

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3618313号

(P3618313)

(45) 発行日 平成17年2月9日(2005.2.9)

(24) 登録日 平成16年11月19日(2004.11.19)

(51) Int. Cl.⁷

B29C 67/00

F I

B29C 67/00

請求項の数 25 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2001-329004 (P2001-329004)	(73) 特許権者	597013711
(22) 出願日	平成13年10月26日(2001.10.26)		スリーディー システムズ インコーポレ
(65) 公開番号	特開2002-178413 (P2002-178413A)		ーテッド
(43) 公開日	平成14年6月26日(2002.6.26)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91
審査請求日	平成13年10月26日(2001.10.26)		355 ヴァレンシア アヴェニュー ホ
(31) 優先権主張番号	09/696, 785		ール 26081
(32) 優先日	平成12年10月26日(2000.10.26)	(74) 代理人	100073184
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	ジョン ジョディー フォング
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91
			302 カラバサス ギャリリー ストリ
			ート 22452

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体自由形状製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の標的位置に材料を分配することによる物体の固体自由形状製造方法であって、該物体が分離区域に沿って切断可能に取り付けられた第1の部分および第2の部分を有し、前記第1の部分を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、該第1の部分にある前記標的位置に当たるときに前記材料の流動可能温度以上の内部体積温度を有する、

前記分離区域を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、分離区域にある前記標的位置に当たるときに前記材料の流動可能温度未満の外面温度を有する、

前記第2の部分を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、第2の部分にある前記標的位置に当たるときに前記材料の流動可能温度以上の内部体積温度を有する、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記物体が連続層で製造され、前記選択的分配工程それぞれが、前記第1の部分、前記第2の部分、および前記分離区域を形成するために所定の順番にしたがって行われることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記材料が、少なくとも1つのインクジェットプリントヘッドから各々の連続層の標的位

置まで複数の不連続の小滴で分配されている相変化材料であることを特徴とする請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記小滴の温度が、該小滴が前記インクジェットプリントヘッドから出たときに、前記材料の流動可能温度以上であることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

前記小滴が、前記インクジェットプリントヘッドから分配されている際に冷め始め、該インクジェットプリントヘッドが、前記小滴を分配するときに各々の連続層から予定距離に位置しており、該予定距離が、各々の選択的分配工程において該小滴が所定の層の標的位置に当たるときに所望の温度を達成するように前記小滴の温度を調整するために選択されていることを特徴とする請求項 4 記載の方法。

10

【請求項 6】

前記分離区域の形成において、前記予定距離が実質的に増加されることを特徴とする請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】

前記物体の第 1 と第 2 の部分を形成するための材料を選択的に分配するときに第 1 の予定距離が用いられ、前記分離区域を形成するための材料を選択的に分配するときに第 2 の予定距離が用いられることを特徴とする請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

前記分離区域に沿って前記物体の第 1 と第 2 の部分を分離して、該第 2 の部分上に所望の表面を表す工程をさらに含み、ここで、該第 2 の部分が得られた製品であり、該第 1 の部分が、前記方法により形成された得られた製品を支持するための該方法により形成された支持構造体であることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

20

【請求項 9】

前記分離区域に沿って前記物体の第 1 と第 2 の部分を分離して、該第 1 の部分と第 2 の部分の両方の上に所望の表面を表す工程をさらに含み、ここで、該第 1 と第 2 の部分が鏡像部品であることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】

前記小滴が前記インクジェットプリントヘッドから分配されたときに冷め始め、該小滴が、分配されているときに予定サイズを有し、該予定サイズが、各々の選択的分配工程において該小滴が所定層の標的位置に当たるときに、前記所望の温度を達成するように該小滴の温度を調整するように選択されることを特徴とする請求項 4 記載の方法。

30

【請求項 11】

前記分離区域の形成において、前記小滴の予定サイズが実質的に減少されていることを特徴とする請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】

前記インクジェットプリントヘッドが、前記小滴を分配するときに、各々の連続層から予定距離に配置され、該予定距離および該小滴の予定サイズが、各々の選択的分配工程において該小滴が所定の層の標的位置に当たるときに、所望の温度を達成するように該小滴の温度を調整するように選択されることを特徴とする請求項 11 記載の方法。

40

【請求項 13】

前記分離区域の形成において、前記予定距離が実質的に増加されることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

複数の標的位置に材料を分配することによる物体の固体自由形状製造方法であって、該物体が冷間圧接ジョイントに沿って切断可能に取り付けられた第 1 の部分および第 2 の部分を有し、

前記第 1 の部分を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、該第 1 の部分にある前記標的位置に当たるときに隣接する材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有する、

50

前記冷間圧接ジョイントを形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、該圧接ジョイントにある前記標的位置に当たるときに隣接する材料に一体に融着するのに十分なエネルギーを有さない、

前記第2の部分形成のために前記材料を選択的に分配する工程、ここで分配された材料が、第2の部分にある前記標的位置に当たるときに隣接する材料に一体に融着するのに十分なエネルギーを有する、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項15】

前記物体が連続層で製造され、前記選択的分配工程が、前記第1の部分、前記第2の部分、および前記冷間圧接ジョイントを形成するために所定の順番にしたがって行われることを特徴とする請求項14記載の方法。

10

【請求項16】

前記材料が、少なくとも1つのインクジェットプリントヘッドから各々の連続層にある標的位置まで複数の不連続の液滴として分配される相変化材料であることを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項17】

前記小滴の温度が、該小滴が前記インクジェットプリントヘッドを出るときに、前記材料の流動可能温度以上であることを特徴とする請求項16記載の方法。

【請求項18】

前記小滴が前記インクジェットプリントヘッドから分配されたときに冷め始め、該インクジェットプリントヘッドが、該小滴を分配するときに、各々の連続層から予定距離に位置し、該予定位置が、各々の選択的分配工程において該小滴が所定の層の標的位置に当たるときに前記所望の温度を達成するのに該小滴の温度を調整するために選択されることを特徴とする請求項17記載の方法。

20

【請求項19】

前記冷間圧接ジョイントの形成において、前記予定距離が実質的に増加されていることを特徴とする請求項18記載の方法。

【請求項20】

前記物体の第1と第2の部分形成のために前記物体を選択的に分配するときに、第1の予定距離が用いられ、前記冷間圧接ジョイントを形成するために前記材料を選択的に分配するときに、第2の予定距離が用いられることを特徴とする請求項19記載の方法。

