

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(i) 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

(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、

前記工程 (i) および (i i) では前記造形物の内部領域の一部に相当する局所的領域を粉末状態部分として残しておき、該粉末状態部分の粉末を最終的に除去することによって、前記造形物の内部に流体経路を形成し、

前記造形物が得られた後、研磨剤を含んで成る流体を前記流体経路内に旋回流として流して該流体経路を研磨処理する、三次元形状造形物の製造方法。

10

【請求項 2】

前記工程 (i) および (i i) では前記流体経路の経路形成面に突起部を形成しておき、前記研磨処理では該突起部に起因して前記旋回流が発生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 3】

前記突起部をらせん状に形成することを特徴とする、請求項 2 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項 4】

前記研磨処理においては、前記流体を前記流体経路に導入するに先立って、前記旋回流を該流体に予め発生させておくことを特徴とする、請求項 1 に記載の三次元形状造形物の製造方法。

20

【請求項 5】

前記研磨処理では、前記流体の流れに伴って前記旋回流を発生させるインターナル部材を前記流体経路内に設けておくことを特徴とする、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】

前記研磨処理では、前記流体経路内にインターナル部材を回転自在に設け、該インターナル部材の回転によって前記旋回流を発生させ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。

30

【請求項 7】

前記研磨処理に用いる前記研磨剤として、粒径が $150\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$ の粒状物を用いることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項 8】

前記研磨処理に用いる前記流体の研磨剤濃度が $3\ \text{vol}\% \sim 20\ \text{vol}\%$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の三次元形状造形物の製造方法。

【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。

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熔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

50

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（10）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。このように固化層を繰り返し形成すると、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で形成され得るので、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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本願発明者らは、上記のような粉末焼結積層法（即ち、光ビームによる積層造形法）において特有な問題が生じ得ることを見出した。具体的には下記の問題が生じることが分かった。

【0006】

粉末焼結積層法の特徴の1つは、三次元形状造形物の内部に任意形状（任意の全体的形態および断面形状）の流体経路を配置できることである（造形物をプラスチック成形金型として用いる場合、流体経路は温度調整用の水管として用いることができる）。例えば造形物内部に断面形状が円形の水管を配置する場合を想定すると、その円形部分に相当する箇所には光ビームを照射しなければよい。光ビームが照射されない局所的部分では粉末が残ったままとなるので、造形後にその粉末を除去すると空洞ができ、流体経路として、即ち水管として利用できる。しかしながら、このような粉末焼結積層法では、熔融箇所の周囲に未熔融の粉末が付着するので、流体経路を作製しても、経路内径や経路断面積などが意図したものよりも小さくなってしまふ（図19および20参照）。その結果、造形物の流体経路に流せる水量は少なくなり、温度コントロール性が低下してしまう、という問題が生じることが分かった。また、温度調整用水管の壁面（流体経路の形成面）に付着粉末を有する金型造形物品は、使用後には水を水管から抜いて保管されることになるが、付着粉末箇所に残る水分は完全には取りきれず、この残存水分が原因で水管内部の腐食が進行してしまふ、といった問題点もあることが分かった。

【0007】

付着粉末を除去することが望ましいものの、造形物内部の流体経路に付着した粉末を除去するのは容易ではない。直線的な配管であれば機械加工や電気加工で実施可能であるものの、粉末焼結積層法の特徴である“任意に3次元配置された水管”に対しては実施が困難である。更に、断面形状が円形の水管であれば、造形の途中で、“オーバーハングしていない下側半面”に対して切削加工を施すことで付着粉末除去を行うことができるが、“オーバーハングしている上側半面”に対しては立体的障害により切削除去を施すのが困難である（図21参照）。

10

20

30

40

50

【0008】

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、粉末焼結積層法で得られた“任意に3次元配置された流体経路”から好適に付着粉末を除去する手法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明では、

(i) 粉末層の所定箇所に光ビームを照射して当該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、その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、

工程(i)および(ii)では三次元形状造形物の内部領域の一部に相当する局所的領域を粉末状態部分として残しておき、その粉末状態部分の粉末を最終的に除去することによって、三次元形状造形物の内部に流体経路を形成し、

三次元形状造形物が得られた後、“研磨剤を含んで成る流体”を流体経路内に旋回流として流すことによって流体経路を研磨処理する、三次元形状造形物の製造方法が提供される。

【0010】

ある好適な態様として、工程(i)および(ii)では流体経路の経路形成面において突起部を形成しておき、研磨処理ではその突起部に起因して流体経路内に旋回流が発生するようにしてよい。かかる場合、“突起部”はらせん状に形成することが好ましい。

【0011】

別のある好適な態様では、研磨剤を含んだ流体を流体経路に導入するに先立って、当該流体に旋回流を予め発生させておいてもよい。

【0012】

更に別のある好適な態様では、研磨処理にインターナル部材を用いてよい。例えば、研磨剤を含んだ流体の流れに伴って旋回流を発生させることができるインターナル部材を流体経路内に設けておいてよい。また、流体経路内にインターナル部材を回転自在に設け、そのインターナル部材の回転により旋回流を発生させてもよい。

【0013】

研磨処理に用いる研磨剤としては、例えば粒径が $150\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ の粒状物を用いることが好ましい。また、研磨処理に用いる流体の研磨剤濃度は $3\text{vol}\%$ ～ $20\text{vol}\%$ であることが好ましい。尚、研磨剤を含んだ媒体の流体自体は、例えば水であってよい。

【発明の効果】

【0014】

本発明では、流体経路が造形物内部に任意に3次元配置された形態であっても、その経路面(経路形成面)をきれいに磨くことができる。特に本発明においては、流体経路が3次元的に湾曲した形態であっても、その経路面を実質的に均一に研磨処理できる。ここで本願発明者らが鋭意検討した結果、普通に研磨剤流体を流しただけでは流体速度の違いに起因して、きれいに磨ける箇所と、そうでない箇所が出てくることを見出している(図2参照)。それゆえ、本発明では旋回流を好適に利用し、それによって、研磨ムラを減じて流体経路内面を実質的に均一に磨くことを行う。つまり、本発明に従えば、“大きく又は複雑に湾曲した流体経路”であっても、きれいに磨ける箇所と、そうでない箇所との差をなくすことができる。

【0015】

本発明は、流体経路の経路面を実質的に均一に研磨処理できるので、かかる流体経路が細い形態であっても(流路径が小さい水管径に相当するものであったとしても)、造形物を金型として使用する際、温調水量を多く確保することができる。また、均一に研磨処理できるということは、経路面に残留粉末が実質的に存在しないことを意味しており、それ

10

20

30

40

50

ゆえ、流体経路を水管（例えば、金型の冷却水管）として用いた後に残る残存水分は減じられることになる。つまり、本発明では“金型使用後に水が付着粉末部分に残留して腐食が進行する”といった不都合を好適に回避することができる。

【0016】

更にいえば、機械加工や電気加工によって研磨処理を行う場合には造形物を切断などで予め分割する必要があるものの、本発明では、研磨剤流体を旋回流で流すといった簡易な操作で研磨処理を実施できる。そして、旋回流の発生に寄与する“突起部（例えばらせん形状突起部）”などは、粉末焼結積層法に際して簡単かつ任意形状に形成できるので、製造時間や製造コストを大幅に上げることなく均一な研磨処理を効率良く実施することができるといえる。

