

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4363039号
(P4363039)

(45) 発行日 平成21年11月11日(2009.11.11)

(24) 登録日 平成21年8月28日(2009.8.28)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 15/08 (2006.01)	B 2 3 K 15/08
B 2 3 K 15/00 (2006.01)	B 2 3 K 15/00 5 0 3
B 2 3 K 26/38 (2006.01)	B 2 3 K 26/38 3 3 0
B 2 3 K 26/08 (2006.01)	B 2 3 K 26/08 B

請求項の数 44 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2002-591199 (P2002-591199)	(73) 特許権者	500031504
(86) (22) 出願日	平成14年5月14日 (2002.5.14)		ザ ウェルディング インスティテュート
(65) 公表番号	特表2004-520942 (P2004-520942A)		イギリス国, シービー1 6エーエル, ケ
(43) 公表日	平成16年7月15日 (2004.7.15)		ンブリッジ, グレイト アビントン, グラ
(86) 国際出願番号	PCT/GB2002/002237		ンタ パーク
(87) 国際公開番号	W02002/094497	(74) 代理人	100074930
(87) 国際公開日	平成14年11月28日 (2002.11.28)		弁理士 山本 恵一
審査請求日	平成17年2月22日 (2005.2.22)	(72) 発明者	ダンス ブルース ガイ アービン
(31) 優先権主張番号	0112234.0		イギリス国, シービー4 2ディーディ
(32) 優先日	平成13年5月18日 (2001.5.18)		ー ケンブリッジ, メトカーフ ロード
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		4 6 番地
		審査官	松本 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面改質法及び表面改質による加工物の接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1) 出力ビームが加工物上の1つの位置から隣接する位置へ該加工物表面を移動するよ
うに、該加工物と該出力ビームとを相対移動させるステップと、

2) ステップ1) によって出力ビームが到達した位置において、出力ビームを、加工物
表面内であって加工物表面上に所定の形状の軌跡をなすように移動させて、加工物材料が
、該出力ビームの影響を受けて加工物表面内で広がる方向に溶融され移動させられて、隣
接する加工物表面に対して隆起している凝固材料領域によって少なくとも一部が囲まれた
空洞又は孔を形成するように凝固可能となるステップと、

3) 加工物上の一連の位置を前記出力ビームに露光させるために、ステップ1) とステ
ップ2) とを繰り返す

ことを含むことを特徴とする加工物の処理方法。

【請求項 2】

前記ステップ2) における出力ビームの移動方法を、加工物を処理する最初の段階とし
て選択するステップをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

孔が各位置において形成される際に、該孔が前記ステップ1) での移動方向に関して非
対称形状を有していることを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

【請求項 4】

孔が各位置において形成される際に、加工物が支持基板上に設置され、出力ビームが該

加工物内の該孔を通過して該支持基板に衝突することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

孔が各位置において形成される際に、孔の形成前又は形成後に、加工物表面内において前記ステップ 2) のビーム移動が実施されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

加工物表面内における前記ステップ 2) のビーム移動が、円形、直線形又は楕円形の偏向を含むことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

出力ビームが、孔又は空洞を形成するために第 1 の周波数によって偏向を受け、次いでそれとは異なる第 2 の周波数によって偏向を受けることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

ビーム操作が、1 つ以上の出力ビーム密度分布の時間的又は空間的変調を含むことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

孔又は空洞の形成後、該孔又は空洞の所望のエッジ輪郭を得るために、凝固された材料を溶融し移動させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

空洞又は孔が、少なくとも毎秒 500 個の速度で加工物内に形成されることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

空洞又は孔が、少なくとも毎秒 580 個の速度で加工物内に形成されることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

出力ビームが、1 km/s の速度で前記位置間を移動することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

前記位置間の移動時間が、各位置における滞留時間の 1 / 100 であることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

空洞又は孔が、0.6 mm の最大径を有することを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

空洞又は孔が、0.6 ~ 1 mm の範囲内の深さを有することを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

空洞又は孔が、1 mm のピッチで間隔をおいて配置されることを特徴とする請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

空洞又は孔を形成する際の最高出力ビーム密度が、 $10^5 \sim 10^7 \text{ W/mm}^2$ の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

空洞又は孔が、10 マイクロメートル未満の最大径を有することを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 19】

空洞又は孔が、2 mm 未満の最大径を有することを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

空洞又は孔が、全て実質的に同一寸法であることを特徴とする請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

空洞又は孔が、正方配列又は稠密配列に配置されることを特徴とする請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 22】

各孔又は各空洞が、凹状の輪郭を有することを特徴とする請求項 1 から 21 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 23】

出力ビームが、電子ビーム又はレーザービームを含むことを特徴とする請求項 1 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 24】

出力ビームが電子ビームであって、実質的に出力ビーム径の 3 分の 1 に等しい横寸法を有する出力ビームの中心領域を取り囲んでいる出力ビームの環部内の電流が、該中心領域内の電流の少なくとも半分であるように、出力ビーム内の電流がビーム径間において分布していることを特徴とする請求項 1 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 25】

前記環部内の電流が、前記中心領域内の電流と少なくとも等しいことを特徴とする請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記環部内の電流が、前記中心領域内の電流の 2 倍又は 3 倍であることを特徴とする請求項 24 に記載の方法。

【請求項 27】

前記ステップ 2) におけるビーム移動の過程の一部が、該ステップ 2) におけるビーム移動の対象である位置の隣接領域であって後に空洞又は孔を形成する位置を含む領域を加熱する過程であることを特徴とする請求項 1 から 26 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 28】

前記隣接領域が、前記ステップ 2) におけるビーム移動の対象である位置を取り囲んでいることを特徴とする請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

前記隣接領域が、前記ステップ 2) におけるビーム移動の対象である位置とは別の位置を構成することを特徴とする請求項 27 に記載の方法。

【請求項 30】

前記別の位置が、空洞又は孔が該別の位置に形成される前に加熱されることを特徴とする請求項 29 に記載の方法。

【請求項 31】

前記別の位置が、空洞又は孔が該別の位置に形成された後に加熱されることを特徴とする請求項 29 に記載の方法。

【請求項 32】

前記ビーム移動の一部が、ステップ 2) におけるビーム移動の対象である位置における前記所定の形状の軌跡をなすようなビーム移動とは異なる形跡をなすことを特徴とする請求項 27 から 31 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 33】

