

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3599059号  
(P3599059)

(45) 発行日 平成16年12月8日(2004.12.8)

(24) 登録日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>B29C 67/00  
B22F 3/105

F I

B29C 67/00  
B22F 3/105

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-48623 (P2004-48623)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成16年2月24日(2004.2.24)		松下電工株式会社
(65) 公開番号	特開2004-277881 (P2004-277881A)		大阪府門真市大字門真1048番地
(43) 公開日	平成16年10月7日(2004.10.7)	(74) 代理人	100087767
審査請求日	平成16年3月1日(2004.3.1)		弁理士 西川 恵清
(31) 優先権主張番号	特願2003-48307 (P2003-48307)	(74) 代理人	100085604
(32) 優先日	平成15年2月25日(2003.2.25)		弁理士 森 厚夫
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	阿部 諭
早期審査対象出願			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		(72) 発明者	不破 勲
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

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及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

粉末層の所定箇所に光ビームを照射して焼結することで形成した焼結層の表面に新たな粉末層を積層し、この新たな粉末層の所定箇所に光ビームを照射して焼結することで下層の焼結層と一体となった新たな焼結層を形成することを繰り返して三次元形状造形物を製造するにあたり、各焼結層の形成毎に焼結層表面に生じた突起状の異常焼結部の有無を検出し、異常焼結部の検出時に該異常焼結部の除去を行うことを特徴とする三次元形状造形物の製造方法。

【請求項2】

粉末層の表面を均すブレードにかかる駆動負荷で異常焼結部の有無の検出を行うことを特徴とする請求項1記載の三次元形状造形物の製造方法。

10

【請求項3】

光学的に異常焼結部の有無の検出を行うことを特徴とする請求項1記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項4】

異常焼結部の除去のための加工を検出された異常焼結部近傍位置に対してのみ行うことを特徴とする請求項2または3項に記載の三次元形状造形物の製造方法。

【請求項5】

除去加工を焼結層の表面全面もしくは粉末層を含む全面に対して行うことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の三次元形状造形物の製造方法。

20

## 【請求項 6】

除去加工を、粉末層の表面を均すブレードの通過領域に位置する部分に対してのみ行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の三次元形状造形物の製造方法。

## 【請求項 7】

ステージ上に形成された粉末層の所定箇所に光ビームを照射して照射位置の粉末を焼結する光ビーム照射手段と、ステージ上及び既に焼結された焼結層上に粉末層を供給する粉末層形成手段と、焼結層の形成の繰り返しの間に焼結層の積層物としての造形物の表面の仕上げ加工を行う加工手段と、形成された焼結層の表面に異常焼結部が存在するかどうかを検出する検出手段と、検出手段による異常焼結部の検出で異常焼結部の除去を行う除去手段とからなることを特徴とする三次元形状造形物の製造装置。

10

## 【請求項 8】

除去手段は検出手段で検出された異常焼結部の位置に応じて演算される除去経路に沿って駆動される上記加工手段であることを特徴とする請求項 7 記載の三次元形状造形物の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は粉末層に光ビームを照射して焼結層を形成するとともにこの焼結層を積層することで所望の三次元形状造形物を製造する三次元形状造形物の製造方法及びその装置に関するものである。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

ステージ上に形成した粉末層に光ビーム（指向性エネルギービーム、例えばレーザー）を照射して焼結層を形成し、この焼結層の上に新たな粉末層を形成して光ビームを照射することで焼結層を形成するということを繰り返して焼結層を積層することで三次元形状造形物を製造することは、特表平 1 - 502890 号公報（特許文献 1）などにおいて知られている。

## 【0003】

また、焼結層の積層で三次元形状造形物を製造する途中で、焼結層の積層物としての造形物の表面の仕上げ加工を漸次行うことが特開 2002 - 115004 号公報（特許文献 2）に示されている。

30

## 【0004】

ところで粉末層 10 の所要箇所に光ビームを照射して選択的に焼結する際、図 18 に示すように火花が飛び散って、この火花に含まれる粉末溶融残滓が焼結層 11 の表面に付着し、突起状の異常焼結部 19 となってしまうことがある。