30

【請求項21】

前記冷間圧接ジョイントに沿って前記物体の第1と第2の物体を分離して、該第2の部分の所望の表面を表す工程をさらに含み、ここで、該第2の部分は前記方法により形成される製品であり、該第1の部分は、該方法により形成された前記製品を支持するために該方法により形成された支持構造体であることを特徴とする請求項20記載の方法。

【請求項22】

前記冷間圧接ジョイントに沿って前記物体の第1と第2の物体を分離して、該第1の部分と第2の部分の両方に所望の表面を表す工程をさらに含み、ここで、該第1と第2の部分が鏡像部品であることを特徴とする請求項20記載の方法。

40

【請求項23】

選択的積層造形法により材料を分配することにより形成される部品であって、該部品が、該部品と、該部品と同一の前記材料により形成された支持構造体との間に作製された冷間圧接ジョイントに沿って、下向き表面に形成される該部品の表面、
 選択的積層造形法により一体に形成された物体部分、および
選択的積層造形法により一体に形成される該物体の残りの表面を含み、
前記冷間圧接ジョイントが、前記部品および前記支持構造体と同一の前記材料を、前記支持構造体に一体に融着するのに十分なエネルギーを有さない状態で選択的に分配することにより、形成されるものであることを特徴とする部品。

【請求項24】

50

選択的積層造形法により材料を分配することにより形成される部品であって、該部品が、該部品と支持構造体との間に作製された冷間圧接ジョイントに沿って下向き表面に形成される該部品の表面、

選択的積層造形法により一体に形成された物体部分、および
選択的積層造形法により一体に形成される該物体の残りの表面を含み、
前記冷間圧接ジョイントが、先に前記支持構造体を形成し、該支持構造体を周囲温度まで冷まし、次いで、前記部品を形成することにより形成されるものであることを特徴とする部品。

【請求項 25】

複数の標的位置に材料を分配することによる物体の固体自由形状製造方法であって、該物体が冷間圧接ジョイントに沿って切断可能に取り付けられた第 1 の部分および第 2 の部分を有し、

(a) 該第 1 の部分を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで、分配された材料が、該第 1 の部分にある標的位置に当たるときに、隣接する材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有する、

(b) 前記第 1 の部分を、前記工程 (a) の分配された材料が、前記冷間圧接ジョイントに沿って該第 1 の部分と一体に融着するのに十分なエネルギーを有さない点まで冷ます工程、

(c) 前記第 2 の部分を形成するために前記材料を選択的に分配する工程、ここで、分配された材料が、該第 2 の部分にある前記標的位置に当たるときに該第 2 の部分の隣接材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有するが、前記冷間圧接ジョイントに沿って前記第 1 の部分と一体に融着するのに十分なエネルギーは有さない、
 を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、広く、固体自由形状製造に関し、特に、選択的積層造形技法により製造された部品の改善された下向き表面状態を製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、モデル、試作品、および運転の限定された製造用の部品を迅速に形成する新たな技術がいくつか開発されてきた。これらの技術は、一般に、ここで「SFF」と称される、固体自由形状製造 (Solid Freeform Fabrication) として説明することができる。SFF において、複雑な部品は、一般に減法の性質をもつ従来の製造技法とは対照的に、加法の様式で造形用材料から製造される。例えば、従来の製造技法においては、材料は、機械加工操作により除去されるか、またはダイまたは成形型中でほぼ最終的な形状に成形され、次いで、余分な部分を切り取られる。これとは対照的に、加法製造技法では、複雑な部品を成形するために、層毎に、標的位置に成形材料の部分を増すように加える。一般に、ステレオリソグラフィ等のような SFF 技術では、連続層で部品を製造するために、部品のコンピュータグラフィックおよび成形材料の供給が利用される。成形材料は、一般的に、粉末、液体、または気体である。SFF 技術には、従来の製造方法よりも優れた多くの利点がある。例えば、SFF 技術では、試作部品の開発時間が劇的に短縮される。この技術では、従来の製造方法に関連する複雑な工具細工および機械加工が必要なくなる。さらに、SFF 技術では、従来の製造方法と比較して、廃棄材料を製造することが実質的になくなる。

【0003】

最近出現したあるカテゴリーの SFF は、ここで、「SDM」と称される、選択的積層造形 (Selective Deposition Modeling) である。固体物体イメージングとも称される、SDM において、固体造形用材料は、物体を形成するために、連続様式で物理的に積層される。あるタイプの SDM 技術において、固体造形用材料は、抵抗加熱されたノズルを通して連続フィラメントとして押し出される。さらに別のタイ

10

20

30

40

50

ブのSDM技術では、固体造形用材料は、部品を成形するために、不連続の小滴状態で噴射されるかまたは滴下される。しばしば、低融点を有する熱可塑性材料が固体造形用材料として用いられ、これは、インクジェットプリンタにおいて用いられているもののような噴射システムを通して供給される。例えば、Menhennett等の米国特許第5,555,176号において、インクジェットプリントヘッドを用いたあるタイプのSDMプロセスが記載されている。

【0004】

従来の製造方法と比較して、全てのSFF方法には多くの利点があるが、層毎の成形プロセスに固有の問題もある。SFFプロセスに関連する最も基本的な問題の内の1つは、成形プロセス中の部品に望ましくなく作用する重力により生じる悪影響である。全てのSFFプロセスは重力に対処しなければならない。例えば、SFFプロセスにより成形されたほとんどの下向き表面は、成形プロセス中に部品を安定化するために、支持する必要がある。SFF方法への重力の望ましくない影響に対処する試みが数多く成されてきたが、最適な結果とは言えないものであった。

10

【0005】

重力問題に対処する方法の1つに、成形プロセスにおいて異なる材料を用いることがある。ある手法において、成形プロセス中に部品を支持する支持構造体を製造するために、異なる材料が用いられる。例えば、2つの異なる固化材料を、層毎のプロセスで選択的に積層させることができる。一方の材料は、部品を成形するためのものであり、他方の材料は、支持構造体を成形するためのものである。理想的には、それらの材料は、力を加えることにより、ジョイントに沿って部品から支持構造体が分離されるように、接合部で弱い結合のジョイントを作製するために、注意深く選択される。例えば、この手法は、Sterett等の米国特許第5,617,911号に記載されている。イスラエル国、Rehovotのオブジェクトジオメトリーズ社(Object Geometries Ltd.)は、現在、感光性樹脂成形材料に関してこの手法を開発している。別の手法において、支持構造体を構成する材料が部品のものよりも低い融点を有するように材料を選択し、形成後、その構造体を溶解するために、その複合体の温度を上昇させる。このタイプの手法が、例えば、Almqvist等の米国特許第5,141,680号に記載されている。しかしながら、望ましくないことに、2つの異なる材料の供給を計算に入れるために、これらの手法において、その材料供給システムの複雑さが倍になってしまう。