10

【図面の簡単な説明】

【0017】

【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】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2（a）：切削機構を備えた複合装置、図2（b）：切削機構を備えていない装置）。

【図3】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4】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】本願発明における“旋回流を用いた研磨処理”の態様を表した模式図

20

【図8】流体経路の湾曲部分／コーナ部の下流部分にのみ旋回流を形成する態様を表した模式図

【図9】流体経路の経路形成面に突起部（例えばらせん状の突起部）を形成して旋回流を発生させる態様を表した模式図（図9（a）：断面図、図9（b）：斜視断面図）

【図10】らせん状の突起部を経路形成面の半分割面Aまたは半分割面Bのいずれかのみ設ける態様を表した模式図（図10（a）：半分割面Aにのみ設ける態様、図10（b）：半分割面Bにのみ設ける態様）

【図11】インターナル部材を設けて旋回流を発生させる態様を表した模式図（図11（a）：旋回流の発生に寄与するインターナル部材を固定状態で設けた態様、図11（b）：固定状態のインターナル部材の存在により、流体の流れに伴って旋回流が発生する態様）

30

【図12】インターナル部材を設けて旋回流を発生させる態様を表した模式図（図12（a）：流体の流れに伴ってインターナル部材が回転して旋回流が発生する場合、図12（b）：インターナル部材を強制的に回転させて旋回流を発生させる場合、図12（c）：インターナル部材の回転に起因して旋回流が発生する態様）

【図13】研磨剤流体を流体経路に導入するに先立って、その流体に旋回流を予め発生させておく態様（経路入り口部で旋回流を発生させる態様）を表した模式図

【図14】実施例で使用した試験装置の概観を示した模式図

【図15】実施例で使用した被加工管の半分割形態を示した模式図

【図16】実施例における試験結果を示すグラフ図（ストレート管及びらせん管につき研磨時間 t と表面粗さ R_a との関係を示すグラフ）。

40

【図17】実施例で撮取されたらせん管内部の写真図

【図18】実施例におけるらせん管内部の模式図

【図19】流体経路に付着粉末が存在して経路径や断面積が小さくなる態様を示した模式的断面図および写真図

【図20】流体経路の経路形成面に付着粉末が存在する態様を示した模式図

【図21】オーバーハング部分の切削除去が困難であることを示した模式図

【図22】研磨剤流体を流しただけでは流体速度の違いに起因して「きれいに磨ける箇所」と「そうでない箇所」とが生じる態様を表した模式図

【発明を実施するための形態】

50

【0018】

以下では、図面を参照して本発明をより詳細に説明する（図面における寸法関係は、あくまでも例示であって、実際の寸法関係を反映するものではない）。

【0019】

本明細書において「粉末層」とは、例えば「金属粉末から成る金属粉末層」または「樹脂粉末から成る樹脂粉末層」などを指している。また「粉末層の所定箇所」とは、製造される三次元形状造形物の領域を実質的に意味している。従って、かかる所定箇所に存在する粉末に光ビームを照射することによって、その粉末が焼結又は溶融固化して三次元形状造形物の形状を構成することになる。更に「固化層」とは、粉末層が金属粉末層である場合には「焼結層」を実質的に意味しており、粉末層が樹脂粉末層である場合には「硬化層」を実質的に意味している。そして、「（光ビームが照射されない）局所的領域」は、製造される三次元形状造形物の“流体経路に相当する部分の粉末層領域”を実質的に指している。

10

【0020】

あくまでも例示にすぎないが、本発明に用いることができる金属粉末は、鉄系粉末を主成分とした粉末であって、場合によってニッケル粉末、ニッケル系合金粉末、銅粉末、銅系合金粉末および黒鉛粉末などから成る群から選択される少なくとも1種類を更に含んで成る粉末であってよい。一例として、平均粒径20 μ m程度の鉄系粉末の配合量が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%となった金属粉末を挙げることができる。

20

【0021】

[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。説明の便宜上、材料粉末タンクから材料粉末を供給し、スキージング・ブレードを用いて材料粉末を均して粉末層を形成する態様を前提として粉末焼結積層法を説明する。また、粉末焼結積層法に際しては造形物の切削加工をも併せて行う複合加工の態様を例に挙げて説明する（つまり、図2(b)ではなく図2(a)に表す態様を前提とする）。図1, 3および4には、粉末焼結積層法と切削加工とを実施できる光造形複合加工機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上に配された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で囲まれた材料粉末タンク28内において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・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（41a, 41b）」とを主として有して成る（図3および図4参照）。

30

40

【0022】

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一般的な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模式的に簡易に示している。

50

【0023】

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・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 に均して粉末層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(500W程度)、Nd:YAGレーザ(500W程度)、ファイバレーザ(500W程度)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ングし(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

【0024】

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

【0025】

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。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(41a, 41b)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

【0026】

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。

【0027】

[本発明の製造方法]

本発明は、上述した粉末焼結積層法で得られる造形物の処理態様に特徴を有している。具体的には、図7に示すように、三次元形状造形物の内部に形成された流体経路に対して、“研磨剤を含んで成る流体”を旋回流として流すことによって流体経路の研磨処理を行う。

40

【0028】

流体経路(造形物を金型に用いる場合では“水管”に相当し得る)は、三次元形状造形物の積層造形の過程で形成される。具体的には、三次元形状造形物の内部領域の一部に相当する局所的領域を“光ビームを照射しない粉末状態部分”として残しておき、その粉末状態部分の粉末を造形後又は固化層形成後に除去することによって、流体経路を形成できる。かかる流体経路は、粉末焼結積層法により形成されるので、全体形状や断面形状などは任意に得ることができるものの、“流体経路形成面(流体経路を形作っている面)”に

50

は造形物形成に寄与しなかった粉末が付着している（つまり、流体経路面に対して“未焼結粉末”が付着している）。したがって、本発明では、このような付着粉末を除去すべく、研磨剤を含んで成る流体を流体経路内に旋回流として流して研磨処理を実施する（尚、以後では「研磨剤を含んで成る流体」を「研磨剤流体」または単に「流体」とも称する）。

【0029】

本明細書でいう「旋回流」とは、円を描くように回るような流体流れのことを実質的に意味している。より具体的には、例えば、流体経路内における流体の移動方向を軸中心として回転しながら流れる流れのことを指している（図7の下側詳細図を参照のこと）。つまり、本発明では、研磨剤流体を流体経路に単に流すのではなく、流体の流れが回転した流れとなるように流している。

10

【0030】

“旋回流”は、流体経路の全領域で生じている必要はない。少なくとも「研磨剤流体を流体経路に単に流すだけでは、きれいに磨ける箇所と、そうでない箇所とが出てくる領域」に対して旋回流が生じていればよい。例えば、流体経路が湾曲している場合は、図8に示すように、少なくとも湾曲領域および/またはその近傍領域、特に流路コーナー部の下流側領域などに旋回流が形成されていればよい。