前記ビーム移動の一部が、ラスト走査の形跡をなすことを特徴とする請求項 27 から 32 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 34】

前記加工物上の一連の位置が、互いに隣接した位置それぞれから移動してきた材料が互いに接触するような間隔をおいて配置されることを特徴とする請求項 1 から 33 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 3 5】

互いに隣接した位置それぞれにおける空洞又は孔の形成の時間間隔が、互いに隣接した位置それぞれから移動した材料が溶融したまま融合するような時間であることを特徴とする請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 6】

空洞又は孔の形成の間、ビーム焦点を変化させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 から 3 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 7】

加工物が金属を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 8】

加工物がブレーキパッド支持板を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 9】

出力ビームが連続的に印加されることを特徴とする請求項 1 から 3 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 0】

請求項 1 から 3 9 のいずれか 1 項に記載の方法を用いて処理された加工物。

【請求項 4 1】

加工物の他の部材への接合方法であって、加工物表面に 1 つ以上の空洞を形成するように請求項 1 から 3 9 のいずれか 1 項に記載の方法を使用して加工物表面を改質するステップと、該下処理された加工物表面に他の部材を接着するステップとを含むことを特徴とする接合方法。

【請求項 4 2】

前記他の部材が、ポリマを含むことを特徴とする請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 3】

前記他の部材が、ナイロン、PTFE (ポリテトラフルオロエチレン)、PMMA (ポリメチルメタクリレート)、ポリウレタン、アルミニウム及びその合金、フェノール樹脂、並びにマグネシウム及びその合金のうちの 1 つから形成されていることを特徴とする請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 4】

前記他の部材が、ブレーキパッドを含むことを特徴とする請求項 4 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工物の処理方法、例えば、他の材料若しくは物体に対する機械的摩擦の程度若しくは機械的結合の程度を増加させるために、加工物若しくは母材の表面トポグラフィ (surface topography) を改質し若しくは下処理すること、又は加工物に孔を生成することに関する。

【背景技術】

【0002】

機械加工、研磨、平坦な型に対して行う成形などによって比較的滑らかにした材料の表面粗さを増大させるために、様々な方法が使用されてきた。これら粗さを与える方法には、溝加工若しくはローレット加工 (knurling) のような機械的手段、又はエッチングのような化学的手段による表面の変形法が含まれる。

【0003】

他の態様として、例えば、消耗溶接ワイヤを用いたアーク溶接によって、材料を母材表面に付加することも行われている。一例として、溶滴が溶融ワイヤ電極から個々にかつ規則的に離脱するように、電流が変調される消耗電極ガスマタルアーク (GMA) 工程を利用して、金属小滴が金属表面上に堆積されてきた。これらの溶滴は、これがなければ比較的滑らかな母材表面において隆起した窪みとして働き、母材と他の物体との間で滑りが生

10

20

30

40

50

ずる傾向を低減するために用いられてきた。

【0004】

特許文献1には、他の部材に接合すべき加工物の表面を改質する方法として、加工物表面上の一連の位置を出力ビームに露光させ、これにより加工物材料が出力ビームの影響を受けて各位置において横方向に間隔をおいて溶融され、隣接する加工物表面に対して隆起し凹状の輪郭を有する凝固された材料領域によって囲まれた空洞を形成するように凝固可能にする方法が記載されている。

【0005】

【特許文献1】欧州特許出願公開第0626228号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、加工物の処理方法、例えば、他の材料若しくは物体に対する機械的摩擦の程度若しくは機械的結合の程度を増加させるために、加工物若しくは母材の表面トポグラフィを改質し若しくは下処理すること、又は加工物に孔を生成することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様によると、本願発明者らは、加工物上の一連の位置を出力ビームに露光させるために、横断方向において加工物と出力ビームとを相対移動させるステップと、空洞又は孔を形成するように出力ビームにより加工物材料が各位置において溶融され移動させられるために、各位置において、所定の方法によって出力ビームを加工物に対して多重方向に移動させるステップとを含む加工物の処理方法を提供する。

【0008】

ここで特許請求されている先進的なテクスチャリング技術は、従来から公知であって適用されている方法とは根本的に異なる。この先進的な形態において、出力ビームは静止しておらず、各位置において所定の方法によって特定の移動させられる（操作される）。出力ビームは連続的であることが好ましいが、各位置を露光させるようにパルス化されてもよい。概して相対的に強度が小さく周波数が高い、各位置における「2次偏向」ビーム移動は、各位置において生成される溶融された材料の再分配を著しく変える効果を有する。一般に、このビーム移動は、所望の移動を選択する初期段階においてあらかじめ決定される。

【0009】

本発明は、加工物表面に空洞を形成するために、又は、典型的には加工物を貫通して拡がる孔を形成するために使用可能である。孔の形成は、支持基板の使用の有無にかかわらず実施可能である。さらに、空洞又は孔が形成される際に、好ましくは、ビームを所定の方法によって移動させる工程が空洞又は孔の形成後に実施される。これにより、空洞及び孔の形状が精密に確定可能となる。空洞/孔の直径がビーム径を超える際には、多くの場合、ビーム操作工程が空洞/孔形成中において同様に使用されてもよい。

【0010】

好ましくは、2次偏向は、少なくとも1回の全パターン反復（又は少なくとも方向反転）が各位置において実行され、好ましくは整数回の反復が各位置において実行されるような周波数によって実施される。鋼鉄内に毎秒1000個の孔を得るためには、約1000 Hz、2000 Hz、又は3000 Hzの2次周波数が適している。この場合、空洞は0.7 mmピッチで形成され、約0.5 mmの深さ及び幅を有する。より小さな直径の空洞を得るために、より高い2次周波数が要求されてもよい。材料特性もまた最適周波数に影響を与える。

