

(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2017-18977

(P2017-18977A)

(43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 1 J 13/02 (2006.01)	B 2 1 J 13/02 M	4 E 0 8 7
B 2 1 J 5/02 (2006.01)	B 2 1 J 5/02 C	
	B 2 1 J 13/02 A	
	B 2 1 J 13/02 L	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2015-137517 (P2015-137517)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成27年7月9日(2015.7.9)		トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100091096
			弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100105463
			弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100129861
			弁理士 石川 滝治
		(72) 発明者	山下 修
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	4E087 BA01 BA23 CA14 CB01 EC13 ED04 ED13 ED14

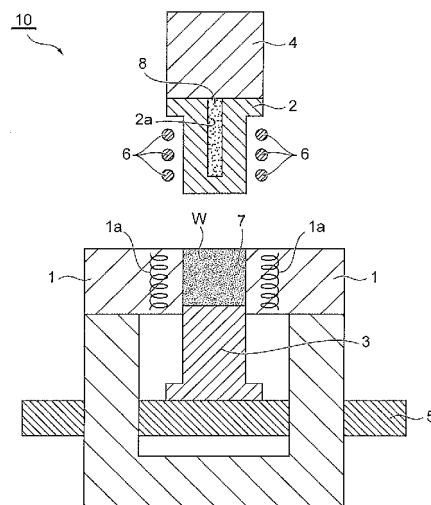
(54) 【発明の名称】 鍛造加工方法

(57) 【要約】

【課題】 成型型を構成するパンチが加熱された後の温度を所望温度に維持することができ、所望温度のパンチでワークを鍛造することのできる鍛造加工方法を提供する。

【解決手段】 ダイ1とダイ1の内部の下方に配設された下パンチ3と、ダイ1の内部で摺動する上パンチ2とから構成され、ダイ1と上パンチ2と下パンチ3でキャビティ7を形成する成型型10において、上パンチ2が中空部2aを備え、中空部2aに一定温度で相変化する材料8が収容されており、少なくとも上パンチ2を一定温度以上に加熱する第1のステップ、キャビティ7にワークWを収容し、上パンチ2を摺動させてワークWを鍛造する第2のステップ、からなる鍛造加工方法である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイとダイの内部の下方に配設された下パンチと、ダイの内部で摺動する上パンチとから構成され、ダイと上パンチと下パンチでキャビティを形成する成形型において、上パンチが中空部を備え、該中空部に一定温度で相変化する材料が収容されており、少なくとも上パンチを該一定温度以上に加熱する第 1 のステップ、キャビティにワークを収容し、上パンチを摺動させてワークを鍛造する第 2 のステップ、からなる鍛造加工方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、鍛造加工方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ランタノイド等の希土類元素を用いた希土類磁石は永久磁石とも称され、その用途は、ハードディスクやMRIを構成するモータのほか、ハイブリッド車や電気自動車等の駆動用モータなどに用いられている。

【0003】

この希土類磁石の磁石性能の指標として残留磁化（残留磁束密度）と保磁力を挙げることができ、モータの小型化や高電流密度化による発熱量の増大に対し、使用される希土類磁石にも耐熱性に対する要求は一層高まっており、高温使用下で磁石の磁気特性を如何に保持できるかが当該技術分野での重要な研究課題の一つとなっている。

20

【0004】

希土類磁石としては、組織を構成する結晶粒（主相）のスケールが3～5 μm程度の一般的な焼結磁石のほか、結晶粒を50nm～300nm程度のナノスケールに微細化したナノ結晶磁石がある。

【0005】

希土類磁石の製造方法の一例を概説すると、たとえばNd-Fe-B系の金属溶湯を急冷凝固して微粉末（磁石用粉末）を製作し、磁石用粉末を鍛造加工して成形体を製造する。次いで、成形体を高温雰囲気下で鍛造し、緻密化させて焼結体を製造し、この焼結体に磁氣的異方性を付与するべく熱間塑性加工（鍛造加工）を施して希土類磁石（配向磁石）を製造する方法である。

