

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6321670号  
(P6321670)

(45) 発行日 平成30年5月9日(2018.5.9)

(24) 登録日 平成30年4月13日(2018.4.13)

(51) Int.Cl.	F 1
FO2C 7/00	(2006.01)
FO1D 5/28	(2006.01)
FO1D 25/00	(2006.01)
B23P 15/02	(2006.01)
B23P 17/00	(2006.01)
FO2C	7/00
FO1D	5/28
FO2C	7/00
FO2C	7/00
FO1D	25/00

請求項の数 6 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-541219 (P2015-541219)
(86) (22) 出願日	平成25年11月8日 (2013.11.8)
(65) 公表番号	特表2015-536402 (P2015-536402A)
(43) 公表日	平成27年12月21日 (2015.12.21)
(86) 國際出願番号	PCT/FR2013/052695
(87) 國際公開番号	W02014/072661
(87) 國際公開日	平成26年5月15日 (2014.5.15)
審査請求日	平成28年9月9日 (2016.9.9)
(31) 優先権主張番号	1260682
(32) 優先日	平成24年11月9日 (2012.11.9)
(33) 優先権主張国	フランス(FR)
(31) 優先権主張番号	1300071
(32) 優先日	平成25年1月15日 (2013.1.15)
(33) 優先権主張国	フランス(FR)

(73) 特許権者	515122859 メカクローム・フランス ME CACHROME FRANCE フランス国、エフー37403 アンボワ ーズ・セデックス、ペペ20300 リュ ・ドゥ・サン・レグル、ゼッド・イ・ドゥ ・ラ・ボワタルディエール
(74) 代理人	110001508 特許業務法人 津国
(72) 発明者	ドゥ・ポナ、アルノー フランス国、エフー37210 パルセー メレ、リュ・ドゥ・ラ・ピノティエール 22

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】タービン翼を製造するための方法及び装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

チタンとアルミニウムとの合金で作られたエレメントによる金属合金でタービン翼(5 ; 7 ; 28 ; 33)を製造する方法であって、

チタンアルミナイトである合金及び軸を中心として延伸する中実棒材であるエレメントを有する、互いに瓦状である少なくとも2つのブランク(2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11)が、水ジェット(16)切断によって前記棒材(10 ; 34)に同時に作られ、その後、結果として得られた前記ブランク(2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11)の各々が、別々に機械加工されて、最終的な外形で前記翼(5 ; 7 ; 28 ; 33)に至る、

ことを特徴とする方法。

10

## 【請求項 2】

瓦状のブランク(2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11)が、同一かつ互いに面して生産されて、点(9)、直線又は中心平面(9')に対してそれぞれ対称である対をなす、

ことを特徴とする、請求項1記載の方法。

## 【請求項 3】

チタンアルミナイト合金が、-TIA1である、

ことを特徴とする請求項1及び2のいずれか1項記載の方法。

## 【請求項 4】

ブランク(2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11)が、鋳造棒材(10 ; 34)から作られる、

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の方法。

20

**【請求項 5】**

プランク ( 2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11 ) が、押出成形された棒材 ( 10 ; 34 ) から作られる、

ことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の方法。

**【請求項 6】**

プランク ( 2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 11 ) が、円筒形棒材 ( 10 ; 34 ) 、及び / 又は真直面又は凸面のみを含む 1 以上の外面を有する棒材から作られる、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0001】**

本発明は、タービン翼を金属合金で製造するための方法に関する。

**【0002】**

また、そのような方法を実施する製造装置、及び結果として得られる翼に関する。

**【0003】**

航空分野又はエネルギーの分野で用いられる翼又は羽根の分野において、特に重要であるが、それに限られない用途であることが分かる。

**【背景技術】****【0004】**

従来、航空用の翼は、鋳造品又は鍛造品から得られ、これらは部分的に又は完全に再度機械加工されている。

20

**【0005】**

機械加工が部分的のみである場合、特に翼の外形が機械による再機械加工なしに仕上げられた場合、機能できるサイジングを保証するために、ゆがみ取り、成形及び / 又はサイジング作業がその時必須となる。

**【0006】**

小型のタービン翼の場合、開発試作を作るとき、又は最適にするために、もしくは安価で容易に機械加工される材料で作られた翼を生産するために、中実体から機械加工されるとされるレンジが用いられる。

**【0007】**

30

そのような解決方法は、良好な温度耐性を有するが、室温ではきわめて脆弱であるチタンアルミニド ( - Ti Al ) を用いることが望ましい場合に、不利点を有する。

