 a の研削をはじめてから一定時間経過後に研削ホイール 60 を少し上昇させる（z 軸方向に移動させる）ことによって、厚さ T が均一な焼結磁石 10 a を得ることができる。研削ホイール 60 は、第 2 機構部材（不図示）によって、z 軸方向に移動させられる。このときの制御条件は、予備実験を行うことによって決めればよい。

40

【0057】

図 2 を参照して、治具 20 の構造を説明する。図 2 は、治具 20 で焼結磁石 10 a を固定する様子を模式的に示す図であり、図 2 (a) は断面図であり、図 2 (b) は斜視図で

50

ある。

【0058】

治具20は、台座22と、台座22に固定された本体部24と、焼結磁石10aを把持するための爪部材26aおよび26bを有している。爪部材26aは軸23を中心に回転可能に支持されており、スプリング25の弾性力によって焼結磁石10aを把持する。爪部材26bは固定されている。治具20は、焼結磁石10aを長さL方向に平行に固定する。台座22は、互いに平行な2本の溝22aを有している。この溝22aは、図1に示したコンベア30Aが有する2本のレールに勘合され、コンベア30Aによってy軸方向に搬送される。

【0059】

ここで、焼結磁石10aを高い精度で治具20に固定するためには、治具20と接触する第2主面SIおよび2つの第1側面がそれぞれ焼結磁石10aの厚さおよび幅の基準面としての役割を果たすことが好ましい。

【0060】

図3を参照して、焼結磁石10aに厚さの基準面および幅の基準面を形成する工程を説明する。図3(a)は、焼結磁石10aに第1基準面および第2基準面を形成する工程を説明するための模式図であり、図3(b)は、焼結磁石10aの幅を規定する第1側面を形成する工程を説明するための模式図であり、図3(c)は、焼結磁石10aの長さを規定する第2側面を形成する工程を説明するための模式図である。

【0061】

図3(a)に示す様に、焼結磁石10aに第1基準面および第2基準面を形成する工程は、例えば、横軸対向2軸平面研削盤70aを用いて行われる。焼結磁石10aの第1主面SOを部分的に研削することによって第1基準面RSa1を形成するとともに、第2主面SIの全面を研削することによって第2基準面RSa2を形成する。第1基準面RSa1と第2基準面RSa2とは互いに平行に形成される。なお、第1基準面RSa1は必ずしも形成する必要はない。第2基準面RSa2だけを形成する場合には、例えば、平面研削盤を用いることができる。このような第1基準面RSa1および第2基準面RSa2を形成するために、焼結磁石10aは予めネットシェイプよりも大きく設計されている。

【0062】

図3(b)に示す様に、焼結磁石10aの幅を規定する第1側面を形成する工程は、例えば、横軸対向2軸平面研削盤70bを用いて行われる。焼結磁石10aの一部を研削することによって、焼結磁石10aの幅W1を規定する互いに平行な2つの第1側面RSb1、RSb2を形成する。第1側面RSb1およびRSb2は、治具20に焼結磁石10aを固定する際に幅方向の基準となり、焼結磁石10aの傾きを規制し、加工精度を向上させる。

【0063】

図3(c)に示す様に、焼結磁石10aの長さを規定する第2側面を形成する工程は、例えば、横軸対向2軸平面研削盤70cを用いて行われる。焼結磁石10aの一部を研削することによって、焼結磁石10aの長さL1を規定する互いに平行な2つの第2側面RSc1、RSc2を形成する。

【0064】

横軸対向2軸平面研削盤70a~70cは同じ装置を用いて、砥石の間隔だけを変えて使用してもよい。砥石は、例えば、レジノンボンドでダイヤモンド砥粒を保持したレジノンボンド砥石である。回転速度は例えば、500rpm以上1500rpm以下である。焼結磁石10aの送り速度は、例えば、0.5m/min以上3m/min以下である。このときに得られる幅W1および長さL1の寸法精度は、±0.02mm程度である。

【0065】

次に、図7(b)に示した焼結磁石10bの形状加工を行う場合を説明する。

【0066】

図4を参照して、焼結磁石10bに厚さの基準面および幅の基準面を形成する工程を説

10

20

30

40

50

明する。図4(a)は、焼結磁石10bに第1基準面および第2基準面を形成する工程を説明するための模式図であり、図4(b)は、焼結磁石10bの幅を規定する第1側面を形成する工程を説明するための模式図であり、図4(c)は、焼結磁石10aの長さを規定する第2側面を形成する工程を説明するための模式図である。

