

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3746330号

(P3746330)

(45) 発行日 平成18年2月15日(2006.2.15)

(24) 登録日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(51) Int. Cl.		F I			
B 2 8 B	3/02	(2006.01)	B 2 8 B	3/02	K
H O 1 F	41/02	(2006.01)	B 2 8 B	3/02	D
			H O 1 F	41/02	G

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平8-168621	(73) 特許権者	000183417
(22) 出願日	平成8年6月7日(1996.6.7)		株式会社NEOMAX
(65) 公開番号	特開平9-327813		大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号
(43) 公開日	平成9年12月22日(1997.12.22)	(74) 代理人	100075535
審査請求日	平成15年2月4日(2003.2.4)		弁理士 池条 重信
		(74) 代理人	100046719
			弁理士 押田 良輝
		(72) 発明者	大橋 善久
			大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
			住友金属工業株式会社内
		(72) 発明者	滝川 誠
			佐賀県杵島郡大町町大字福母282番地
			九州住特電子株式会社内
		審査官	真々田 忠博
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

断面弓形状の成形体をダイス及び上下金型にて成形体の凸側外周面を上側にしてプレス成形する粉末圧縮成形方法において、プレス成形が終了した時点で圧縮成形荷重を抜く際、上部金型とダイスとの相対的な変位を、粉末成形体の圧縮方向の弾性回復量の30%以内に抑えるように該荷重を抜く断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法。

【請求項2】

請求項1において、ダイスが固定されて上下金型が可動するダイス固定式の乾式または湿式のプレス成形装置を用い、下部金型を移動させて圧縮成形荷重の減少を開始する断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法。

【請求項3】

請求項1において、下部金型が固定されて上部金型とダイスが可動するダイスフロート式の乾式または湿式のプレス成形装置を用い、ダイスを移動させて圧縮成形荷重の減少を開始する断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、主としてモータや発電機で用いられる断面弓形状の永久磁石成形体を、粉末を原料としてプレス圧縮成形する方法に係り、成形後の抜圧縮成形荷重開始時に、成形体の凸側外周面での弾性回復量が少なくなるように抜荷重を行うことにより、従来、成形体

の凸側外周面から厚み端面にかけての部位で発生していたひびや割れなどの欠陥を防止し歩留まりよく製造する断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車や家電製品に利用されるモータや発電機の磁界発生源となる永久磁石としては、断面弓形状をした高性能のフェライト磁石や希土類系磁石が利用されている。例えば、高性能フェライト磁石は、磁気特性を向上させるため粒子径が1 μm程度のフェライト微粉末を水等の分散媒に混練させたスラリを原料として、磁界中で湿式プレス成形を行うことにより製造されている。

【0003】

断面弓形状の製品では、平坦な形状の製品に比べて成形体での欠陥や焼結後の欠陥が顕著に多くなる傾向がある。種々の欠陥の発生部位を整理すると、図1に示すごとく、成形体1の凸側外周面2側と内周面3側を結ぶ厚み端部4はヒビや割れなどの欠陥5の最も発生しやすい部分となっている。

【0004】

実際の成形時に前記成形体の厚み端部は、成形過程で密度が上がりにくい部位であることが経験的に理解されているため、この端部部分では成形体強度が低いことが、また焼結時の収縮変形が大きいことが予想され、これを改善するための手段が検討されている。

【0005】

例えば、特開昭60-239203号では、断面弓形状のフェライト磁石の粉末圧縮成形により生じる弦長端部の同様の欠陥の発生は、下部金型の側壁の弦長方向への弾性変形と回復に起因するとし、これを防止するために下部金型が弦長方向へ変形しないように図2に示すごとく、下部金型形状を工夫した構造にすることを提案している。なお、図2において、10はダイス、11は上部金型、12は下部金型、13は被成形粉末、14は濾過材、15は排水孔であり、湿式ダイフロード型プレス成形装置を示している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図2に示す成形装置を採用しても、最近の高性能フェライト磁石の湿式成形では、図1に見られる成形上の欠陥は完全に防止することはできない。また、その他の希土類系などの磁石材料の乾式成形においても同様な問題があり、製造歩留まりや製造コストに悪影響を及ぼしている。

【0007】

今日、特に生産性を高めるために成形速度を上昇させたり、寸法精度を向上させるため成形体密度を上昇させたり、さらに磁石特性を向上させるために原料粒度を細かくすることが強く求められており、粉末の成形の困難さはますます増大する傾向にある。このような中で成形体端部の欠陥は、完全に抑制されなければならない。