**【0008】**

すなわち、これらの周知の解決方法には、以下の問題点が存在する。

**【0009】**

鍛造された棒材から得られたレンジにおいて、鍛造は、等温状態に近く、かつ比較的低い歪みレート及び高温で実行されることが必要である。そのようなケースでは、ツーリングは高価であり、限られた寿命を有する。

**【0010】**

また、高いスループット率を実現することは困難であり（多種多様な特殊用途の高価な設備を要する）、加えて、高温でサイジングを行うことが要求される。結果として、化学加工によってさらに厚さを取り除いたとしても、このタイプの材料から、完成された外形を有する翼を作り出すことは困難である。

40

**【0011】**

要するに、過剰厚さの鍛造又は押出成形から開始し、続いて機械加工工程を全面に行うことが可能であるが、応力の緩和に関連する変形に対処することを可能にするために、複雑な範囲にわたる機械加工工程、あるいは自己適合する工程範囲の使用が要求される。さらに、鍛造手段を用いることは、少なくとも 3 つの工程ファミリー、すなわち材料の生産、鍛造及び機械加工に、かなり長い製造周期を要する。

**【0012】**

50

管状壁を有するリングからプランクを取ることによってターボ機械の翼を製造するための方法が周知である（欧州特許第1，623，792号）。

#### 【0013】

このようにして鍛造された翼は、不利点を有する。これらの形状寸法は管部に収容されるよう非常に制約される。とりわけ、管が湾曲しているためにねじり／曲げ工程を要し、当該方法では、機械加工によって完成製品を得ることが可能ではない。加えて、翼はそのサイズ、とりわけ厚さに関して制限される。

#### 【0014】

鋳造で得られたレンジのケースでは、鋳造は、真空下又は大気からの保護下で、比較的薄肉の部分に金属が非常にすばやく供給されることを可能にする方法（たとえばスピニングを含む方法）を用いて行われる必要がある。

10

#### 【0015】

したがって、後に続く機械的な加工を必要とせずに許容される外形を得ることには、歪み取り工程を必要とし、これは、チタンアルミナイド（-TiAl）が用いられる場合には、前のサイジング工程と関連する可能性があるが、その目的は、先の記載で指摘されたものと同じ不利点を有する不良部品レベルを制限することである。

#### 【0016】

実際に、過剰厚さの鍛造から開始して、続いて全面を機械的に加工することは確かに可能ではあるが、応力の緩和に関連する変形に対処することを可能にするために、複雑なレンジの機械加工工程を再度必要とするにもかかわらず、前記方法は、鋳造不良に関連して高い程度でスクラップを生じさせ、それが機械加工後に明らかになる。

20

#### 【0017】

したがって、鋳造不良を排除し、そして鋳造におけるそれらの存在を制限するために、さらに熱間等方圧加圧工程を要することが多い。

#### 【0018】

鋳造を用いることは、最終的には3～5の工程ファミリー、すなわち材料の生産、その鋳造、適当な熱間等方圧加圧、適当なゆがみ取り、及び最終的な機械加工を要し、そして再び、かなり長い製造周期を伴う。

#### 【0019】

また、鋳造物から、熱処理及び機械加工によってタービン要素を製造する方法が周知である（欧州特許第2，423，340号）。

30

#### 【0020】

これらの方法では、複雑かつ費用のかかる熱処理ステージがさらに追加される。加えて、これらは並置された材料を矩形の薄片に切断することによって動作し、このことは、材料の節減を達成することができないことを意味する。

#### 【0021】

機械的な加工を用いて中実体から機械加工されるとされるレンジのケースでは、このことは、この場合においては、ビレット（鋳造によって、又は押出成形によって生産された）を取り出し、この簡易な形状寸法を、機械加工を用いて余分な材料を取り除くことによって、部材の寸法形状に変換することを意味する。

40

#### 【0022】

-TiAlの機械加工に存在する困難性（再度、相当に低い切断速度、多大なツールの磨耗、周囲温度での材料の脆弱性等）及び多大な材料コストに留意すべきであり、ここでのこのルートは、翼の大量生産において、さらに深刻な不利点を引き起こす。

#### 【0023】

本発明は、これらの不利点を改善し、とりわけ、中実体から機械加工されると言及されるレンジと比較して、用いられる材料の量及びそれによって機械加工されるべき材料の量を制限することによって、以前より知られているものよりも、実際の経験の要件により良好に適した方法及び装置を提案し、釣り合い試験工程を省略し、製造サイクル及びエネルギーコストを低減させ、これらのすべてを標準的な産業設備を用いて行うこと意図する。

50

**【0024】**

釣り合い試験は、ここでは部材の再配置、又はその空間内での配向を意味し、部材の幾何学的不良を最小限に／平均化するために、その平坦度不良及び／又は基準に対する変形を測定するためのものである。