30

【0006】

上記する鍛造加工は、ダイと、ダイの内部の下方に配設された下パンチと、ダイの内部で摺動する上パンチとから構成された成形型のキャビティに、磁石用粉末の集合体や成形体、焼結体など（以上、ワーク）を収容し、上パンチを下方へ摺動させてワークを加圧することによっておこなわれる。

【0007】

上記鍛造加工に際しては上パンチの加熱がおこなわれるが、この上パンチを加熱するに当たり、上パンチの周囲に加熱ブロックを配設すると、上パンチをダイに挿入する際に加熱ブロックがダイと干渉してしまう。そのため、加熱ブロックで上パンチを加熱し、加熱ブロックを上パンチから取り外した後に上パンチをダイに挿入している。

40

【0008】

しかしながら、加熱ブロックを上パンチから取り外している際に加熱された上パンチの温度が低下してしまい、鍛造加工の際に上パンチの温度が所望温度よりも低くなるといった課題がある。

【0009】

ここで、特許文献 1 には、固定金型を取り外し自在に装着した固定プラテンと、可動金型を取り外し自在に装着した可動プラテンとを備え、固定プラテン及び可動プラテンの各

50

々には温調ブロックとアクチュエータからなる温調ユニットが設置され、アクチュエータの動作によって温調ブロックをそれぞれの金型に押し当てることで所定の金型温度に制御する型締め装置が開示されている。

【0010】

この型締め装置によれば、金型構造が単純化され、金型コストを削減できるとしている。しかしながら、上記するように上パンチがダイの内部を摺動してワークを鍛造する形態の成型型に特許文献1で開示される型締め装置を適用すると、加熱ユニットとダイが干渉してしまい、加熱ブロックを適用する場合と同様に、加熱ユニットの取り外しの際に加熱された上パンチの温度が低下する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2013-240802号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は上記する問題に鑑みてなされたものであり、成型型を構成するパンチが加熱された後の温度を所望温度に維持することができ、所望温度のパンチでワークを鍛造することのできる鍛造加工方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

前記目的を達成すべく、本発明による鍛造加工方法は、ダイとダイの内部の下方に配設された下パンチと、ダイの内部で摺動する上パンチとから構成され、ダイと上パンチと下パンチでキャビティを形成する成型型において、上パンチが中空部を備え、該中空部に一定温度で相変化する材料が収容されており、少なくとも上パンチを該一定温度以上に加熱する第1のステップ、キャビティにワークを収容し、上パンチを摺動させてワークを鍛造する第2のステップ、からなるものである。

【0014】

本発明の鍛造加工方法は、上パンチに中空部を設け、この中空部に一定温度で相変化する材料を収容しておき、上パンチをこの一定温度以上に加熱することで、上パンチの温度が一定温度まで低下した際に材料が相変化（たとえば液体から固体へ変化）を起こし、この相変化の際に材料が発熱することで上パンチの温度低下を抑制するものである。

【0015】

ここで、一定温度で相変化する材料としては、塩化ナトリウム(NaCl)や塩化カリウム(KCl)などを挙げることができる。たとえばNaClを適用する場合、801℃で相変化を生じることより、鍛造前に上パンチを801℃（一定温度）以上に加熱しておくことで、加熱後、上パンチの温度が低下しても、相変化に伴う潜熱の放出によって801℃未満の温度に低下することが抑制され、この温度を一定時間保持することができ、この温度で鍛造加工をおこなうことができる。

【0016】

ここで、上記する「一定温度」とは、鍛造加工時に上パンチの保持する目標温度であり、この目標温度に相変化材料の相変化温度を設定するものである。なお、一定温度を保持する時間は、相変化が終了するまでの時間となる。

