

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-522446

(P2017-522446A)

(43) 公表日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
C 2 3 C	24/04	(2006.01)	C 2 3 C	24/04				4 K O 1 8
B 2 2 F	7/08	(2006.01)	B 2 2 F	7/08		Z		4 K O 4 4
B 2 2 F	3/087	(2006.01)	B 2 2 F	3/087				
B 2 2 F	1/00	(2006.01)	B 2 2 F	1/00		R		
C 2 2 C	14/00	(2006.01)	C 2 2 C	14/00		Z		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2016-563077 (P2016-563077)
 (86) (22) 出願日 平成27年4月13日 (2015. 4. 13)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年12月12日 (2016. 12. 12)
 (86) 国際出願番号 PCT/AU2015/050168
 (87) 国際公開番号 WO2015/157816
 (87) 国際公開日 平成27年10月22日 (2015. 10. 22)
 (31) 優先権主張番号 2014901373
 (32) 優先日 平成26年4月15日 (2014. 4. 15)
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)

(71) 出願人 317002869
 コモンウェルス サイエンティフィック
 アンド インダストリアル リサーチ オ
 ーガナイゼーション
 オーストラリア国オーストラリアン・キャ
 ピタル・テリトリー 2601, アクトン
 , クルニーズ・ロス・ストリート
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100101373
 弁理士 竹内 茂雄
 (74) 代理人 100118902
 弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コールドスプレーを用いてプリフォームを生産するための製法

(57) 【要約】

コールドスプレー堆積によって、プリフォームを生産するための製法であって、プリフォームの回転軸の回りに、開始基板を供給するステップであって、開始基板は実質的に平らな堆積表面を有する少なくとも1つの軸端を有する、供給するステップと、プリフォームの回転軸の回りに開始基板を回転させるステップと、製品堆積表面を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて開始基板の堆積表面上に材料を堆積するステップであって、コールドスプレー堆積製法は、材料がそれを通して堆積表面上にスプレーされるコールドスプレーアプリケーションを有する、堆積するステップと、材料の連続した堆積層を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて、それぞれの最上の製品堆積表面上に材料を連続的に堆積するステップと、コールドスプレーアプリケーションと最上の製品堆積表面との間に一定の間隔を維持するために、プリフォームの回転軸に沿って軸方向に他に相対的に、コールドスプレーアプリケーション、または開始基板およびプリフォーム製品のうちの少なくとも1つを動かすステップであって、その動かすことによって、選択された長

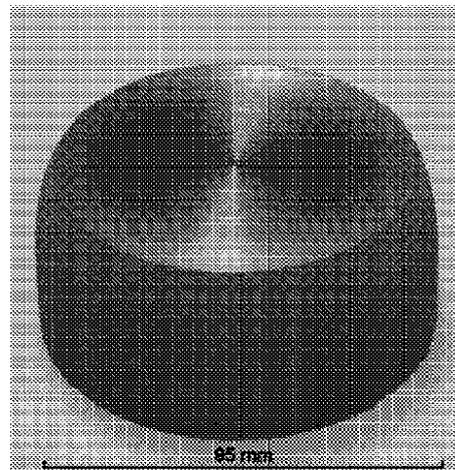


Figure 7

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コールドスプレー堆積によって、プリフォームを生産するための製法において、
 プリフォームの回転軸の回りに、開始基板を供給するステップであって、前記開始基板は実質的に平らな堆積表面を有する少なくとも 1 つの軸端を有する、供給するステップと

、
 前記プリフォームの回転軸の回りに前記開始基板を回転させるステップと、

製品堆積表面を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて前記開始基板の前記堆積表面上に材料を堆積するステップであって、コールドスプレー堆積製法は、前記材料が通って前記堆積表面上にスプレーされるコールドスプレーアプリケーションを有する、堆積するステップと、

前記材料の連続した堆積層を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて、それぞれの最上の製品堆積表面上に材料を連続的に堆積するステップと、

前記コールドスプレーアプリケーションと前記最上の製品堆積表面との間に一定の間隔を維持するために、前記プリフォームの回転軸に沿って軸方向に他に相対的に、前記コールドスプレーアプリケーション、または前記開始基板およびプリフォーム製品のうちの少なくとも 1 つを動かすステップであって、その動かすことによって、選択された長さのプリフォーム製品を形成する、動かすステップとを含み、

前記コールドスプレーアプリケーションが、前記プリフォームの回転軸に垂直な平面内で動かされることによって、前記開始基板の各堆積表面または前記プリフォーム製品の製品堆積表面上に、実質的に平らな面として材料を堆積する製法。

【請求項 2】

前記堆積材料の平らな面が、コールドスプレーアプリケーションの制御された動きを通して維持される請求項 1 に記載の製法。

【請求項 3】

前記コールドスプレーアプリケーションの前記堆積表面に相対的な瞬間速度が、前記コールドスプレーアプリケーションが前記プリフォームの回転軸に対する半径方向の間隔に反比例するように前記コールドスプレーアプリケーションの動きが制御される請求項 2 に記載の製法。

【請求項 4】

前記制御された動きが少なくとも 2 つの点の間の直線的で周期的な動きを含む請求項 2 または 3 に記載の製法。

【請求項 5】

前記制御された動きが、

点 A は前記プリフォーム製品の端にあり、点 B は前記プリフォーム製品の中心近くまたは中心にある、または、

点 A 及び点 B は前記プリフォーム製品の端にあり、好ましくは前記プリフォーム製品の反対端に位置する、

のうちの少なくとも 1 つから選択された、点 A および点 B である 2 つの点の間の直線的で周期的な動きを含む請求項 4 に記載の製法。

【請求項 6】

前記スプレーアプリケーションの前記動きが前記プリフォームの回転軸を通る平行なパスから半径方向のずれを有するように構成された請求項 2 から 5 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 7】

前記ずれが 0 . 1 から 1 5 mm、好ましくは 0 . 5 から 1 0 mm を含む請求項 6 に記載の製法。

【請求項 8】

前記制御された動きが 4 つの点、点 A、B、C、及び D の点の間の直線的で周期的な動きを含む請求項 2、3、6 または 7 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 9】

点 A、B、C、及び D が、正多角形、好ましくは正方形または長方形の頂点を規定し、

10

20

30

40

50

前記制御された動きが、それぞれの前記点の間で前記多角形状をたどる直線的な動きを含む請求項 8 に記載の製法。

【請求項 10】

前記正多角形が 0.1 から 15 mm、好ましくは 0.5 から 10 mm の高さを有する長方形を含む請求項 9 に記載の製法。

【請求項 11】

前記コールドスプレーアプリケーションの動きが多軸ロボットアームによって制御される請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 12】

前記コールドスプレーアプリケーションが、堆積材料がそれを通してスプレーされる出口開口を有するノズルを有し、前記ノズルは、前記スプレーされた堆積材料を所望の方向に向ける請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載の製法。

10

【請求項 13】

前記ノズルが、動きの間、前記プリフォームの回転軸に実質的に揃えられているかまたは平行である請求項 12 に記載の製法。

【請求項 14】

前記ノズルが、前記プリフォーム製品の外側の端にまたは近くにあるときに、好ましくは前記ノズルの動きが前記プリフォーム製品の前記外側の端に近づくときに、前記プリフォームの回転軸の中心に向かって、角度をつけて向けられる請求項 12 または 13 に記載の製法。

20

【請求項 15】

前記開始基板から前記プリフォーム製品を取り除くステップをさらに含む請求項 1 から 14 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 16】

前記開始基板が、
調和する材料属性を有する基板、または、
非類似の材料で作られた基板
のうちの少なくとも 1 つを含む請求項 1 から 15 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 17】

前記開始基板が開始プリフォームを有する請求項 1 から 16 の何れか 1 項に記載の製法。

30

【請求項 18】

前記開始プリフォームがコールドスプレー法、好ましくは請求項 1 から 17 の何れか 1 項に記載の製法によって作られた請求項 17 に記載の製法。

【請求項 19】

前記開始基板が前記プリフォーム製品と少なくとも同じ直径をもつ請求項 1 から 18 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 20】

前記開始基板の前記軸端面が前記プリフォーム回転軸と比べて半径方向に平らな表面を含む請求項 1 から 19 の何れか 1 項に記載の製法。

40

【請求項 21】

前記開始基板が、クランプまたはチャック、好ましくはフィードスルーチャックを備えた取付け構造を用いて、前記プリフォームの回転軸の回りに保持される請求項 1 から 20 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 22】

前記取付け構造が、少なくとも、台、軸受けまたはローラを含む請求項 21 に記載の製法。

【請求項 23】

前記取付け構造が、前記プリフォームの回転軸の回りに前記開始基板を保持する前記取付け構造の少なくとも部分の回転を駆動する、前記プリフォームの回転軸の回りの駆動ア

50

ームに動作可能なように接続されている請求項 2 1 または 2 2 に記載の製法。

【請求項 2 4】

前記取付け構造が、前記プリフォームの回転軸に沿って軸方向に前記開始基板を保持する前記取付け構造の少なくとも部分の動きを動作させる駆動アームに動作可能なように接続されている請求項 2 1、2 2 または 2 3 に記載の製法。

【請求項 2 5】

前記堆積される材料が、金属またはその合金、好ましくはチタン、銅、アルミニウム、鉄またはその合金のうちの少なくとも 1 つを含む請求項 1 から 2 4 の何れか 1 項に記載の製法。