## 【0005】

また、焼結層 11 を積層している過程の中で仕上げ加工を漸次行う場合、加工屑（切削屑）が飛び散るとともに、この加工屑が原因で次の粉末層 10 の表面に凸部が生じると、次の焼結時に突起状の異常焼結部 19 が生じることがある。

## 【0006】

40

密度が高く且つ形状精度の高い三次元形状造形物を得るために、各粉末層 10 の厚みを 50  $\mu\text{m}$  といった厚みとする場合、粉末粒子の粒子径が 10 ~ 50  $\mu\text{m}$  程度であるために、上記のような異常焼結部 19 が生じると、次の粉末層 10 よりも異常焼結部 19 が上に飛び出してしまうことが多々生じるものであり、この場合、粉末層 10 の表面を均すためのブレードが異常焼結部 19 に引っ掛かって造形工程が停止してしまうことになる。

【特許文献 1】特表平 1 - 502890 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 115004 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

50

本発明は上記の従来の問題点に鑑みて発明したものであって、異常焼結部の発生による造形の停止が生じることがない三次元形状造形物の製造方法及びその装置を提供することを課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

しかして本発明に係る三次元形状造形物の製造方法は、粉末層の所定箇所に光ビームを照射して焼結することで形成した焼結層の表面に新たな粉末層を積層し、この新たな粉末層の所定箇所に光ビームを照射して焼結することで下層の焼結層と一体となった新たな焼結層を形成することを繰り返して三次元形状造形物を製造するにあたり、各焼結層の形成毎に焼結層表面に生じた突起状の異常焼結部の有無を検出し、異常焼結部の検出時に該異常焼結部の除去を行うことに特徴を有している。異常焼結部は除去されてしまうものであり、このために異常焼結部の発生に起因して造形停止という状態に陥ってしまうことがないものである。

10

【0009】

しかも、各焼結層の形成毎に焼結層表面の異常焼結部の有無を検出し、異常焼結部の検出時に該異常焼結部の除去を行うことから、異常焼結部の除去工程を最小限で済ませることができる。

【0010】

また、粉末層の表面を均すブレードにかかる駆動負荷で異常焼結部の有無の検出を行うと、異常焼結部の検出のための別途機器を用意する必要がなく、異常焼結部の検出を低コストで行うことができるとともに確実に異常検出部を検出することができる。

20

【0011】

光学的に異常焼結部の有無の検出を行うようにしてもよい。この場合、異常焼結部の発生位置を2次元で捉えて異常焼結部の除去加工範囲を小さくすることが容易にできる。

【0012】

また、異常焼結部の除去のための加工を、検出された異常焼結部近傍位置に対してのみ行えば除去加工に要する時間を短縮することができる。

【0014】

また、除去加工を焼結層の表面全面もしくは粉末層を含む全面に対して行う場合、検出時に見逃した異常焼結部があっても間違いなく除去することができる。

30

【0015】

また、除去加工を、粉末層の表面を均すブレードの通過領域に位置する部分に対してのみ行くと、除去加工に要する時間を短縮することができる。

【0016】

また本発明に係る三次元形状造形物の製造装置は、ステージ上に形成された粉末層の所定箇所に光ビームを照射して照射位置の粉末を焼結する光ビーム照射手段と、ステージ上及び既に焼結された焼結層上に粉末層を供給する粉末層形成手段と、焼結層の形成の繰り返しの間に焼結層の積層物としての造形物の表面の仕上げ加工を行う加工手段と、形成された焼結層の表面に異常焼結部が存在するかどうかを検出する検出手段と、検出手段による異常焼結部の検出で異常焼結部の除去を行う除去手段とからなることに特徴を有している。

