

(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2013-237930

(P2013-237930A)

(43) 公開日 平成25年11月28日(2013.11.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 F 3/105 (2006.01)	B 2 2 F 3/105	4 E 0 6 8
B 2 2 F 3/24 (2006.01)	B 2 2 F 3/24	B 4 K 0 1 8
C 2 1 D 1/34 (2006.01)	C 2 1 D 1/34	H
B 2 2 F 7/08 (2006.01)	B 2 2 F 7/08	Z
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 2 2 F 3/16	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-140359 (P2013-140359)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成25年7月4日 (2013.7.4)		パナソニック株式会社
(62) 分割の表示	特願2009-64695 (P2009-64695)		大阪府門真市大字門真1006番地
	の分割	(74) 代理人	100100158
原出願日	平成21年3月17日 (2009.3.17)		弁理士 鮫島 睦
		(74) 代理人	100068526
			弁理士 田村 恭生
		(74) 代理人	100138863
			弁理士 言上 恵一
		(74) 代理人	100145403
			弁理士 山尾 憲人
		(74) 代理人	100132263
			弁理士 江間 晴彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元形状造形物の製造方法およびそれから得られる三次元形状造形物

(57) 【要約】

【課題】 切削機械加工の点でより望ましい造形物の製造方法を提供すること。

【解決手段】 (i) 造形プレート上に設けた粉末層の所定箇所に光ビームを照射して前記所定箇所の粉末を焼結又は熔融固化させて固化層を形成する工程、および、(ii) 得られた固化層の上に新たな粉末層を形成し、前記新たな粉末層の所定箇所に光ビームを照射して更なる固化層を形成する工程を繰り返して行う三次元形状造形物の製造方法であって、造形プレートおよび/または粉末層が、前記光ビームの照射によって焼きの入る材質となっており、また、固化層形成に際して造形プレートおよび/または粉末層に対して焼きが入ってしまった場合、その焼きが入った箇所を光ビームによって焼き鈍し処理し、それによって、造形プレートと固化層との硬度差がビッカース硬度Hvで0~400となるようにすることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

(i) 造形プレート上に設けた粉末層の所定箇所に光ビームを照射して前記所定箇所の粉末を焼結又は溶融固化させて固化層を形成する工程、および

(i i) 得られた固化層の上に新たな粉末層を形成し、前記新たな粉末層の所定箇所に光ビームを照射して更なる固化層を形成する工程

を繰り返して行う三次元形状造形物の製造方法であって、

造形プレートおよび/または粉末層が前記光ビームの照射によって焼きの入る材質となっており、また

固化層形成に際して造形プレートおよび/または粉末層に対して焼きが入ってしまった場合、その焼きが入った箇所を光ビームによって焼き鈍し処理し、それによって、造形プレートと固化層との硬度差がピッカース硬度 H v で 0 ~ 4 0 0 となるようにすることを特徴とする製造方法。

10

【請求項 2】

焼き鈍し処理に用いる光ビーム源として、固化層の形成に用いる光ビーム源を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項 3】

固化層の形成に用いる光ビームの照射エネルギー密度よりも小さい照射エネルギー密度の光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

20

【請求項 4】

集光径、走査ピッチおよび走査速度の少なくとも 1 つを調整した光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことを特徴とする、請求項 3 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項 5】

造形プレートおよび/または粉末層が前記光ビームの照射によって焼きの入ることがないように、前記工程 (i) および前記工程 (i i) を 6 0 0 ~ 1 0 0 0 の高温雰囲気下で実施することを特徴とする、請求項 1 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項 6】

照射エネルギー密度 0 . 5 ~ 2 . 5 J / m m ² の光ビームでもって固化層の形成を行うことを特徴とする、請求項 5 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の製造方法で得られた三次元形状造形物であって、三次元形状造形物が造形プレートと一体化しており、造形プレートと三次元形状造形物との硬度差がピッカース硬度 H v で 0 ~ 4 0 0 となっていることを特徴とする三次元形状造形物。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、三次元形状造形物の製造方法および三次元形状造形物に関する。より詳細には、本発明は、粉末層の所定箇所に光ビームを照射して固化層を形成することを繰り返し実施することによって複数の固化層が積層一体化した三次元形状造形物を製造する方法に関すると共に、それによって得られる三次元形状造形物にも関する。

40

【背景技術】**【0002】**

従来より、粉末材料に光ビームを照射して三次元形状造形物を製造する方法（一般的には「粉末焼結積層法」と称される）が知られている。かかる方法では、「(i) 粉末層の所定箇所に光ビームを照射することによって、かかる所定箇所の粉末を焼結又は溶融固化させて固化層を形成し、(i i) 得られた固化層の上に新たな粉末層を敷いて同様に光ビームを照射して更に固化層を形成する」といったことを繰り返して三次元形状造形物を製造している（特許文献 1 または特許文献 2 参照）。粉末材料として金属粉末やセラミック粉

50

末などの無機質の粉末材料を用いた場合には、得られた三次元形状造形物を金型として用いることができ、樹脂粉末やプラスチック粉末などの有機質の粉末材料を用いた場合には、得られた三次元形状造形物をモデルとして用いることができる。このような製造技術によれば、複雑な三次元形状造形物を短時間で製造することが可能である。

【0003】

粉末焼結積層法では、酸化防止等の観点から不活性雰囲気下に保たれたチャンバー内で三次元形状造形物が製造される場合が多い。粉末材料として金属粉末を用い、得られる三次元形状造形物を金型として用いる場合を例にとると、図1に示すように、まず、所定の厚み t_1 の粉末層22を造形プレート21上に形成した後(図1(a)参照)、光ビームを粉末層22の所定箇所に照射して、造形プレート21上において固化層24を形成する。そして、形成された固化層24の上に新たな粉末層22を敷いて再度光ビームを照射して新たな固化層を形成する。このように繰り返して固化層を形成すると、複数の固化層24が積層一体化した三次元形状造形物を得ることができる(図1(b)参照)。最下層に相当する固化層は造形プレート面に接着した状態となって形成され得るので、三次元形状造形物と造形プレートとは相互に一体化した状態となる。一体化した三次元形状造形物と造形プレートとは、そのまま金型として用いることができる。