【0017】

また、二種類以上の材料を混合したものを上パンチの中空部に収容してもよい。

【0018】

二種類以上の材料を混合した場合は、それぞれの材料が相変化する温度を有していることから、混合割合を調整することで多成分系として相変化させたい温度（目標温度である一定温度）を所望温度に調整することができる。

【0019】

なお、本発明の鍛造加工方法を用いて鍛造されるワークとしては、希土類磁石の製造過程で形成される、磁石用粉末の集合体や、この集合体を鍛造してできた成形体、この成形体を鍛造してできた焼結体などを挙げることができる。

【発明の効果】

【0020】

以上の説明から理解できるように、本発明の鍛造加工方法によれば、上パンチに中空部を設け、この中空部に一定温度で相変化する材料を収容しておき、上パンチをこの一定温度以上に加熱した後に鍛造加工をおこなうことにより、上パンチの温度が一定温度まで低下した際に材料が相変化を起こし、この相変化の際に材料が潜熱を放出して発熱することで上パンチの温度低下が抑制される。したがって、所望温度（目標温度）の上パンチでワークを鍛造することができ、品質に優れた鍛造品を加工することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の鍛造加工方法を説明した模式図である。

【図2】図1に続いて、鍛造加工方法を説明した模式図である。

【図3】図2に続いて、鍛造加工方法を説明した模式図である。

【図4】図3に続いて、鍛造加工方法を説明した模式図である。

【図5】（a）は試作した上パンチの平面図であり、（b）は上パンチの正面図である。

【図6】（a）は実施例の上パンチの温度測定結果を示した図であり、（b）は比較例の上パンチの温度測定結果を示した図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の鍛造加工方法の実施の形態を説明する。なお、図示例では、鍛造加工されるワークがキャビティ内に収容された磁石用粉末の集合体であるが、鍛造加工されるワークは、この集合体が鍛造されてできた成形体や、この成形体が鍛造されてできた焼結体などであってもよいことは勿論のことである。

【0023】

（鍛造加工方法の実施の形態）

図1～図4はその順に、本発明の鍛造加工方法を説明したフロー図である。

【0024】

30

まず、図1で示すように、中空を有するダイ1と、ダイ1の下方に配設された下パンチ3と、ダイ1の内部を摺動自在な上パンチ2と、上パンチ2を稼働させるプレス機4と、下パンチ3を稼働させるプレス機5と、から構成される成型型10を用意する。

【0025】

ダイ1はその内部にヒータ1aを内蔵しており、その中空と下パンチ3とからキャビティ7を形成している。

【0026】

また、図1の状態において、上パンチ2はその周囲に高周波コイル6が配設され、高周波コイルに通電して高周波誘導電流を生じさせ、この高周波誘導電流によって高周波誘導加熱されるようになっている。すなわち、上パンチ2はプレス機4で押下されるため、上パンチ2の内部にヒータを設置して配線することができないことから、図示例のように高周波加熱されるものである。

40

【0027】

上パンチ2は、その内部に中空部2aを備えており、この中空部2aには、一定温度で相変化する材料8が収容されている。

【0028】

ここで、材料8としては、塩化ナトリウム(NaCl)や塩化カリウム(KCl)などが適用できる。たとえばNaClを適用する場合、801℃で相変化が生じる。具体的には、801℃よりも高い温度で上パンチ2を加熱しておいた後、時間経過に伴って上パンチ2の温度が低下するものの、801℃になった段階でNaClが液体から固体へ相変化する。この相変化の際にNaCl

50

は凝固潜熱を放出して発熱する。したがって、上パンチ 2 を 801℃（一定温度）以上に加熱しておくことで、加熱後、上パンチ 2 の温度が低下しても、801℃未満の温度に低下することが抑制され、この温度を一定時間保持することが可能になる。

【0029】

また、塩化ナトリウム (NaCl) と塩化カリウム (KCl) を所望の割合で混合した材料を適用してもよい。たとえば、NaCl を 50.6 質量%、KCl を 49.4 質量% 混合した材料を使用した場合には、材料の相変化温度を 657℃ に設定することができる。このように、二種以上の材料を所望割合で混合することで、所望する目標温度となるように相変化温度を調整することが可能になる。