【0011】

使用される「2次偏向」は、円形、線形、楕円形、及び/又は単純な幾何学図形の動作を含む種々の形態を取ってもよい。2次偏向はまた、所望の効果を實現し、空洞又は孔の

10

20

30

40

50

形成工程に対するより精密な制御を可能とするための時間的及び空間的なビーム出力密度分布についての他の適切な変更態様（例えば、ビーム電流のパルス化及び/又はビーム焦点位置の変更）と組み合わせられてもよい。

【0012】

一般に、ビームの相互作用時間は、テクスチャリングの効果が再現性を有ししかも系統だっていない形で変化しないように2次ビーム偏向を各位置において安定して印加するために、即ち2次及び1次のビーム移動を相互に正確に同調させるために、慎重に制御される。

【0013】

空洞形成の場合、母材に衝突する電子ビームなどの（典型的には合焦した）出力ビームを用いて微小局部領域を急速に溶解することによって、適切な隆起部分、即ち凹状の輪郭を有する窪みが、これがなければ比較的滑らかな材料表面に母材から生成されてもよい。このような隆起した窪みを連続して形成するために、高出力密度ビームが逐次素早く移動する。窪みの間隔を小さくすることによって、半連続のライン又はリッジが形成可能である。隆起した材料は、溶解された材料を融解し移動させることからもたらされ、これにより母材中に小さな空洞が残存することに注意しなければならない。材料の幾分かは、高出力密度の印加ビームの影響を受けて蒸発することにより失われるかもしれない。

【0014】

使用に際して、空洞を付与された加工物が他の部材に接着される場合、空洞及び隆起した窪みが共に機械的結合に寄与可能となる。

【0015】

気相からテクスチャリングされた材料表面への接着もまた、改質され増強される。

【0016】

凹状の輪郭は、母材を他の部材から引き離すのに、又は母材を他の部材上で滑らせるのに必要とされる機械的な力をさらに増大させる。

【0017】

凹状の輪郭は、例えば接着剤を、特に、それ自体母材に結合しないか又は弱い力によってのみ接合する接着剤を保持する点で有益である。変更態様として、非接着性材料、例えば低摩擦ポリマと母材表面との結合強度を、凹状の輪郭の結合させる性質によって実質的に増大させてもよい。

【0018】

さらに、処理された表面は、ビームの作用によって実質的に清浄であって如何なる軽微な汚れも免れており、このことがその後の接着剤の結合作用によって得られた如何なる結合強度をも増加させる。

【0019】

間隔を小さくとられた一連の窪みは半連続のリッジを形成し、好ましくは、このリッジもまた凹状の輪郭を有する。

【0020】

接着剤の全結合強度を増加させる目的のため、結合剪断強度を増加させるように、好ましくは、接着剤が窪みの凹状表面と空洞とに入り込むことにも注意すべきである。

【0021】

好ましくは、表面トポグラフィーは既存の母材を利用するため、母材上に追加材料は全く堆積されない。表面トポグラフィーの改変技術は、典型的には加工物表面領域に合焦せられる出力ビーム又は高出力密度熱源の溶解/蒸発能力を利用することに頼っている。

【0022】

好ましくは、所定の方法によるビーム移動の部分によって、形成位置の隣接領域が加熱される。このような領域は、特定の位置を取り囲んでもよいし、又は他の位置を構成してもよい。形成前又は形成後の熱処理をそれぞれもたらすように、空洞又は孔の形成前又は形成後のいずれかに、隣接位置が加熱されてもよい。隣接領域の加工物表面は、融点未満まで又は融点を越すまで加熱可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

形成位置における所定の移動の形状は、その隣接位置における所定の移動の部分の形状と同様であってもよい。しかしながら、典型的には、これらは異なる形状を有し、例えば所定の移動の部分はラスタ形状を取ってもよい。他の例においては、空洞の周辺領域がビームの円形移動によって加熱される。典型例として、所定の移動の加熱部分は、一つの位置においてビームによって費やされる時間の約 30% を占める。

【 0 0 2 4 】

隣接位置の加熱は、材料の冷却速度を制御するために使用可能である点で、かつ溶融された材料の加工物表面への接着の改善をもたらす点で有利である。予備加熱はまた、横断方向及び横方向のビーム移動の間のより良好な同期化を達成可能にする。

10

【 0 0 2 5 】

典型例として、形成位置は、隣接位置から移動する材料が接触するように間隔をおいて配置される。好ましくは、ビーム移動のタイミングもまた、隣接位置からの材料がこのような接触の間に溶融したまま融合するように制御される。凹状の形態が、追い出された材料の表面張力及び温度（冷却速度）に依存するため、この融合は、凹状の形態においてより広い範囲の形状及び寸法を実現可能とする。従って、予備/事後熱処理が冷却速度を制御するために実施され得るのに対して、ビームの 2 次偏向は、材料の追い出しを制御するために使用される。

【 0 0 2 6 】

好ましい例として、出力ビームは電子ビームを含む。典型的には、電子ビームが通常の電子銃を使用する従来方法によって生成され、参照例としてここで引用する米国特許第 5 1 5 1 5 7 1 号明細書に記載された技術に類似した技術を使用するコンピュータ制御を受けて、ビームが加工物を横断して移動する。典型例として、ビームの出力及び移動速度は、毎秒 500 個を超える空洞が、好ましくは毎秒 580 個以上の空洞が形成されるほどのものである。ビームと加工物との相対移動速度は典型例として 1 km/s までに至り、空洞間の移動時間が各空洞における滞留時間の 1/100 となる。典型例として、電子ビームの最高出力密度は $10^5 \sim 10^7 \text{ W/mm}^2$ の範囲内である。

20

【 0 0 2 7 】

空洞は、一定範囲の速度及びサイズにおいて形成される。最も遅い速度は毎秒 400 個をかなり下回り、一方、速度に対する実用上の上限は存在しない。例えば、材料によっては毎秒 10000 個が実現可能であり、これより多数個が確実に可能である。

30

【 0 0 2 8 】

ビーム形状は重要であり、好ましくは、ビーム環部の電流は少なくとも中央部の電流の半分であり、さらに特別の場合、少なくとも中央部の電流に等しい。環部の電流は、母材及び所望の窪みの種類に依存するが、中央部の電流の 2 倍、さらには 3 倍である場合に満足な結果が得られる。