40

【0017】

除去手段として検出手段で検出された異常焼結部の位置に応じて演算される除去経路に沿って駆動される上記加工手段を用いると、異常焼結部による造形停止の防止を低コストで達成することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る三次元形状造形物の製造方法においては、異常焼結部が除去されてしまうものであり、このために異常焼結部の発生に起因して造形停止という状態に陥ってしまうことがないものであり、また異常焼結部の検出時に該異常焼結部の除去を行うことから、

50

異常焼結部の除去工程を最小限で済ませることができる。

【0019】

また本発明に係る三次元形状造形物の製造装置は、異常焼結部が生じても、この焼結部を検出して除去することができるものであり、このために異常焼結部の発生に起因して造形停止という状態に陥ってしまうことを防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下本発明を実施の形態の一例に基づいて詳述すると、図2及び図3に示す三次元形状造形物の製造装置は、粉末層形成手段2と光ビーム照射手段3と加工手段4、形成された焼結層の表面に異常焼結部19が存在するかどうかを検出する検出手段、検出手段による異常焼結部19の検出で異常焼結部19の除去を行う除去手段、そして粉末層形成手段2や加工手段4等を内部に納めているチャンバー5で構成されているもので、上記粉末層形成手段2は、外周が囲まれた空間内をシリンダー駆動で上下に昇降するステージ20上に粉末タンク23内の金属粉末をスキージング用ブレード21で供給するとともに均すことで所定厚み  $t_1$  の粉末層10をステージ20上に形成するものとして構成されている。

10

【0021】

光ビーム照射手段3は、レーザー発振器30から出力されたレーザーをビーム形状補正手段35及びガルバノミラー31等のスキャン光学系を介して上記粉末層10に照射するものであり、チャンバー5外に配設されていて、該光ビーム照射手段3から出射された光ビームはチャンバー5に設けられた光透過性の窓50を通じて粉末層10に照射される。なお、窓50はレーザー光を通過させる材質のものを用いている。レーザー発振器30が炭酸ガスレーザーである場合、ZnSe製の平板等を用いることができる。

20

【0022】

加工手段4は上記粉末層形成手段2のベース部にXY駆動機構40を介してミーリングヘッド41を設けたものとして構成されている。

【0023】

そして、上記検出手段としては、ここでは上記ブレード21の駆動用モータトルクを検出するものを用いており、また除去手段は上記加工手段4に兼ねさせている。

【0024】

このものにおける三次元形状造形物の製造は、図3に示すように、ステージ20上面の造形用ベース22表面に粉末タンク23から溢れさせた金属粉末をブレード21で供給すると同時にブレード21で均すことで第1層目の粉末層10を形成し、この粉末層10の硬化させたい箇所光ビーム(レーザー)Lを照射して金属粉末を焼結させてベース22と一体化した焼結層11を形成する。

30

【0025】

この後、ステージ20を少し下げて再度金属粉末を供給してブレード21で均すことで第1層目の粉末層10(と焼結層11)の上に第2層目の粉末層10を形成し、この第2層目の粉末層10の硬化させたい箇所に光ビーム(レーザー)Lを照射して粉末を焼結させて下層の焼結層11と一体化した焼結層11を形成する。

【0026】

ステージ20を下降させて新たな粉末層10を形成し、光ビームを照射して所要箇所を焼結層11とする工程を繰り返すことで、焼結層の積層物として目的とする三次元形状造形物を製造するものであり、光ビームとしては炭酸ガスレーザーを好適に用いることができ、粉末層10の厚み  $t_1$  としては、得られた三次元形状造形物を成形用金型などに利用する場合、0.05mm程度とするのが好ましい。

40

【0027】

光ビームの照射経路(ハッチング経路)は、図4に示すように、予め三次元CADデータから作成しておく。すなわち、三次元CADモデルから生成したSTLデータを等ピッチ( $t_1$ を0.05mmとした場合、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。この時、三次元形状造形物の少なくとも最表面が高密度(気孔率

50

5%以下)となるように焼結させることができるように光ビームの照射を行い、内部は低密度となるように焼結させることで、つまりは形状モデルデータを予め、表層部と内部とに分割しておき、内部についてはポーラスとなるような焼結条件、表層部はほぼ粉末が溶融して高密度となる条件で光ビームを照射することで、緻密な表面を持つ造形物を高速に得ることができる。