10

【0004】

ここで、造形プレートと一体化した三次元形状造形物を金型として用いる場合、最下層に相当する固化層(=第1層目の固化層)の形成は、造形プレートとの密着性を高めるために、比較的高いエネルギーの光ビームを照射して行われるのが一般的である。造形プレート(特に鋼材から成る造形プレート)の表面は、高エネルギーの光ビームを受けると、図2に示すように、その表面箇所および近傍が急加熱・急速冷却にさらされることにより“焼き入れられた組織”となって硬くなる(例えば、特許文献3および4参照)。これにより、造形プレート内では硬度差が生じるだけでなく、造形プレートと造形物との間でも硬度差が生じてしまう。“焼き入れ”により硬くなった箇所が存在すると、造形物製造後に切削機械加工を行う際に不都合となるので好ましくない。具体的には、硬くなった箇所に対してドリルによる穴開け加工や旋盤による旋削加工などの切削機械加工を行うと、ドリル刃先の欠損やドリルシャンクの折れやバイト刃先の欠損などが発生してしまう可能性があるだけでなく、そのような不都合を回避すべく加工条件を変更又は制御しなければならない。

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表平1-502890号公報

【特許文献2】特開2000-73108号公報

【特許文献3】特開2008-280581号公報

【特許文献4】特開2008-280582号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、かかる事情に鑑みて為されたものである。即ち、本発明の課題は、三次元形状造形物の製造方法の中でも、切削機械加工の点でより望ましい造形物を製造できる方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明では、

(i) 造形プレート上に設けた粉末層の所定箇所に光ビーム(例えばレーザ光のような指向性エネルギービーム)を照射して前記所定箇所の粉末を焼結又は溶融固化させて固化層を形成する工程、および

(ii) 得られた固化層の上に新たな粉末層を形成し、前記新たな粉末層の所定箇所に

50

光ビームを照射して更なる固化層を形成する工程

を繰り返して行う三次元形状造形物の製造方法であって、

造形プレートと固化層との硬度差が、ビッカース硬度Hvで0～400となるようにすることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法が提供される。

【0008】

本発明の製造方法は、造形プレート硬度と固化層硬度との差が小さい又は発生しないことを特徴としている。より具体的には、本発明の製造方法では、「造形プレートにおいて造形物が形成される領域部分」と「造形物の底部分」との硬度差がビッカース硬度Hvで400以内となるようにする。

【0009】

本明細書にいう「ビッカース硬度Hv」とは、JIS Z2244の規格に準じて荷重200～1000gfでもって10秒間押し込んだ後、それによって形成されたくぼみの対角線長さから求められる数値を意味している。

【0010】

ある好適な態様では、造形プレートおよび粉末層が、固化層形成時の光ビームの照射によって焼きの入らない材質から成っており、造形プレートと粉末層との硬度差がビッカース硬度Hvで0～500となっている。かかる態様では、造形プレートの材質が、炭素含有量0～0.3質量%の鉄系材料、オーステナイト系ステンレス鋼、フェライト系ステンレス鋼、銅、チタンおよびアルミから成る群から選択される少なくとも1種類の材料を含んで成ることが好ましい。一方、粉末層は、少なくとも鉄粉末とニッケル粉末とを含んで成る混合粉末の粉末層であることが好ましい(かかる場合、ニッケル粉末は、混合粉末の重量基準で5～30重量%程度含まれていることが好ましい)。

【0011】

また、別のある好適な態様では、造形プレートおよび/または粉末層が固化層形成時の光ビームの照射によって焼きの入る材質(例えば鉄系材料)となっており、固化層の形成に際して造形プレートおよび/または粉末層に対して焼きが入ってしまった場合、その焼きが入った箇所(例えば、造形プレートと固化層との接合界面近傍)を光ビームによって焼き鈍し処理する。焼き鈍し処理に用いる光ビーム源としては、固化層の形成に用いる光ビーム源を用いてもよい。尚、かかる態様においては、固化層形成に用いる光ビームの照射エネルギー密度よりも小さい照射エネルギー密度の光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことが好ましい。特に、集光径、走査ピッチおよび走査速度の少なくとも1つを調整した光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことが好ましい。

【0012】

更に別のある好適な態様では、造形プレートおよび/または粉末層が光ビームの照射によって焼きの入ることがないように、600～1000の高温雰囲気下で工程(i)および工程(ii)を実施する。即ち、600～1000の高温雰囲気下で固化層(特に、第1層目の固化層)の形成を行う。この場合、0.5～2.5J/mm²の小さい照射エネルギー密度の光ビームを用いて固化層の形成を行うことが好ましい。

【0013】

本発明では、上述した製造方法で得られる三次元形状造形物も提供される。特に好適な態様では、かかる三次元形状造形物は造形プレートと一体化しており、造形プレートと三次元形状造形物との硬度差がビッカース硬度Hvで0～400(即ち、400以内)となっている。

【発明の効果】

【0014】

本発明の製造方法では、得られる三次元形状造形物につき、造形プレート硬度と固化層硬度との差が小さくなっている又は発生しないようになっている。つまり、造形プレートと一体化して得られる三次元形状造形物において硬度差が減じられている。従って、造形物製造後においてドリルによる穴開け加工や旋盤による旋削加工などの切削機械加工を行

10

20

30

40

50

う際、ドリル刃先の欠損やドリルシャンクの折れやバイト刃先の欠損などを防止できるだけでなく、そのような工具の折れ・欠損を回避するための煩雑な制御が必要なくなる。より具体的にいうと、造形プレート硬度と固化層硬度との差が大きい場合、即ち、柔らかい箇所と硬い箇所とが存在する場合は、柔らかい箇所と硬い箇所とで加工条件を変えなければならないところ（仮に同じ加工条件で行うと工具の折れ・欠損が生じてしまうことになり得る）、本発明により得られる「造形プレートと一体化した三次元形状造形物」では、造形プレートと三次元形状造形物との間の硬度差が小さい又は実質的に硬度差が存在しないので、そのように加工条件を変える必要がなくなる。換言すれば、本発明では、同じ加工条件であっても工具の折れ・欠損が生じることはないといえる。