【0031】

旋回流は種々の態様で研磨剤流体に発生させることができる。例えば、図9に示すように、流体経路80の経路形成面に突起部85を形成しておき、その突起部85によって研磨剤流体に旋回流を発生させてよい。つまり、研磨剤流体が流体経路80を流れる際、その流れと突起部85との相互作用によって、研磨剤流体に旋回流が発生するようにしてよい。換言すれば、研磨剤流体は、突起部85と干渉しながら流れ、その干渉に伴って研磨剤流体に旋回流が発生するようにしてよい。

20

【0032】

かかる突起部85は、粉末焼結積層法に際して形成することができる。つまり、粉末層の一部に光ビームが照射されて、その照射部分が焼結又は溶融固化することによって突起部85が形成される。これは、突起部85が造形物と同じ材質から一体的に得られることを意味している。突起部85の断面形状は、特に制限されず、例えば半円形状（図9参照）、矩形状、正形状または三角形状などであってよい。

30

【0033】

突起部85は必ずしも流路形成面の全領域に形成されている必要はなく、「研磨剤流体を流体経路に単に流すだけではきれいに磨ける箇所と、そうでない箇所とが出てくる領域」に形成しておくことが好ましい。例えば、流体経路が湾曲している場合、その湾曲領域および/またはその近傍部分（特に「流路コーナー部の下流側領域」など）にのみ突起部85を設けてもよい（図8参照）。

【0034】

突起部85は、図9に示されるように、らせん形態（らせん状）を有していることが好ましい。つまり、スパイラル形態、渦巻き形態またはヘリカル形態などを有するように突起部85が形成されていることが好ましい。

40

【0035】

らせん形態の突起部85について突出高さHは、経路径をDとすると、 $D/10 \sim 3D/10$ 程度であることが好ましい（図9（b）参照）。同様にらせん形態の突起部85につき、突起部ピッチPは、例えば $1D \sim 5D$ 程度であることが好ましい（図9（a）参照）。尚、らせん形態の突起部85は、図9に示すように半円形状の断面を有するものであってよい。

【0036】

らせん形態の突起部85は、上述したように、必ずしも流路形成面の全体に設ける必要はなく、流体経路が湾曲している場合、湾曲部分および/またはその近傍部分の流路形成面（例えば「流路コーナー部の下流側領域」）にのみ設けてよい（図9（a）参照）。ま

50

た、らせん形態の突起部 85 は、流体経路の断面周方向に全て形成されている必要はなく、その一部にのみ形成されていてよい。例えば、流路形成面を流路の長手方向軸に沿って半分割した半分割面 A と半分割面 B とを想定した場合、らせん状の突起部 85 は半分割面 A または半分割面 B のいずれかにのみ設けてよい（図 10 参照）。かかる場合であっても、研磨剤流体は、半分割面に設けられた突起部 85 と干渉しながら流れることによって、研磨剤流体に旋回流が発生することになる。

【0037】

旋回流は、インターナル部材 86 を用いることによって発生させてもよい。つまり、研磨剤流体を流したときに、その流体に旋回流が発生するような部材を流体経路内部に挿入しておいてよい。図 11 に示すように、研磨剤流体がインターナル部材 86 を通過する際、インターナル部材 86 の立体的形態に起因して、研磨剤流体の流れが影響を受けることになり、その結果、研磨剤流体に旋回流が発生することになる。つまり、研磨剤流体は、流体経路内部に設置されたインターナル部材 86 と干渉しながら流れることによって、研磨剤流体に旋回流が発生する。

10

【0038】

インターナル部材 86 の形態は、図 11 に示されるように、例えばらせん形態（らせん状）を有していることが好ましい。別の表現でいえば、インターナル部材は、バネのようならせん形状部材となっていることが好ましい。つまり、インターナル部材 86 の好ましい形態は、スパイラル形態、渦巻き形態またはヘリカル形態などとなっている。但し、インターナル部材の形態は、旋回流が発生する限り特に制限されず、種々の形態を採用してよい。

20

【0039】

インターナル部材は固定状態で設ける態様のみならず、それを回転自在に設けてもよい。かかる場合、旋回流はインターナル部材の回転に伴って発生する。つまり、研磨剤を含んだ流体を流した際、旋回流が発生するように挿入部材の回転が行われるような態様であってよい。例えば、図 12 (a) に示すように、研磨剤流体の流れを受けてインターナル部材 87 が回転し、それによって、旋回流が発生するような態様であってよい（図 12 (c) 参照）。あるいは、図 12 (b) に示すように、インターナル部材 87 に外部から力を及ぼしてそれを強制的に回転させてよく、そのような強制的なインターナル部材 87 の回転によって旋回流が発生するようにしてもよい（図 12 (c) 参照）。

30

【0040】

上述の態様と同様、インターナル部材 87 は必ずしも流体経路内の全領域に設けられている必要はなく、少なくとも、「研磨剤流体を流体経路に単に流すだけではきれいに磨ける箇所と、そうでない箇所とが出てくる領域」に設けられていればよい。例えば、流体経路が湾曲している場合、その湾曲領域および/またはその近傍領域、例えば「流路コーナー部の下流側領域」などにのみインターナル部材 87 が設けられていてよい（図 8 参照）。尚、インターナル部材 87 は、固化層の積層過程で「光ビームを照射しない局所的な粉末状態部分」を適宜除去しつつ、その除去部分にインターナル部材を配置することによって設けることができる。

【0041】

本発明においては流体経路の少なくとも一部に旋回流を発生させるが、発生箇所は流体経路の内部に限らず、その外部であってもよい。つまり、例えば図 13 に示すように、研磨剤流体を流体経路に導入するに先立って、旋回流を流体に予め発生させておいてもよい。予め旋回流を発生させる手段は、特に制限されず、上述の「らせん形態の突起部 85」および「インターナル部材 86, 87」などを用いてよい。かかる態様では、造形物の製造後に付属手段を設けるだけで旋回流を発生させることができるので、造形物の製造自体に影響を及ぼすことなく研磨処理を実施できる。

40

【0042】

ここで、研磨剤流体についていうと、研磨剤として機能する砥粒が液体中に含まれたものであれば特に制限はない。このような研磨剤流体においては砥粒が液体中に分散・遊離

50

した状態で存在している。かかる点に鑑みると、本発明は、遊離砥粒を流体経路内に旋回流として供給することによって流体経路の研磨処理を実施するともいえる。

【0043】

研磨剤自体は、例えばその粒径（特に平均粒径）が好ましくは $150\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 、より好ましくは $200\mu\text{m} \sim 250\mu\text{m}$ の粒状物となっている。このような粒径の研磨剤を用いると、付着粉末の除去（即ち、研磨剤流体の研磨作用による除去）にとって特に望ましいものとなる。尚、本明細書にいう「平均粒径」とは、粒状物（即ち粒子）の電子顕微鏡写真または光学顕微鏡写真に基づいて例えば300個の粒子の粒径を測定し、その数平均として算出したものを実質的に意味している（尚、“粒径”は、粒子のあらゆる方向における長さのうち最大となる長さのことを実質的に指している）。

10

【0044】

研磨剤の材質は、セラミックまたは金属などであることが好ましい。例えば、研磨剤は、アルミナ、ダイヤモンド、窒化ホウ素、ジルコニアおよび炭化ケイ素から成る群から選択される少なくとも1種以上の材質から成るものであってよい。