【0067】

図4(a)に示す様に、焼結磁石10bに第1基準面および第2基準面を形成する工程は、横軸対向2軸平面研削盤70aを用いて行われる。焼結磁石10bは弓形を有しているので、1つの第1基準面RSa1と2つの第2基準面RSa2が形成される。焼結磁石10bの第1主面SOを部分的に研削することによって第1基準面RSa1を形成するとともに、第2主面SIを部分的に研削することによって2つの第2基準面RSa2を形成する。第1基準面RSa1と2つの第2基準面RSa2とは互いに平行に形成される。第1基準面RSa1および2つの第2基準面RSa2の幅は、それぞれ独立に約1mm以上5mm以下に設定される。これよりも小さいと、基準面としての機能を十分に果たさなくなり、これよりも大きいと材料および研削時間が無駄になる。

10

【0068】

以下、図3(b)および図3(c)を参照して上述したのと同様にして、図4(b)および図4(c)に示す様に、焼結磁石10bの幅W2を規定する互いに平行な2つの第1側面RSb1、RSb2および焼結磁石10bの長さL2を規定する互いに平行な2つの第2側面RSc1、RSc2を形成する。

20

【0069】

焼結磁石10bの形状加工は、第1主面SOを凸状曲面に加工する工程と、第2主面SIを凹状曲面に加工する工程とを含む。第1主面SOの形状加工と第2主面SIの形状加工のいずれを先に行ってもよい。

【0070】

図5(a)は、治具20で焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図であり、図5(b)は、治具20で焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図である。

30

【0071】

図5(a)に示す様に、第1主面SOに形成された第1基準面RSa1と、2つの第1側面RSb1およびRSb2とを基準面として利用して、治具20に焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けた状態で固定する。この状態で、ディスクの外周面が半径方向に対して凸状曲面である研削ホイール60を用いて、第2主面SIを凹状曲面に加工する。

【0072】

次に図5(b)に示す様に、凹状曲面に加工された第2主面SIの一部と、2つの第1側面RSb1およびRSb2とが治具20に接触するように、治具20に焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けた状態で固定する。この状態で、ディスクの外周面が半径方向に対して凹状曲面である研削ホイール60を用いて、第1主面SOを凸状曲面に加工する。

【0073】

図6(a)および(b)に示す様に、第1主面SOを先に形状加工することもできる。図6(a)は、治具20で焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図であり、図6(b)は、治具20aで焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けて固定する様子を模式的に示す断面図である。

40

【0074】

図6(a)に示す様に、第2主面SIに形成された2つの第2基準面RSa2と、2つの第1側面RSb1およびRSb2とを基準面として利用して、治具20に焼結磁石10bを第1主面SOを上に向けた状態で固定する。この状態で、ディスクの外周面が半径方向に対して凹状曲面である研削ホイール60を用いて、第1主面SOを凸状曲面に加工する。

【0075】

50

次に図6(b)に示す様に、凸状曲面に加工された第1主面S0と、2つの第1側面RSb1およびRSb2とを基準面として利用して、治具20aに焼結磁石10bを第2主面SIを上に向けた状態で固定する。この状態で、ディスクの外周面が半径方向に対して凸状曲面である研削ホイール60を用いて、第2主面SIを凹状曲面に加工する。治具20aは、凸状曲面とされた第1主面S0に接触する2本のレール33a、33bを有している。2本のレール33aおよび33bは、凸状曲面の中心線に対して対称に配置されることが好ましい。

【0076】

上述したように、本発明の実施形態による焼結体の形状加工方法によると、凸状曲面を有する焼結体を高い寸法精度(対称度)で加工することができる。

10

【0077】

例えば、上記の加工方法で、 $T1 = \text{約} 2 \text{ mm}$ 、 $W1 = \text{約} 9 \text{ mm}$ 、 $L1 = \text{約} 10 \text{ mm}$ の焼結磁石10aの形状加工を行い、得られた焼結磁石10aの加工精度を評価したところ、対称度が 0.1 mm 以下と非常に高い加工精度が得られた。なお、対称度は、曲面両端の厚さの差から幾何学計算で求めた。