【0015】

また、従来技術においては、造形プレートと三次元形状造形物との硬度差（特にそれらの界面近傍の硬度）を想定した上で切削加工用の工具ないしは設備を用意しなければならないものの、本発明では、製造設備自体を実質的に変更することなく、かかる硬度差を減じることができるといった点でも有益である。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】光造形複合加工機の動作を模式的に示した断面図

【図2】焼き入れが生じた態様を表した模式図

【図3】粉末焼結積層法が行われる態様を模式的に示した斜視図

【図4】粉末焼結積層法が実施される光造形複合加工機の構成を模式的に示した斜視図

【図5】光造形複合加工機の動作のフローチャート

【図6】光造形複合加工プロセスを経時的に表した模式図

【図7】「焼きの入らない材質を使用する態様」を概念的に表した模式図

【図8】焼きの入らない材質を用いた場合の硬度差を示すグラフ

【図9】「焼き鈍し処理を行う態様」を概念的に表した模式図

【図10】焼き鈍し処理時の光ビームの走査態様を概念的に表した模式図

【図11】「焼き入れが生じない条件で固化層形成を行う態様」を概念的に表した模式図

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下では、図面を参照して本発明をより詳細に説明する。

【0018】

[粉末焼結積層法]

まず、本発明の製造方法の前提となる粉末焼結積層法について説明する。図1、図3および図4には、粉末焼結積層法を実施できる光造形複合加工機1の機能および構成が示されている。光造形複合加工機1は、「金属粉末および樹脂粉末などの粉末を所定の厚みで敷くことによって粉末層を形成する粉末層形成手段2」と「外周が壁27で囲まれた造形タンク29内においてシリンダー駆動で上下に昇降する造形テーブル20」と「造形テーブル20上に配され造形物の土台となる造形プレート21」と「光ビームLを任意の位置に照射する光ビーム照射手段3」と「造形物の周囲を削る切削手段4」とを主として備えている。粉末層形成手段2は、図1に示すように、「外周が壁26で囲まれた粉末材料タンク28内においてシリンダー駆動で上下に昇降する粉末テーブル25」と「造形プレート上に粉末層22を形成するためのスキージング用ブレード23」とを主として有して成る。光ビーム照射手段3は、図3および図4に示すように、「光ビームLを発する光ビーム発振器30」と「光ビームLを粉末層22の上にスキヤニング（走査）するガルバノミラー31（スキャン光学系）」とを主として有して成る。必要に応じて、光ビーム照射手段3には、光ビームスポットの形状を補正するビーム形状補正手段（例えば一対のシリンドリカルレンズと、かかるレンズを光ビームの軸線回りに回転させる回転駆動機構とを有して成る手段）やf レンズなどが具備されている。切削手段4は、「造形物の周囲を削るミーリングヘッド40」と「ミーリングヘッド40を切削箇所へと移動させるXY駆動機構41」とを主として有して成る（図3および図4参照）。

10

20

30

40

50

【0019】

光造形複合加工機1の動作を図1、図5および図6を参照して詳述する。図5は、光造形複合加工機の動作フローを示しており、図6は、光造形複合加工プロセスを経時的に簡易に示している。

【0020】

光造形複合加工機の動作は、粉末層22を形成する粉末層形成ステップ(S1)と、粉末層22に光ビームLを照射して固化層24を形成する固化層形成ステップ(S2)と、造形物の表面を切削する切削ステップ(S3)とから主に構成されている。粉末層形成ステップ(S1)では、最初に造形テーブル20を t_1 下げる(S11)。次いで、粉末テーブル25を t_1 上げた後、図1(a)に示すように、スキージング用ブレード23を、矢印A方向に移動させ、粉末テーブル25に配されていた粉末(例えば「平均粒径 $5\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度の鉄粉」または「平均粒径 $30\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度のナイロン、ポリプロピレン、ABS等の粉末」)を造形プレート21上へと移送させつつ(S12)、所定厚み t_1 にならして粉末層22を形成する(S13)。次に、固化層形成ステップ(S2)に移行し、光ビーム発振器30から光ビームL(例えば炭酸ガスレーザ、Nd:YAGレーザまたは紫外線など)を発生(S21)、光ビームLをガルバノミラー31によって粉末層22上の任意の位置にスキャンし(S22)、粉末を溶融させ、固化させて造形プレート21と一体化した固化層24を形成する(S23)。光ビームは、空气中を伝達させることに限定されず、光ファイバーなどで伝送させてもよい。

10

【0021】

固化層24の厚みがミーリングヘッド40の工具長さ等から求めた所定厚みになるまで粉末層形成ステップ(S1)と固化層形成ステップ(S2)とを繰り返し、固化層24を積層する(図1(b)参照)。尚、新たに積層される固化層は、焼結又は溶融固化に際して、既に形成された下層を成す固化層と一体化することになる。

20

【0022】

積層した固化層24の厚みが所定の厚みになると、切削ステップ(S3)へと移行する。用いる切削手段は、汎用の数値制御(NC: Numerical Control)工作機械またはそれに準ずるものであってよい。特に、切削工具(エンドミル)を自動交換可能なマシニングセンタ(MC)であることが好ましい。エンドミルは、例えば超硬素材の二枚刃ボールエンドミルが主に用いられる。加工形状や目的に応じて、スクエアエンドミル、ラジラスエンドミル、ドリルなども用いてよい。図1および図6に示すような態様ではミーリングヘッド40を駆動させることによって切削ステップの実施を開始している(S31)。例えば、ミーリングヘッド40の工具(ボールエンドミル)が直径1mm、有効刃長さ3mmである場合、深さ3mmの切削加工ができるので、 t_1 が0.05mmであれば、60層の固化層を形成した時点でミーリングヘッド40を駆動させる。XY駆動機構41によってミーリングヘッド40を矢印X及び矢印Y方向に移動させ、積層した固化層24から成る造形物の表面を切削加工する(S32)。そして、三次元形状造形物の製造が依然終了していない場合では、粉末層形成ステップ(S1)へ戻ることになる。以後、S1乃至S3を繰り返して更なる固化層24を積層することによって、三次元形状造形物の製造を行う(図6参照)。