#### 【0028】

そして、上記粉末層10を形成しては光ビームを照射して焼結層11を形成することを繰り返していくのであるが、焼結層11の全厚みがたとえば加工手段4におけるミーリングヘッド41の工具長さなどから求めた所要の値になれば、いったん加工手段4を作動させてそれまでに造形した造形物の表面(主として上部側面)を切削する。たとえば、ミーリングヘッド41の工具(ボールエンドミル)が直径1mm、有効刃長3mmで深さ3mmの切削加工が可能であり、粉末層10の厚み $t_1$ が0.05mmであるならば、60層の焼結層11を形成した時点で、加工手段4を作動させる。

10

#### 【0029】

この加工手段4による切削仕上げ加工により、造形物表面に付着した粉末による低密度表面層を除去すると同時に、高密度部まで削り込むことで、造形物表面に高密度部を全面的に露出させることができる。

#### 【0030】

加工手段4による切削加工経路は、光ビームの照射経路と同様に予め三次元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が、Z方向ピッチは焼結時の積層ピッチにこだわる必要はなく、緩い傾斜の場合はZ方向ピッチをより細かくして補間することで、滑らかな表面を得られるようにしておく。

20

#### 【0031】

ここにおいて、最上層の焼結層11の上面に前記突起状の異常焼結部19が発生することによる造形停止という事態を解消するために、前述の検出手段及び除去手段を設けているのであるが、上述のように上記ブレード21の駆動用モータトルクを検出するもので検出手段を構成し、上記加工手段4が除去手段を兼ねるものとしている。

#### 【0032】

このために、焼結層11を形成した後、モータ駆動によるブレード21の移動で粉末をその上面に供給する際、図1に示すように、最上層の焼結層11の表面にできている突起状の異常焼結部19の高さが次に形成する粉末層10の厚みより高い場合、ブレード21が異常焼結部19の先端部に当たることでブレード21駆動用のモータトルクが上昇する。このトルク値が図6に示すように所定のしきい値を越えたならば、該製造装置を統括する制御回路はブレード21の駆動を停止していったん後退させ、上記加工手段4で異常焼結部19におけるブレード21が通過する領域に位置する部分を切削除去し、この後、再度ブレード21による粉末層10の形成を行うのである。図5はこの場合の動作、つまりブレード21の駆動用モータトルクを検出するもので検出手段を構成して、異常焼結部19の除去を行う場合のフローチャートである。

30

#### 【0033】

突起状の異常焼結部19の先端部の除去は、図7に示すように、ブレード21の下端の移動軌跡Mvに加工手段4における切削加工工具の下端を一致させることで、次に行うブレード21による粉末層10の形成時にブレード21が異常焼結部19に当たることを確実に防ぐことができるとともに、切削量を最小限に抑えることができる。

40

#### 【0034】

ブレード21の駆動用のモータにエンコーダを付設しておけば、ブレード21の駆動方向における異常焼結部19の存在箇所を検出することができるために、異常焼結部19の除去加工のために加工手段4を動かす範囲を図8に示すように異常焼結部19を含み且つブレード21の動作方向において所定の幅を有する帯状範囲A1内に留めることができる。もっとも、帯状範囲A1から外れたところにも突起状の異常焼結部19が存在している可能性があることから、異常焼結部19の存在が確認されたところ以降のブレード21移

50

動領域（図9(a)にA5で示す）を異常焼結部19の除去加工対象領域としてもよい。また、焼結させたエリアの情報を参照することで、図9(b)あるいは図9(c)に示すように、所要のマージン幅 $w$ を加えた範囲内に除去加工対象領域を限定するようによい。

【0035】

上記検出手段としては、図10に示すように、検出用レーザ照射部80と受光部81との対で構成されるものを用いてもよく、また図11に示すように、レーザ光を照射した焼結面を撮像手段82で撮像してその撮影画像（図11(b)参照）から異常焼結部19の有無を検出するレーザ切断法で行うものであってもよい。