20

30

【0006】

さらに別の手法において、取外しできる支持材料が、部品を形成するために溶融されるようにエネルギーが与えられる、粉末のような特定の形態で積層され、溶融されていない粉末は支持構造体として機能する。このタイプの手法は、例えば、Forderhase等の米国特許第5,252,264号に記載されている。しかしながら、望ましくないことに、この手法は、焼結粉末材料への使用に限られており、部品を成形するために流動性の固体造形用材料を用いる用途には一般に適していない。

【0007】

重力問題を解決する別の試みは、成形材料が積層されている間に任意の軸の周りに部品を回転させることである。この手法は、例えば、Kaufman等の米国特許第6,080,343号に記載されている。この手法では、成形材料が積層されるときはいつでも、部品を、理論的に重力と最適な整合がとれるように配置することができる。この手法により、多量の支持構造体を提供する必要をなくすることができるが、特に、高度に複雑な構造体を製造する場合、それらの全てを取り除くことはできない。さらに、回転システムをSDMプロセスに組み込むためには、精巧な設備、精巧な制御、および高度に訓練された作業が必要になる。したがって、回転SDMシステムは、それらの複雑さと費用のために、ほとんどの業界で使用することは実際的ではないことが多い。

40

【0008】

この重力問題に対する別の群の解決策は、構造支持体を、部品を製造するのに用いられるのと同じ材料から同時に製造することである。次いで、支持体は、積層成形プロセスが完

50

了した後に物理的に除去される。そのような手法の1つにより、部品の下向き表面を支持する細い針状の支持カラムまたはウェブが製造される。例えば、この手法は、Almqvist等の米国特許第5,141,680号に記載されている。別の手法において、下向き表面を作製すべき位置に沿って打ち抜き孔または割れ目を提供することにより、破断面が作製される。この手法は、例えば、1995年5月5日に発行された、ヨーロッパ特許出願第94116244.8号に記載されている。いずれの手法においても、SDM成形工程が完了した後に、支持構造体を強制的に除去する必要がある。これらの解決策には1つの成形材料の積層しか必要としないが、粗く、ぎざぎざのある望ましくない下向き表面が製造されてしまう。これらの表面の外観を改善する試みは、支持構造体が、下向き表面との接合部で下にある部品と強力に融着されるので、問題であることが証明された。現在、切断中またはその後にこれらの接合部での表面状態を精密に制御する方法は知られていない。分離後、下向き表面の外観を改善するために、削り、やすりがけ等のような手作業の仕上げ操作がしばしば必要とされる。しかしながら、望ましくないことに、そのような後作業では、上向き表面を形成するのに達成されたのと同じ平滑性および細部は達成できない。下向き表面の粗悪な表面品質の結果として、部品は、SDMプロセスにより形成される前に最も重要な表面を上向きにしなければならない。このことは、従来のSDMプロセスの元で物体を製造する上で著しい欠点であることが分かっている。

10

【0009】**【発明が解決しようとする課題】**

したがって、上向き表面と同じ表面品質および細部を有する下向き表面を製造できるSDMプロセスを提供する必要がある。また、1つの成形材料の積層により、上向き表面と下向き表面の両方に同じ品質の表面仕上げを与えられるSDMプロセスを提供する必要もある。多大な変更を行わずに従来のSDM機械により実施できるそのようなSDMプロセスを提供する必要がある。さらに、作業者による訓練、経験、および実践の指揮を最小量しか必要としないSDMプロセスが必要とされている。従来技術のこれらと他の難点が本発明により克服される。

20

【0010】**【課題を解決するための手段】**

本発明のある態様は、その下向き表面が、従来のSDM技法により形成された下向き表面と比較して優れた品質および細部を示す、SDM技法により物体を形成する方法を提供することである。

30

【0011】

本発明の別の態様は、支持構造体から切断できる物体上にある改善された下向き表面を形成する方法であって、その物体および支持構造体が1つの成形材料を分配する(dispersing)SDM技法により形成される方法を提供することである。

【0012】

本発明のさらに別の態様は、SDM技法により形成された物体において分離区域または冷間圧接(cold welding)ジョイントを作製する方法であって、その物体がジョイントに沿って正確に切断できる方法を提供することである。

【0013】

本発明の特徴の1つは、1つの相変化材料を複数の標的位置に選択的に分配することにより、SDMプロセスにより形成される物体において分離区域を作製することである。この分離区域、または冷間圧接ジョイントは、分配された材料の外表面温度が、分離区域にある標的位置に当たるときに、材料の流動可能温度よりも低くなるように相変化材料を選択的に分配することにより作製される。これにより、分配された材料は、標的位置に隣接する材料と一体に融着するのには、エネルギーが不十分であることが確実となる。

40

【0014】

本発明の別の特徴は、上述したプロセスにより形成された分離区域に沿って切断可能に取り付けられた物体の第1の部分と第2の部分を作製することである。この第1の部分と第2の部分は、分配された材料の内部温度が、第1と第2の部分にある標的位置に当たると

50

きに、その材料の流動可能温度以上であるように相変化材料を選択的に分配することにより作製される。これにより、分配された材料は、標的位置に隣接する材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有することが確実となる。

【0015】

本発明のさらに別の特徴は、上述したようなSDMプロセスであって、物体の第1の部分が第2の部分のための支持構造体であり、分離区域に沿った第1と第2の部分の分離の際に、所望の表面が第2の部分上に現れるプロセスを提供することである。分離の際に、第2の部分は、この方法により形成された最終製品となる。

【0016】

本発明のさらにまた別の特徴は、上述したようなSDMプロセスであって、分離区域に沿った第1と第2の部分の分離の際に、所望の表面が両方の部分に現れ、それによって、鏡像部品を作製するプロセスを提供することである。

10

【0017】

本発明のさらにまた別の特徴は、上述したようなSDMプロセスであって、相変化材料が、その材料の流動可能温度以上の温度で少なくとも1つのインクジェットプリントヘッドから不連続の小滴として分配され、それら小滴の温度が、飛行中に冷たくなるように調整されるプロセスを提供することである。飛行中の小滴の温度を調整する方法の1つは、インクジェットプリントヘッドと標的位置との間の距離を調節することによるものであり、もう一つは、分配されるときに小滴のサイズを変更することによるものであり、また別のものは、小滴が移動している周囲温度を変更することによるものである。