【 0 0 2 9 】

他の適用には、他の出力ビーム、例えばレーザーが使用可能である。典型的には、レーザーを用いる場合、母材との結合効率が減少するので、空洞当たりに電子ビームに比べてわずかに高い正味エネルギーが必要となる。実際のレーザーパルス継続時間は電子ビーム継続時間よりも短く、それに対応して、最高エネルギー密度はわずかに高くなる。同様の寸法の空洞が、空洞当たり約 15 ジュールを与える平均出力 300 W の CO₂ パルスレーザーを用いて、毎秒 20 個の速度で形成可能となる。

40

【 0 0 3 0 】

潜在的には、いかなる寸法の、例えばミリメートルのオーダから 10 マイクロメートル未満までの直径/深さを有する空洞又は孔でも形成可能である。大きな直径が大きなビーム径及び適切な 2 次偏向を用いることによって達成可能であるのに対し、各空洞/各孔の最小径はビーム径によって決定される。典型的に、孔又は空洞は、実質的に 0.6 mm の最大径及び 0.6 ~ 1 mm の範囲内の深さを有する。好ましい場合として、空洞又は孔のピッチは約 1 mm である。

50

【 0 0 3 1 】

上記の各空洞又は各孔の寸法は、凹状の形態を形成する再熔融された材料の侵入によって減少する。

【 0 0 3 2 】

場合によっては、空洞又は孔が実質的に同様の形状を有し、これにより、正方配列又は稠密配列のいずれかに配置可能となる。しかしながら、空洞の他のパターンが形成可能となる寸法可変の空洞又は孔が形成されてもよい。

【 0 0 3 3 】

場合によっては、凹状及び非凹状の形態を含むテクスチャが、非貫通孔よりもむしろ貫通孔の形成と組み合わせ可能となる。この組み合わせと、公知技術である電子ビーム (E B) 穿孔との相違点は、伝統的な電子ビーム穿孔における熔融された材料の完全除去ではなく、幾分か又は全ての熔融された材料の制御された移動に工程が依存していることである。この工程の制御及び実施は、ビームの材料貫通のタイミング及び範囲を制御するために、2次ビーム偏向において行われる。貫通に続く材料の部分的追い出しは、揮発性支持材料を通常の方法で使用することによって発生し、次いで、所望のエッジ輪郭を与えるために、周辺材料の制御された熔融及び移動が実施される。

10

【 0 0 3 4 】

典型的に、加工物は、出力ビームによって熔融又は蒸発可能である如何なる金属又は他の物質でもよい。例として鋼鉄がある。非金属もまた、導電性を有しないにもかかわらず、加工され得る。例えば、凹状の形態は、石英及びアルミナ、ガラス、ポリマ、並びに複合材料などのセラミックにおいても形成可能である。より多くの材料が蒸発する幾つかのポリマは別として、形成機構は同一である。

20

【 0 0 3 5 】

本発明の第2の態様によれば、加工物を他の部材に接合する方法は、1つ以上の空洞を加工物表面に形成するために、本発明の第1の態様による方法を用いて加工物表面の下処理を行うステップと、この下処理された加工物表面に他の部材を接着するステップとを含む。

【 0 0 3 6 】

この接合方法は、多くの用途に役立つ。特に、圧力、熱又は化学反応の組み合わせによって、選択された基板又は加工物の空洞中にうまく導入され得るポリマ又は他の材料ならばいずれも他の部材として使用可能である。例えば、他の部材は、ナイロン、PTFE、PMMA、アルミニウム及びその合金、フェノール樹脂、並びにマグネシウム及びその合金のうち一つを含み得る。

30

【 0 0 3 7 】

本発明の重要な適用例には、ブレーキパッドを金属のブレーキパッド支持材に接着することと、人工補装具、例えば股継手等の製造のために低摩擦ポリマを耐腐食性金属に結合させることと、例えば衝撃吸収バッファの製造のためにゴムを鋼鉄又は他の金属に結合させることと、例えば軽量ブレーキディスクの製造のためにアルミニウムを鋼鉄又は鋳鉄に結合させることとが含まれる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

40

【 0 0 3 8 】

本発明による方法の幾つかの例が、添付図面を参照してここで記載される。

【 0 0 3 9 】

図1(a)~(h)は、凹状の表面形態を有する空洞の形成における一連の工程を示す。最初に、電子ビーム又はレーザービーム1が鋼鉄の加工物などの基板2に衝突する。次いで、熔融された材料4の横方向外側への移動によって蒸気の充満した空洞3が形成され始める(図1(b))。さらに露光が行われた後、より多くの熔融された材料4が移動せしめられ、表面において拡大された熔融域5を形成するためにビームが偏向される(図1(c))。ビーム1はさらに偏向され(図1(d))、これにより表面において拡大された熔融域を形成するために、熔融された材料4がさらに移動せしめられる。

50

【 0 0 4 0 】

偏向は、図 1 (e) 及び図 1 (f) に示したように、様々な形状を取り得る。典型的には、偏向は閉じた軌跡に従い、複数回繰り返されてもよい。

【 0 0 4 1 】

次いで、ビーム 1 は、第 2 の位置に移動して第 2 の空洞 3 ' を形成し始め (図 1 (g))、これによりさらに溶融された材料 4 ' を移動させる。このさらに溶融された材料 4 ' は、前の材料と隣接域 5 において重なり合い、次いで、図 1 (h) の 6 に示したように、表面張力を受けて擬似球面の輪郭となるように凝固し、これにより凹状の形態 7 が形成される。

【 0 0 4 2 】

一般に、各空洞は同様の形状及び形態を有し、これらの空洞は図 2 (a) (正方) 又は図 2 (b) (稠密) に示したように配置されてもよい。しかしながら、空洞が同一の寸法であることは本質的なものではなく、図 2 (c) に示したように、種々の異なる寸法がより高いパターン密度を実現可能とする。