【0030】

次に、上パンチ 2 を一定温度以上（材料 8 が相変化する温度以上）に加熱する（以上、第 1 のステップ）。

【0031】

次に、図 1 で示すように、キャビティ 7 に磁石用粉末を充填し、磁石用粉末の集合体 W（ワーク）を形成する。

【0032】

ここで、使用される磁石用粉末の製作方法は、まず、50kPa 以下に減圧した不図示の炉中で、単ロールによるメルトスピニング法により、合金インゴットを高周波溶解し、希土類磁石を与える組成の溶湯を銅ロールに噴射して急冷薄帯（急冷リボン）を製作する。次に、製作された急冷薄帯を粗粉碎して磁石用粉末を製作するものである。なお、磁石用粉末の粒径範囲は 75～300 μm の範囲となるように調整される。

【0033】

キャビティ 7 に磁石用粉末の集合体 W を形成し、さらにヒータ 1 a を稼働してダイ 1 を所定温度に加温し、下パンチ 3 にダイ 1 の温度を伝熱させた後、高周波コイル 6 を退避させ、図 2 で示すように上パンチ 2 を押下可能な状態とする。

【0034】

図 3 で示すように、プレス機 4 を稼働させて上パンチ 2 を押下し（X 1 方向）、磁石用粉末の集合体 W を鍛造することにより、成形体 W'（鍛造品）が製造される（第 2 のステップ）。

【0035】

この製造において、上パンチ 2 が一定温度以上に高周波誘導加熱された後、高周波コイル 6 を退避する過程で上パンチ 2 の温度は低下する。しかしながら、一定温度（材料 8 が相変化する温度）で材料 8 が相変化して発熱することにより、上パンチ 2 の温度低下は材料 8 が相変化する温度で止まり、その一定温度が一定時間保持される。あるいは温度低下が緩やかになるので、鍛造開始時の上パンチの温度を所望の温度に調整することができる。

【0036】

このように一定温度で保持された上パンチ 2 でワーク W を鍛造することにより、品質に優れた成形体 W' を製造することができる。特に、希土類磁石前駆体である成形体 W' の場合には、磁気特性に優れた希土類磁石の製造に寄与する。

【0037】

鍛造品 W' が製造されたら、図 4 で示すように、上パンチ 2 を上方に退避させ（X 2 方向）、プレス機 5 にて下パンチ 3 を上昇させて（X 3 方向）鍛造品 W' をキャビティ 上方に送り出す。なお、製造された成形体 W' は、たとえば、ナノ結晶組織の Nd-Fe-B 系の主相（平均粒径が 300nm 以下で、たとえば 50nm～200nm 程度の結晶粒径）と、主相の周りにある Nd-X 合金（X: 金属元素）の粒界相を備えたものである。そして、粒界相を構成する Nd-X 合金は、Nd と、Co、Fe、Ga 等のうちの少なくとも一種以上の合金からなり、たとえば、Nd-Co、Nd-Fe、Nd-Ga、Nd-Co-Fe、Nd-Co-Fe-Ga のうちのいずれか一種、もしくはこれらの二種以上が混在したものであって、Nd リッチな状態となっている。

【0038】

(上パンチの温度変化を測定した実験とその結果)

本発明者等は、実施例と比較例にかかる上パンチをそれぞれ試作し、それぞれの上パンチを所定温度に加熱し、加熱停止後の経過時間ごとの上パンチの温度を測定する実験をおこなった。