20

【0018】

【発明の効果】

本発明の利点は、改善された下向き表面が、物体に沿って分離区域または冷間圧接ジョイントを形成することにより得られる、SDMプロセスにより製造された部品に作製されることである。その表面は、従来のSDMプロセスにより形成された下向き表面と比較して、著しく鮮明な解像度、平滑性、および明確さを有することにより改善される。

【0019】

本発明の別の利点は、得られる製品および支持構造体の両方について1つの相変化材料を分配するSDMプロセスにより形成される下向き表面には、削りおよびやすりがけのような手作業の仕上げ操作がもはや必要ないことである。

30

【0020】

本発明のさらに別の利点は、SDMプロセスにより形成される下向き表面の外観および品質の改善は、異なる相変化材料または離型剤を分配せずに達成できることである。

【0021】

本発明の他の態様、利点、および新規な特徴は、本発明の以下の詳細な説明より明らかとなる。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい実施の形態が示されている、添付の図面を参照して、本発明をより詳しく説明する。しかしながら、本発明は、特許請求の範囲から逸脱せずに多くの異なる形態で具体化してもよい。図面に関して、同じ参照番号は、いくつかの図に亘り類似または同一の要素を示す。

40

【0023】

特に図1を参照すると、本発明の形成プロセスを実施するためのSDM装置10が示されている。SDM装置10は、三次元物体12を成形しているのが示されている。この物体は、層毎の様式で成形され、任意の従来の作動手段16により垂直方向に正確に位置決めできる成形用支持台14上にある。材料分配トロリー20がその上にあるレールシステム18が、支持台14の直接上にかつそれに対して平行にある。分配トロリー20には、材料貯蔵器22から相変化材料が供給される。貯蔵器22は、相変化材料をその流動可能温度よりも高く加熱する。分配トロリー20には、相変化材料を分配するためのインクジェ

50

ットプリントヘッド24が少なくとも1つ設けられている。好ましくは、インクジェットプリントヘッド24は、複数の分配オリフィスを有する圧電式のものであるが、音響式または静電式のような、他のタイプのインクジェットプリントヘッドを用いても差し支えない。あるいは、所望であれば、溶射ノズルを用いても差し支えない。トロリー20は、従来の駆動手段26により水平路に沿って交互に駆動される。一般に、所定の層に関してそれぞれの標的位置にインクジェットプリントヘッド24から1層の材料を分配するには、トロリー20を何度も通過させる。図1において、トロリー20が左から右に通過し始めたときの、分配された材料の層28の一部が示されている。分配された小滴30は、物体12の標的位置に到着する途中で飛行しているのが示されている。インクジェットプリントヘッド24の分配オリフィスと材料の不連続の小滴の層28との間の距離は、説明を容易にするために、大幅に誇張されている。

10

【0024】

好ましくは、外部コンピュータ34が、通常STLファイルと称される、物体の三次元座標データを含む固体造形CADデータファイルを作成する。ユーザが物体を成形するのを望んだときに、プリントコマンドが外部コンピュータ34で実行される。ここで、STLファイルが、プリントクライアントソフトウェアにより処理され、プリントジョブとしてSDM装置10に送られる。本発明を説明する目的のために、成形すべき物体は、分離区域40に沿って切断可能に取り付けられた第1の部分36および第2の部分38から構成されている。物体を表すCADファイルにおいて、分離区域は、その物体の第2の部分38の下向き表面である。したがって、物体の下向き表面を正確に画成し、次いで、これらの表面を、SDMプロセスにより形成すべき分離区域に割り当てることが望ましい。典型的にSTLフォーマットまたはその同等のフォーマットにあるCAD物体データは、処理され、磁気ディスク、磁気テープ、マイクロ電子メモリ等によるような、所望の任意の従来のデータ転送媒体によりSDM装置に転送される。データ転送経路およびSDM装置の制御が、点線56により示されている。本発明を実施するのに適用できるSDM装置の1つは、カリフォルニア州、バレンシアの3Dシステムズ社により販売されている、ThermoJet(登録商標)Solid Object Printerである。この装置は、他の装置と同様に、小滴体積の変動、熱歪み等の蓄積した影響を除去するように、各層を必要なだけ連続的に平坦化するために、プレナライザ32を用いる。

20

【0025】

上述した装置により行われる本発明のプロセスは、物体12を形成するために、1つの相変化材料を複数の標的位置に分配する工程を含む。材料は、第1の部分36を形成するように選択的に分配され、分離区域40を形成するように選択的に分配され、第2の部分形成するように選択的に分配される。あるいは、分離区域を形成するために、第2の部分形成するための材料を分配する前に、第1の部分冷却することにより、分離区域を形成するための材料を分配せずに、本発明のプロセスを行っても差し支えない。前記物体の第1の部分と第2の部分は、分離区域に沿って切断可能に取り付けられており、これらの部分を分離する際に、第2の部分の上に改善された下向き表面54が作製される。ある実施の形態において、第1の部分は、しばしば試作部品と称される、このプロセスにより形成された製品である第2の部分形成するための支持構造体として働く。別の実施の形態において、第1の部分と第2の部分は鏡像部品となるように形成され、分離の際に、両方の部分は、プロセスの終了時に試作部品となる。

30

40

【0026】

物体12の第1の部分36と第2の部分38は、従来のSDM技法により、すなわち、材料が先に形成された層の材料と融着するように連続層の状態に相変化材料を選択的に分配することにより、形成される。このSDM技法は、当該技術分野においてよく知られており、例えば、Peerの米国特許第4,992,806号に記載されている。好ましくは、相変化材料は、物体の各々の連続層にある標的位置に複数の不連続な小滴として分配される。あるいは、ここに教示された基本方法を、材料の連続流を分配するSDMシステムに使用するために適用してもよい。不連続の小滴を積層する場合、物体の各々の層は複数