【 0 0 4 3 】

電子ビームの典型的なパラメータは以下の通りである。

【 0 0 4 4 】

鋼鉄のテクスチャリング用には、加速電位 1 4 0 k V 及びビーム電流 4 2 m A のビームを用い、約 5 . 8 k W の出力を供給し、ビームを直径約 0 . 4 m m に合焦することによって、加工物に毎秒約 5 8 0 個の孔を形成する。適切な偏向周波数の例は前述した。この場合、最高ビーム出力密度は、 $1 0 ^ 5 \sim 1 0 ^ 7 \text{ W / m m } ^ 2$ の範囲内である。各孔は、約 1 . 7 m s の間に約 1 0 ジュールのエネルギーを用いて形成される。1 つの孔位置から次の位置へのビームの移動時間は、典型的には孔位置における滞留時間の $1 / 1 0 0$ 、即ちこの場合、約 $1 7 \mu \text{ s}$ である。ビームは、加工物表面上を約 1 k m / s の速度で移動し得るため、これらの走査速度においては表面の溶融又は他の損傷がいずれにしても発生し得ないので、移動の間、ビームを遮断するか又はその出力を減少させる必要はない。

【 0 0 4 5 】

鋼鉄内に 1 0 ジュールのエネルギーを用いて形成されたこれら空洞は、当初の表面から約 0 . 6 m m の深さを有する。各空洞において、この寸法は、凹状の形態を与える再溶融された材料が侵入するために減少する。これら空洞のピッチは、典型的には、約 1 m m である。

【 0 0 4 6 】

同様の空洞がレーザにより形成されるかもしれない。この場合、典型的には、基板との結合効率が減少するので空洞当たりになんとか高い正味エネルギーが必要となる。実際のレーザパルス継続時間は電子ビームを用いた場合よりも短く、これに対応して、最高エネルギー密度はわずかに高くなる。同様の寸法の空洞は、空洞当たり約 1 5 ジュールを与える平均出力 3 0 0 W の CO_2 パルスレーザを用いて、毎秒 2 0 個の速度で形成可能である。

【 0 0 4 7 】

好ましい例として、電子ビーム 1 を横切る方向の出力分布は、5 k W の電子ビームに基づく図 3 に示された分布と同様の形状を有する。従って、約 0 . 6 m m の直径を有するがかなり大きな周辺出力領域を伴った中心部において、相対的に高い最高出力密度が存在する。ビームの半値幅は 0 . 2 5 ~ 0 . 3 m m である。

【 0 0 4 8 】

電子ビームの場合、ビーム生成用に多くの異なる種類の電子ビーム銃が使用可能である。典型的な電子銃においては、高融点金属カソードが、真空度 $1 0 ^ 5 \sim 1 0 ^ 6 \text{ m b a r}$ において約 2 0 0 0 にまで加熱される。3 0 ~ 1 5 0 k W の電位により、ビームが中空アノードを通して加速される。三極銃においては、ビーム電流が第 3 の「バイアス」又は「ウェーネルト」電極によって制御される。二極銃においては、ビーム電流がカソードの温度のみによって制御される。

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

50

ビームは、磁気トラップ（不要材料の侵入から銃を保護することができる装置）を組み込んでいるかもしれない磁気レンズ系などと、高速度でビームを操作できる偏向コイルとを通過する。ビームの動作環境は、 10^{-1} mbar 程度の低真空度であってもよく、典型的には 5×10^{-3} mbar の真空度であってもよい。真空レベルはビームの質及び強度に影響を及ぼす。

【0050】

カソードは、直熱型又は傍熱型のいずれであってもよい。直熱型カソードは、（例えば）10～100時間の間隔をおいて交換を必要とし、この作業には（典型的に）完了までに約15分かかる。傍熱型カソードは、これよりもかなり長寿命であり、典型的には、交換が必要となるまでに数百時間作動する。

【0051】

ビームの質は、（例えば）スリットプローブ装置（slit probe device）の使用によって即時に監視可能である。この装置は、自動化方式として電子ビーム制御系に接続される可能性を有する。

【0052】

1つの例において、加工物は、鋸刃の製造、パイメタル片等のような用途のためにうまく構成されてきた従来のエア・ツー・バキューム・ツー・エア方式（air-to-vacuum-to-air system）を使用して連続帯として処理可能である。

【0053】

他に取得する方法は、帯状材料のリールを個別に処理することであり（図4）、そのために、リール11上の未処理材料10が、空の巻き取りリール13と共に特別に設計された真空チャンバ12内に取り付けられる。材料が「永続的変形（set）」を付与されるべきではない場合、これらのリール11、13は必然的にかなり大きな直径を有することになる。例えば、7mm厚の材料において0.2%の変形を与える最小純曲げ半径は1750mmである。従って、半径2.5mのリールは、長さが1.4kmであり幅が80mmである帯板における重量6トンまで支持可能となる。5kW銃14を用いると処理速度1m/minが可能となるが、これは、このようなリール一巻き分を処理するのに約24時間かかることを意味する。しかしながら、テクスチャリング速度が50kW銃を用いた際の銃出力に比例して増加し、10m/minでの処理となるならば、このようなリール一巻き分は約2.5時間で処理されることになる。

【0054】

しかしながら、電子テクスチャリング技術を既存の製造作業と統合する観点から好ましい方法は、プレーキパッドの支持板（PBP）のような個々の加工物をテクスチャリングすることである。この方法を実現するための装置例が図5及び図6に示されている。2つのシュート20、21が並んで取り付けられ（図6には一方のみが示されている）、2束のPBPが、両方ともビーム偏向領域内に位置するように、電子銃管22に向かってシュート内の下手に供給される。シュート20、21の出口は、真空に引かれたチャンバ23内に置かれる。一方のPBPが処理を終えて取り外されている間に、他方が処理中となる。これは、利用可能なビーム出力が、連続的動作によって完全に使用できることを意味する。さらに、他の技術と異なり、この方法は、各PBPを必要な場合にのみ選択してテクスチャリングすることを容易に可能とする。既に穴のあいている従来のPBPにおける選択領域のテクスチャリングも同様に可能である。

【0055】

実際に、PBP束は、シュートの側壁が効果的な真空シールとして働くように、各シュートの中に連続的に積み込み可能である。このことを容易にするために、おおよそ100番目毎のPBPを、真空シールを保持するため、おそらく「O」リングによって補助され正確にシュート寸法に適合したダミーの未処理板とすることができる。25、26に示したようなシュートからの空気の出口が真空を保持するために与えられ、この出口は真空ポンプ（図示せず）に接続される。