30

40

【0023】

固化層形成ステップ(S2)における光ビームLの照射経路と、切削ステップ(S3)における切削加工経路とは、予め三次元CADデータから作成しておく。この時、等高線加工を適用して加工経路を決定する。例えば、固化層形成ステップ(S2)では、三次元CADモデルから生成したSTLデータを等ピッチ(例えば t_1 を0.05mmとした場合では0.05mmピッチ)でスライスした各断面の輪郭形状データを用いる。

【0024】

[本発明の製造方法]

本発明の製造方法は、上述した粉末焼結積層法につき、特に、光ビーム照射に起因した“焼き入れ現象”に着目している。より具体的には、本発明では、造形物の製造に際して

50

、「焼き入れ」が生じないようにしているか、あるいは、そのような「焼き入れ」が入ったとしても、それを減じるようにしている。

【0025】

以下の説明では、粉末として「金属粉末」を用いる態様（即ち、粉末層として金属粉末層を用いる態様）を例にとって説明する。

【0026】

本発明の製造方法では、造形プレートと固化層との硬度差が、ピッカース硬度Hvで0～500となるようにする。より具体的には、「造形プレートにおいて造形物が形成される表面領域部分」と「造形物の底部分」との硬度差がピッカース硬度Hvで0～500となるようにする。このような硬度差にすると、造形プレートと造形物との界面近傍に対してドリルによる穴開け加工や旋盤による旋削加工などの切削機械加工を行う際、ドリル刃先の欠損やドリルシャンクの折れやバイト刃先の欠損などを防止できるだけでなく、そのような工具の折れ・欠損を回避するための煩雑な制御が必要なくなる。

10

【0027】

造形プレートと固化層との硬度差は、できるだけ小さくすることが好ましく、最も望ましくは硬度差が0である。即ち、造形プレートと固化層との間には硬度差がないことが最も望ましい。従って、本発明の製造方法では、造形プレートと固化層との硬度差がピッカース硬度Hvで400以内となるようにするが、その中でも好ましくはピッカース硬度Hvで200以内、より好ましくはピッカース硬度Hvで100以内とする。尚、本明細書では、造形プレートと固化層との硬度差を「ピッカース硬度（Vickers Hardness）」で規定しているが、必ずしもそれに限定されず、同じ硬度差を有する他の硬度単位であっても、効果としては同じであり、本発明の範囲に含まれることに留意されたい。

20

【0028】

「造形プレートと固化層との硬度差が、ピッカース硬度Hvで0～400となるようにする」といった態様には、種々の態様が考えられる。以下それについて詳述する。

【0029】

（焼きの入らない材質を使用する態様）

「焼きの入らない材質を使用する態様」の概念を図7に示す。図示するように、造形プレートおよび粉末層が光ビームの照射によって焼きの入らない材質から成っていると共に、造形プレートと粉末層との硬度差がピッカース硬度Hvで0～500となっている。かかる態様では、造形プレートおよび粉末層の双方が、固化層形成時に照射される光ビームによって焼きが入らないので、固化層形成の前後でそれらの硬度が実質的に変化しない。そして、造形プレートと粉末層とは、そもそも硬度差がピッカース硬度Hvで0～500となっているので、最終的には造形プレートと固化層との硬度差がピッカース硬度Hvで0～500となり得る。

30

【0030】

ここで、本明細書にいう「焼きが入る」とは、加熱（特に急加熱）された材料が急冷に付されることで、材料硬度が増加する物理現象を実質的に意味している。特定の理論に拘束されるわけではないが、「焼きが入る」とは、例えば、加熱によって結晶組成がオーステナイト化した材料を急冷することによってマルテンサイト化させる現象を指している。従って、「焼きの入らない材質」とは、加熱（特に急加熱）されて急冷されたとしても、材料硬度が実質的に増すことのない材質（例えば、マルテンサイト化しない材質）を意味している。

40

【0031】

「造形プレートが光ビームの照射によって焼きの入らない材質から成る態様」としては、造形プレートの材質が、炭素含有量0～0.3質量%の鉄系材料（例えば炭素含有量約0.1質量%の鉄系材料）、オーステナイト系ステンレス鋼（例えばSUS304）、フェライト系ステンレス鋼（例えばSUS430）、銅、チタンおよびアルミから成る群から選択される少なくとも1種類の材料を含んで成る例を挙げることができる。また、「粉末層が光ビームの照射によって焼きの入らない材質から成っている態様」としては、粉末

50

層が、鉄粉末とニッケル粉末とを少なくとも含んで成る混合粉末の粉末層となっている例を挙げることができる。尚、かかる「鉄粉末とニッケル粉末とを含んで成る混合粉末」には、その他、ニッケル系合金粉末、銅粉末、銅系合金粉末および/または黒鉛粉末などを含んでいてもよい(例えば、鉄粉末の配合量が60~90重量%、ニッケル粉末及びニッケル系合金粉末の両方又はいずれか一方の配合量が5~35重量%、銅粉末および/または銅系合金粉末の両方又はいずれか一方の配合量が5~15重量%、ならびに、黒鉛粉末の配合量が0.2~0.8重量%となった混合粉末であってよい)。更には、粉末層は、銅マンガン合金粉末(CuMn粉末)を含んで成るものであってもよく、例えば、70%SCM440-20%Ni-10%CuMn-0.3%Cであってよい。

【0032】

図8には、“焼きの入らない材質”の条件下で得られた結果を示している(特に図8の(a)参照)。具体的には、図8において(a)のグラフは、「焼きの入らない造形プレート材質」としてSUS303を用い、「焼きの入らない粉末層材質」として、前記70%SCM440-20%Ni-10%CuMn-0.3%Cを用いたものである。図8の(b)の焼きの入る材質条件のグラフと比較すると理解しやすいように、図8の(a)の焼きの入らない材質条件では、造形プレートと粉末層との硬度差が実質的に存在しないことが分かる。

【0033】

好ましい造形プレート材質と粉末層材質との組合せとしては、例えば、造形プレートがオーステナイト系ステンレス鋼(例えばSUS304)を含んで成り、粉末層が少なくとも鉄粉末とニッケル粉末とを含んで成る組み合わせを挙げることができる。また、造形プレートが銅、チタンおよび/またはアルミなどの非鉄金属材料を含んで成り、粉末層が、同じく、銅、チタンおよび/またはアルミなどの非鉄金属粉末を含んで成る組み合わせも挙げることができる。