50

のピクセルに分割される。この場合、標的位置は、所定のピクセル位置に割り当てられてもよい。一般に、小滴の体積は、一旦積層されたら、標的とされているピクセルの区域を小滴が効果的に被覆するように十分なサイズのものである場合、小滴を標的位置に分配することにより、固体充填状態となる。SDM部品を成形するための通常のピクセル解像度は、約300から600ドット・パー・インチ(dpi)の間である。より高い解像度も可能であるが、成形時間を増大させるという犠牲を払わなければならない。固体充填状態を選択的に適用すると、SDM技法により形成される部品の上向き表面が優れた仕上がりになることがよく知られている。これは、一般的に、それぞれの標的位置に正確に当たるように各々の個々の小滴の標的付けを精密に制御する能力のためである。インクジェットプリントヘッドは、相変化材料の不連続の小滴42を正確に分配することにより、固体充填状態を達成するのに理想的である。そのような相変化材料は、熱により流動性となる材料である。すなわち、この材料は、通常、周囲温度では固相にあるが、高温下では液相に変化する。この変化が生じる温度は、材料の流動可能温度と称される。インクジェットプリントヘッドに使用するための最も適した相変化材料は、インクジェットプリンティングデバイスの材料貯蔵器22内で高温に加熱されたときに液相に変化するものである。そのような材料は、一般に50 - 350 辺りの間にある、一般的に低い流動可能温度を有する。一般に、小滴は、流動可能すなわち液体状態で分配され、標的位置に向かって周囲空气中を移動するとき、冷め始める。各々の小滴は、内部体積および対応する内部体積温度を有する。固体充填状態で運転する場合、この内部体積温度は、小滴が標的位置に当たったときに、材料の流動可能温度以上でなければならない。このことは、各々の小滴42が、層において隣接する材料と、また先に形成された層において積層された材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有するために必要である。一般的に、前記物体の第1の部分と第2の部分の両方は、この固体充填様式で形成される。

【0027】

図2から図6を参照すると、SDMにより形成された物体12がより詳しく示されている。第1と第2の部分36、38は、一般に、上述した従来のSDM技法により形成される。図2および4において、相変化材料の不連続の小滴42は、隣接する材料と融着するように、層毎の様式で選択された標的位置に選択的に分配される。各々の形成された層44は、材料の不連続の小滴が当たったときに、第1と第2の部分に関して固体充填状態を生じる標的位置として選択的に選ばれる複数のピクセル位置から構成される。どのピクセル位置を標的位置として割り当てるべきかの選択は、好ましくは、CADファイル物体データが処理されるときに決定される。

【0028】

図1から5に示すように、分離区域または冷間圧接ジョイント40の作製は本発明に特有なことである。分離区域40において積層される材料の不連続の小滴46は、これら小滴46の外面温度が、分離区域40にある標的位置に当たったときに、材料の流動可能温度より低いように選択的に分配される。好ましくは、これらの小滴46の内部体積温度は、その材料の流動可能温度以下である。一般に、これにより、各々の分配された小滴46には、先に形成された層において積層された材料と一体に融着するのに十分なエネルギーがないことが確実となる。これらの小滴と下にある表面との間で、ある程度の接着が生じるが、固体充填状態を形成する際に分配された小滴の中で形成された結合と比較して、その結合は一般に弱い。小滴46の少なくとも1つの層が、第1の部分と第2の部分との間に強力結合が形成されるのを防ぐために凝集様式で広範囲に作用できるように分離区域に積層することが望ましい。図3は、物体の第2の部分形成する前に、分離区域40に積層されているプロセスにおける小滴46の1つの層を示している。

【0029】

いずれの操作理論にも限定されるものではないが、小滴46が分離区域の標的位置に当たるとき、それら小滴は、隣接する小滴46、または第1の部分の最後の層68において積層された一体に融着した材料のいずれとも、一体に融着するのにエネルギーが不十分であると考えられる。このことにより、当該技術分野の従来知識にしたがって、見つかった

10

20

30

40

50

ときに、部品を受け付けない十分な根拠を示す不満足な状態である、第1の部分と第2の部分との間に機械的に弱いジョイントが作製される。したがって、従来技術によれば、分離区域または冷間圧接ジョイントは、SDMにより部品を製造する場合に避けるべき望ましくない状態である。しかしながら、意外なことに、SDMにより形成すべき物体の意図した下向き表面の位置で分離区域または冷間圧接ジョイントの形成を正確に制御することにより、その下向き表面の外観および品質が著しく改善される。

【0030】

代替の実施の形態において、分離区域または冷間圧接ジョイントが、分離区域において小滴を分配せずに作製される。これは、固体充填モードで運転しているSDM装置により第1の部分形成し、次いで、第2の部分形成するための材料を積層する前に、第1の部分 10
部分が冷めるのに十分な時間を与えることにより行われる。この第1の部分は、典型的な固体充填状態で分配される材料に、第1の部分と一体に融着するのに十分なエネルギーがない点まで、冷められる。当業者には理解されるように、必要とされる冷却の量は、分配される材料の特性、物体のサイズ、小滴のサイズ、周囲温度等のような変数に依存する。第2の部分形成する前に第1の部分を十分に冷ますことにより、第2の部分形成す 20
るために分配される材料には、第1の部分の最後の層との融着を開始するのに十分なエネルギーがなくなるが、第2の部分形成する隣接する材料と一体に融着するのに十分なエネルギーを有する。このようにして、これら2つの部分の間に、分離区域または冷間圧接ジョイントを作製できる。この実施の形態に対する欠点の1つは、例えば、20分以上も 20
超えることもある、第1の部分が冷めるのに必要とされる追加の時間の結果として、成形サイクル時間が実質的に増加することである。冷却時間は、費用が追加されることになるが、前記装置に能動冷却システムを設けることにより、短縮することができる。この実施の形態に対する別の欠点は、多くの場合、分離区域に沿って第1の部分と第2の部分との間できれいな分離を達成するのが難しいことである。さらに、第1の部分は、第2の部分形成する前に、完全に完成され、冷却されなければならないので、この実施の形態は、 30
所定の順序にしたがって、分配工程を変更したり互いにずらしたりできないために、単純な幾何学形状のものに限られる。したがって、分離区域を形成するために選択的に小滴46を分配することが好ましい。何故ならば、それは、より速いプロセスであり、複雑な幾何学形状を有する部品を形成することにより適しているからである。

【0031】

好ましい実施の形態に戻ると、図4は、第2の部分38の形成を開始するために、分離区域40の頂部に積層されている分配された小滴42の第1の層56を示している。これらの小滴は、固体充填状態を作り出すのに行われたのと同じ様式で積層される。分離区域の上 30
に分配された材料のこの第1の層56は、この分離区域において不連続の小滴46と一体に融着すると考えられる。この融着中に、小滴46の下側表面が、重力下で生じ、第1の部分36の最後の層68と強力に付着せずに、分離区域において滑らかな表面状態を作り出すように適合する。分離区域上で小滴42の最初の層56の分配において導入されるエネルギーによって、分離区域の不連続の小滴46が第1の部分36と一体に融着することはない。これは、分離区域において積層された不連続の小滴46の層の数を増加させることにより、または必要であれば、固体充填状態の小滴サイズを減少させることにより、 40
制御することができる。