【0008】

この発明は、断面弓形状の永久磁石など成形体をプレス装置にて圧縮成形する方法、特に、原料粉末粒度の微細化並びに成形速度の高速化、成形体密度の向上を目的とした成形方法において、成形体の厚み端面のひびや割れなどの欠陥を防止でき、歩留まりよく製造できる断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法の提供を目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、粉末圧縮成形方法において、原料粉末粒度の微細化並びに成形速度の高速化、グリーン密度の向上を図った場合においても、成形体並びに焼結製品の厚み端面のひびや割れなどの欠陥を防止できる方法を目的に種々検討した結果、プレス成形完了後の成形荷重を抜く際に、上部金型とダイスとの相対的な変位を少なくすると、厚み端面の内部応力は減少されて、ひびや割れなどの欠陥を防止できることを知見し、この発明を完成した。

【0010】

10

20

30

40

50

すなわち、この発明は、

断面弓形状の成形体をダイス及び上下金型にて成形体の凸側外周面を上側にしてプレス成形する粉末圧縮成形方法において、プレス成形が終了した時点で圧縮成形荷重を抜く際、上部金型とダイスとの相対的な変位を、粉末成形体の圧縮方向の弾性回復量の30%以内に抑えるように該荷重を抜く断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法である。

【0011】

また、この発明は、上記の圧縮成形方法において、

ダイスが固定されて上下金型が可動するダイス固定式の乾式または湿式のプレス成形装置を用い、下部金型を移動させて圧縮成形荷重の減少を開始する断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法、

下部金型が固定されて上部金型とダイスが可動するダイスフロート式の乾式または湿式のプレス成形装置を用い、ダイスを移動させて圧縮成形荷重の減少を開始する断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法、を併せて提案する。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下に、従来の断面弓形状成形体を乾式及び湿式プレスにより成形する方法における問題を指摘し、さらにこれを解消した本発明の構成並びにその作用効果を詳述する。

まず、プレス成形装置の構成を説明すると、図3は乾式のダイス固定型プレス成形装置であり、固定されたダイス20の成形空間21に凹面を有する上部金型22と凸面を有する下部金型23が嵌入する構成からなり、上下金型22, 23は油圧シリンダ等で支持され昇降可能となっている。図5に示す湿式のダイス固定型プレス成形装置は、乾式と同様構成であるが、凹面を有する上部金型24の金型の凹部が濾材25を介してダイス20上面に当接するように構成されている。図の矢印は荷重(プレス成形圧)の作用方向を示している。

【0013】

図4は乾式のダイスフロート型プレス成形装置であり、油圧シリンダ等で支持され昇降可能なダイス30の成形空間31に凹面を有する上部金型32と凸面を有する下部金型33が嵌入するが、下部金型33が固定されて上部金型32が油圧シリンダ等で支持され昇降可能となっている。図6に示す湿式のダイスフロート型プレス成形装置は、乾式と同様構成であるが、凹面を有する上部金型34の金型の凹部が濾材35を介してダイス30上面に当接するように構成されている。図の矢印は荷重(プレス成形圧)の作用方向を示している。

【0014】

いずれの構成のプレス成形装置においても、成形空間内では原料粉末が所定の密度あるいは寸法にまで圧縮された時点で成形は終了し、その後一般にグリーンと呼ばれる粉末成形体を金型から取り出す。そのためにはプレスによる圧縮成形荷重を減少あるいは除荷する必要がある。圧縮成形荷重が作用していると、粉末成形体には高い内部応力が生じており、成形圧力の解放あるいは減圧により粉末成形体は弾性回復による変形を伴いながら、この内部応力は減少される。プレス成形圧を抜く場合において、全体のプレス圧力を同時に解放したり、あるいは成形体の凸側外周面の上部金型側の成形圧力を先に抜く場合には、図1に示す成形体1の両側の厚み端部4の欠陥5が極めて高い発生率で生じる。

【0015】

そこで、成形過程の詳細な実験及び内部応力のシミュレーション解析を行ったところ、粉末の圧縮成形時に発生する粉末成形体内部の圧縮応力が、成形終了に伴うプレス成形圧力の圧抜き時に生じる金型の圧縮成形方向への微動と共に解放され、その過程において不良となること、また、断面弓形状の製品の場合には、その形状ゆえ圧縮方向の弾性変形量が大きいために、粉末成形体内部の圧縮応力の解放が平坦な製品に比べて遅れることが明らかになった。これが平坦な製品ではあまり見られない不良が断面弓形状の製品では多数発生する原因である。