【0045】

研磨剤が分散・遊離するための媒体液体は、例えば水であってよい。水を用いるとコスト的に有利であるだけでなく、常温下にて適度な流動性を有するので、研磨剤を好適に分散・遊離させることができる。

【0046】

研磨処理に用いる流体の研磨剤濃度は、好ましくは3 vol% ~ 20 vol%程度であり、より好ましくは4 vol% ~ 15 vol%程度、更に好ましくは5 vol% ~ 10 vol%程度であることが好ましい（研磨剤流体の全体積基準）。

20

【0047】

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。

【0048】

例えば、「らせん形態の突起部85」、「インターナル部材86, 87」および「予め旋回流を発生させる手段」などはそれぞれ単独で用いる態様に限らず、それらを適宜組み合わせ用いる態様であっても構わない。

30

【実施例】

【0049】

本発明の研磨処理効果を確認すべく、以下の試験を実施した。

【0050】

試験方法

（試験装置）

試験装置の概観を図14に示す。試験装置は、油圧ポンプ、ピストン、シリンダおよびカートリッジなどから構成されている。カートリッジII、IIIには水と砥粒が充填されており、その間に被加工管（冷却管）が設置されている。カートリッジI、IVには水のみが充填されており、充填した砥粒がシリンダ内まで流入しないための緩衝部の役割を果たす。シリンダ内に充填された水を押し出すことで、充填された砥粒が懸濁液として被加工管内を通り、反対側のカートリッジに沈殿する。このとき懸濁液中の砥粒によって被加工管内面が研磨されることになる。電磁弁を用いてピストンの運動方向を切り替えると、連続的に被加工管に懸濁液を注送することができる。

40

【0051】

（被加工管）

三次元形状造形物の製造に用いた粉末は、鉄系粉末、銅系粉末およびニッケル系粉末などを含んで成る混合粉末を使用した。それによって得られた造形物の表面硬さはピッカーズ硬さで $Hv = 330$ であった。

【0052】

50

被加工管の内面を評価するため、造形後に放電加工によってベースプレートと平行に被加工管を分割した。分割後の被加工管のモデル図を図15に示す。下半面に突起のないものを“ストレート管”、らせん形態の突起があるものを“らせん管”とした。図15(a)にそれらの上半面、図15(b)にストレート管の下半面、図15(c)にらせん管の下半面を示す。上半面の形態はストレート管とらせん管とで共通しており、それゆえ、ストレート管としては図15(a)と図15(b)とを組合わせたものを使用し、らせん管としては図15(a)と図15(c)を組合わせたものを使用して研磨処理を行った。

【0053】

実験条件および被加工管の寸法につき以下の表1に示す。砥粒には粒度60のホワイトアルミナ砥粒を使用し、懸濁液実濃度が7.2vol%になるようにカートリッジII, IIIに砥粒を充填した。また、被加工管の直径は5mm、長さを80mmとした。らせん管には直径2mmの半円状の突起を、ピッチ10mmとして下半面にのみ形成した。これらの被加工管につき、3次元粗さ計で表面粗さを測定した。

10

【0054】

【表1】

試験条件

スラリー

材質	Al ₂ O ₃
粒径	#60
濃度	7.2vol%
液体	水

20

圧力 1.4MPa

冷却管

直径	5mm
長さ	80mm

突起

断面形状	φ2 半円形
ピッチ	10mm
設置場所	管下半面

30

【0055】

(試験結果)

“ストレート管”および“らせん管”につき研磨時間tと表面粗さRaとの関係を図16に示す。両被加工管とも研磨時間の経過に伴い表面粗さが減少し、特に200秒までに表面粗さが急激に減少した。200秒を経過後では減少変化は緩やかになっている。そして、試験終了時の2000秒の表面粗さに着目すると、“らせん管”の表面粗さの方が“ストレート管”よりも小さくなっている。

40

【0056】

このような試験結果から、らせん管を用いて旋回流を発生させると、研磨性を向上できることが分かった。

【0057】

図17および18には、同様の試験より得られたらせん管内部の写真図および模式図を示す。かかる写真図などから見られるように、“旋回流の研磨処理”では、研磨ムラを減じて実質的に均一に磨くことができることも分かった。