【0036】

後者の検出手段であれば、異常焼結部19が生じた位置を2軸方向で特定することができるために、異常焼結部19の除去加工のために加工手段4を動かす範囲を図12に示すように異常焼結部19を中心する所定の微小範囲A2内に留めることができる。図13はこのような光学的検知に基づく異常焼結部19の除去加工を行う場合のフローチャートである。

【0037】

また、ブレード21を利用して異常焼結部19の存在を検知する場合、焼結層11を形成してステージ20を一段下げた状態で上記除去を行うことになるが、光学的に異常焼結部19の存在を検知する場合、焼結層11の形成後でステージ20を一段下げる前に除去加工を行ってもよく、この場合、ステージ20の一段の下降量に合わせて切削加工工具の下端位置を上方にシフトさせることで次の粉末供給時のブレード21の通過領域に対応させる。

【0038】

検出手段が異常焼結部19の有無だけを検出することができて位置を検出することができないものであってもよく、この時には図14に示すように粉末層10を含む全面A4、あるいは焼結層11が形成されるエリアの最大最小座標値とマージン幅 $w$ に基づいて設定したエリアA5、あるいは焼結層11のエリアを所定のオフセット量 $o$ だけ外側に広げたエリアA3に対して除去加工を行えばよい。なお、全面A4を除去加工エリアとする場合でも、粉末層10の表面を均すブレード21の通過領域外となる部分は異常焼結部19が存在していても支障になることはないために除外するとよい。

【0039】

加工手段4を動かす加工経路については、上記除去加工範囲A1～A5に応じて制御回路で演算して決定する。なお、除去加工範囲がA4であれば、予め除去加工経路を決定しておくことができる。

【0040】

以上の各例では、焼結層11を形成する毎に、問題となる異常焼結部19の存在を検知し、存在している時だけ除去加工を行っているが、図15に示すように、異常焼結部19が存在しているかどうかにかかわらず、焼結層11を形成する毎に異常焼結部19の除去のための除去加工を行うようによい。この場合も、加工手段4を除去加工に用いることができるが、除去加工対象エリアは前記A4あるいはA5あるいはA3という広範囲なものになるために、加工手段4の有無にかかわらず、異常焼結部19の除去にのみ用いる除去手段C、たとえば図16に示すようなロータリーカッターCで異常焼結部19の除去を行うとよい。所要の幅の範囲を一度に切削することができるために、焼結層11を形成する毎に除去加工を行うとはいえ、除去加工に要する時間が短時間で済むために、三次元形状造形物の製造に係る時間は殆ど変わらない。

【0041】

このほか、上述のように焼結層11が存在するエリア全域を除去加工対象エリアとする場合、積層する焼結層11の厚みの設計値 $H$ （たとえば $50\mu\text{m}$ ）より粉末層10の厚みを大きくするとともに、焼結して得られる焼結層11の厚みも設計値 $H$ より大きい値（たとえば $80\mu\text{m}$ ）となるようにしておき、焼結層11を形成する毎に行う除去加工によって、図17に示すように、異常焼結部19だけでなく焼結層11の表面も上記の値の差分

10

20

30

40

50

(上記の例では30 μm)だけ研削して焼結層11の厚みを上記設計値Hに一致させるようにしてもよい。

【0042】

なお、加工手段4とは別に除去手段Cを設けることは、検知手段を備えて異常焼結部19の存在を検知した時だけ異常焼結部19の除去を行うものにおいても有効なのはもちろんであり、また、加工手段4を備えて焼結層11の形成の繰り返しの間に焼結層11の積層物としての造形物の表面の仕上げ加工を行う例を示したが、加工手段4を備えていないものにおいても除去手段、もしくは除去手段と検知手段を設けることで、本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0043】