【0016】

上記の現象を解決するには、厚み端面の弾性回復による変形を最低限に抑制するため、上部金型をダイスに対してできるだけ変位せぬように、つまり両者の相対変位を固定保持したまま、下部金型、すなわち、成形体の内周面側の成形圧力を先に減少させて粉末成形体の圧縮方向の弾性回復を起こさせるように、成形圧力を抜くことにより、上記の成形不良は解消される。

【0017】

すなわち、この発明は、断面弓形状製品のプレス金型成形において生じる凸側外周面から厚み端部にかけての欠陥を解消するため、凸側外周面の金型とダイスの変位を極力抑制することにより、当該両端部の変形を抑制したままプレス成形圧力を減少させることを特徴としている。

10

【0018】

プレス成形圧を抜く場合において、図3のようなダイス固定方式の両押し成形と呼ばれる成形方法では、上部金型22をダイス20に対してできるだけ変位せぬように保持して、内周面側の下部金型23側の成形圧力を先に減少させることにより該成形不良は解消される。その後、上部金型22が上昇してと共に下部金型23も上昇し、成形体がダイス20外に取り出される。

この場合、上部金型22をダイス20に対して変位させない方法としては、電動プレスなどでは上部金型22の位置制御を行うことにより容易に実施でき、油圧プレスでは、位置制御も可能であるが、上部金型をストッパーなどに押しつけたままにすることで位置を保持することが可能である。

20

【0019】

また、図4のダイフロート方式と呼ばれるプレス成形方法では、ダイス30は下面側を油圧やバネなどの力によるフロート圧力により支えられており、下部金型33は固定で上部金型32が下降することにより粉末13が圧縮成形される。フロート圧力があっても圧縮が進むに従って粉末より受ける摩擦力によりダイス30は徐々に下降する。

このようなプレス成形方式では、成形終了時にフロート圧力を十分に残すことにより上部金型32による成形圧力を減少させても、ダイス30が僅かに上昇して、上部金型32とダイス30の相対変位を極力抑えて成形圧力を解放あるいは減少させることができる。その後、上部金型32が上昇しダイス30が下降して成形体を取り出される。

【0020】

30

図5と図6は、フェライト磁石の成形のような湿式プレス成形の場合であるが、湿式プレス成形では水などの分散媒を脱水濾過する必要があるため、図のようにダイス20, 30と上部金型24, 34で布や紙製の濾材25, 35を挟んで成形する必要がある。図3と図4で示した乾式の粉末成形と異なり、上部金型24, 34はダイス20, 30の中に入り込んでいくことはない。しかしながら、成形不良を解消するためのこの発明によるプレス成形圧力の解放方法は、湿式プレス成形でも同じである。

【0021】

図5に示すダイス20が固定される場合は図3と同様に成形体の凸側外周面の上部金型24をダイス20に対して固定したまま、下部金型23の圧力を減少させる。また、図6に示すダイスフロート型の場合には図4と同様にフロート圧力を残したまま上部金型34側の圧力を減少させる。このようにプレス成形圧力の抜き方を制御することにより、凸側外周面から厚み端部にかけての欠陥は湿式プレス成形においても解消することが可能となる。

40

【0022】

いずれの場合も圧縮成形荷重の減少あるいは除荷時に、上部金型とダイスの相対変位をできるだけ小さくすることが成形不良の減少に有効である。このような圧縮成形荷重の減少または除荷のさせ方を実現するためには、機械的あるいは電気・電子的なプレス制御シーケンス上でのプログラムあるいは電気回路・油圧回路。機械構造の変更や設定が最低限必要であるが、実際にはプレス機械や金型の剛性、電气的あるいは油圧回路の特性などのために、この発明のような微妙な制御はプログラムの設定や油圧回路の設定だけでは不十分

50

で、実際の作動がこの発明で示す状態となっているかどうか十分に確認することが不可欠である。

【0023】

以下に、この発明の構成要件などについてさらに詳述する。

まず、この発明は、粉末を断面弓形状の成形体に成形することを対象としている。断面弓形状をした成形体、製品とは、厚みの一定なリング形状の一部に限らず、偏心した外周と内周とで構成される断面三日月状の製品でもよく、さらに外周側と内周側は必ずしも円弧である必要もない。何れにせよ外側に凸外周と同じ方向に凸または平坦である内周との組合せを基本とする形状の製品を意味する。