【請求項 2 6】

前記堆積される材料が、Ti-6Al-4V を含む請求項 2 5 に記載の製法。

【請求項 2 7】

請求項 1 から 2 6 の何れか 1 項に記載の製法から形成されたプリフォーム、好ましくは丸いプリフォーム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[001]本発明は、一般的には、コールドスプレー堆積技術を用いてプリフォームを生産するための製法に関する。本発明は、特に、丸い断面を有するプリフォーム、さらに特に丸いチタンまたはチタン合金プリフォームを生産するために応用可能であり、以下に模範的な応用と共に本発明を開示することが好都合であろう。しかし、本発明は、この応用に限定されるべきではなく、そして、いくつかの材料、特に、銅、アルミニウム、合金鉄、セラミック、合金系複合材料等の、金属材料のプリフォームを生産するために用いることができることを理解されたい。

【背景技術】

【0002】

[002]背景技術の以下の考察は、本発明の理解を容易にすることが意図されている。しかし、この考察は、本出願の優先日に言及されている任意の材料も、公表され、知られ、または常識の一部であったことの認知または承認ではないことを理解されたい。

【0003】

[003]チタンまたはその合金は、高い酸素親和性を有し、それゆえに、制御された雰囲気を用いる、真空アークやコールドハースメルティングのような製法が必要とされるため、生産するのは高価である。チタンの部分または製品を直接に製造する 1 つの代替りの方法はコールドスプレー技術の使用によるものである。コールドスプレー製法において、固体状態の小さい粒子が、超高速ガスジェットで、高速度（通常 500 m/s を超える）に加速されて、基板材料に堆積される。これらの粒子の運動エネルギーは、基板との衝撃の際の塑性変形による結合を達成するために利用される。酸化の非存在は、粉末から形作られたチタン製品のニアネットシェイブ（near net shape）製造のためにコールドスプレー技術が用いられることを可能とする。

【0004】

[004]1 つの特定の応用では、コールドスプレー技術が、継ぎ目なし中空パイプを生産することに用いられている。国際公開 WO 2009 109016 A 1 は、継ぎ目なしパイプが、心棒とモールドを有する開始基板（starter substrate）であって、その心棒の外面がパイプの内面を規定し、そのモールドの内面がパイプの外面を規定する開始基板上に、粒子をコールドダイナミックスプレーすることを用いて生産されるそのような 1 つの製法を記載している。パイプは、次に、開始基板から分離される。この製法は、国際公開 WO 2011 017752 A 1 において、形成されたパイプに相対的に垂直に動かされて開始基板から形成されたパイプを漸進的に分離することができる移動可能な開始基板の使用によって、改良されている。この改良は、継ぎ目なしのチタンのまたはチタン合金の所望の長さのパイプの形成を可能とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【005】中空製品を形成するためには有用である一方、これらのパイプを形成する製法は、各パイプを形成する方法が形成される製品を支持し形作るための開始基板の使用に依存しているため、もっぱらスプレー堆積された材料からなる棒や長い棒のような中実な形状を形成するために用いられることはできない。

【 0 0 0 6 】

【006】中実なスプレー堆積部品は、所望のスプレーパターンに層の漸進的堆積によって形成され得る。しかし、従来のコールドスプレー法を用いて形成された中実な形状は、大きい速度を達成しそして粒子のいくらかの熱的軟化を可能とする、加速するガスの加熱の必要性に起因する困難性を有し得る。例えば、低ポロシティをもつチタン合金のコールドスプレーは、典型的には700から1100の範囲の予熱が必要である。これは、必然的に、ガスジェットが動き去る度に、堆積に対してかなりの熱伝達の結果となる。加熱はコールドスプレーが依然として進行している間でも、大きな堆積におけるき裂または堆積が基板から分離することの原因となる熱ストレスを引き起こす。表面温度が十分に高い場合には、酸化さえ起こり得る。

【 0 0 0 7 】

【007】この問題を緩和するために、コールドスプレーノズルが、何れの1つの場所における熱を次のノズルの通過の前に消散させるように、通常表面に亘って速くスキャンする。例えば、正方形断面の長い棒またはピレットのような、材料の大きな堆積が、各パスの終わりで180度方向転換を有する詰まったラスタパターンで、静止した堆積表面 (d e p o s i t i o n s u r f a c e) に亘って、0.5 m / s 以上で、大きなコールドスプレーガンが動かされるラスタスプレー法を用いるコールドスプレーによって、生産され得る。ラスタスプレー法は、ガンを動かすロボットアームによって必要とされる大きな速度に加えて、コールドスプレーガンを動かすロボットアームにかなりの負担もかけ、堆積の均一性に影響を与える、スプレーガンとホースにおける振動の原因となる。そのうえ、粉末供給機から供給変動があることがある。超音速ジェット内の乱れは、それが堆積表面上でおよび堆積表面を離れて繰り返し動くせいで、この効果をさらに悪化させる。堆積の厚みが2、3 mmまたはそれより小さいのみである場合は、これらの面の不規則性は小さく、しばしば単に無視される。しかし、堆積が成長するにつれて、不規則性は、ますます拡大されるようになる傾向がある。斜面上への粒子の影響は、衝撃度の法線成分を減少させ、ガスジェットの流れは、深い隆起または窪みに制限される。結果として、その面は、とびとびに平らに形作られることになるが、これは、材料と時間を浪費する。

【 0 0 0 8 】

【008】よって、コールドスプレー技術を用いてプリフォームを生産するための代替の方法を提供することが望まれる。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

【009】本発明は、コールドスプレー堆積によって、プリフォームを生産するための製法であって、

プリフォームの回転軸の回りに、開始基板を供給するステップであって、開始基板は実質的に平らな堆積表面を有する少なくとも1つの軸端を有する、供給するステップと、

プリフォームの回転軸の回りに開始基板を回転させるステップと、

製品堆積表面を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて開始基板の堆積表面上に材料を堆積するステップであって、コールドスプレー製法は、材料がそれを通して堆積表面上にスプレーされるコールドスプレーアプリケーション (c o l d s p r a y a p p l i c a t o r) を有する、堆積するステップと、

材料の連続した堆積層を形成するために、コールドスプレー堆積を用いて、それぞれの最上の製品堆積表面上に材料を連続的に堆積するステップと、

コールドスプレーアプリケーションと最上の製品堆積表面との間に一定の間隔を維持するた

10

20

30

40

50

めに、プリフォームの回転軸に沿って軸方向に他に相対的に、コールドスプレーアプリケータ、または開始基板およびプリフォーム製品のうちの少なくとも1つを動かすステップであって、その動かすことによって、選択された長さのプリフォーム製品を形成する、動かすステップとを含み、

コールドスプレーアプリケータが、プリフォームの回転軸に垂直な平面内で動かされることによって、開始基板の各堆積表面またはプリフォーム製品の製品堆積表面上に、実質的に平らな面として材料を堆積する製法を提供する。

【0010】

[010]本発明の製法は、各層が形成された後のプリフォームの軸上の動きを通して、所望の長さの、チタン、チタン合金または他の材料のプリフォーム製品の形成を可能にする。本発明は、コールドスプレーノズルの動きがプリフォーム回転軸に対し垂直な面における制御された動きをもっている間、プリフォーム回転軸の回りに、加工中の製品が回転させられるという動きの組合せを採用することによって、従来技術のコールドスプレー堆積法の問題に対処する。回転は、ノズルと加工中の製品との間の相対的な動きが速いことを確実にし、一方、ノズルとガンとを制御し動かすロボットまたは他の装置は、高速度を達成することまたは高速の方向転換を行うことが要求されない。

10

【0011】

[011]そのうえ、本発明のプリフォーム製品は、構成する粉末粒子がコールドスプレー製法において溶融させられないため、インゴットに見られる微細偏析や他の溶融に関連する欠陥なしに、実質的に一様な微細構造をすみからすみまで有利に維持する。

20

【0012】

[012]本発明は、プリフォーム回転軸の回りにプリフォーム製品を生産する。よって、プリフォームは、丸いプリフォームとして典型的には形成される。用語「round preform (丸いプリフォーム)」は、ここでは、中実であり、その長手方向中心軸の回りに湾曲しているかまたは丸い断面形状を有する形状を意味するように用いられていることを理解されたい。丸い断面形状は、円形、楕円等の、任意の丸い形状も含み得る。いくつかの実施形態では、丸い断面形状は、軸方向中心軸の回りの回転対称を有する。他の実施形態では、丸い断面形状は、例えば、楕円等の、その軸方向中心軸の回りに非対称である。

【0013】

[013]よって、本発明の製法から形成されたプリフォームは、円板、棒、ボール、竿、杖、シリンダ、円柱、マスト、シャフト、合わせ釘等のうちの少なくとも1つを含み得る（ただし、限定されない）。いくつかの実施形態では、プリフォームは、その直径よりも、例えば、その直径の少なくとも2倍よりも、大きい長さを有することが理解される、長い棒を含む。かなり大きな直径のプリフォームが、本発明によって生産され得、入手可能な装置のサイズによってのみ限定される。他の実施形態では、プリフォームは中空でありまたは1つまたは複数の隙間を有する。