【0034】

(焼き鈍し処理を行う態様)

「焼き鈍し処理を行う態様」の概念を図9に示す。造形プレートおよび/または粉末層が光ビーム照射に起因して焼きの入る材質から成っており、固化層の形成に際して造形プレートおよび/または粉末層に対して焼きが入ってしまった場合、図示するように、その焼きが入った箇所を光ビームによって焼き鈍し処理する。換言すれば、造形プレートおよび/または粉末層が、固化層形成時に照射される光ビームに起因して焼きの入ってしまった際、その“焼き入れ”により硬度が高くなってしまった箇所(以後では「焼き入れ箇所」とも称す)に対して焼き鈍し処理を行う。一般的には、造形プレートと造形物との界面近傍、特に造形プレートの表面部分に焼きが入ることが多いので、その部分に対して焼き鈍し処理を行う(造形プレート表面に形成される“焼き入れ箇所”については、「図8の(b)の硬度が増加している部分」を参照のこと)。かかる焼き鈍し処理を行うと、焼き入れ箇所が軟らかくなるので、最終的には造形プレートと固化層との硬度差がビッカース硬度Hvで0~500となり得る。

【0035】

「造形プレートが光ビームの照射に起因して焼きの入る材質から成る態様」の例としては、造形プレートの材質が炭素鋼(例えばS45C、S50CおよびS55Cなど)を含んで成るものを挙げることができる。その一方、「粉末層が光ビームの照射に起因して焼きの入る材質から成る態様」の例としては、粉末層が、クロムモリブデン鋼粉末やダイス鋼粉末から成るものを挙げることができる。

【0036】

ここで、本明細書で用いる「焼き鈍し処理」とは、“焼き入れ箇所”を或る温度に加熱して、冷却(好ましくはゆっくりと冷却)する処理を一般に指しており、「焼鈍(しょうどん)」または「アニーリング」とも呼ぶことができるものである。例えば、“焼き入れ箇所”を550~850程度(より好ましくは600~800程度)に加熱し(場合によっては、加熱後に得られた温度を約0.5時間~約10時間維持し)、その後、20

10

20

30

40

50

～ 30 の温度にまで 8 ～ 24 時間程度かけて冷却することが好ましい。尚、焼き鈍し処理の際は、必要に応じて、減圧下、真空下または不活性雰囲気下で行ってもよい。

【 0037 】

焼き鈍し処理に用いる光ビーム源としては、専用の光ビーム源を用いることができるものの、固化層形成に用いる光ビーム源を用いてもよい。即ち、図 3 または図 4 にて符合 3 で示す光ビーム照射手段を用いて焼き鈍し処理を行ってよい。かかる場合、製造設備自体を実質的に変更しなくてよいので、製造設備コストなどの点で有利であると共に、固化層形成に引き続いて、焼き鈍し処理を中断なく実施できるので、製造時間の点でも有利である。

【 0038 】

一般的には、焼き鈍し処理に用いる光ビーム L' は、固化層形成に用いる光ビーム L よりも小さい照射エネルギー密度を有するものが好ましい。より具体的には、焼き鈍し処理に用いる光ビーム L' の照射エネルギー密度 E' は、固化層形成に用いる光ビーム L の照射エネルギー密度 E の 2 割 ～ 8 割程度、より好ましくは 3 割 ～ 7 割程度であってよい。あくまでも一例にすぎないが、図 9 に示すように、粉末層厚さ T_a が $50 \mu\text{m}$ の場合には、固化層形成の照射エネルギー密度 E を 10 J/mm^2 程度とする一方、焼き鈍し処理の照射エネルギー密度 E' を 5 J/mm^2 程度とする。

【 0039 】

固化層形成の照射エネルギー密度よりも小さい光ビーム L' でもって焼き鈍し処理を行う態様は、特に、集光径、走査ピッチおよび走査速度の少なくとも 1 つを調整して行うことが好ましい。例えば、固化層形成時よりも、(a) 光ビームの集光径 (即ち、レーザスポット径) を大きくすること、(b) 光ビームの走査ピッチを狭めること、および / または、(c) 光ビームの走査速度を上げること等を施した光ビーム L' でもって “ 焼き入れ箇所 ” を複数回照射してよい (より好ましくは、所定の時間を空けて複数回照射される) 。一例として、図 10 に示すように、固化層形成時よりもスポット径を大きくすると共に、固化層形成時よりも走査ピッチを狭めることによって、焼き入れ箇所 (図 10 (b) に示すポイント A') が、数回にわたってより小さいエネルギー密度の光ビームで照射される態様を挙げることができる。かかる場合、図 10 (b) の「ポイント A' における時間 - 温度グラフ」に示されるように、ポイント A' には徐々に冷却されるのと同様の効果もたらされるので、ポイント A' が焼き鈍し処理されることになる。

【 0040 】

(焼き入れが生じない条件で固化層形成を行う態様)

「焼き入れが生じない条件で固化層形成を行う態様」を図 11 に示す。図示するように、固化層の形成 (即ち、本発明の製造方法の工程 (i) および工程 (ii)) を $600 \sim 1000$ 程度の高温雰囲気下、好ましくは $800 \sim 1000$ 程度の高温雰囲気下で実施する。かかる態様では、固化層形成に際して周辺雰囲気の温度が非常に高いので、固化層形成に際して、光ビームの照射箇所が “ 急加熱・急速冷却 ” の状態とならない。従って、光ビームの照射箇所に対して焼きが入ることがなく、最終的には造形プレートと固化層との硬度差もピッカース硬度 H_v で $0 \sim 400$ となり得る (造形プレートと粉末層との硬度差がピッカース硬度 H_v で $0 \sim 400$ となっている場合を想定している) 。換言すれば、かかる態様では、照射エネルギー密度の小さい光ビームでもって固化層形成が可能であるので、照射箇所が “ 急加熱・急速冷却 ” の状態とならず、 “ 焼き入れ ” が回避される。具体的には $0.5 \sim 2.5 \text{ J/mm}^2$ 程度の小さい照射エネルギー密度の光ビームでもって固化層の形成、特に、最下層に相当する第 1 層目の固化層の形成を行う。尚、本明細書において照射エネルギー密度 E とは、以下の式で表される：

$$E = P / (\quad \times v)$$

$E [\text{ J/mm}^2]$: 照射エネルギー密度

$P [\text{ W }]$: 出力

$[\text{ mm }]$: 光ビームの走査ピッチ

$v [\text{ mm/s }]$: 光ビームの走査速度

10

20

30

40

50

【0041】

“高温雰囲気”は、密閉チャンパー内に加熱ガスを供給して形成してもよいし、密閉チャンパー内で雰囲気ガスを加熱することによって形成してもよい。尚、高温雰囲気を成すガスとしては、例えば、窒素ガスなどの不活性ガスを挙げることができる。