【0056】

10

20

30

40

50

テクスチャリング後、P B Pは規則的な間隔で空にされるホッパ27内に単純に落下可能となる。

【0057】

下処理された表面を有する加工物がひとたび形成されると、これにより加工物は、従来方法によって接着剤を用いて他の部材に接合可能となる。既に説明したように、テクスチャリングされた表面は、結合部を相当に向上させかつ強化し、以前には接合不可能だった接着剤を用いて、幾つかの材料を実際に接合可能とする。

【0058】

これまでの記載例は、加工物表面の非貫通孔又は空洞の形成を示している。本発明はまた、貫通孔を形成するためにも使用可能である。

【0059】

図7は、加工物32における非対称な貫通孔30の形成を示す。

【0060】

図8は、加工物34における貫通孔の形成をより詳細に示す。最初に、電子ビーム又はレーザービーム36が、基板を貫通して支持材料に入り込み始めるように加工物34の表面38に合焦する(図8(a))。任意として、非円形でありビーム形状ではない孔用にビームを「成形する」ために、ビーム36は非常に高い周波数において偏向可能である。ビーム36が加工物34を貫通するに従って、液状の金属/基板領域40が孔側面に沿って形成される。

【0061】

ビームが、(典型的にはシリコンゴム又は他の揮発性材料によって形成された)支持基板42に衝撃を与えるとすぐに、孔に鋭いエッジを残して、大部分の又はほとんど全ての溶融された材料40を放出する小さなガス爆発が発生する(図8(b))。

【0062】

次いで、孔周囲を溶融し、かつ制御された方法によって新規/既存の溶融された材料44を移動させるために、ビーム36がより低い周波数によって偏向される(図8(c))。さらに、支持基板42からの蒸気が、必要ならば金属/基板の流れを補助する。

【0063】

曲線状の凹形又は他の形状の孔を形成するように重なり合う溶融域46を生成するために、隣接した孔が同様な方法によって形成可能である(図8(d))。

【0064】

変更態様として、必要に応じて重なり合うことも合わないことも可能である非対称な溶融域48(図8(e))が形成可能である。孔の非対称性は制御されたビーム偏向によってもたらされる。

【0065】

図9は、支持層を使用しない貫通孔の形成を示す。図9(a)において、溶融された材料40を側面沿いに伴った孔50を形成するために、ビーム36が加工物34に衝突する。ビーム36は、孔を「成形」するために非常に高い周波数によって偏向される。

【0066】

次いで、周辺域52において溶融された材料40を拡大させ、成形し、さらに移動させるために、ビームが中間周波数において偏向される(図9(b))。

【0067】

さらに、重なり合っていない対称的な凹状の孔が同様な方法によって形成可能であり(図9(c))、又は変更態様として、凹状の形態を規定する重なり合った溶融領域54を生成するために、孔が互いの近くに置かれ得る。さらに別の変更態様として(図9(e))、重なり合っていない非対称な孔が形成可能である。

【0068】

図8及び図9に示した例において、孔形成は毎秒約1000個の速度で実行可能である。初期の偏向周波数(図8(a)及び図9(a))は典型的に100kHz~2MHzの範囲内であり、図8(b)及び図9(b)に示した工程において用いられるその後の「輪

10

20

30

40

50

郭」成形偏向周波数は、1 ~ 100 kHz のオーダである。

【0069】

場合によっては、電子ビーム又はレーザービーム1が、テクスチャリング/穿孔の前に領域を予備加熱するために使用され、典型的には焦点をはずされることが可能である。従って、ビームは、両方の処理を実質的に同時に実行可能とする時分割方式とすることができる。

【0070】

図10は、一連の空洞が、多数のビーム移動の総和によって加工物に如何に形成可能であるかを示す。矢印100は電子銃に対する加工物の相対移動を示す。

【0071】

ビームは、実質的に直線の経路に沿って多数の位置の間で加工物を横断する。この横断方向、即ち「1次偏向」は矢印101によって示されている。この横断は、矢印102によって示したように操作の間中反復される。曲線矢印103は、印加時に空洞を所望の形状にするビームの環状移動(2次偏向)を示す。

【0072】

典型的に、位置間の移動時間は各位置において費やされる時間の約1/100であり、従って101によって示した移動は、加工物の相対移動100又は環状2次偏向103よりもかなり急速であることは覚えておかなばならない。

【0073】

上述の3つの移動を加算することによって、さらにこれら相対周波数の適切な制御を用いて、一般に、図10の104に示した加工物に対するビームの合成移動が生成される。

【0074】

図11(a)~(d)は、予備/事後加熱処理における種々の2次偏向の使用を示す。図11(a)には、空洞形成前に、まず、ビームが最終的な空洞境界線の外側に位置する円105を追従する、環状の予備加熱が示されている。次いで、実際に空洞を形成するために、ビームがより小さな直径を有する2つの円106、107内を移動させられる。

【0075】

図11(b)は、まず、(後の空洞形成のための)隣接位置の部分がラスト移動108を用いて予備加熱されるラスト予備加熱を示す。次いで、実際の位置における空洞が、109の円形ビーム経路を用いて形成される。その後、隣接位置の残りの部分が工程110のさらなるラスト移動を用いて予備加熱される。

【0076】

ビーム移動は非常に速いので、現在直面している空洞又は孔形成の次の列内にある一連の位置が、予備加熱処理可能となる。工程の高速化によって、各空洞/孔が予備加熱処理後に形成される時までに、予備加熱温度の損失はほとんど発生しない。

【0077】

図11(c)は、環状の事後加熱処理に適した2次偏向を示す。円111、112は、最初の空洞形成のためのビーム移動を示しており、このビーム移動後に、以前に空洞が形成された他の位置における円形経路113を追従するようにビームが偏向される、

【0078】

図11(d)は、追い出された材料からなる大きな凝塊の形成のために特に有益である予備加熱処理のさらなる例を示す。最初に、ビームが、空洞の形成されるべき位置に向かって直線114内を移動させられる。この直線は、以前の1次ビーム偏向経路を規定する隣接位置の列からの距離の大部分まで伸びている。加工物表面は、この直線周辺において溶解される。