30

【0014】

[014]いくつかの実施形態では、プリフォームは、プリフォームの長さに沿って、一定な直径を有する。他の実施形態では、プリフォームは、プリフォームの長さに沿って、変化するまたは一定ではない直径で形成される。一定ではない直径を有するプリフォームは、円錐形状、円錐断面、階段またはテーパ（大きい直径から小さい直径へ）を有する形状等を含む。一実施形態では、直径は、プリフォームの長さのすみからすみまでまたはこれに沿って一定に変化する。

40

【0015】

[015]用語「top product deposition surface (最上の製品堆積表面)」は、プリフォーム製品の外側のまたは最も新しい、コールドスプレーアプリケータに軸方向で最も近い堆積層の堆積表面であることも、また理解されたい。

【0016】

[016]コールドスプレーアプリケータは、プリフォーム回転軸に垂直な平面内で動かさ

50

れて、開始基板の各堆積表面かまたはプリフォーム製品の製品堆積表面上に、実質的に平らな平面として、材料を堆積する。この平面は、プリフォーム回転軸にそれぞれ垂直な2つの軸(XとY)によって規定され、製品プリフォームを形成するために材料をスプレーするときに、その平面内でこれらの軸に相対的に、コールドスプレーアプリケーションの堆積動作が動く。以下に記載されているように、この動きは、開始基板のそれぞれの堆積表面またはプリフォーム製品の製品堆積表面上に、材料の各層を堆積するために、その平面内で、直線的である、多角形または他のパスでたどり得る。

【0017】

[017]上述の通り、実質的に平らな堆積表面を維持して、堆積された材料における欠陥または他の不規則性、したがってその微細構造を緩和することが、より好ましくは実質的に回避することが重要である。実質的に平らな堆積表面は、典型的には平面状の表面好ましくはプリフォーム回転軸に対して垂直に向けられたものを含む。よって、堆積材料の平らな表面は、コールドスプレーアプリケーションの制御された動きを通じて好ましく維持される。

10

【0018】

[018]いくつかの実施形態では、これは、コールドスプレーアプリケーションの動きの制御によって達成され得るため、堆積表面に相対的なコールドスプレーアプリケーションの瞬間速度が、コールドスプレーアプリケーションがプリフォーム回転軸に対する半径方向の間隔に反比例する。好ましくは、開始基板と付着された製品プリフォームの回転速度は、実質的に一定である。

20

【0019】

[019]コールドスプレーアプリケーションと堆積表面の相対的な速度を変化させるために、開始基板と付着した製品プリフォームの回転速度もまた制御されて変化させられ得ることに留意されたい。さらに、堆積表面に相対的なコールドスプレーアプリケーションの瞬間速度は、コールドスプレーアプリケーションがプリフォーム回転軸に対する半径方向の間隔に反比例するように制御され得、この実施形態では、開始基板と付着された製品プリフォームの回転速度における変化の主要因でもある。

【0020】

[020]いくつかの実施形態では、コールドスプレーアプリケーションは、一定の速度に制御され得るし、プリフォーム回転軸X-Xの回りの、開始基板と製品プリフォーム(形成されているときは)の回転速度は、プリフォーム回転軸からの、コールドスプレーアプリケーションの関数として制御され得る。理解されるように、これは、また、コールドスプレーアプリケーションと堆積表面との間の瞬間速度を変化させる。

30

【0021】

[021]堆積パターンとスプレーアプリケーションの関連する動きとは、また、材料の堆積層の形態に影響を与え得る。よって、堆積パターンとスプレーアプリケーションの関連する動きとは、また、好ましくは制御される。いくつかの実施形態では、制御された動きは、少なくとも2つの点の間で直線的で周期的な運動を含む。例えば、制御された動きは、2つの点、点Aと点Bとの間の直線的で周期的な運動を含み得る。

【0022】

[022]第1のスプレー法(スプレー法1)では、点Aは、プリフォーム製品の堆積表面の端にあり、点Bは、それぞれの堆積表面の中心近くまたは中心にある。このように、スプレー法1では、ノズルは、点Aと点Bとの間の、プリフォーム回転軸に垂直な平面において、直線的に行ったり来たり動かされる。ノズル速度は、点A近くのノズル速度に相対的に、点B近くで大きい。

40

【0023】

[023]第2のスプレー法(スプレー法2)では、点Aと点Bとは、それぞれの堆積表面の端にまたは隣接しており、好ましくは、堆積表面の反対の側に位置している。スプレー法2では、ノズルは、プリフォームの端で、点Aと点Bとの間のプリフォーム回転軸に垂直な平面内で直線的に行ったり来たり動かされる。点Aから点Bに向かってまたは点Bか

50

ら点 A に向かって動いている間、ノズル速度は、始め増加し、プリフォーム回転軸に最も近い点（点 C、これは点 A と点 B とから等距離である）で最大に達し、そして、減少する。

【0024】

[024]理解されるように、プリフォーム回転軸への半径方向の間隔に対するスプレーアプリケータ速度の反比例関係は、プリフォームの中心（プリフォーム回転軸）において無限大の速度で、スプレーアプリケータが動くことを、原理的には要求する。したがって、いくつかの実施形態では、スプレーアプリケータの動きは、プリフォーム回転軸を通る平行なパスからの半径方向のずれを有するように構成される。このずれは、典型的には小さい距離で、例えば 0.1 から 15 mm、好ましくは 0.5 から 10 mm である。小さいずれは、依然として、スプレービームの端の粒子がプリフォームの中心部分を「fill in（埋める）」ことを可能にする。スプレービームが、ノズル設計に主として依存する幾分のビームの開きを一般的に示すため、これが可能である。例えば、円形断面をもつノズルを有するスプレーアプリケータは、基板表面上に、円形スポットパターンを生成する。

10

【0025】

[025]さらなるスプレー法（スプレー法 3）では、制御された動きは、点 A、B、C、D、4 つの点の間での直線的で周期的な運動を含む。好ましい実施形態では、点 A、B、C、D は、正多角形、好ましくは正方形または長方形の頂点を規定し、制御された動きは、それぞれの点の間で多角形をたどる、プリフォーム回転軸に垂直な平面内の直線的な動きを含む。いくつかの実施形態では、正多角形は、0.1 から 15 mm、好ましくは 0.5 から 10 mm の高さを有する長方形を含む。

20

【0026】

[026]このように、4 つの点、点 A、B、C、及び D は、スプレー法 3 において用いられ、ノズルは、これらの点の回りの長方形または正方形をたどる。好ましくは、点 A 及び B は、点 C 及び D に対し、それぞれの堆積表面 / プリフォームの反対端にある。いくつかの実施形態では、点 B から点 A を離す、例えば 0.5 から 10 mm の小さい間隔、そして、点 D から点 C を離す同等に小さい間隔である。点 A から点 B へ動く際、同様に点 C から点 D に動く際、コールドスプレーアプリケータの、堆積表面に相対的な瞬間速度は、コールドスプレーアプリケータのプリフォーム回転軸に対する半径方向の間隔に反比例するように制御され得る。点 B から点 C に動く際および点 D から点 A に動く際、相対的に速いノズルの動きが好ましくは用いられる。

30

【0027】

[027]さらに、他の実施形態では、コールドスプレーアプリケータは、堆積表面に対して螺旋パターンで動かされる。

[028]これらのおよび他のスプレーパターンを用いて、円形の断面が、開始基板と形成されたプリフォーム製品の回転およびそれぞれの堆積表面についてのコールドスプレーアプリケータの対応する動きを通じた本発明の製法を用いて作られ得ることを理解されたい。楕円形状のような非対称形状が、開始基板と形成されたプリフォーム製品の回転の動きをコールドスプレーアプリケータの横の動きと同期することによって、生成され得ることを理解されたい。

40

【0028】

[029]コールドスプレーアプリケータの動きは、任意の適切な手段にもよることができ。一実施形態では、コールドスプレーアプリケータの動きは、多軸ロボットアームによって制御される。他の実施形態では、コールドスプレーアプリケータの動きは、リニアアクチュエータによって制御される。

【0029】

[030]コールドスプレー装置は、典型的にはノズルをもつコールドスプレーガンの形態のコールドスプレーアプリケータを含む。ノズルは、堆積材料がそれを通してスプレーされる出口開口を典型的には含み、ノズルは、スプレーされた堆積材料を所望の方向に向け

50

る。使用において、ノズルは、動きの間、好ましくは、プリフォーム回転軸に実質的に一直線に揃えられているかまたは平行である。しかし、いくつかの実施形態では、ノズルは、堆積表面の外側の端または近くのとくにプリフォーム回転軸の中心に向かって、角度をつけて向けられ得る。ノズルは、好ましくは、ノズルの動きが堆積表面の外側の端（プリフォーム製品の端に対応する）に近づくときに、この角度に動かされる。この実施形態では、コールドスプレーノズルは、方向転換させられることによって、ノズルがプリフォームの端に近づく度に、プリフォームの中心に向かって、内方に角度を決められる。この技術は、プリフォームの端の成長を制御するために用いられ得るため、プリフォームは、一定の直径を維持する。

【0030】

[031]開始基板は、プリフォーム製品の形成のための始動または開始表面として用いられる。開始基板は、

- ・調和する材料属性をもつ基板、または
- ・非類似の材料で作られた基板

のうちの少なくとも1つを含み得る。

【0031】

[032]理解されるように、開始基板の材料は、堆積材料がその上に付着する材料であることが、好ましい。したがって、調和する属性をもつ材料、そして、より好ましくは同じかまたは実質的に類似する材料が、堆積されたコールドスプレー材料はそのような材料と結合するであろうから、好ましい。いくつかの実施形態では、開始基板は、コールドスプレー法によって作られる。いくつかの実施形態では、開始基板は開始プリフォームを有し、より好ましくは、本発明の製法を用いて形成されたプリフォームを有する。