【0024】

また、この発明において、プレス成形装置と成形荷重の構成の代表例は、図3～図6に示すごとく、粉末充填層の壁を構成するための工具であるダイスと、粉末充填層あるいは粉末成形体の外周側あるいは内周側に接する工具である上部金型、下部金型からなるものである。また、圧縮成形荷重とは、粉末成形に際してプレス装置が機械的に上部・下部金型に作用させる荷重を意味する。

【0025】

この発明において、粉末成形体の圧縮方向の弾性回復量とは、金型から取り出した成形体の厚みから、成形終了時点でまだ最大の圧縮成形荷重が作用している段階での上部・下部金型の間隔を差し引いた寸法を意味する。当然のことながら原料粉末の種類、粉末成形体の寸法、プレス成形圧力などによってこの弾性回復量が異なる。

【0026】

また、この発明において、圧縮成形荷重を減少あるいは除荷する時に、凸側外周面の金型とダイスとの相対変位量が上記弾性回復量の30%以下としたのは、この相対変位量が30%を越えると、外周側両端部に図1にその形態を示すような欠陥が多発し、30%未満ではこのような欠陥が生じ難くなるからである。また、欠陥を完全に防止するためには、この相対変位量は弾性回復量の10%以下に制御することが望ましい。

【0027】

磁性材料の原料粉末を磁界中で粉末成形を行う場合には、通常の粉末成形と比較して、粉末粒子同士の磁氣的反発力が通常の弾性回復力に加わって、上記のような厚み端部の欠陥がより生じやすくなるため、成形不良を完全になくすためには、この発明による粉末成形方法が不可欠のものとなる。

さらに、水などの分散媒を原料粉末に混合したスラリー状の原料を用いて、濾布や濾紙あるいは金型自体が多孔質の材料で構成されており、プレス成形中にこれらの濾材を通して分散媒を除去あるいは濾過しながら粉末の圧縮を行う湿式プレス成形の場合も、この発明は同様の理由により有効である。従って、この発明は、希土類系磁石材料の乾式成形はもちろん、フェライト磁石粉末の磁界中の湿式プレス成形において特にその効果を示すものである。

【0028】

【実施例】

実施例1

外径が50mm、内径が40mmの同心の円弧状で、幅が25mm、軸方向の長さが35mm、中央厚みが5mmのネオジウム系永久磁石の粉末成形を行うに際して、図3に概略を示すような電動スクリーブプレス金型に平均粒子径が5 μ mの原料粉末を充填し、12000ガウスの磁界中で圧縮成形荷重を8.9トン作用させて圧縮成形した。この場合ダイスのテーパは0.5°であり、磁石特性の低下を防ぐためバインダは無添加とした。

【0029】

成形終了後、上下金型の圧力を除荷するにあたり、ダイスと上部金型の相対変位を種々に変化させ、得られた粉末成形体の厚み端部の欠陥の発生状況を評価した。なお、成形終了後の上部・下部金型の間隔と得られた粉末成形体の厚みから求められる弾性回復量は0.35mmであった。測定結果を表1に示すように、ダイスと上部金型の相対変位量が弾性

10

20

30

40

50

回復量の30%以内になると欠陥発生率が激減し、また10%以下で完全に欠陥が解消したことがわかる。

【0030】

【表1】

プレス成形圧力除荷時のダイス/上部パンチの変位 (mm)	外周側両端部欠陥の発生率 (%)
0.35	45
0.24	36
0.15	21
0.1	3.2
0.05	1.2
0.03	0
0	0

10

20

【0031】

実施例2

外径が40mm、内径が35mmで内径中心が外径の中心より3mm外側にある偏心した三日月形状で、幅が22mm、軸方向の長さが60mm、中心厚みが8mmのフェライト系永久磁石の粉末成形を行うに際して、図6に概略を示すような油圧プレス金型を用意した。平均粒子径が0.9 μ mのフェライト粉碎粉末を重量百分率で約55%の濃度になるように水を添加してスラリー状とし、25kg/cm²の圧力で金型内部に充填し、圧縮成形荷重を7トン作用させて圧縮成形した。なお、ダイスと上部パンチの間にはフェルト製の濾材を置いて、スラリーから水を濾過する湿式成形を行った。この場合ダイスのテーパは1°であり、磁石特性の低下を防ぐためバインダは無添加とした。