【図1】本発明の実施の形態の一例の動作説明図である。

【図2】(a)は同上の破断斜視図、(b)は同上の部分斜視図である。

【図3】同上の造形に関する動作説明図である。

【図4】同上の造形に関するデータフロー図である。

【図5】同上の異常焼結部の検出及び除去に関するフローチャートである。

【図6】同上の異常検出部検出動作についての説明図である。

【図7】同上の除去加工についての詳細を示す説明図である。

【図8】同上の除去加工範囲の一例を示す平面図である。

【図9】(a)(b)(c)は同上の除去加工範囲の他例を示す平面図である。

20

【図10】同上の検出手段の他例の説明図である。

【図11】(a)(b)は同上の検出手段の別の例の説明図である。

【図12】同上の除去加工範囲の他例を示す平面図である。

【図13】同上の異常焼結部の検出及び除去に関するフローチャートである。

【図14】(a)(b)(c)は同上の除去加工範囲の別の例を示す平面図である。

【図15】他例のフローチャートである。

【図16】(a)(b)は除去手段を備えたものの一例の断面図と斜視図である。

【図17】除去加工の他例についての詳細を示す説明図である。

【図18】(a)(b)は従来の問題点を示す説明図である。

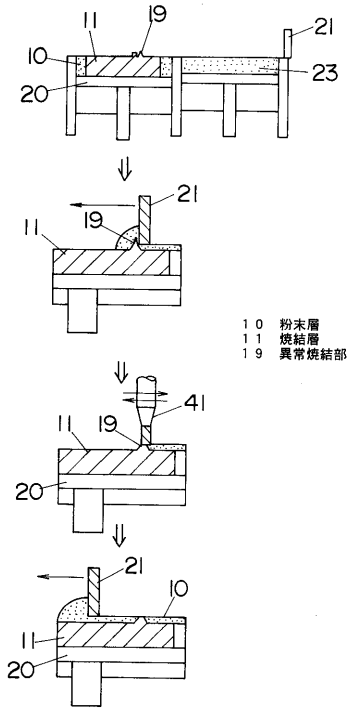
【符号の説明】

30

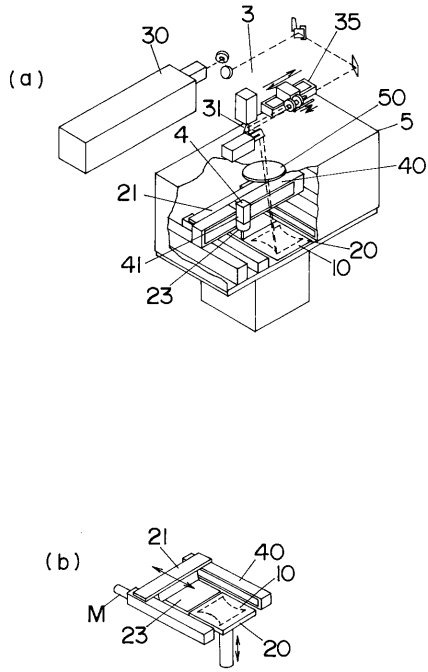
【0044】

- 2 粉末層形成手段
- 3 光ビーム照射手段
- 4 加工手段
- 10 粉末層
- 11 焼結層