【0032】

[033]開始基板は、任意の適切な寸法も有し得る。いくつかの実施形態では、開始基板は、プリフォーム製品と少なくとも同じ直径を有し、好ましくは、プリフォーム製品よりも大きい直径を有する。

【0033】

[034]プリフォーム製品が形成されたなら、特に、開始プリフォームがプリフォーム製品と同一の材料成分を有しない場合、プリフォーム製品から開始プリフォームを分離することが望ましいこともあり得る。よって、本発明の製法は、開始基板からプリフォーム製品を取り除くステップをさらに含み得る。これは、プリフォームを形成するコールドスプレー堆積製の終いでまたは後に、典型的には起こる。プリフォーム製品の開始基板からの分離は、切断、割断、切断、破断、剪断、切断等の機械的なものを含む、任意の適切な手段によって、または、開始基板の溶解、溶融、蒸発等を含む他の手段によって、達成され得る。

【0034】

[035]粒子でコートされる開始基板の軸端面は、生産されるプリフォームの対応する表面の特性に影響を与えるであろう。望ましくは、コートされるべき開始基板の軸端面は、滑らかで欠陥がない。コートされるべき開始基板の軸端面が滑らかで欠陥（例えば、かき傷、へこみ、窪み、隙間、小さい穴、異物、押し潰し等）のないものであるとき、プリフォーム製品もまた、滑らかで欠陥がないであろう。上述したように、開始基板の軸端面は、好ましくは、実質的に平ら（実質的に平面の）である。いくつかの実施形態では、開始基板の軸端面は、プリフォーム回転軸に相対的に半径方向に平らな表面を有する。

【0035】

[036]堆積される材料は、任意の適切な材料、好ましくは、任意の適切な金属またはその合金を含み得る。いくつかの実施形態では、材料は、チタン、銅、アルミニウム、鉄またはその合金のうちの少なくとも1つを含む。着目した1つの特定の金属合金は、合金Ti-6Al-4Vである。この材料は、好ましくは、本発明の製法を用いたプリフォームとして、生産される。プリフォーム製品は、好ましくは、生産されて、少なくとも80%の密度、好ましくは少なくとも90%の密度、より好ましくは95%の密度を有する。生

10

20

30

40

50

産されたときのプリフォームの密度は、ある程度材料依存であることを理解されたい。いくつかの実施形態では、材料は、セラミックまたはガラスを含む。他の実施形態では、少なくとも2つの異なる金属の合成物からなる、または少なくとも1つの金属と少なくとも1つのセラミックの混合物からなるプリフォームが作られ得る。例えば、2つ以上の異なる粉末の混合のまたは混成の粒子（2つ以上の材料からなる粒子）が、供給材料として用いられ得る。

【0036】

[037]いくつかの実施形態では、コールドスプレーすることによって加えられる合成物は、生産されるプリフォームの長さに沿って変化させられ得る。これは、製品特性の面でフレキシビリティを提供し得る。例えば、反対の軸端で異なる溶接特性をもつ、長い棒や棒のような金属のプリフォームは、それらの異なる端の間で合成物を変化させることによって生産され得る。あるいは、プリフォーム属性（例えば、熱膨張係数）における変化は、プリフォームの長さに沿うのが望まれ、プリフォーム合成物は、それに従って変化させられ得る。このように、プリフォームは、異なる材料の個別の長さを含み得、または、プリフォームの合成物は、プリフォームの長さに沿って徐々に変化させられ得、または、プリフォームは、これらの配合の組合せを含み得る。

10

【0037】

[038]プリフォームが複数の材料から製造される場合は、異なる材料の適合性が考慮されなければならない。2つ以上の提案された材料が、どこか（例えば、整合性/結合性）不適合であるなら、相互に適合する材料の1つまたは複数の領域によって不適合な材料を分離する必要がある場合もある。あるいは、プリフォームは、使用される材料の間での任意の不適合問題を軽減するために1つの材料から次への合成物における徐々の変化があるように、製造され得る。

20

【0038】

[039]いかなる適切な粒子/粉末も、本発明の製法に用いられ得る。使用される粉末/粒子およびその属性は、特定のプリフォーム製品のための、所望の属性、合成物および/または経済性を満たすように、典型的には選択されるであろう。典型的には、コールドスプレーすることによって加えられる粒子の大きさは、15から30ミクロンの優位性のある粒子サイズを含む5から45ミクロンである。しかし、粒子サイズは、使用される粉末の供給源や仕様に依存して変化し得ることを理解されたい。同様に、より大きな粒子もまた、例えば約150ミクロンにも及ぶ粒子サイズが、いくつかの応用において使用され得る。当業者は、粉末の形態および形成されるべきプリフォームの特性に基づいて、使用すべき最適な粒子サイズまたは粒子サイズ分布を決定することができるであろう。本発明において使用に適する粒子は、商業的に入手可能である。

30

【0039】

[040]コールドスプレーされる粒子の平均のサイズは、材料の結果として生ずる層堆積の密度に影響を与え、したがって形成されるプリフォームの密度に影響を与えようであることを理解されたい。好ましくは、堆積は、均一な密度で、欠陥、接続したマイクロボイド（リーク）等がない、なぜなら、そのような存在は、結果として生ずるプリフォームの品質に有害であり得るからである。いくつかの実施形態では、ビレットは、一般的にはスプレーされた粒子と同じスケールである孔を有する。孔は、好ましくは、プリフォーム全体に亘って均一な集中度である。

40

【0040】

[041]本発明の方法の実施のために用いられる装置は、従来の形態でありそうであり、そのような装置は、商業的に入手可能かまたは個々に構築される。大まかに言えば、コールドスプレーすることによって用いられる装置の基礎は、その内容はこの引用によって本明細書に組み入れられていることが理解されるが、米国特許第5,302,414号に記載され図示されている。いくつかの商業的に入手可能なコールドスプレー装置が、入手可能である。本発明は、1つのまたはある特定の型式のコールドスプレーシステムまたは装置に限定されず、広範なコールドスプレーシステムおよび装置を使用することによって実施され

50

得ることを理解されたい。

【0041】

[042] コールドスプレーアプリータおよびそれを備えるコールドスプレー装置は、いくつかの要素を含み得る。いくつかの実施形態では、開始基板は、例えばフィードスルーチャックのような、クランプチャック等を含む取付け構造を用いてプリフォーム回転軸の回りに保持される。取付け構造は、また、動作中に開始基板および/または製品プリフォームがその上に係合するかまたはそうでなければ支持され得る、少なくとも1つの台、ベアリングまたはローラを好ましくは含む。取付け構造は、また、プリフォーム回転軸の回りに開始基板を保持する取付け構造の少なくとも部分の回転を駆動するプリフォーム回転軸の回りで駆動アームに動作可能なように接続され得る。いくつかの実施形態では、取付け構造は、また、プリフォーム回転軸に沿って軸方向に開始基板を保持する取付け構造の少なくとも部分の動きを作動させる駆動アームに動作可能に接続される。例えば、開始基板は、チャックまたは他の標準的クランプ装置を用いて適当な位置に係止され得、そして、旋盤は、開始基板の端面でチャックの回転の軸に相対的に半径方向に動かされる堆積と共にチャックを回転させるために用いられ得る。この場合、ノズルの半径方向の動きと組み合わせられたチャックの回転が、プリフォームを生産するために開始基板の軸端面上の堆積の形成に参与している。複数のノズルが、かなりの長さおよび/または直径のコールドスプレーするプリフォームのためのタンデムに使用され得る。複数のノズルの使用は、また、製造プロセスを高速度化し得る。

10

【0042】

[043] コールドスプレーする製法のための作動パラメータが、所望の特性（密度、表面仕上げ等）をもつプリフォームを達成するために操作され得る。このように、温度、圧力、スタンドオフ（コールドスプレーするノズルとコートされるべき開始基板表面との間の間隔）、粉末送り込み速度および開始基板とコールドスプレーするノズルの相対的動きのようなパラメータは、必要に応じて調整され得る。一般的に、粒子のサイズと分布が小さいほど、開始基板の表面に形成される層がより高密度である。より大きな粒子速度とより高密度な微細構造を達成するために、より高い圧力とより高い温度が用いられることを可能とする、または粒子を予熱することを可能とするために用いられるコールドスプレー装置を適合させることが適切であることがある。

20

【0043】

[044] 本発明の製法は、チタン粉末の、丸い棒またはプリフォームの形状の金属体への直接変換を可能とする。よって、安価なチタン粉末の出現で、本発明の製法は、ピレットのような主要なミルプロダクト（mill products）、この場合、円板、長い棒または棒のようなプリフォームの形状で、生産するための経済的な魅力的選択肢を提供し得る。

30

【0044】

[045] 本発明は、また、微細粒子、好ましくは大規模に超微細粒子化された材料を生産するための実際的な方法を提供する。この際、スプレーされた粒子の微細構造は、コールドスプレー製法を通して実質的に維持されおよび/または洗練される。したがって、プリフォームは、微細から超微細粒子を含む微細構造を有し得る。そのような微細構造は、それがそのプリフォームの望ましい属性を伝達するため、プリフォーム材料において望ましい。