【0042】

最後に包括的に整理すると、上述した本発明は下記態様を包含していることを確認的に述べておく。

第1態様：(i)造形プレート上に設けた粉末層の所定箇所に光ビームを照射して前記所定箇所の粉末を焼結又は溶融固化させて固化層を形成する工程、および

(ii)得られた固化層の上に新たな粉末層を形成し、前記新たな粉末層の所定箇所に光ビームを照射して更なる固化層を形成する工程を繰り返して行う三次元形状造形物の製造方法であって、

造形プレートと固化層との硬度差が、ピッカース硬度Hvで0~400となるようにすることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第2態様：上記第1態様において、造形プレートおよび粉末層が、前記光ビームの照射によって焼きの入らない材質から成っており、造形プレートと粉末層との硬度差がピッカース硬度Hvで0~400となっていることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第3態様：上記第2態様において、造形プレートの材質が、炭素含有量0~0.3質量%の鉄系材料、オーステナイト系ステンレス鋼、フェライト系ステンレス鋼、銅、チタンおよびアルミから成る群から選択される少なくとも1種類の材料を含んで成ることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第4態様：上記第2態様において、粉末層が、少なくとも鉄粉末とニッケル粉末とを含んで成る混合粉末の粉末層であることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第5態様：上記第1態様において、造形プレートおよび/または粉末層が、前記光ビームの照射によって焼きの入る材質となっており、

固化層形成に際して造形プレートおよび/または粉末層に対して焼きが入ってしまった場合、その焼きが入った箇所を光ビームによって焼き鈍し処理することを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第6態様：上記第5態様において、焼き鈍し処理に用いる光ビーム源として、固化層の形成に用いる光ビーム源を用いることを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第7態様：上記第5態様または第6態様において、固化層の形成に用いる光ビームの照射エネルギー密度よりも小さい照射エネルギー密度の光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第8態様：上記第7態様において、集光径、走査ピッチおよび走査速度の少なくとも1つを調整した光ビームを用いて、焼き鈍し処理を行うことを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第9態様：上記第1態様において、造形プレートおよび/または粉末層が前記光ビームの照射によって焼きの入ることがないように、前記工程(i)および前記工程(ii)を600~1000の高温雰囲気下で実施することを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第10態様：上記第9態様において、照射エネルギー密度0.5~2.5J/mm²の光ビームをもって固化層の形成を行うことを特徴とする、三次元形状造形物の製造方法。

第11態様：上記第1態様~第10態様のいずれかの製造方法で得られた三次元形状造形物であって、

三次元形状造形物が造形プレートと一体化しており、造形プレートと三次元形状造形物との硬度差がピッカース硬度Hvで0~400となっていることを特徴とする三次元形状造形物。

【0043】

以上、本発明の実施形態について説明してきたが、本発明の適用範囲のうちの典型例を

例示したに過ぎない。従って、本発明はこれに限定されず、種々の改変がなされ得ることを当業者は容易に理解されよう。

【産業上の利用可能性】

【0044】

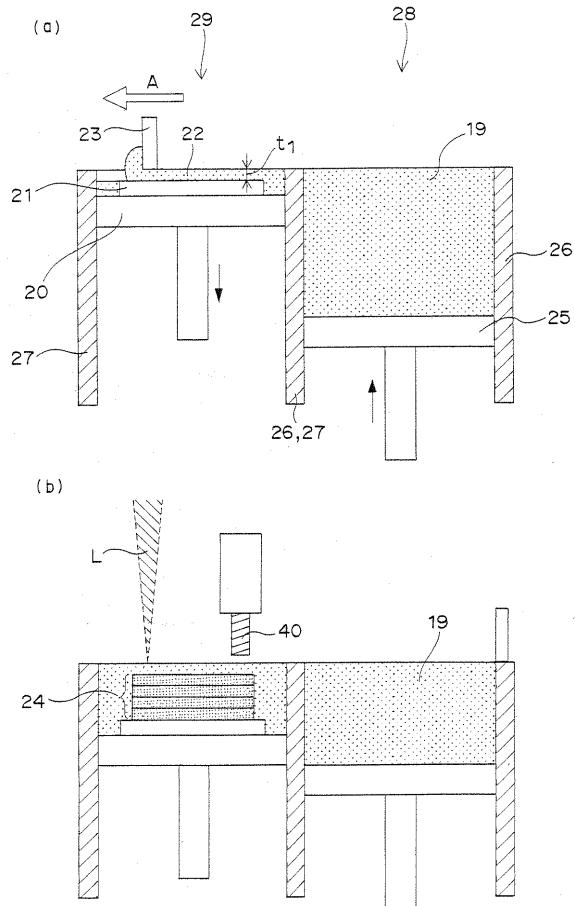
本発明の三次元形状造形物の製造方法を実施することによって、種々の物品を製造することができる。例えば、『粉末層が無機質の金属粉末層であって、固化層が焼結層となる場合』では、得られる三次元形状造形物をプラスチック射出成形用金型、プレス金型、ダイカスト金型、鋳造金型、鍛造金型などの金型として用いることができる。