【0079】

次いで、ビームが、空洞形成をもたらすために円形経路115を追従する。これが適切な速度で実行される場合、以前に形成された空洞列から追い出された材料は溶解されたままとなっている。従って、空洞のグループから追い出された材料は、空洞の間隙に大きな形態を形成するように、表面張力によって融合する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

表 1 に、電子ビームを使用して空洞を形成するための幾つかのさらなる条件例が示されている。

【 0 0 8 1 】

【表 1】

パラメータ	実施例 1	実施例 2
材料	ステンレス鋼 3 1 6 L	アルミニウム合金 A A 3 0 0 4
テクスチャリングの種類	深度：中	深度：大
凹状の形態	有り	有り
1 次-2 次偏向位相連動	有り	無し
加速電圧 (k V)	1 3 0	1 2 0
ビーム電流 (mA)	2 0	2 9
ビーム径：9 0 % 電流値 (mm)	0.3	0.6
背圧 (m b a r)	約 0. 0 0 1	約 0. 0 0 1
(レンズ系電極片ギャップからの) 加工間隙	3 3 4	4 0 0
1 次偏向パターン幅 (mm)	4 0	4 1
1 次反復当たりの空洞数	6 0	2 4
1 次偏向反復周波数 (H z)	4 0	3 6
2 次偏向パターンの種類	3 重円	単円
2 次偏向パターン寸法 (mm)	0.3 3	0.5
2 次偏向反復周波数 (H z)	2 4 0 0	5 1 0 0
ワーク供給速度 (mm/分)	2 2 0 0	3 9 3 0
空洞形成速度 (/秒)	2 4 0 0	8 6 4
エネルギー入力 (ジュール /空洞)	1.0 3	4.0 3
領域カバーレート (mm ² /秒)	1 4 6 7	2 6 8 6

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 2 】

【図 1】凹状の形態を有する空洞の形成における一連の工程を示す図である。

【図 2】3 つの異なる空洞配置を示す図である。

【図 3】電子ビームの出力密度分布の例を示す図である。

【図 4】本発明による方法を実施するための装置を示す概略図である。

【図 5】本発明による方法を実施するための装置の第 2 例の部分を示す図である。

【図6】図5の装置をより詳細に示す図である。

【図7】非対称的な貫通孔を示す図である。

【図8】支持基板を使用して貫通孔を形成する一連の工程を示す図である。

【図9】支持基板を使用せずに貫通孔を形成する一連の工程を示す図である。

【図10】相対的なビーム移動の加算を示す図である。

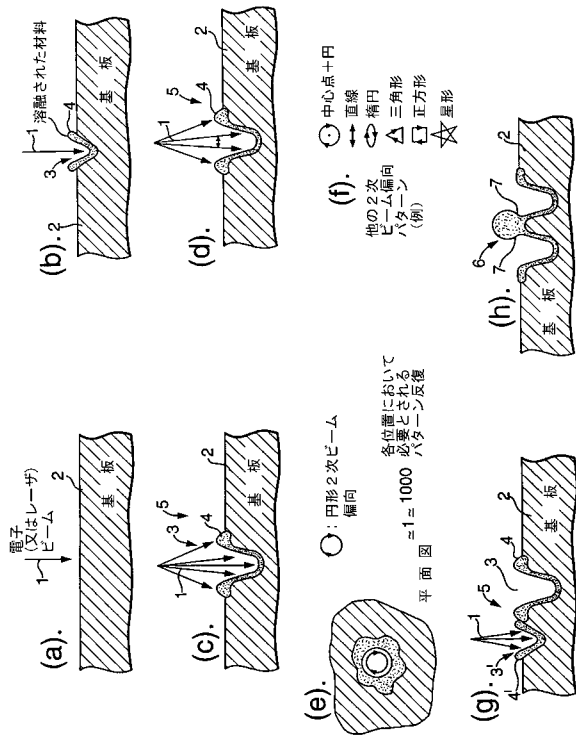
【図11】形成位置の円形の予備加熱処理、隣接位置のラスタ予備加熱処理、隣接位置の円形の事後加熱処理、及び位置間領域の線形の予備加熱処理を示す図である。

【符号の説明】

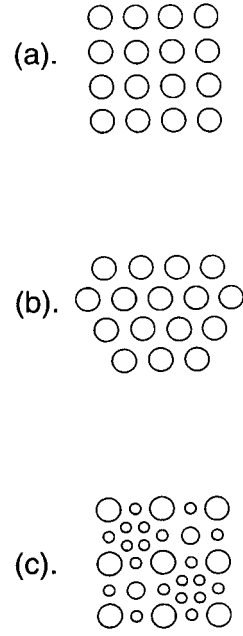
【0083】

- | | | |
|-------------------------|-------------------|----|
| 1、36 | 電子ビーム又はレーザービーム | 10 |
| 2 | 基板 | |
| 3、3' | 空洞 | |
| 4、4' | 熔融された材料 | |
| 5 | 隣接領域 | |
| 6 | 擬似球面の輪郭を有する凝固した材料 | |
| 7 | 凹状の形態 | |
| 10 | 未処理材料 | |
| 11 | リール | |
| 12、23 | 真空チャンバ | |
| 13 | 巻き取りリール | 20 |
| 14 | 電子銃 | |
| 20、21 | シュート | |
| 22 | 電子銃管 | |
| 24 | ブレーキパッドの支持板 | |
| 25、26 | 空気の出口 | |
| 27 | ホッパ | |
| 30 | 非対称な貫通孔 | |
| 32、34 | 加工物 | |
| 38 | 加工物表面 | |
| 40 | 液状の金属/基板領域 | 30 |
| 42 | 支持基板 | |
| 44 | 新規/既存の熔融された材料 | |
| 46、54 | 重なり合った熔融域 | |
| 48 | 非対称な熔融域 | |
| 50 | 孔 | |
| 52 | 周辺領域 | |
| 100 | 電子銃に対する加工物の相対移動 | |
| 101 | 1次偏向の移動 | |
| 102 | 1次偏向の反復 | |
| 103 | 2次偏向(環状移動) | 40 |
| 104 | 加工物に対するビームの合成移動 | |
| 105 | 予備加熱のための環状移動 | |
| 106、107、109、111、112、115 | 空洞形成のための環状移動 | |
| 108、110 | 予備加熱のためのラスタ移動 | |
| 113 | 事後加熱のための環状移動 | |
| 114 | 予備加熱のための直線状移動 | |