【0032】

図9を参照すると、部分断面の見える、分配される材料の小滴48が示されている。小滴48は、外面50および内部体積52を有する。物体の第1と第2の部分形成するための材料の小滴を積層させる場合、小滴の内部体積52の温度は、意図した標的位置に当たるときに材料の流動可能温度以上であることが必要である。このことは、各々の小滴が、先に形成された層の隣接材料と一体に融着することを確実にするのに望ましい。ここに用 50
いているように、「一体に融着する」または「一体に融着した」という用語は、結合が、1つの固化された小滴内に存在するのと同じかまたは同等な機械的特性を達成するように、材料の分配された小滴が、隣接する材料の外面と結合する状態を称する。小滴46を分

離区域に積層させる場合、隣接材料と一体に融着した状態が作られないことが重要である。したがって、本発明により分離区域に小滴を積層させる場合、小滴の外面温度が少なくとも、それらの標的位置に当たるときに、材料の流動可能温度より低いことが重要である。小滴の内部体積温度も、所望であれば、分離区域にある標的位置に当たるときに、材料の流動可能温度以下であっても差し支えない。分離区域は、標的位置に当たる前に完全に固体であるように材料の小滴を分配することにより作製しても差し支えないが、その必要はない。あるいは、材料の固体の小滴を分離区域に分配しても差し支えないが、そのようなシステムを提供するには、追加の材料分配機構が必要とされ、前記装置の複雑さが望ましくなく増大してしまう。所望であれば、本発明にしたがって、そのような供給システムを設けても差し支えない。

10

【0033】

本発明によれば、分離区域、または冷間圧接ジョイントの形成に影響を与える変数は数多くある。流動可能温度および粘度のようないくつかの変数は、分配される材料の固有特性に直接関連する。材料の小滴サイズ、材料の標的区域までの滴下距離、当たる際の小滴の速度、トロリーの往復運動速度、積層中の周囲温度等のような他の変数もまた、得られる分離区域に影響を与える。当業者に認識されるように、特定の材料および/または所定の装置に関して、本発明を実施するのに必要な最適パラメータを決定するには、イテレーションが必要である。

【0034】

分離区域を作製するための最適パラメータを決定する前に、SDMプロセスの相変化材料を最初に選択する必要がある。物体を成形するためにインクジェット積層設備を使用する場合、低融点の熱可塑性樹脂が好ましい。図8は、SDMプロセスに用いられる熱可塑性樹脂の代表的な相図である。大気圧で、ほとんどの熱可塑性材料は、定圧線66上にある。固体であり、その材料に徐々に熱が加えられる場合、第1の飽和点58で相変化が生じ始める。第1の飽和点58は、一般に凝固点と称され、温度 T_c で生じる。これは、材料が固体から液体に変化し始める点である。材料により多くの熱が加えられると、第2の飽和点60に到達するまで、より多くの材料が液体に変化する。第2の飽和点60は、一般に融点と称され、そこでは材料の全てが液体である。これも、概して温度 T_c で生じるが、ある熱可塑性材料に関しては、 T_c は、2つの飽和点の間の小さな温度範囲内で変動することがある。ここに用いているように、相変化材料の「流動可能温度」は、温度 T_c 、およびその温度が2つの飽和点の間の範囲内で変動する材料については T_c の小さな温度範囲を称する。好ましくは、第1と第2の部分形成するために相変化材料を分配する場合、小滴の内部体積温度は、標的位置に当たるときに、流動可能温度と等しい、または好ましくは、それより高くなければならない。これにより、分配された材料が、先に形成された層において積層された材料と一体に融着することが確実となる。分離区域または冷間圧接ジョイントを形成するために相変化材料を分配する場合、小滴の外面温度は、標的位置に当たるときに、材料の流動可能温度より低くなければならない。これにより、小滴が先に形成された層と一体に融着しないように、小滴の外面が所定の相変化材料の凝固点58よりも低いことが確実となる。理想的には、分離区域における小滴46は、ゆるく結合し、均一に広がった粒子のコーティングの層を形成する。

20

30

40

【0035】

標的位置に当たるときに、分配された材料の温度の制御は、様々な様式で行うことができる。例えば、分配装置は、分配ノズルを出る前の材料の温度を変更できる。しかしながら、材料の流動可能温度より高い温度で材料を分配するインクジェットプリントヘッドを使用する場合、小滴は飛行中に冷めるので、インクジェットプリントヘッドと標的位置との間の空気中を移動しなければならない距離を調節することにより、小滴の温度を調整することが好ましい。このことは、インクジェットプリントヘッドは、熔融相にあり、一般に定められた温度範囲内にある材料を分配するので、実施するのがより容易である。ここで、図10を参照する。分配された小滴26に、標的位置に当たるときに所望の温度まで冷めるのに十分な時間を与えるために、予定距離64を選択することができる。ほとんどの

50

S D Mシステムは、物体を連続層で形成する場合に垂直調節を行うように構成されているので、このことは好ましい。図10において、支持台14を上昇させたり、下降させたりすることにより、成形されている物体の層とインクジェットプリントヘッドとの間の距離64が変更される。あるいは、この距離は、所望であれば、支持台を静止状態に保持しながら、インクジェットプリントヘッドを上昇させたり、下降させたりすることにより調節しても差し支えない。

【0036】

好ましい実施の形態において、小滴の温度またはエネルギーは、標的位置に当たるときに、小滴に飛行中に冷めるのに十分な時間を与えるために、インクジェットプリントヘッドと所定の層の標的位置との間の距離を調節することにより制御される。好ましい実施の形態において、カリフォルニア州、バレンシアの3Dシステムズ社より販売されているThermoJet(商標)Solid Object Printerを、物体の第1と第2の部分形成するためのインクジェットプリントヘッドと所定の層との間の第1の所定の距離、および分離区域または冷間圧接ジョイントを形成するための第2の所定の距離を設定することにより、本発明を実施するために改良した。この第1の所定の距離は、約0.025から0.040インチ(約0.64から1.02mm)の間に決定され、一方で、第2の所定の距離は、約1.5から2.0インチ(約38から51mm)の間に決定された。一般に、第2の所定の距離は、一旦分配されたら、各々の小滴に、標的位置に当たったときに所望の状態まで冷めるのに十分な時間を与えるために、第1の所定の距離よりも相当大きい。インクジェットプリントヘッドのノズルから出るときに、積層された材料の状態を能動的にモニタし、制御するということの複雑さと費用を避けるように、小滴の温度を制御するために小滴距離を変更することが好ましい。しかしながら、所望であれば、そのような制御システムを使用しても差し支えない。