【符号の説明】

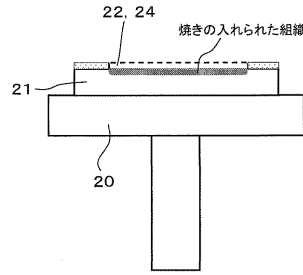
【0045】

- | | | |
|------|--------------------------------------|----|
| 1 | 光造形複合加工機 | |
| 2 | 粉末層形成手段 | |
| 3 | 光ビーム照射手段 | |
| 4 | 切削手段 | |
| 19 | 粉末/粉末層(例えば金属粉末/金属粉末層または樹脂粉末/樹脂粉末層) | |
| 20 | 造形テーブル | |
| 21 | 造形プレート | |
| 22 | 粉末層(例えば金属粉末層または樹脂粉末層) | |
| 23 | スキージング用ブレード | |
| 24 | 固化層(例えば焼結層または硬化層)またはそれから得られる三次元形状造形物 | 20 |
| 25 | 粉末テーブル | |
| 26 | 粉末材料タンクの壁部分 | |
| 27 | 造形タンクの壁部分 | |
| 28 | 粉末材料タンク | |
| 29 | 造形タンク | |
| 30 | 光ビーム発振器 | |
| 31 | ガルバノミラー | |
| 32 | 反射ミラー | |
| 33 | 集光レンズ | |
| 40 | ミーリングヘッド | 30 |
| 41 | X Y 駆動機構 | |
| 41 a | X 軸駆動部 | |
| 41 b | Y 軸駆動部 | |
| 42 | ツールマガジン | |
| 50 | チャンパー | |
| 52 | 光透過窓 | |
| L | 固化層の形成のための光ビーム | |
| L' | 焼き鈍し処理のための光ビーム | |