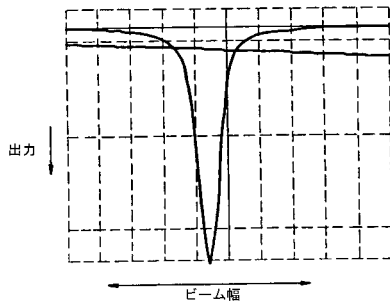
【 図 1 】



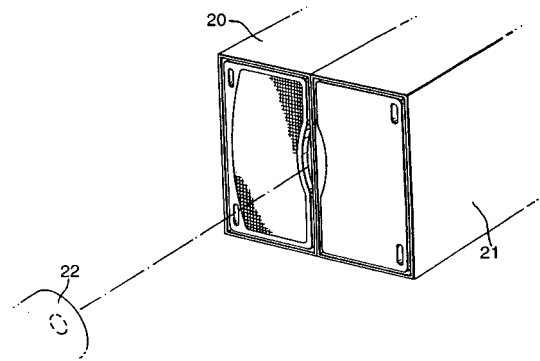
【 図 2 】



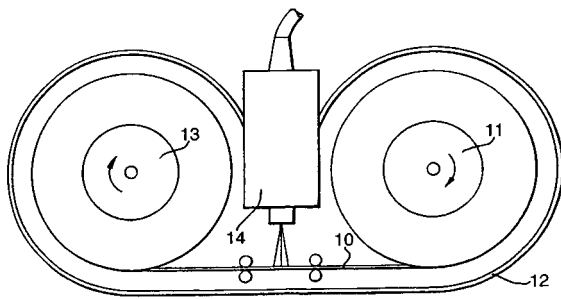
【 図 3 】



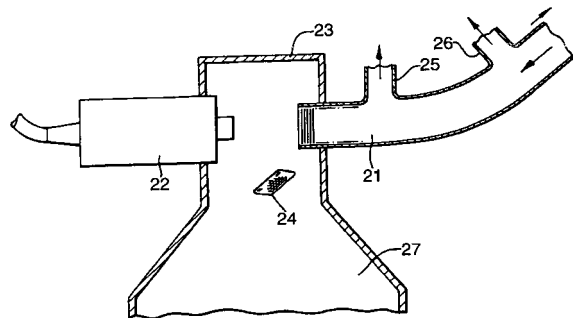
【 図 5 】



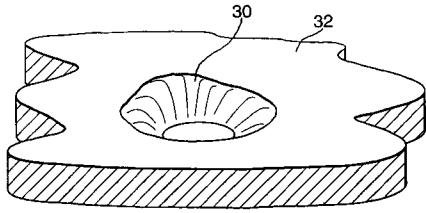
【 図 4 】



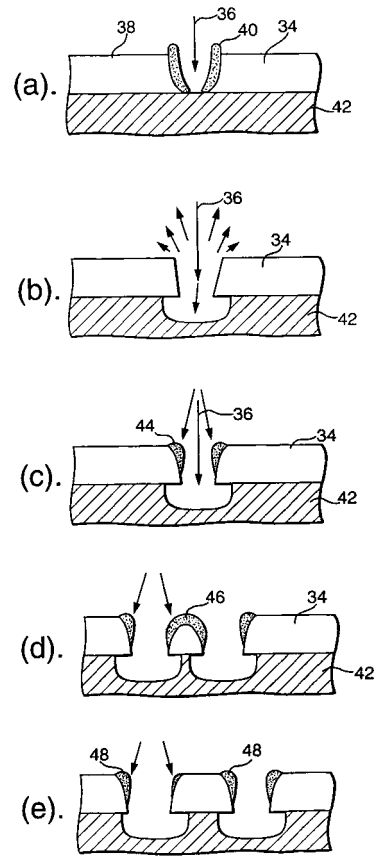
【 図 6 】



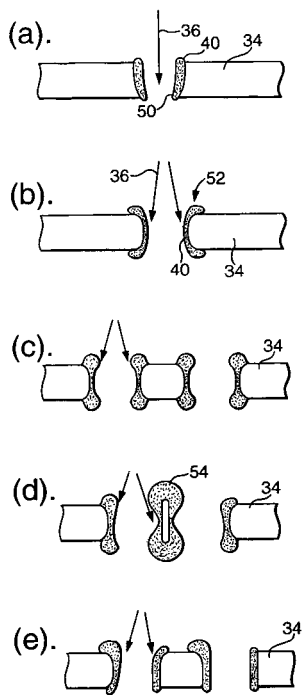
【 図 7 】



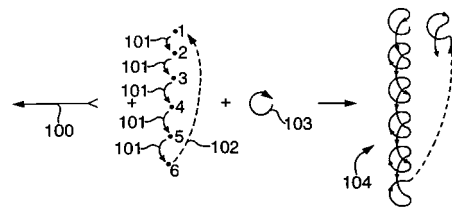
【 図 8 】



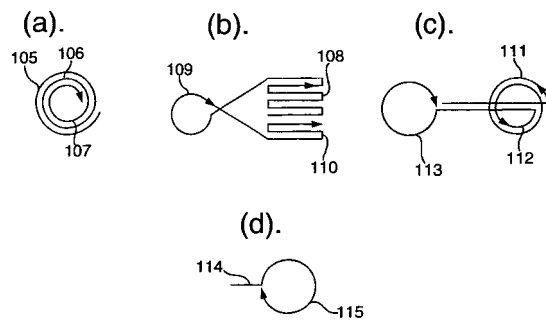
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 0 3 4 3 6 5 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 4 2 4 8 5 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 5 3 4 5 0 (J P , A)
特開昭 5 9 - 0 1 3 5 8 8 (J P , A)
特開昭 6 4 - 0 2 2 4 0 6 (J P , A)
特開平 0 7 - 1 4 8 5 8 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B23K 15/00- 15/10
B23K 26/00- 26/42