【0037】

一般的に、標的付け精度は、小滴距離64が増加すると減少し、ある地点で、標的付け精度は完全に失われ、ここでは、個々の小滴でピクセル位置に正確に当てる能力はなくなっている。このために、ほとんどのS D M機械は、小滴距離を約0.025から0.100インチ(約0.64から2.54mm)の間に維持している。しかしながら、分離区域に小滴を積層される場合、小滴を固体充填状態で積層させるときに標的精度は必要とされないことが分かった。例えば、分離区域に小滴を積層させる場合、各々個々のピクセル位置は、個々に標的付けられる必要はなく、むしろ、分離区域一面に小滴を無作為に散乱させることで十分である。分離区域は、例えば、分離区域内の多数のピクセルに、往復トローリーを一回の通過で多数の小滴46の約1/3のみを分配させ、次いで、この通過を繰り返して、小滴の十分な層を無作為に成形することによりうまく作製された。したがって、材料を分離区域に積層させる場合には、各々の小滴に関して標的付け精度を達成する必要はなく、1.5から2.0インチ(約38から51mm)ほど高く小滴距離64を上昇させることができる。

【0038】

代替の実施の形態において、小滴のサイズは、標的位置に当たるときに小滴の状態または相を調整するために、調節することができる。例えば、ThermoJet(商標)Solid Object Printerに組み込まれているインクジェットプリントヘッドには、小滴の体積サイズを、最大サイズの1/3または最大サイズの2/3きざみで調節する能力がある。小滴の体積サイズを減小させることにより、小滴の表面对体積比が増加し、これにより、小滴がより速い速度で冷めることができる。したがって、小滴は、分配されるときに予定サイズを有することができ、標的位置に当たるときに所望の温度を達成するために、その予定サイズを変更することができる。よって、分配されるときに、小滴のサイズを減小させることにより、小滴の温度を調整することもできる。この技法は、同様に予定の小滴距離を変更することと組み合わせることができる。したがって、小滴の予定距離および予定サイズは、各々の選択的分配工程において、所定の層の標的位置に当たるときに小滴の温度を調整するために選択することができる。組み合わせられると、第

10

20

30

40

50

2の予定距離に必要とされる長さを減小させることができるので、分離区域に材料を積層させるときに、標的付け精度を増加させることができる。さらに、小滴が移動する空気の周囲温度も、同様に、調整することができる。

【0039】

第1の部分、第2の部分、および分離区域を形成するための材料を分配する各工程を、望ましい任意の所定の順番で選択的に実施できることが認識されよう。材料を分配するための所定の順番の設立は、基本的に、形成すべき所望の物体または部品の幾何学的検討により決定され、部品毎に決定すべきである。例えば、図7を参照すると、第2の部分38のための球形状を形成するために、分離区域40は、深い半球形状をとる。材料を分配して、第1の部分36、第2の部分38、および分離区域40を作製するために、物体を層毎に成形する場合、分配工程を交互にしたり、ずらしたりする必要があるかもしれない。これは、第1の部分を1つの連続分配工程で完了し、次いで、分離区域を1つの連続分配工程で形成し、次いで、第2の部分を1つの連続分配工程で形成することができないからである。このことは特に、所定のSDM装置に選択された予定距離64よりも深いキャビティまたはポケットを有する形状に当てはまる。したがって、本発明のSDMプロセスにより形成される物体に可能な多数の幾何学的形状および外径のために、所定の幾何学的外径について選択された予定の順番にしたがって必要なように、3つの分配工程を変更してもよい。したがって、所定の物体を成形するために特に調整される3つの分配工程について所定の順番を設定することがしばしば望ましい。

【0040】

第1の部分、第2の部分、および分離区域を作製した後、第1と第2の部分は、分離区域に沿って容易に分離できる。好ましくは、分離を開始するために、分離区域に周りの第1の部分に、略垂直な曲げ力を加えるべきである。第1の部分に過剰な曲げ力が加えられると、その部分を破壊できるので、第1の部分が分離後に捨てるべき支持構造体である場合に、このことは特に好ましい。好ましい実施の形態において、相当優れた下向き表面が、分離区域に沿った前記部分の分離により達成された。図6を参照すると、分離された後の物体12が示されており、それによって、第2の部分38に望ましい表面54が現れている。好ましくは、第1の部分が第2の部分38の支持構造体36を表し、第2の部分38がこのプロセスの最終製品となる。第2の部分を最終製品として意図する場合、所望であれば、支持構造体を捨てても、リサイクルしてもよい。代替の実施の形態において、所望であれば、鏡像部品を形成するために、第1と第2の部分を分離することができる。得られた表面54の表面品質は、標準的なSDM技法により作製された上向き表面の表面品質と実質的に同等である。したがって、仕上げ部品の表面状態に相当な改善が実現される。もはや、SDM造形された部品の下向き表面に隣接したウェブ状支持構造体を成形する必要はない。全体の表面品質が相対改善され、削り、やすりがけ等のような手作業の仕上げ操作の必要性が実質的になくなる。もはや、最も重要ではない表面を、以前のSDMプロセスにおいて必要とされたように、下向き位置に成形するように三次元部品を方向付けることは重要ではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプロセスを実施するための装置の側面図