40

【0045】

[046] 本発明は、本発明の特定の好ましい実施形態を表す、添付の図面の図を参照して以下に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】 [047] 本発明のコールドスプレー製法の一実施形態の開始の概略図である。

【図2】 [048] 開始基板上に堆積されたプリフォーム製品を有する、図1に示されたコールドスプレー製法の一実施形態の概略図である。

50

【図 3】[049]本発明の一実施形態に基づく、2つの点を用いてプリフォームを形成するために用いられるコールドスプレー堆積パターンの概略図であり(A)、そのパターンで動くときの瞬間ノズル速度の図である(B)。

【図 4】[050]さらなる、本発明のある一実施形態に基づく、2つの点を用いてプリフォームを形成するために用いられるコールドスプレー堆積パターンの概略図であり(A)、そのパターンで動くときの瞬間ノズル速度の図である(B)。

【図 5】[051]本発明の一実施形態に基づく、4つの点を用いてプリフォームを形成するために用いられるコールドスプレー堆積パターンの概略図であり(A)、そのパターンで動くときの瞬間ノズル速度の図である(B)。

【図 6】[052]本発明に基づくスプレー法を用いて作られた開始基板に付着されたTi-6Al-4Vプリフォームの写真を提供する。

【図 7】[053]本発明に基づくスプレー法を用いて作られたチタン合金Ti-6Al-4Vプリフォームの写真を提供する。開始基板は、プリフォームの底から切断され最上の面が機械加工されている。

【図 8】[054]純チタンプリフォームの光学顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

[055]本発明は、コールドスプレー技術を用いて、材料の円板、長い棒、棒、円錐のようなプリフォームを形成するための製法を提供する。

[056]コールドスプレーすることは、表面にコーティングを加えるために用いられているよく知られた製法である。大まかに言えば、この製法は、粒子(金属および/または非金属)を、その後このガスを超音速の速度に加速させる収束/転換ノズルを通過させられる高圧力ガスの流れの中に送り込むこと、または、粒子をノズルスロートの後超音速ガス流の中に送り込むことを伴う。そして、粒子は、堆積されるべき表面に向けられる。製法は、基板表面上の粒子の衝突の結果形成されるコーティングを用いて、基板および堆積されるべき粒子の溶融点より低い、比較的低い温度で実施される。製法は、比較的低い温度で起こることによって、コーティングされている表面およびコーティングを作り上げる粒子への、熱力学的、熱的および/または化学的効果を、減少させまたは回避させることを可能とする。これは、粒子の始めの構成または属性が、そうでなければ、プラズマ、HVOF、アーク、ガスフレームスプレーまたは他の溶射製法のような高温コーティング製法に関連付けられ得る、相転換等なしに、保存され得ることを意味する。コールドスプレーの基礎原理、装置および方法は、例えば、米国特許第5,302,414号に記載され、その内容はこの参照によって本明細書に組み込まれることが理解される。

【0048】

[057]本発明において、コールドスプレー技術は、開始基板の軸端面上にプリフォーム構造を形成するために用いられる。そして、開始基板は、初期プリフォーム製品を生産するために、取り除かれ得る。

【0049】

[058]図1は、本発明に基づくプリフォームを形成するための1つの装置100の基本的な概略図を表す。この実施形態では、開始する基板は、開始基板130の形状で、その上に製品プリフォーム132(図2)がスプレーされる表面を提供するために始めに用いられる。ここに表された開始基板130は、生産されているプリフォーム132の所望の外側直径とおおよそ同じである外側直径をもつ丸い棒である。しかし、開始基板は、任意の適切な、形状、構成または直径、そして特に生産されているプリフォーム製品132の直径と少なくとも同じ直径であり得ることを理解されたい。開始基板130は、その上動作の間コールドスプレー材料が堆積される、実質的に平らな堆積表面136をもつ軸上の堆積端135を有する。

【0050】

[059]開始基板130は、取付け構造134を用いて、装置100内に、プリフォーム回転軸X-Xの回りに据え付けられ保持される。図1または図2に詳細には示されていない

10

20

30

40

50

いけれども、この取付け構造 134 は、適切なクランプまたはチャック型構造、これらのいくつかが現在商業的に入手可能であり得る。模範的な実施形態では、開始基板 130 は、プリフォーム回転軸 X - X チャック、好ましくはフィードスルーチャックの回りに保持される。図には表されてはいないけれども、取付け構造 134 は、また、装置 100 の動作の間、その上に開始基板 130 および / または製品プリフォーム 132 が係止する、運ぶまたはさもなければ支持され得る 1 つまたは複数の台、ベアリングまたはローラを含む。

【0051】

[060] 取付け構造 134 の少なくとも部分は、矢印 R の方向に軸 X - X の回りに開始基板 130 の回転を次々に駆動する、プリフォーム回転軸 X - X の回りに動作可能なように駆動される。駆動輪、ターンテーブル、旋盤配置等を含むが限定されない、いくつかの取付け回転構造が、可能である。一実施形態では、開始基板 130 は、旋盤に装着されたチャックおよびそのチャックを回転するために用いられるその旋盤を用いて正しい場所に係止され得る。

10

【0052】

[061] 開始基板 130 が取付け構造に据え付けられると、開始基板 130 は、プリフォーム回転軸 X - X の回りに回転させられる。コールドスプレーアプリケーションが、この場合コールドスプレーガン 140 が、開始基板 130 の堆積表面 136 上に所望の材料をスプレーするために用いられる。理解されるように、コールドスプレーガン 140 は、それを通して材料がスプレーされ堆積表面 136 上にスプレーノズル 144 で向けられるノズル 142 を有する。コールドスプレーガン 140 は、不活性キャリアガスと材料送り込み粒子の供給源をノズル 142 に供する。コールドスプレーガン 140 と装着されたノズル 142 は、従来の形態でありそうであり、大まかに言えば、装置の基礎は、米国特許第 5,302,414 号に記載され図示されているようなものである。材料粒子は、キャリアガスに寄せられ、キャリアガスと粒子は、音速の速度に加速される。したがって、ノズル 142 を出たスプレー 144 は、キャリアガスのジェットと寄せられた材料粒子を含む。

20

【0053】

[062] コールドスプレーガン 140 と関連付けられたコールドスプレーシステムは、この製法に一般的なガス、例えば窒素または空気、の何れかを用いて動作され得る。ヘリウムは、より大きな粒子の加速を提供するため、時々用いられる。例えば、受け入れ可能な結果は、窒素を用いてチタンとその合金によって達成され得る。しかし、粒子を用いた可能な反応が関心事である場合、アルゴンが有用な代替であり得る。

30

【0054】

[063] コールドスプレーガン 140 は、ロボットアーム 146 によって、3次元軸 (X、Y と Z 軸それぞれ) の回りに動くように制御される。しかし、コールドスプレーガン 140 は、リニアアクチュエータまたは他の手段を含む、任意の適切な手段によって、動かされ得ることが理解される。スプレー印加に先立って、ノズル 142 の端 148 は、堆積表面 136 から適切な堆積距離 D にもってこられる。堆積距離は、堆積表面 136 上の所望の堆積パターンを提供するために、好ましくは、10 から 50 mm、より好ましくは 20 から 30 mm (コールドスプレーガン 140 に依存して) である。

40

【0055】

[064] ノズル 142 からの材料粒子のスプレーすることは、ノズル 142 が堆積表面 136 から要求される堆積距離 D に位置決めされたときに、開始される。ロボットアーム 146 は、開始基板 130 の堆積表面 136 上に材料をコールドスプレーするために、プリフォーム回転軸 X - X に相対的に、コールドスプレーガン 140 とノズル 142 を (図 1 と図 2 に示された X と Y 軸の回りに) 半径方向に動かすために用いられる。この場合、ノズル 142 の半径方向の動きと組み合わされた開始基板 130 の回転は、開始基板 130 の堆積表面 136 上の堆積の形成のための主要因である。図 2 に示されたように、いくつかのスプレーパターンが、製品プリフォーム 132 を形成する材料の各堆積層 137 を形成するために用いられ得る。いくつかの適切なスプレーパターンの例は、以下にさらに詳

50

しく記載されている。

【0056】

[065] コールドスプレーガン140とノズル142は、開始基板130の堆積表面136上の最初の堆積層をスプレーするために用いられる。堆積表面136上のスプレーされた粒子は、堆積表面136の一部の上に結合する。開始基板130の位置は、ノズル148の端と軸上の堆積端135の最上のスプレー層137との間の一定の間隔Dを維持するために、開始基板を軸X-Xまたはノズル142に沿ってまたは双方に沿って動かす何れかによって、プリフォーム回転軸X-Xに沿って、ノズル142に相対的に、動かされる。そして、スプレーガン140は、軸上の堆積端135上の材料の最上のスプレー層137上に材料の他の層を堆積して製品プリフォーム132の長さを延ばすように、動作させられる。

10

【0057】

[066] いくつかの実施形態では、開始基板130と製品プリフォーム132は、軸X-Xに沿う縦の方向に、コールドスプレーノズル142から離れて、フィードスルーチャックを通してゆっくりと送り込まれることによって、プリフォームが成長するとき、ノズル端148とプリフォームの平らな表面(堆積表面136)との間で、一定の間隔が維持される。他の実施形態では、スプレーガン140とノズル142は、軸X-Xに沿って縦の方向に、製品プリフォーム132の軸上の堆積端135と開始基板130から離れて、動かされる。さらに他の実施形態では、上述した2つの動きの組合せが用いられる。