【0039】

試作した実施例にかかる上パンチを図5に示しており、図5(a)は平面図、図5(b)は正面図である。図示する寸法を有したインコネル718製の上パンチにおいて、その中央にφ10mmで長さ60mmの中空部を形成し、中空部から10mm離れた位置にφ1.7mmで長さ50mmの孔をさらに設け、この孔に熱電対を挿入した。また、実施例の上パンチでは、中空部にNaClを充填した。一方、比較例の上パンチは、図5で示す実施例の上パンチにおいて、中空部の存在しないものである。これら実施例および比較例の上パンチを試作し、図1で示す成型型に試作の上パンチを適用した。以下、表1にインコネル718製の上パンチとNaClの材料物性を示す。

【0040】

【表1】

	比熱 (J/kgK)	密度 (g/cm ³)	融解熱 (J/g)
インコネル718	435	8.2	—
NaCl	854	2.2	483

【0041】

本実験では、実施例および比較例の各上パンチを810℃に加熱した。実施例および比較例の各上パンチが810℃から801℃まで温度変化した際に成型型に与える熱量を以下の表2に示す。

【0042】

【表2】

	成型型に与える熱量(J)
比較例	150 (熱容量の分)
実施例	4250 (熱容量の分と凝固熱の合算)

【0043】

実施例および比較例の経過時間ごとの温度の測定結果を図6に示す。ここで、図6(a)は実施例の温度測定結果であり、図6(b)は比較例の温度測定結果である。なお、いずれの図においても、810℃の加熱を時間0秒まで実施して時間0秒で加熱を停止し、時間0秒からの経過時間ごとの上パンチの温度を示している。

【0044】

図6(b)より、比較例の上パンチは、810℃の初期温度から時間経過とともに温度が直線的に低下することが分かる。

【0045】

このことより、上パンチを所望温度に加熱したとしても、加熱ユニットを取り外している間に上パンチの温度が急激に低下し、実際に鍛造加工する際の上パンチの温度は所望温度に維持できないことが分かる。

【0046】

対して、図6(a)より、実施例の上パンチは、時間2秒で目標温度の801℃に到達した後、時間7秒までの5秒間、801℃を維持することが分かる。

【0047】

したがって、この5秒間で加熱ユニットを取り外し、上パンチを押下してワークの鍛造を実施することで所望温度の上パンチにてワークを鍛造することが可能になる。

10

【0048】

以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があったとしても、それらは本発明に含まれるものである。

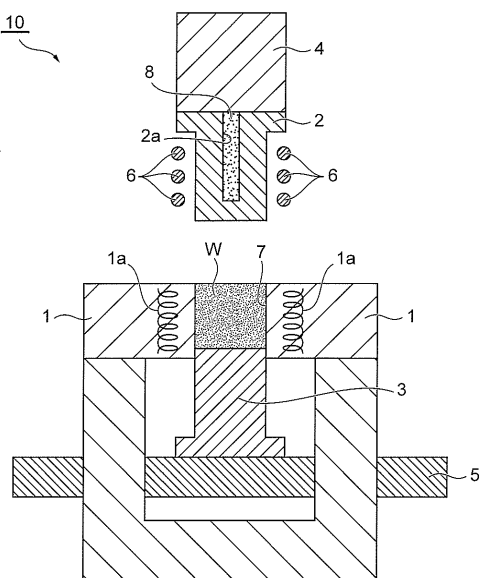
【符号の説明】

【0049】

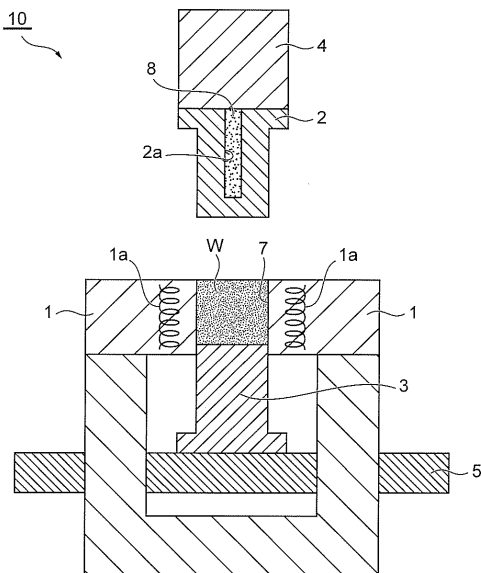
1…ダイ、2…上パンチ、2a…中空部、3…下パンチ、4, 5…プレス機、6…高周波コイル、7…キャビティ、8…材料（一定温度で相変化する材料）、10…成型型、W…磁石用粉末の集合体（ワーク）、W'…成形体（鍛造品）