【0078】

従って、全数検査を行う必要がなく、焼結磁石10aの最終的なスループットは低下することはなかった。加工条件は、以下の通りであった。

搬送速度： 800 mm/min

研削ホイール(直径 200 mm)の回転速度： 6000 rpm

研削ホイールのx軸補正量： $0 \mu\text{m}$ 以上 $30 \mu\text{m}$ 以下

研削ホイールのz軸補正量： $20 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 以下

20

【0079】

本発明の実施形態による加工方法は、焼結体が比較的長い、特に、長さが 40 mm 以上の焼結体の形状加工に特に有効である。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明の実施形態は、焼結体の形状加工方法および加工装置、特に、希土類焼結磁石の形状加工に好適に用いられる。

【符号の説明】

30

【0081】

10a、10b：焼結磁石(焼結体)

20、20a：治具

22：台座

22a：溝

23：軸

24：本体部

25：スプリング

26a、26b：爪部材

30A、30B：コンペア(搬送装置)

40

33a、33b：レール

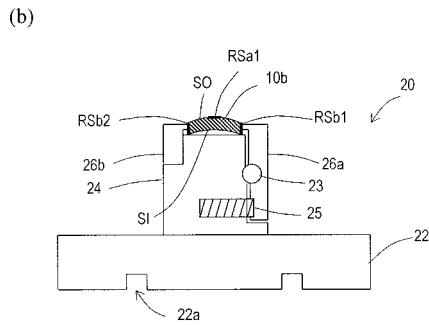
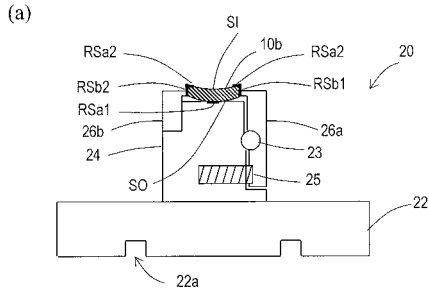
40：ロボットのアーム

50：デジタルマイクロスケール

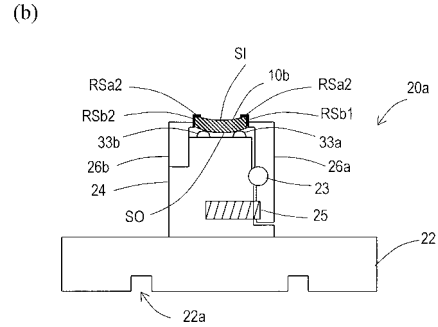
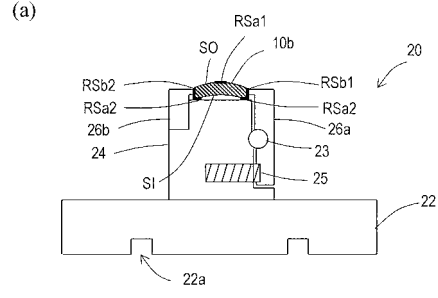
60：研削ホイール

100：加工装置

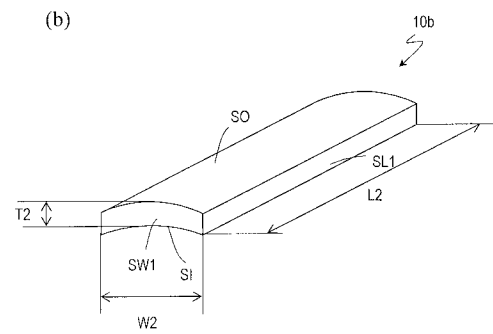
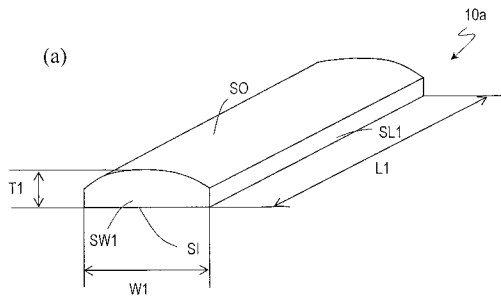
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)	
B 2 4 B 7/17 (2006.01)	B 2 4 B	7/17		Z	
B 2 2 F 3/24 (2006.01)	B 2 2 F	3/24		G	

Fターム(参考) 4K018 AA27 FA06 HA07 KA45
5E040 AA04 BD01 CA01 HB05 HB19
5E062 CD04 CE01 CG01