- 19 異常焼結部
- L 光ビーム

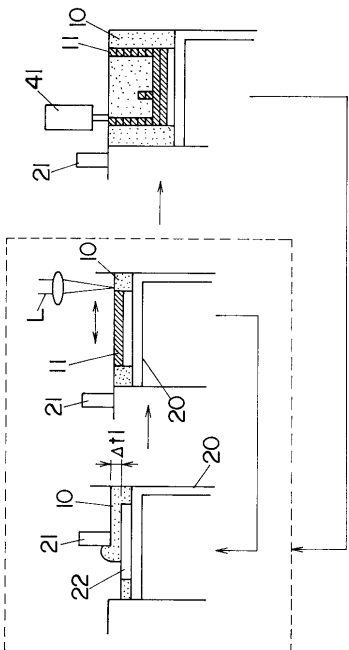
【図1】



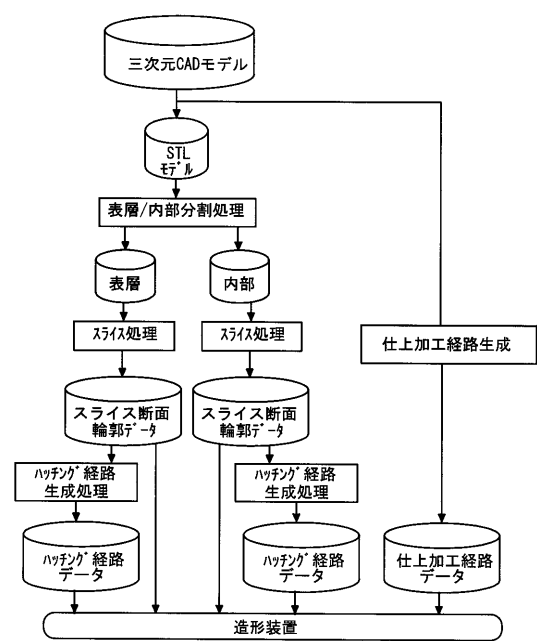
【図2】



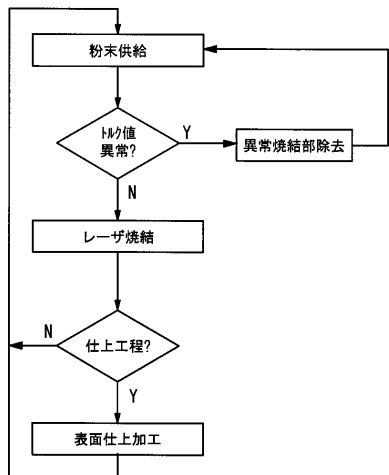
【図3】



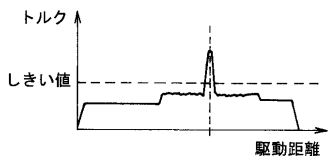
【図4】



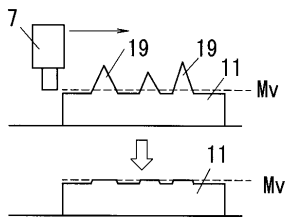
【 図 5 】



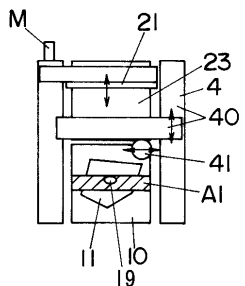
【 図 6 】



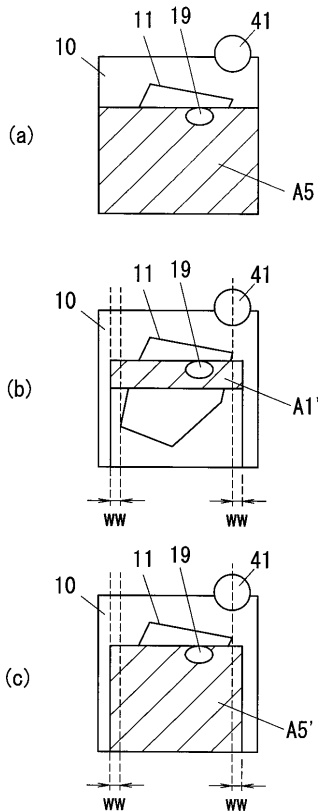
【 図 7 】



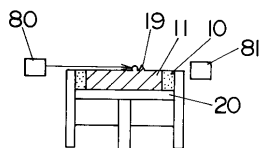
【 図 8 】



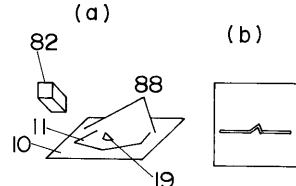
【 図 9 】



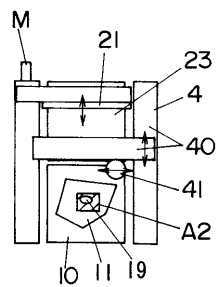
【 図 10 】



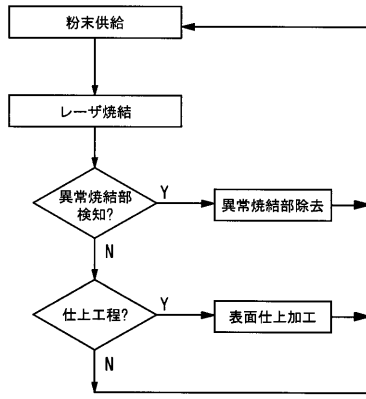
【 図 11 】



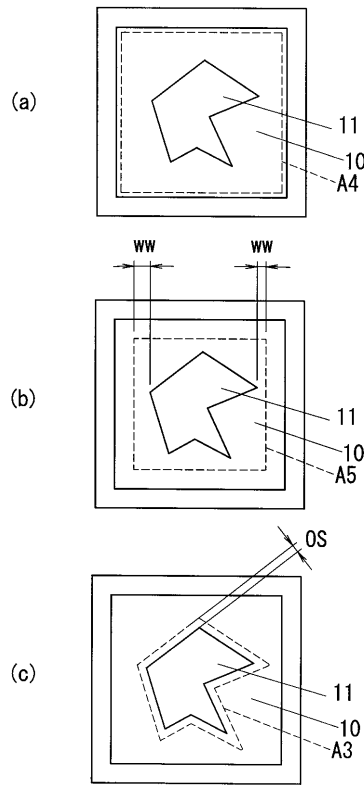
【 図 12 】



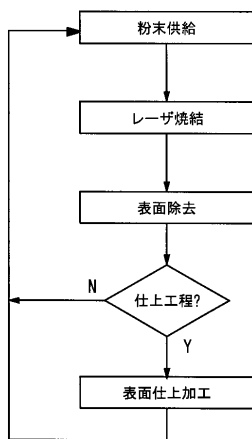
【図 1 3】



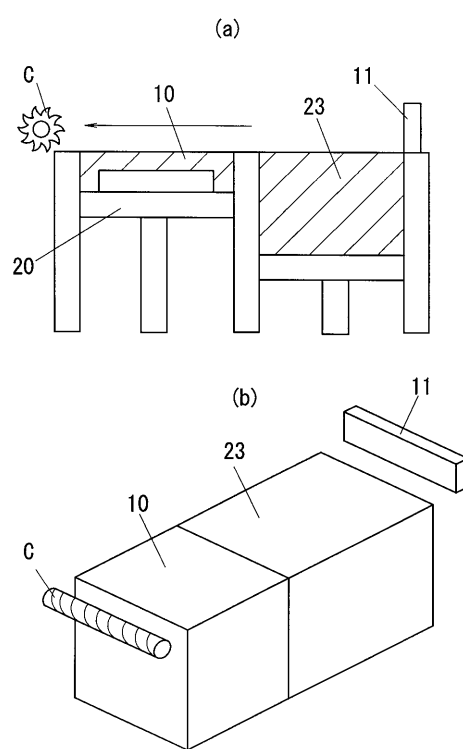
【図 1 4】



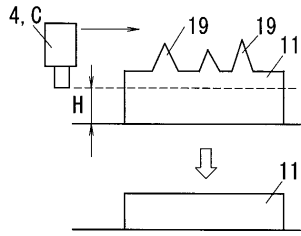
【図 1 5】



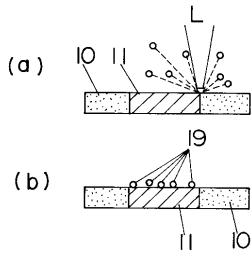
【図 1 6】



【 図 17 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 東 喜万  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 峠山 裕彦  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 吉田 徳雄  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 武南 正孝  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 清水 俊  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 上永 修士  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 岩田 行剛

- (56)参考文献 特開2001-315213(JP,A)  
特開2001-315215(JP,A)  
特開2002-115004(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

B29C67/00-67/04

B22F1/00-7/08

C04B35/64