【0058】

[067] 矢印S(図2)の方向におけるプリフォーム132および/または矢印T(図2)の方向におけるスプレーガン140の動きは、製品プリフォーム132の各層を形成するために要求される粒子の速度に等しい遅い速度で連続的に実行される。このように、製品プリフォーム132は、連続的に形成され、任意の所望の長さにも形成され得る。

20

【0059】

[068] 新たに堆積された材料は、製品プリフォーム132が全断面領域に亘って一定の速度で成長するようにするために、軸上の堆積端135上の材料の最上の層137上の各コールドスプレー堆積の間、実質的に平らな表面を絶えず維持するべきである。この平らな表面は、以下に記載された、スプレーパターンと方法を用いて維持される。

【0060】

[069] 形成されたプリフォーム132の所望の長さに達したとき、開始基板130は、形成されたプリフォーム132の残材から取り除かれる。開始基板130からのプリフォーム132の分離は、切断、割断、切断、破断、剪断、切断等のような機械的なものを含む、任意の適切な手段によって、または、開始基板の溶解、溶融、蒸発等を含む、他の手段によって、達成され得る。

30

【0061】

[070] 前述の通り、製品プリフォーム132は、軸上の堆積端135上の材料の最上の層137上の各コールドスプレー堆積の間、新たに堆積される材料が平らな表面を維持するために、全断面領域に亘って一定の速度で成長すべきである。この平らな表面は、プリフォーム回転軸X-Xから任意の半径方向の距離でのコールドスプレーノズル142によって費やされる時間の量が、ノズル142(ノズル142の軸N-N(図1と2)に沿って半径方向の中心としてとられた)からプリフォーム回転軸X-Xまでの半径方向の間隔に比例するスプレーパターンを用いて、維持される。これらのスプレーパターンにおいて、ノズル142を通した粉末/粒子の送り込み速度は、実質的に一定であり、開始基板の回転速度と付着された製品プリフォームの回転速度は、実質的に一定である。

40

【0062】

[071] この上記の条件は、無数の異なるスプレー法によって、満たされ得る。以下の3つのスプレーパターンは、上記条件に適合し得るスプレーパターンの非制限的な例を提供する。しかし、本発明は、これらのスプレーパターンに限定されないこと、そして、さまざまな他のスプレーパターンが可能であることを理解されたい。各例では、ノズル142

50

の動きは、多軸ロボットアームによって制御され得る。

【0063】

スプレー法1

[072]図3(A)に示されているように、スプレー法1では、ノズル142は、2つの点、点Aと点B1との間で行ったり来たり動かされる。点Aは、プリフォーム132の端にあり、点B1は、プリフォーム132の中央に近くかまたはプリフォーム132の中央にある。端135に亘って動くノズル142の瞬間速度は、ノズル142の端143からプリフォーム回転軸X-Xまでの間隔に反比例するように制御される。図3(B)に示されているように、ノズル142の速度は、このゆえに、点A近くでのノズルの速度に相対的に、点B1近くで大きい。

10

【0064】

スプレー法2

[073]図4(A)に示されているように、スプレー法2で、ノズル142は、2つの点、点Aと点B2との間で行ったり来たり動かされる。点Aと点B2の双方は、プリフォーム132の端に、通常反対側にある。端135に亘って動くノズル142の瞬間速度は、ノズル142からプリフォーム回転軸X-Xまでの間隔に反比例するように制御される。図4(B)に示されているように、点Aから点B2に向かってまたは点B2から点Aに向かって動くとき、ノズル142の速度は、始め増加し、プリフォーム回転軸X-Xに最も近い点(点C、これは、点Aと点Bから等距離である)で最大に達し、そして減少する。

20

【0065】

スプレー法3

[074]図5(A)に示されているように、スプレー法3では、4つの点、点A、B、CとDが用いられ、ノズル142は、これらの間で長方形パスをたどる。点AとBは、点CとDに対してプリフォーム132の反対端にある。例えば0.5から10mmの、点Aから点Bを隔てる小さい距離があり、そして、点Cを点Dから隔てる同等に小さい距離がある。点Aから点Bに、そして同様に点Cから点Dに動く際、端135に亘って動くノズル142の瞬間速度は、ノズル142の端143からプリフォーム回転軸X-Xまでの間隔に反比例するように制御される。相対的に速いノズルの動きが、点Bから点Cへの動きの際におよび点Dから点Aの動きの際に、用いられ得る。

30

【0066】

[075]厳密に言えば、瞬間ノズル速度は、プリフォーム回転軸X-Xへの間隔に反比例する場合、ノズル142は、無限大の速度でプリフォーム回転軸X-Xを交差するしかないであろうことを、理解されたい。実際は、最大速度を制限することが許容可能であることわかるため、プリフォーム132の中央での堆積速度は、より大きい直径におけるよりも実質的により大きくない。いくつかの実施形態では、図3(A)、図4(A)と図5(A)に示されているように例えば0.5から10mmの、小さい距離だけノズル142の動きをずれさせることによって、ノズル142がプリフォーム回転軸X-Xを横切ることが防ぐことが、好ましいこともある。スプレービームは、ノズル設計に主として依存する幾分のビームに開きを一般的に示す。例えば、円形の断面をもつノズル142は、基板表面上に円形のスポットパターンを生成する。したがって、スプレービーム144の端での粒子は、このゆえに、プリフォーム132の中央部分を「fill in(埋める)」はずである。

40

【0067】

[076]ノズル142は、通常プリフォーム回転軸X-Xに平行かまたはおおよそ平行に揃えられる。いくつかの実施形態では、ノズル142がプリフォーム132の端150(図3と図4)に近づく度に、プリフォーム回転軸X-Xに対してノズル142の角度を変化させることがまた必要であることもある。ここで、コールドスプレーノズル142は、方向転換させられるため、プリフォーム回転軸X-X(およびプリフォーム132の中央)に向かって、内側に揃えられる。この技術は、プリフォーム132の端150の成長を制御するために用いられるため、それは、一定の直径を維持する。

50

【 0 0 6 8 】

スプレー法 4

[077]図示はされていないが、第4のスプレー法は、開始基板130がプリフォーム軸X-Xの回りに回転している間の螺旋パターンでのノズル142の動きを含む。この実施形態では、ノズル142は、いくつかの実施形態では、ロボットによって、実質的に一定の速度で、動かされ得る。

【 0 0 6 9 】

スプレー法 5

[078]スプレー法1、2または3の何れかおよび他の追加の方法が、改変され得るため、プリフォーム回転軸X-Xに対する間隔に反比例するノズル速度に替えて、プリフォーム回転軸X-Xの回りの開始基板130と製品プリフォーム132の回転速度が、ノズル142の、回転軸X-Xからの半径方向の間隔の関数として変化する。理解されるように、これは、また、ノズル148と堆積表面136との間の瞬間速度も変化させる。そのような実施形態では、ロボットによって動かされるようなノズル142の動きの速度は、実質的に一定に保持され得る。

10

【 0 0 7 0 】

例

[079]以下の例における本発明の実施形態の記載は、チタン合金粒子から丸いチタン合金プリフォームを生産することにおいてのものである。しかし、本発明は、さまざまな金属とその合金のプリフォームの生産を可能とし、この記載は、この実施形態を、チタン合金プリフォームのみを生産することに限定するように解釈されるべきではない。

20

【 0 0 7 1 】

例 1

[080]上に記載され表された装置100は、Ti-6Al-4V合金プリフォームを作るために用いられた。用いられたコールドスプレーシステムと条件は、次のようなものであった。

- ・コールドスプレー装置：CGT Kinetics 4000システム
- ・コールドスプレーガンの動きを制御するためのロボットアーム：ABB IRB 2600
- ・超音速ノズルの数：1
- ・回転据え付け：回転ヘッドをもつ旋盤
- ・旋盤速度1000rpm
- ・スタンドオフ：30mm
- ・スプレー角度：全てのときにおいて、表面に垂直
- ・ガス：窒素
- ・ガスよどみ点温度：800
- ・ガスよどみ点圧力：3.5MPa
- ・粉末送り込み速度：21.4g/分
- ・ロボット移動速度範囲：7~163mm/秒

30

【 0 0 7 2 】

[081]供給材料粉末は、ガス噴霧によって製造されたTi-6Al-4Vである。開始基板は、アルミニウム円板であった。

40

【 0 0 7 3 】

[082]Ti-6Al-4Vプリフォームは、上記のようにスプレー法3を用いて作られた。プリフォームを導入する際、スプレーガン140のノズル142の端144と端135の最上の層137との間の間隔Dは、図5に示されたパスの各繰り返しに対し開始基板から0.3mm離してスプレーする間、矢印T(図2)の方向に後方に向かってスプレーガン140をゆっくり動かすことによって、維持され、堆積の成長を可能とした。スプレー堆積が終了させられると、開始プリフォームは、生産された丸い円板の端から切り離された。

50

【 0 0 7 4 】

[083] 図 6 は、装着されたアルミニウム開始基板を用いてスプレーした後の Ti - 6 Al - 4 V プリフォームと開始基板の写真を示す。

例 2

[084] 上に記載され表された装置 1 0 0 は、Ti - 6 Al - 4 V 合金プリフォームを作るために用いられた。用いたコールドスプレーシステムと条件は、次のようなものであった。