30

【0032】

成形終了後、下部金型の圧力を除荷するにあたり、ダイスの浮動圧力ならびに圧抜きバルブの開閉時間を変化させて、ダイスと上部金型の相対変位を種々に変化させ、得られた粉末成形体の外周側両端部の欠陥の発生状況を評価した。なお、成形終了後の上部・下部金型の間隔と得られた粉末成形体の厚みから求められる弾性回復量は0.45mmであった。

40

【0033】

【表2】

	プレス成形圧力除荷時の ダイス/上部パンチの変位	外周側両端部欠陥の発生率
	(mm)	(%)
比較例	0.5	45
	0.3	36
	0.25	21
	0.15	13
本発明	0.10	3.8
	0.05	1.3
	0.02	0
	0	0

10

20

【0034】

【発明の効果】

この発明による断面弓形状磁性材料の粉末圧縮成形方法は、断面弓形状をした粉末成形体の成形後の抜圧縮成形荷重開始時に、成形体の凸側外周面での弾性回復量が少なくなるように抜荷重を行うことにより、従来、成形体の凸側外周面から厚み端面にかけて発生していたひびや割れなどの欠陥を防止し、高歩留まりで製造することが可能となり、製造コストの削減が期待でき、さらに製品歩留まりや製造コストをあまり上昇させずに、生産性の向上や寸法精度の向上さらに磁石の高性能化が実現できる。すなわち、湿式、乾式のプレス成形方法において、原料粉末粒度の微細化並びに成形速度の高速化、成形体密度の向上を図ることが可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】断面弓形状成形体の成形欠陥の形態を示す成形体の端面説明図である。

【図2】湿式プレス成形装置の一例を示す縦断説明図である。

【図3】ダイス固定の乾式プレス成形装置の構成例を示す説明図である。

【図4】ダイスフロート型の乾式プレス成形装置の構成例を示す説明図である。

【図5】ダイス固定の湿式プレス成形装置の構成例を示す説明図である。

【図6】ダイスフロート型の湿式プレス成形装置の構成例を示す説明図である。

【符号の説明】

40

1 成形体

2 凸側外周面

3 内周面

4 厚み端部

5 欠陥

10, 20, 30 ダイス

11, 22, 32 上部金型

12, 23, 33 下部金型

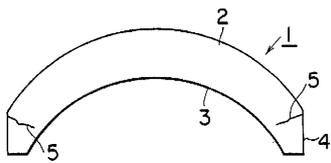
13 被成形粉末

14 濾過材

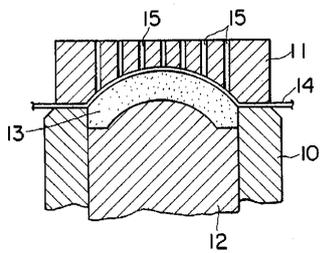
50

- 1 5 排水孔
- 2 1 , 3 1 成形空間
- 2 4 , 3 4 上部金型
- 2 5 , 3 5 濾材

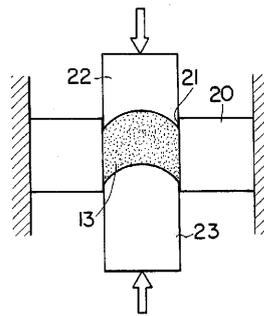
【 図 1 】



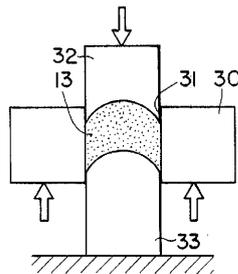
【 図 2 】



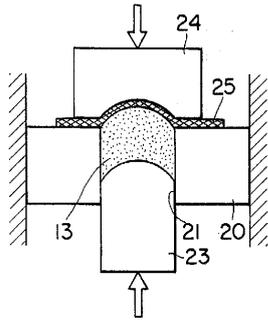
【 図 3 】



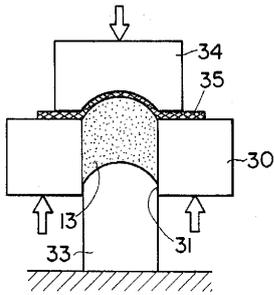
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 実開平60-120809(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B28B 3/02