【符号の説明】

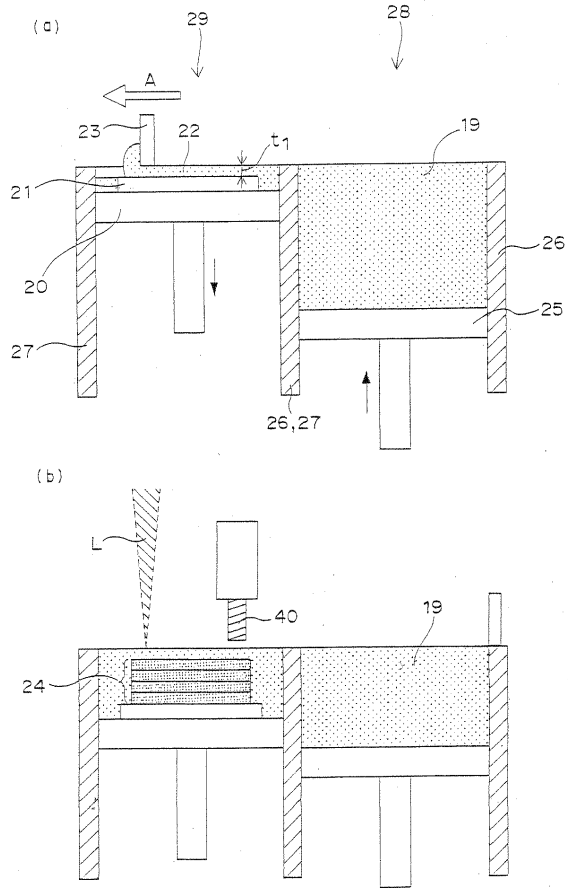
【0058】

- 1 光造形複合加工機
- 2 粉末層形成手段

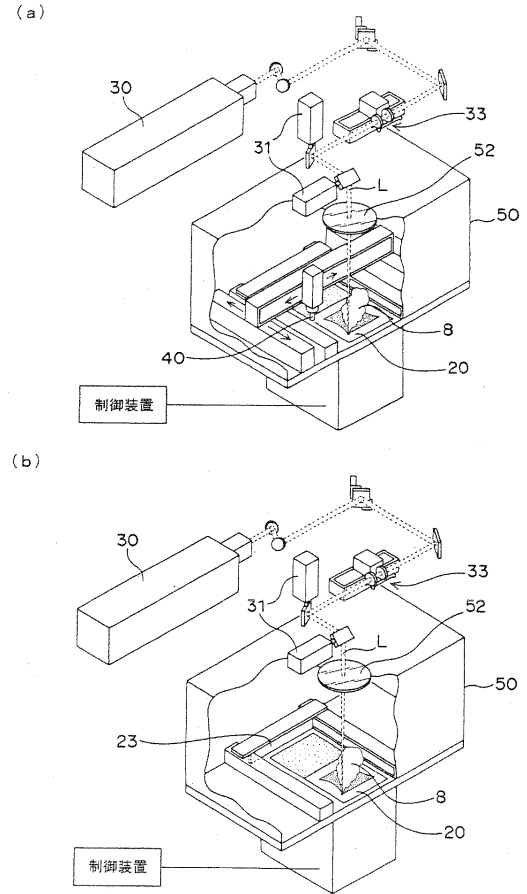
50

3	光ビーム照射手段	
4	切削手段	
1 9	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)	
2 0	造形テーブル	
2 1	造形プレート	
2 2	粉末層 (例えば金属粉末層または樹脂粉末層)	
2 3	スキージング・ブレード (均し板 / 均しブレード)	
2 4	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	
2 5	粉末テーブル	
2 6	粉末材料タンクの壁部分	10
2 7	造形タンクの壁部分	
2 8	粉末材料タンク	
2 9	造形タンク	
3 0	光ビーム発振器	
3 1	ガルバノミラー	
3 2	反射ミラー	
3 3	集光レンズ	
4 0	ミーリングヘッド	
4 1	X Y 駆動機構	
4 1 a	X 軸駆動部	20
4 1 b	Y 軸駆動部	
4 2	ツールマガジン	
5 0	チャンバー	
5 2	光透過窓	
8 0	流体経路 (流路)	
8 5	突起部	
8 6	インターナル部材 (経路内部挿入物)	
8 7	回転可能に設けられたインターナル部材 (経路内部挿入物)	
1 0 0	三次元形状造形物 (特に流体経路を備えた三次元形状造形物)	
L	光ビーム	30