- ・コールドスプレー装置：Plasma Giken PCS - 1 0 0 0
- ・コールドスプレーガンの動きを制御するためのロボットアーム：ABB IRB 4 6 0 0
- ・超音速ノズルの数：1
- ・回転据え付け：回転ヘッドをもつ旋盤
- ・旋盤速度 5 0 0 r p m
- ・Stand - off：2 0 m m
- ・スプレー角度：全てのときにおいて表面に垂直
- ・ガス：窒素
- ・ガスよどみ点温度：9 0 0
- ・ガスよどみ点圧力：5 . 0 M P a
- ・粉末送り込み速度：4 1 . 3 g / 分
- ・ロボット移動速度範囲：2 ~ 6 3 m m / 秒

10

20

【 0 0 7 5 】

[085] 供給材料粉末は、ガス噴霧によって製造された Ti - 6 Al - 4 V である。開始基板は、アルミニウム円板であった。

【 0 0 7 6 】

[086] 例 1 と同様に、Ti - 6 Al - 4 V プリフォームは、上記のようにスプレー法 3 を用いて作られた。プリフォームを導入する際、スプレーガン 1 4 0 のノズル 1 4 2 の端 1 4 4 と端 1 3 5 の最上の層 1 3 7 との間の間隔 D は、図 5 に示されたパスの各繰り返しに対し開始基板から 1 . 0 m m 離してスプレーする間、矢印 T (図 2) の方向に後方に向かってスプレーガン 1 4 0 をゆっくり動かすことによって、維持され、堆積の成長を可能とした。

30

【 0 0 7 7 】

[087] コールドスプレーに続いて、チタン堆積が、旋盤において切断することによってアルミニウム開始円板から切り離された。表面の粗い材料は、機械加工によって取り除かれ、図 7 に示された形状となった。このプリフォームの機械加工された面 (図 7) から、中実な金属プリフォームが作られたことは、明白である。

【 0 0 7 8 】

例 3

[088] 上に記載され表された装置は、さらに短い純チタンプリフォームを作るために用いられた。装置とスプレー条件は、以下を除いて例 1 と同じであった。

- ・旋盤速度 5 0 0 r p m
- ・粉末送り込み速度：1 3 . 9 g / 分
- ・ロボット移動速度範囲：2 ~ 8 0 m m / 秒
- ・ノズルは、図 5 に示されたパスの各繰り返しに対し開始基板から 0 . 7 m m 離れて動かされて堆積の成長を可能とした。

40

【 0 0 7 9 】

[089] この例では、供給材料粉末は、水素化脱水素製法 (h y d r i d e - d e h y d r i d e p r o c e s s) によって製造された工業用純チタン粉末であった。さらに、円板形状のチタンプリフォームは、図 6 と図 7 に示されたプリフォームと同様の構成をもって作られた。

【 0 0 8 0 】

50

[090] コールドスプレーに続いて、チタン堆積が、旋盤において切断によってアルミニウム開始円板から切り離された。表面の粗い材料は、機械加工によって取り除かれ、直径73.9 mmで厚さ8.6 mmの円板となった。そして、切片が、この円板から切り取られ、そして、この薄片は、さらに、断面され、エポキシ樹脂にコールドマウントされて、標準金属技術 (standard metallographic techniques) を用いて研磨された。

【0081】

[091] 図8は、光学顕微鏡を用いて撮られた写真からエッチングされていない微細構造を示す。孔は、粒子(図8における黒)の間に見られることができる。孔の集中と分布は、円板のすみからすみまで非常に均一であった。ポロシティが、図8のような顕微鏡写真のデジタル画像分析によって、円板の中心からの一連の半径方向の間隔において、測定された。各間隔において、測定は、統計的平均を得るために5つの顕微鏡写真からとられた。結果は、表1に示されているが、ポロシティの範囲がすみからすみまで4.6~7.0%であることを示している。

10

【0082】

[092] 表1：代表的なTiプリフォームサンプルに対するポロシティ測定

【0083】

【表1】

回転軸からの間隔 (mm)	測定されたポロシティ (%)
0	5.3 ± 0.2
7	4.6 ± 0.2
12	4.6 ± 0.1
20	6.6 ± 0.3
27	5.9 ± 0.2
34	7.0 ± 0.1

20

30

【0084】

例4

[093] 上に記載され表された装置100は、銅の、円板形状のプリフォームを作るために用いられた。純、<200メッシュ銅粉末が、供給材料として用いられた。開始基板は、アルミニウム円板であった。用いられたコールドスプレーシステムと条件は、以下を除いて例1と同じであった。

【0085】

- ・ 旋盤速度 500 rpm
- ・ ガスよどみ点温度：600
- ・ ガスよどみ点圧力：3.5 MPa
- ・ 粉末送り込み速度：52.4 g / 分
- ・ ロボット移動速度範囲：2 ~ 60 mm / 秒

40

[094] スプレーの直前直後の粉末送り込み機の重さ測定から、885 gの粉末が使われたと決定された。銅堆積によって開始円板に加えられた重さは、823 gであった。これらの2つの値から、堆積効率は93.1%であったと結論づけられ得る。

【0086】

[095] コールドスプレーに続いて、直径82.3 mmで厚さ11.7 mmをもつ丸い円板が、機械加工された。円板の重さは、551.43 gであった、これは、8.86 g / cm³の密度、または銅の理論的密度の98.9%を与える。

50

【 0 0 8 7 】

[096]例および付随する記載は、円形の断面をもつプリフォームのみを示しているが、楕円のような非対称の円形形状が、開始基板と形成されたプリフォーム製品の回転の動きをスプレーノズルの水平の動きと同期させることによって、生成されることが、理解される。同様に、材料が堆積されていない、隙間または中空もまた、コールドスプレーアプリケーションのスプレーパターンにおいて非堆積の領域またはゾーンをビレットに導入することによって、導入されることも、理解される。

【 0 0 8 8 】

[097]同様に、例および付随する記載は、実質的に一定の断面をもつプリフォームのみを示しているが、プリフォームはまた、円錐形状、円錐断面または階段またはテーパ（より大きい直径からより小さい直径に）の形状のような、変化するまたは一定ではない直径をもって、形成されることもできることが、理解される。

10

【 0 0 8 9 】

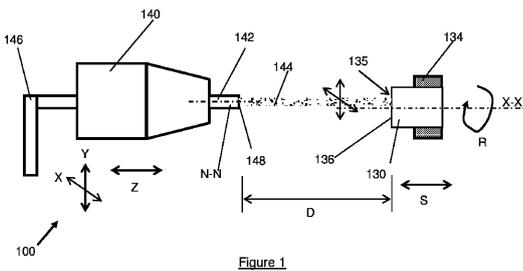
[098]当業者は、ここに記載された本発明が、特に記載された変形や改変以外の変形や改変が可能であることを、理解するであろう。本発明は、本発明の趣旨および範囲内に入る全てのそのような変形や改変を含むことが理解される。

【 0 0 9 0 】

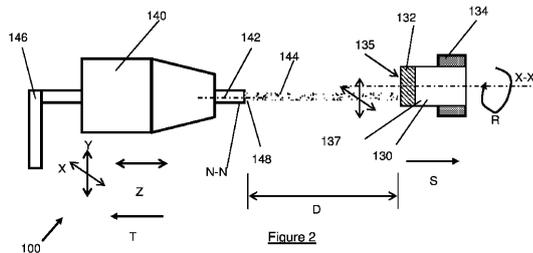
[099]この明細書（特許請求の範囲を含む）において、用語「comprise（含む、有する）」、「comprises」、「comprised」または「comprising」が使われているところでは、これらは、述べられている特徴、整数、ステップまたは構成要素の存在を特定するように解釈されるが、1つまたは複数の他の特徴、整数、ステップ、要素またはそのグループの存在を排除しない。