【図2】本発明のプロセスにより形成されている物体の第1の部分の側面図

【図3】本発明のプロセスにより物体の第1の部分上に形成されている分離区域の側面図

【図4】本発明のプロセスにより分離区域上に形成されている第2の部分の側面図

【図5】本発明のプロセスの相変化材料の分配を完了した際の物体の側面図

【図6】分離区域に沿って分離された後の物体の第1の部分と第2の部分の側面図

【図7】物体を形成するために、選択的分配工程が所定の順序で行われる、本発明のプロセスにより形成される別の物体の断面図

【図8】本発明のプロセスにより分配すべき相変化材料に関する比体積対温度を示す相変化グラフ

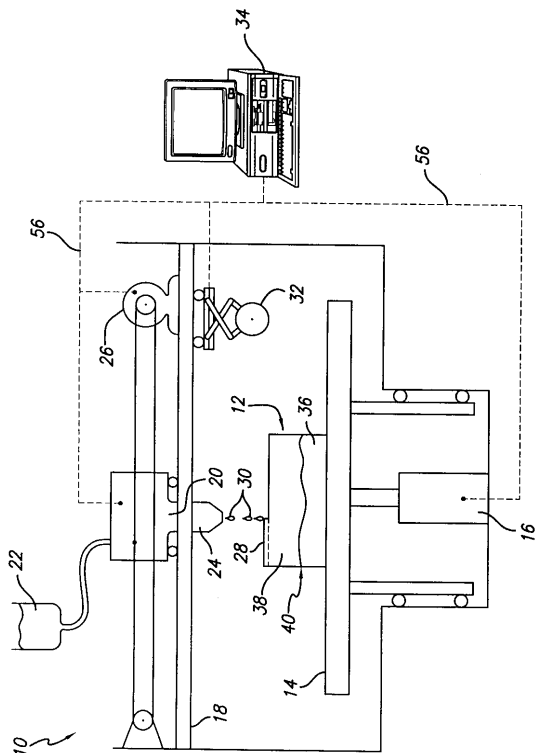
【図9】部分断面で示された相変化材料の分配された小滴の等角図

【図10】本発明のプロセスの実施の形態を実施するための装置の側面図

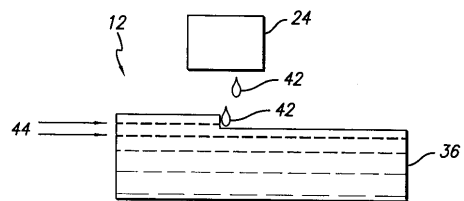
【符号の説明】

- 10 SDM装置
- 12 三次元物体
- 14 支持台
- 16 作動手段
- 18 レールシステム
- 20 分配トロリー
- 22 材料貯蔵器
- 24 インクジェットプリントヘッド
- 28 小滴の層
- 30 分配されている小滴
- 34 外部コンピュータ
- 36 第1の部分
- 38 第2の部分
- 40 分離区域
- 54 下向き表面

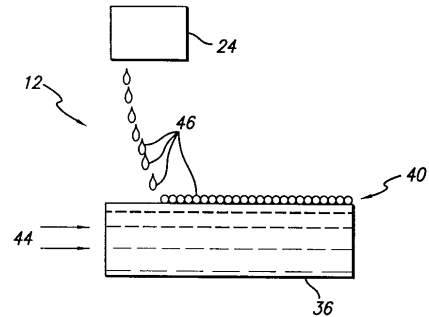
【図1】



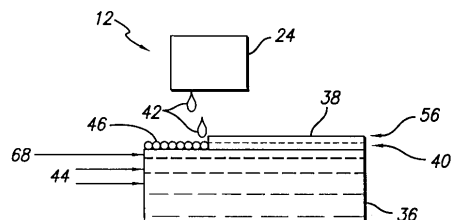
【図2】



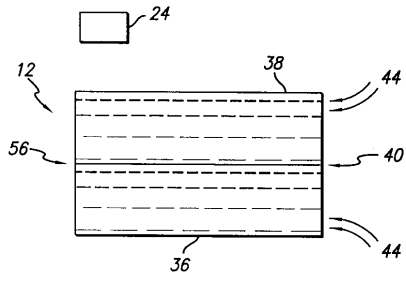
【図3】



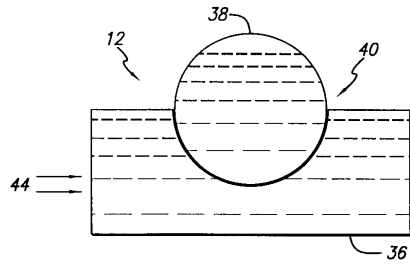
【図4】



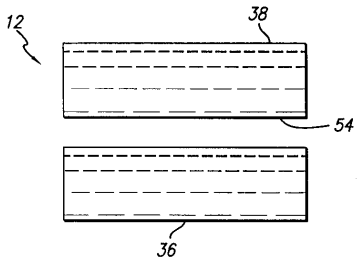
【 図 5 】



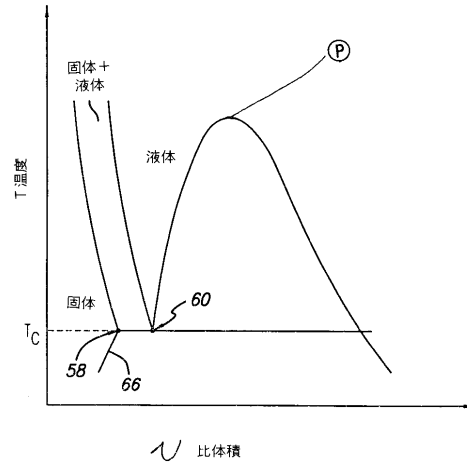
【 図 7 】



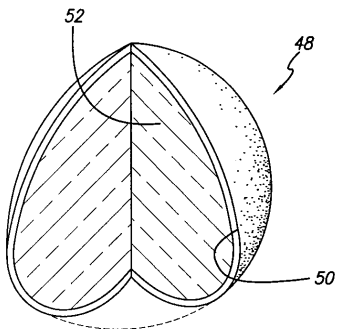
【 図 6 】



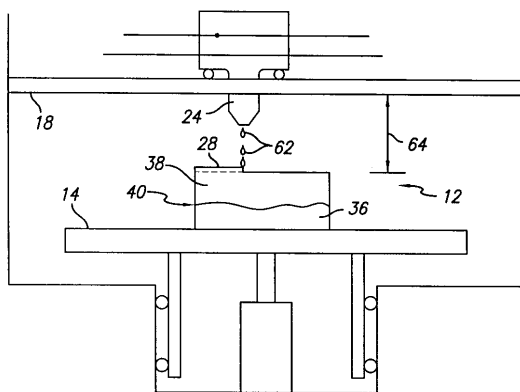
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 大島 祥吾

(56)参考文献 欧州特許出願公開第00655317(EP, A1)

特開2000-280354(JP, A)

特開平09-024552(JP, A)

特開平08-150661(JP, A)

特開2001-232690(JP, A)

特開平5-301293(JP, A)

特開平8-25487(JP, A)

特開平4-276429(JP, A)

特開2000-218708(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B29C 67/00