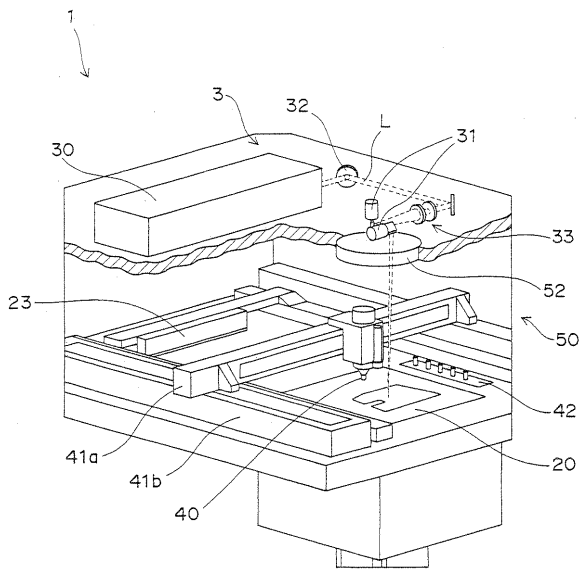
【図1】



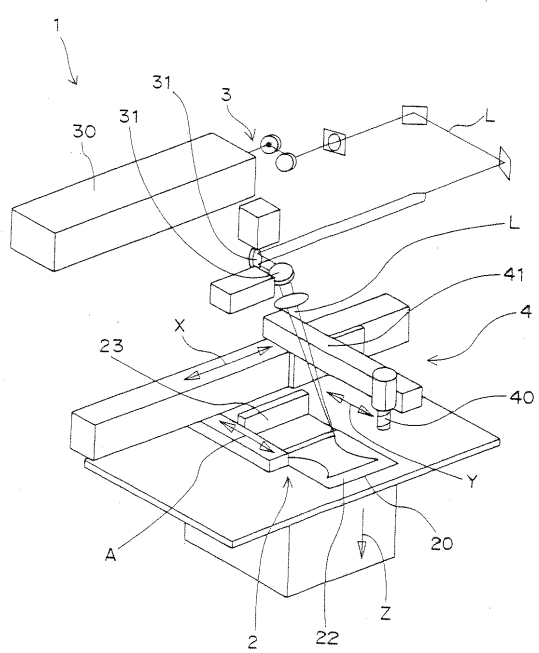
【図2】



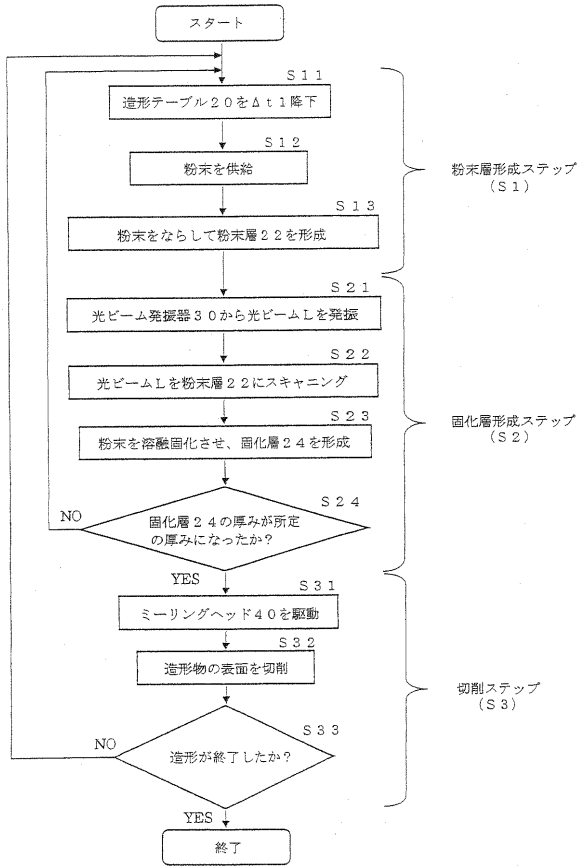
【図3】



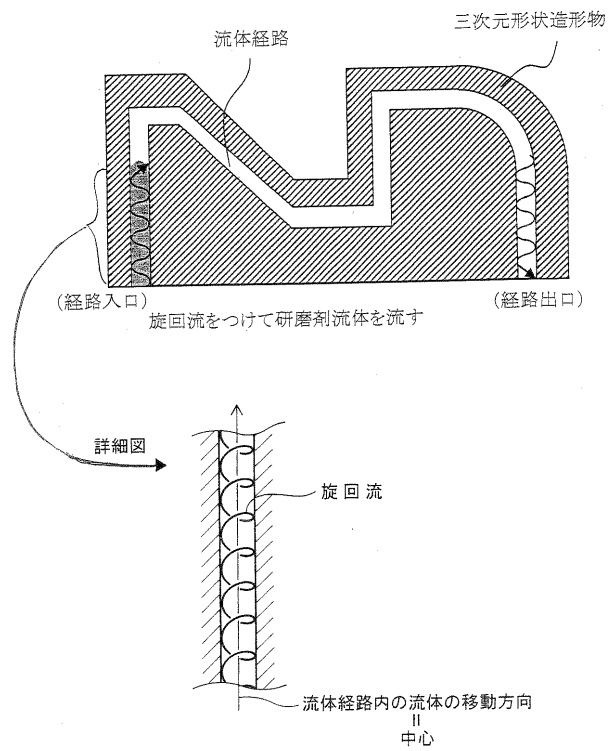
【図4】



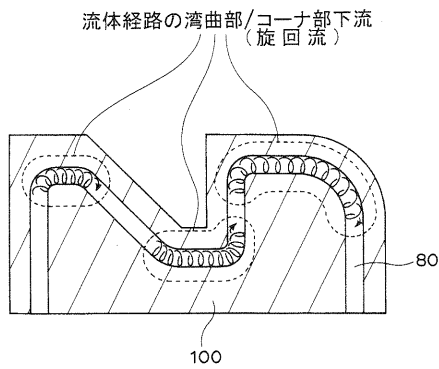
【図5】



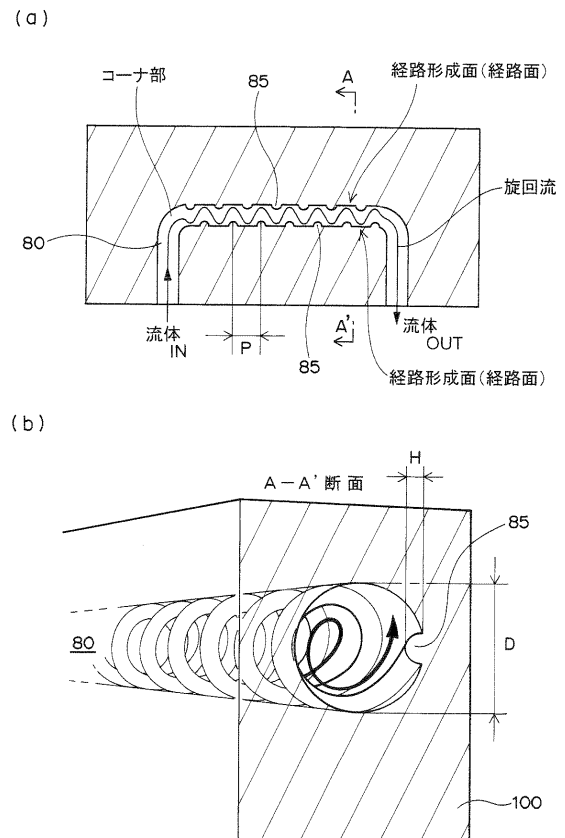
【図7】



【図8】

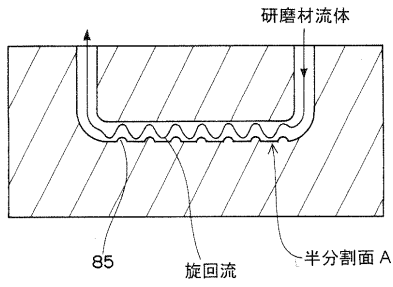


【図9】

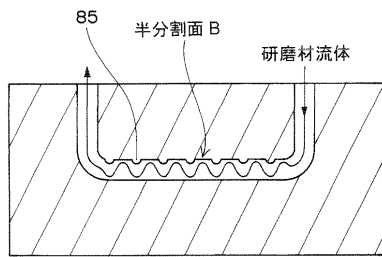


【 図 1 0 】

(a) 半分割面 A に突起部(らせん形態突起)

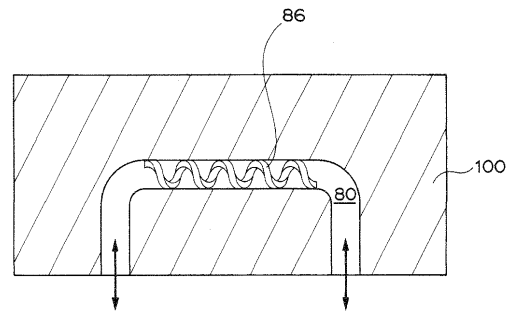


(b) 半分割面 B に突起部(らせん形態突起)

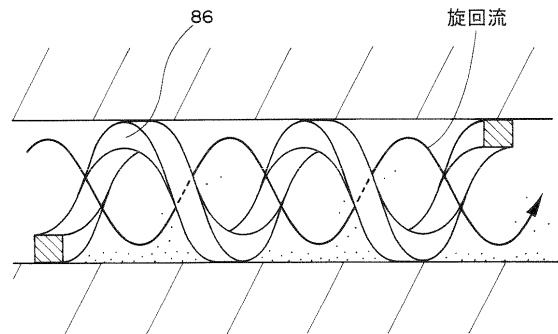


【 図 1 1 】

(a)

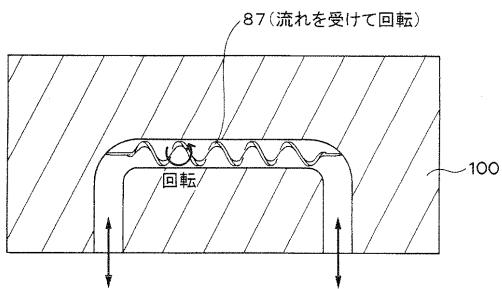


(b)

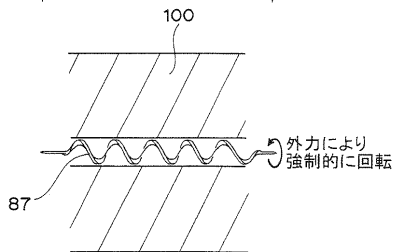


【 図 1 2 】

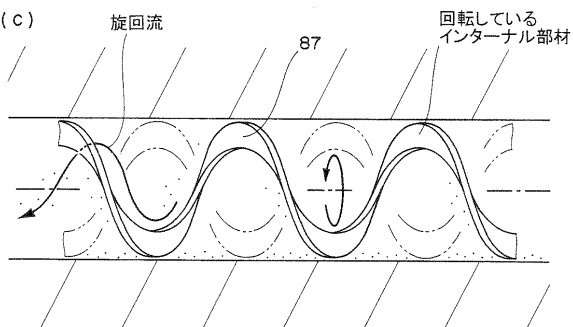
(a)



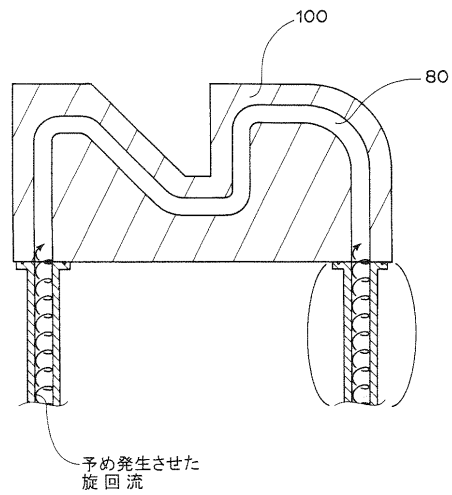
(b)



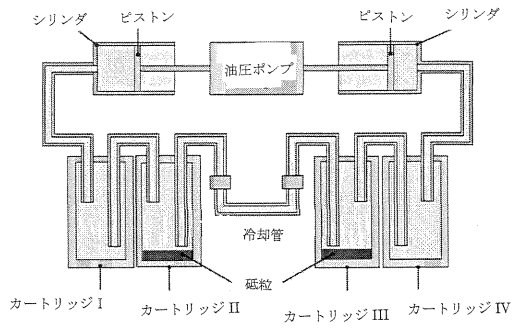
(c)