20

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

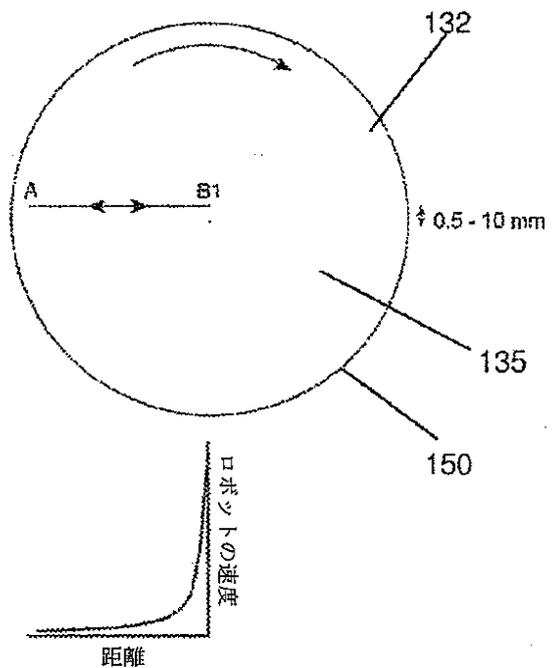


Figure 3

【 図 4 】

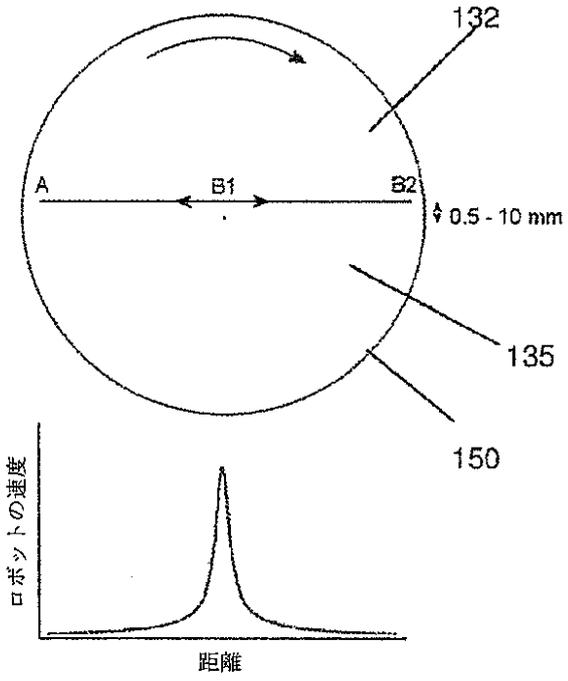


Figure 4

【 図 5 】

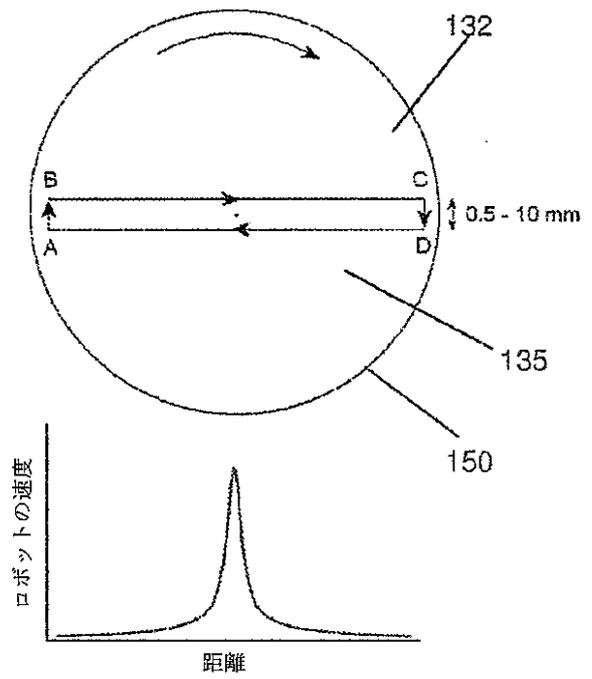


Figure 5

【 図 6 】

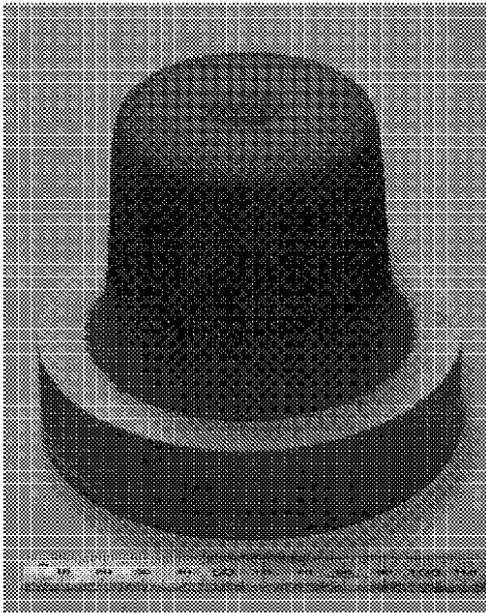


Figure 6

【 図 7 】

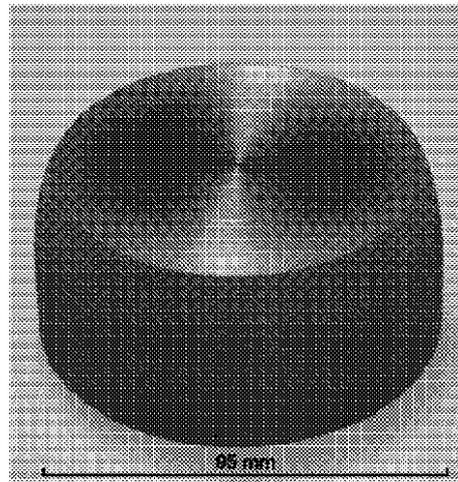


Figure 7

【 図 8 】

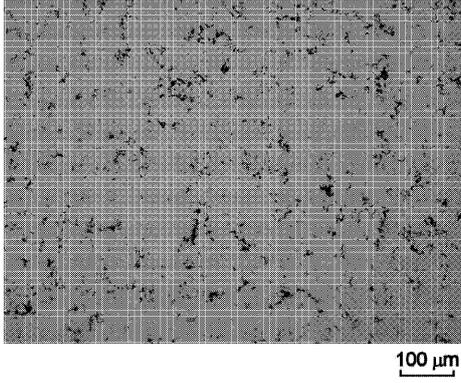


Figure 8

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/AU2015/050168
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B05B 13/04 (2006.01) B05B 7/14 (2006.01) B22F 3/115 (2006.01) C23C 24/04 (2006.01) C23C 4/16 (2006.01)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI and EPODOC; IPC and CPC: B22F3/115, B05B7/14, B05B13/04, C23C24/00, C23C24/04, B22F5/06, C23C4/06, C23C4/16, B22D11/00, B23K20/LOW using keywords such as: cold spray, rotate, substrate, applicator and their similar keywords. Google Patents, Espacenet, AusPat, Google Scholar, Science Direct were searched using keywords such as: cold spray, movable, substrate, applicator and their similar keywords; also searched applicant/inventor/competitor: CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Zahiri, Jahedi and Christian Antonio, King, Peter Christopher, Urban, Andrew Joseph. Applicant(s)/Inventor(s) name: CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; Zahiri, Jahedi, Christian Antonio, King, Peter Christopher, Urban, Andrew Joseph and searched in internal databases provided by IP Australia.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	Documents are listed in the continuation of Box C	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 8 July 2015	Date of mailing of the international search report 08 July 2015	
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA Email address: pct@ipaustalia.gov.au	Authorised officer Abdulla Al-Motin AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No. 0262837965	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No.
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		PCT/AU2015/050168
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 202849544 U (LIU SHAODONG) 03 April 2013 (Abstract, claims 1-5, figures 1-4; English translation obtained from the Google Patents.)	27
A	(Abstract, claims 1-5, figures 1-4; English translation obtained from the Google Patents.)	1-26
X	US 2011/0078896 A1 (CALLA et al.) 07 April 2011 (Abstract, claims 1-14)	27
A	(Abstract, claims 1-14)	1-26
X	US 2009/0301328 A1 (ZAHIRI et al.) 10 December 2009 (Abstract, claims 1-17)	27
A	(Abstract, claims 1-17)	1-26
A	RU 2075535 C1 (INSTITUT TEORETICHESKOJ I PRIKLADNOJ MEKHANIKI SORAN) 20 March 1997 English abstract obtained from EPOQUE	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No.	
Information on patent family members		PCT/AU2015/050168	
This Annex lists known patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.			
Patent Document/s Cited in Search Report		Patent Family Member/s	
Publication Number	Publication Date	Publication Number	Publication Date
CN 202849544 U	03 April 2013	None	
US 2011/0078896 A1	07 April 2011	US 8261444 B2	11 Sep 2012
		CH 701998 A2	15 Apr 2011
		DE 102010037690 A1	21 Apr 2011
		GB 2474345 A	13 Apr 2011
		GB 2474345 B	03 Jun 2015
		JP 2011080463 A	21 Apr 2011
		US 2012272523 A1	01 Nov 2012
US 2009/0301328 A1	10 December 2009	AU 2006326928 A1	28 Jun 2007
		AU 2006326928 B2	19 Apr 2012
		EP 1968795 A1	17 Sep 2008
		EP 1968795 B1	22 Feb 2012
		WO 2007070939 A1	28 Jun 2007
RU 2075535 C1	20 March 1997		
End of Annex			
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001. Form PCT/ISA/210 (Family Annex)(July 2009)			

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72) 発明者 キング, ピーター・クリストファー
オーストラリア国ヴィクトリア 3 1 4 7, アシュウッド, ハンティングデール・ロード 1 0 9

(72) 発明者 グリジア, ステファン
オーストラリア国ヴィクトリア 3 0 3 0, ワラビー, ウィローツリー・ドライブ 6

(72) 発明者 アーバン, アンドリュウ・ジョセフ
オーストラリア国ヴィクトリア 3 2 0 4, オーモンド, マレーネ・ストリート 8

(72) 発明者 バーンズ, ジョン・エドワード
オーストラリア国ヴィクトリア 3 1 4 5, マルヴァーン・イースト, カーファード・ストリート
4 3

Fターム(参考) 4K018 BA03 CA41 JA21 KA70
4K044 AA02 AA06 AB02 AB04 BA02 BA06 BB01 CA21

【要約の続き】

さのプリフォーム製品を形成する、動かすステップとを含み、コールドスプレーアプリーケータが、プリフォームの回転軸に垂直な平面内で動かされることによって、開始基板の各堆積表面またはプリフォーム製品の製品堆積表面上に、実質的に平らな面として材料を堆積する製法。

【選択図】図7