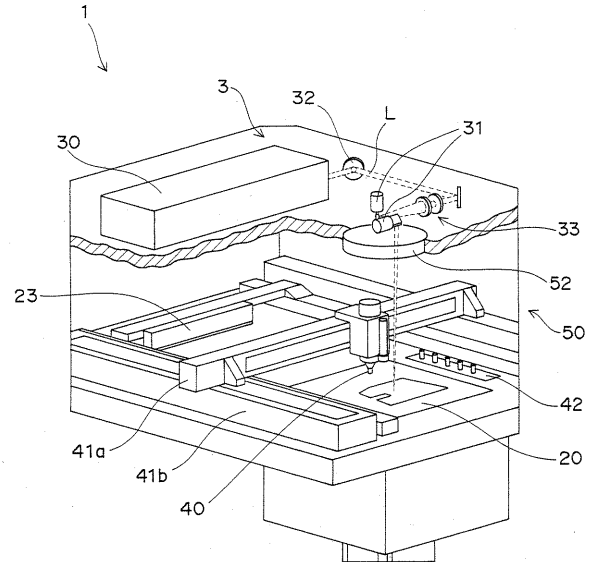
【図1】



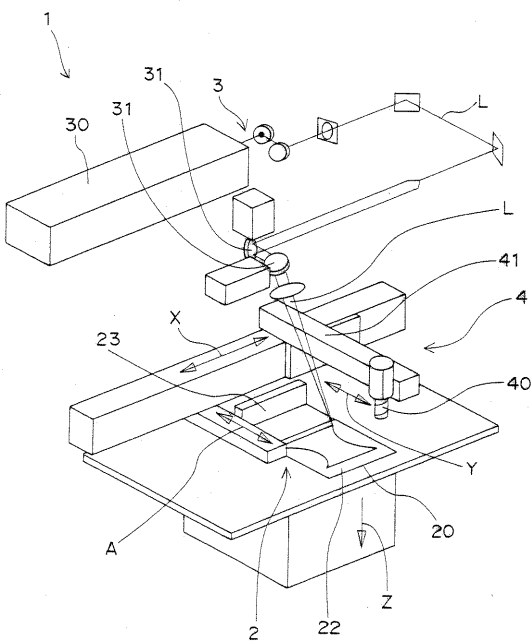
【図2】



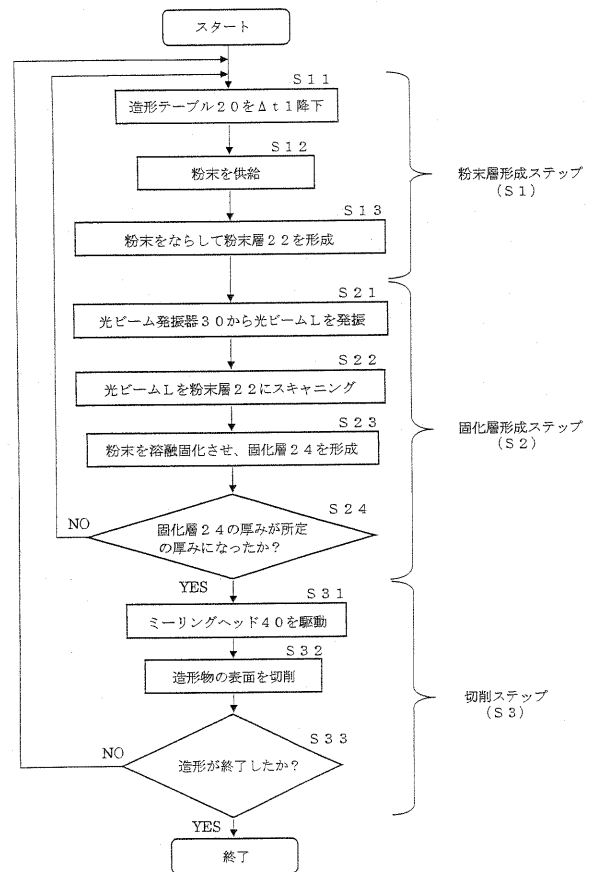
【図3】



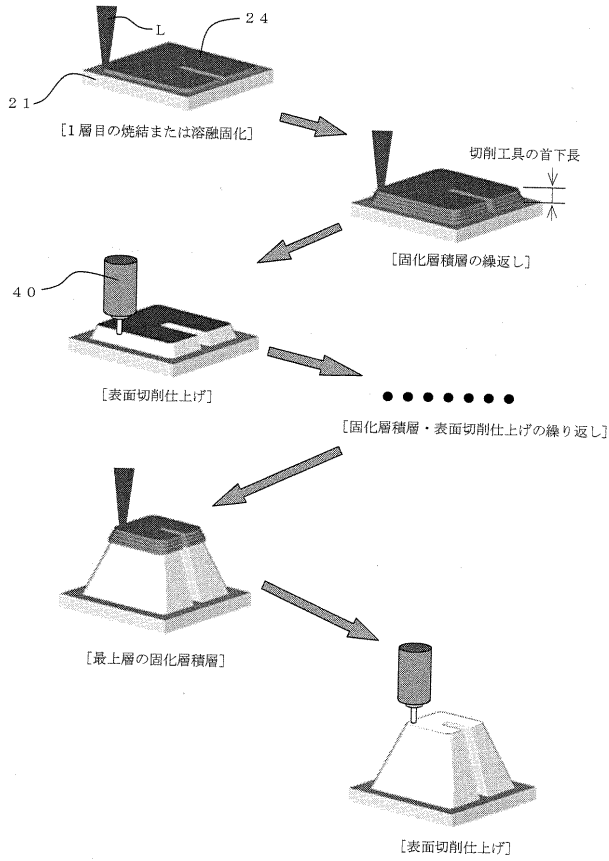
【図4】



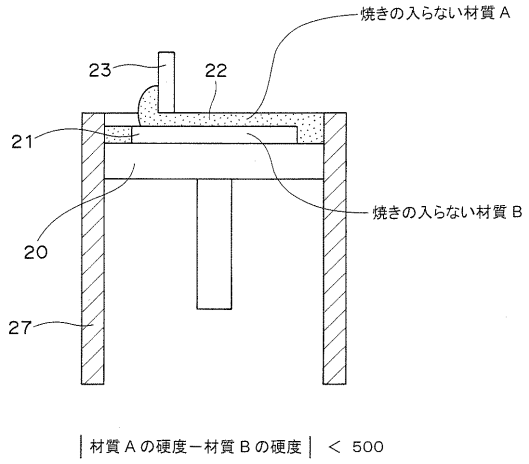
【図5】



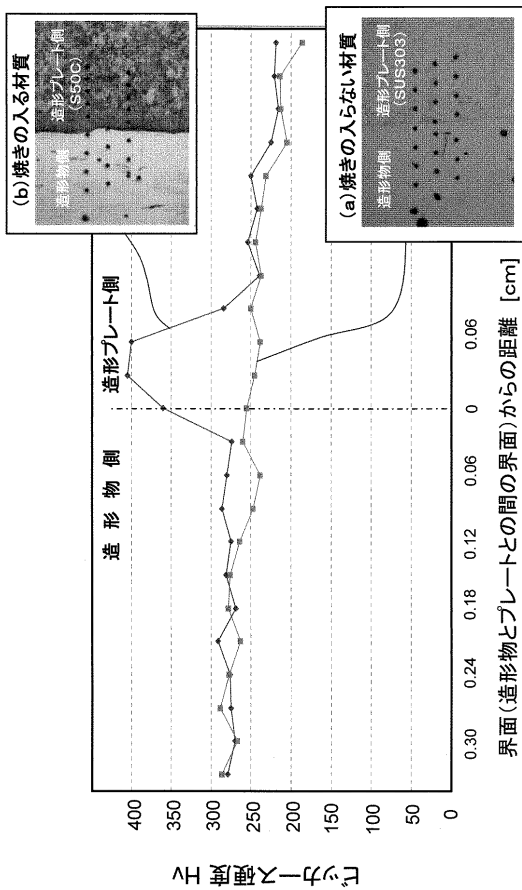
【図6】



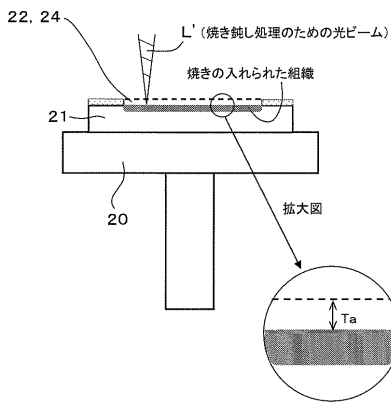
【図7】



【図8】

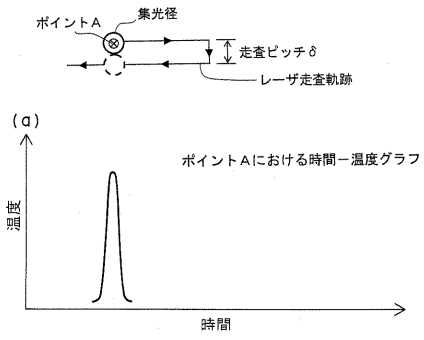


【図9】

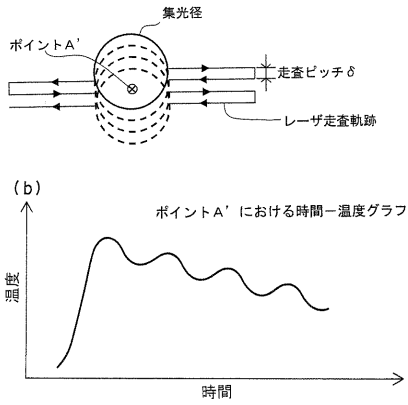


【図10】

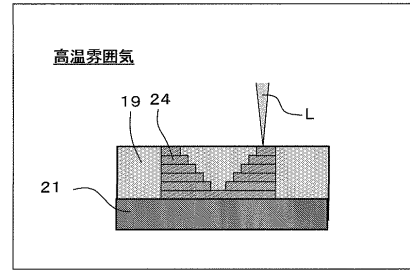
(a) 固化層形成時



(b) 焼き鈍し処理時



【図11】



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 3 K 26/00	(2006.01)	B 2 3 K	26/00	N
B 2 3 K 26/08	(2006.01)	B 2 3 K	26/08	B
B 2 3 K 26/34	(2006.01)	B 2 3 K	26/00	A
		B 2 3 K	26/34	

(72)発明者 不破 勲
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 吉田 徳雄
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 阿部 諭
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 武南 正孝
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

F ターム(参考) 4E068 AA00 BB00 CA02 CE03 DB01 DB02
4K018 AA03 AA06 AA14 AA30 BA02 BA03 BA04 BA08 BA14 BA15
BA20 CA44 DA23 DA35 EA51 EA60 FA06 FA09 FA10 JA22