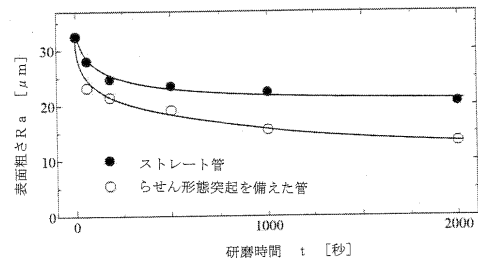
【 図 1 3 】



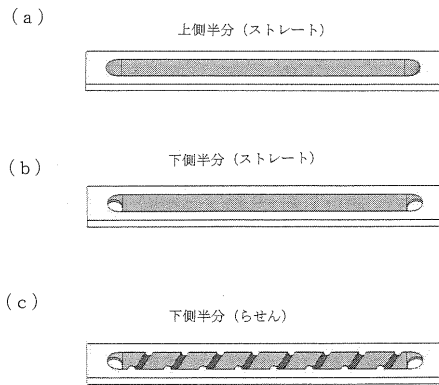
【図14】



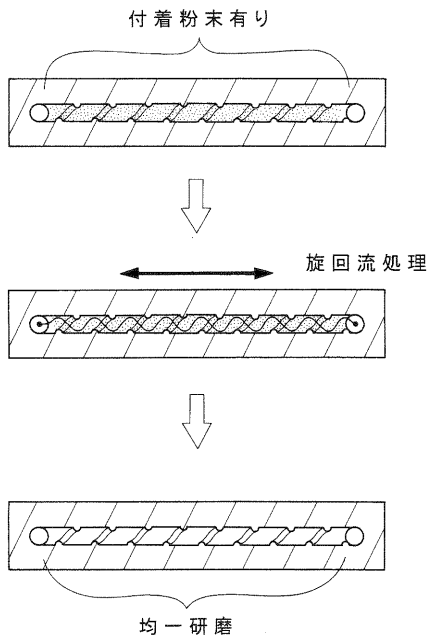
【図16】



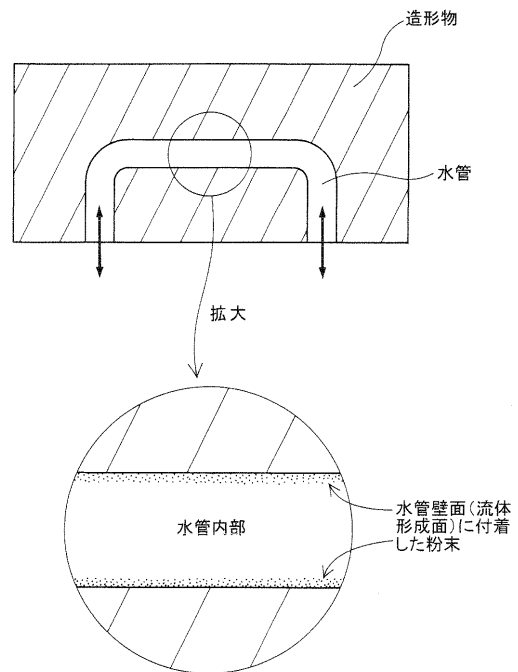
【図15】



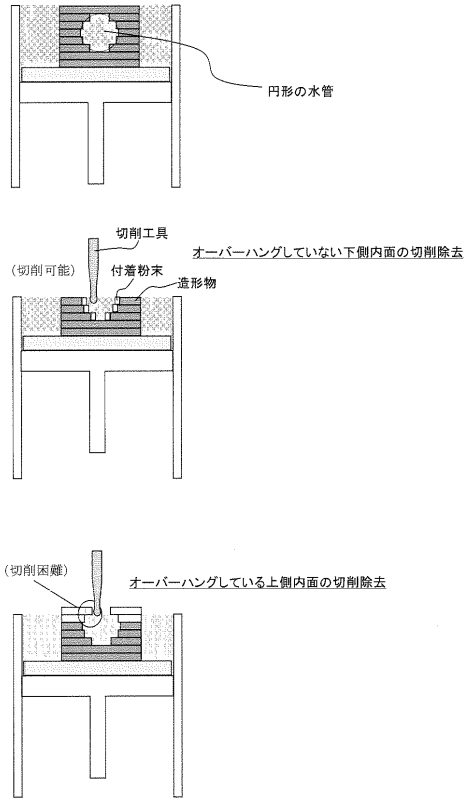
【図18】



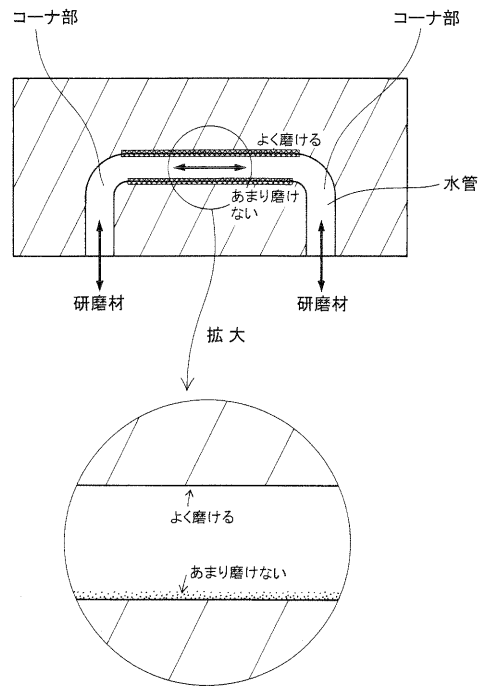
【図20】



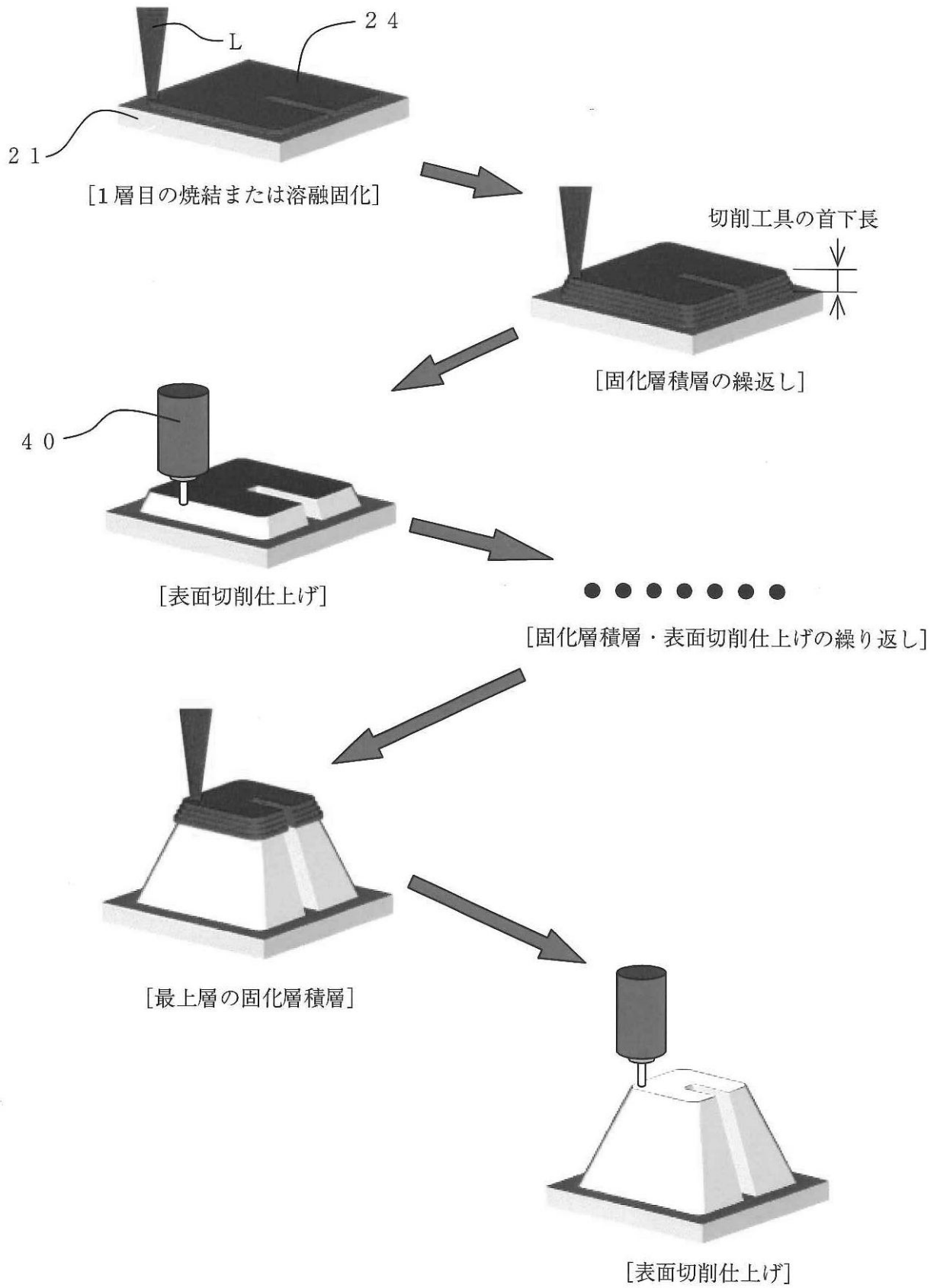
【図 2 1】



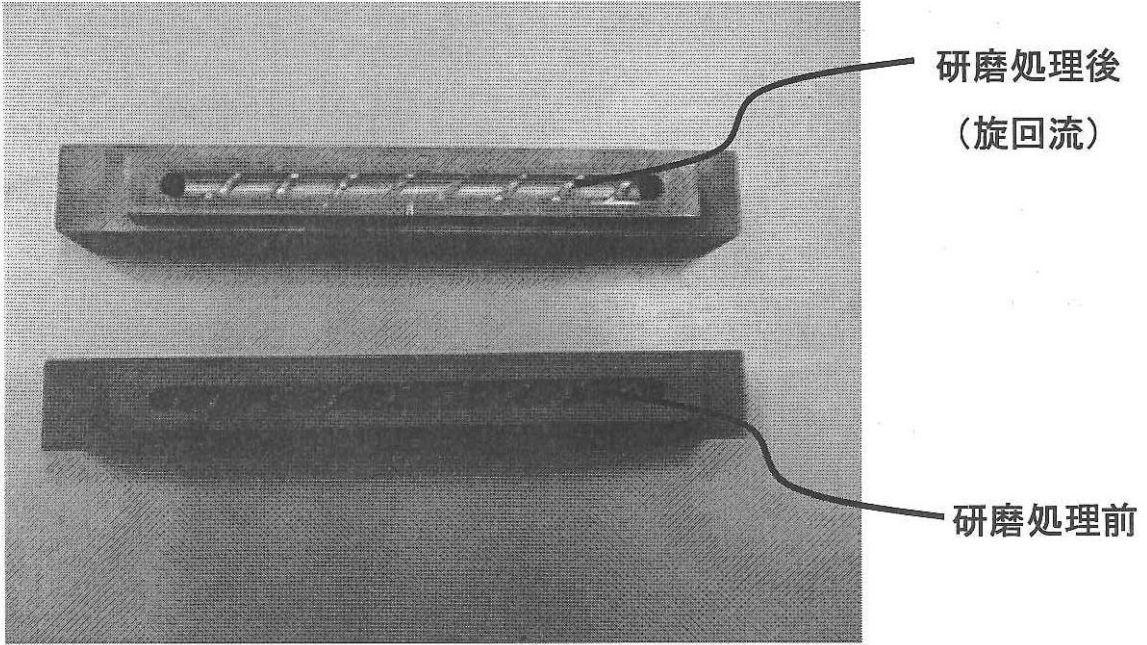
【図 2 2】



【図6】

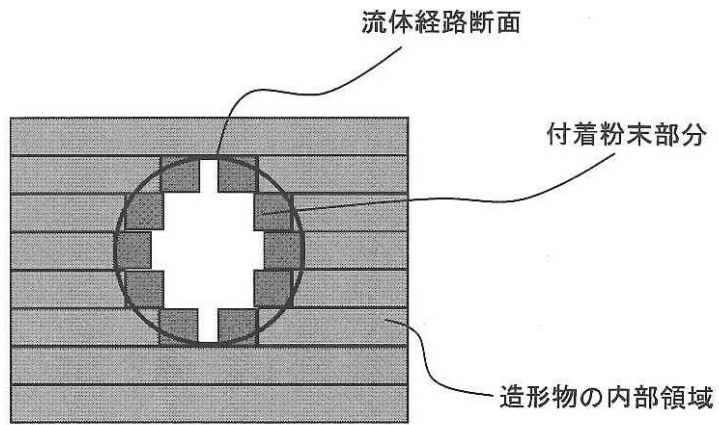


【圖 17】



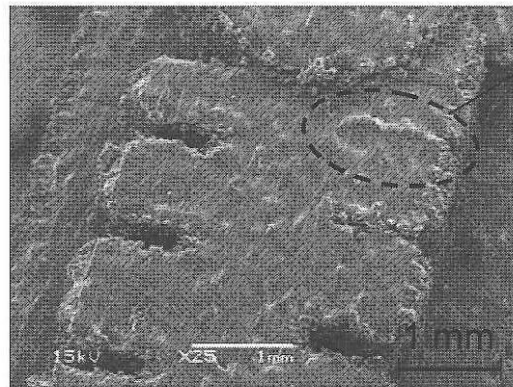
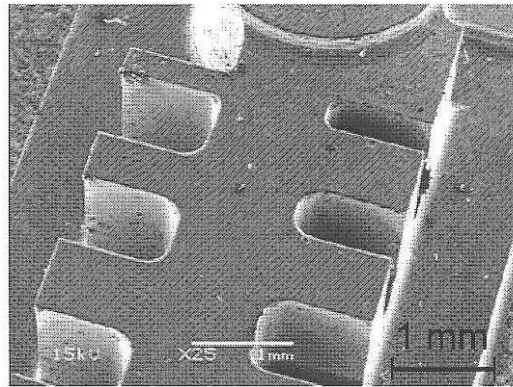
【図 19】

(a)



積層造形で流体経路を作製しても、付着粉末があって内径や断面積が小さくなる。

(b)



造形物表面に付着した粉末で形状が埋没している。

フロントページの続き

- (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 東 喜万
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 内野々 良幸
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
- (72)発明者 松本 武
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 上田 隆司
石川県金沢市角間町 国立大学法人金沢大学内
- (72)発明者 古本 達明
石川県金沢市角間町 国立大学法人金沢大学内
- Fターム(参考) 4F213 AC04 WA22 WA25 WA54 WA67 WA74 WB01 WL26 WL55 WL67
WL87
4K018 AB07 BA02 BA04 BA14 CA44 EA51 EA60 FA06 KA18