20

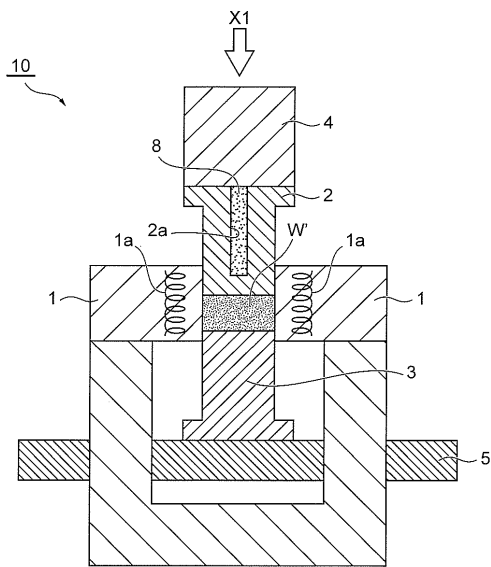
【図1】



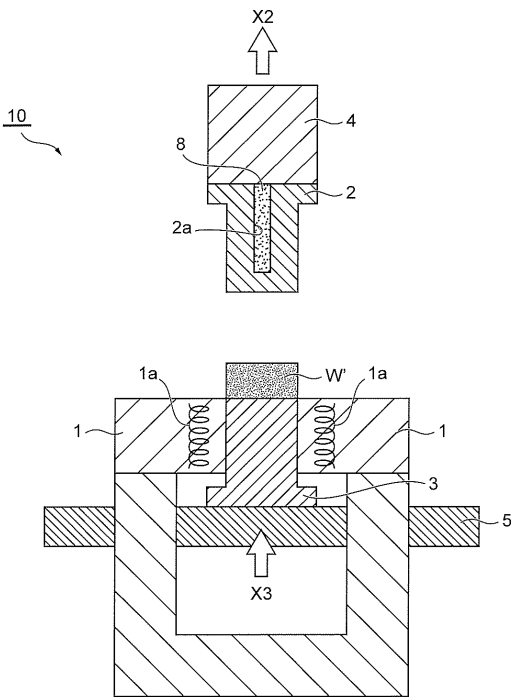
【図2】



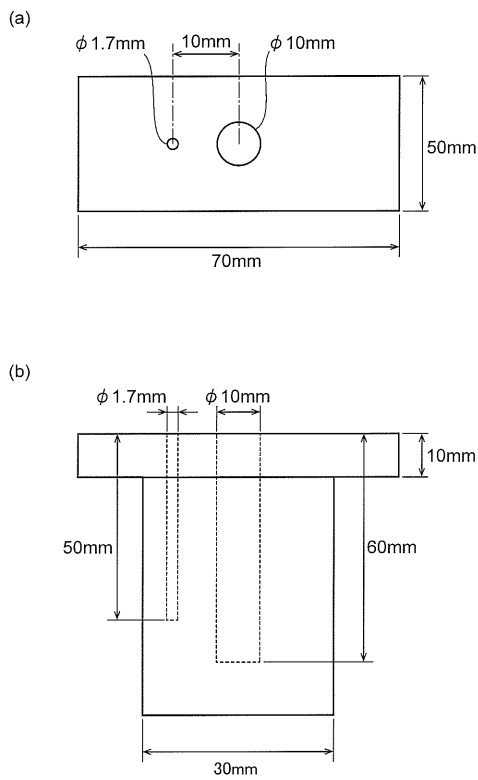
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