**【0025】**

本発明によって、鋳造に関連する不良を除外するか又は最小限にすることが可能になる未完成の製品を想定することが可能になろう。

**【0026】**

その結果、ストラップの程度が低くなる。

**【発明の概要】**

10

**【0027】**

このように実行するために、本発明は、元となる中実棒材を作るために簡易な及び／又は線対称の形状寸法を選択する発想から開始し、これによって、前記棒材を形成するために、材料の生産ステージを用いることが可能になり（さまざまな要素を混合して、それらを合金にする）。このことは、最初から、所望の寸法に近づける鋳造工程を回避することができることを意味する。

**【0028】**

簡易な形状寸法を有する棒材が意味するものは、多角形、円形又は橢円形、もしくは略多角形、略円形又は略橢円形の母線部分を有する中実棒材である。

**【0029】**

20

したがって、棒材は、たとえば矩形、正方形又は台形の断面の平行六面形状を有してもよい。

**【0030】**

断面は、たとえば最終的に所望される部材の形状によって、一定又は非一定であってもよく、たとえば中心部よりも大きな端部を有していてもよい。

**【0031】**

線対称の棒材が意味するものは、軸を中心として延伸する中実棒材であり、たとえば、円柱、円錐又は円錐台形の幾何学的形状を有する。

**【0032】**

また、断面は、一定であってもよく、又は軸に沿った断面の位置によって変化してもよい。

30

**【0033】**

有利には、棒材は、1以上の平面及び／又は凸面を有する。

**【0034】**

本発明の1つの有利な実施形態では、棒材は、平面又は常に凸状の面を有する。

**【0035】**

この同じ簡易な形状寸法によって、材料不良の存在を制限し、これらを、切り離される（除去される）精密かつ反復可能な領域に位置づけることが可能になる。

**【0036】**

簡易な及び／又は線対称の形状寸法は、過度に高い程度の残留応力がないことを付加的に意味するが、これは、大量の細長い区域を有する部材と比較して、冷却がより均一であるためである。

40

**【0037】**

したがって、機械加工中の変形の結果としての廃棄のリスクが低い。

**【0038】**

このため、本発明は第一に、チタンとアルミニウムとの合金で作られたエレメントによる金属合金でタービン翼を製造する方法を提案し、チタンアルミナイトである合金及び中実棒材であるエレメントによって、互いに瓦状である少なくとも2つのプランクが、水ジェット切断によって前記棒材に同時に作られ、その後、結果として得られた前記プランクの各々が、別々に機械加工されて、最終的な外形で前記翼に至ることを特徴とする。

50

**【 0 0 3 9 】**

言い換えると、たとえば - T i A l で作られたいくつかの翼は、全く同一のビレット（又は棒材）において、最適化された方法で瓦状にされ、（完成した又は半完成の外形を有して）鋳造されたレンジが有利である常識に反することを必要とする。

**【 0 0 4 0 】**

このようにするために、瓦状を毎回最適化することが必要であることを容認する必要があり、部材の互いに対する位置付けに関して前もって慎重に考慮し、加えて最適な数を規定すると同時に、切断方法又は用いられる方法の制約を取り入れることを要する。

**【 0 0 4 1 】**

一部のケースでは、このことは、部材の瓦状を最適化するために、たとえば翼パーツをディスク上に移動させるか、又は当業者の一連の考えに反するようなパートを付加することによって、部材の設計に戻って変更することを必要とする。 10

**【 0 0 4 2 】**

瓦状の切断は、複数の部材が同じ棒材から作られ、それによって材料の量を制限することを可能にする。

**【 0 0 4 3 】**

また、再利用のために、良質な材料を大量に回収することが可能になる。ここで留意すべきは、鋳造ルートではライザーのみを回収することができ、ゲートは切り離される。

**【 0 0 4 4 】**

本発明は、これらの不利点を回避することを可能にする。 20

**【 0 0 4 5 】**

本発明によって、たとえば、2 . 3 kg の棒材材料から開始して、水ジェット切断後の0 . 4 kg のプランク 2 つに対して、たとえば重さ 90 グラムの 2 つの部材（翼）を得ることが可能になる。

**【 0 0 4 6 】**

したがって、観察されるスクラップのレベルが 5 % 未満になるが、これに対して、これらの部材向けの従来技術による大量生産での、及び本発明の合金以前にしようされている合金での通常レベルのスクラップは、35 % 程である。

**【 0 0 4 7 】**

部材の費用内訳（同量のスクラップに対して、及び 1 キロ当たりの同等の材料費等）では、通常見られるものと比較して、10 % の節減を示している。 30

**【 0 0 4 8 】**

本発明の有利な実施形態では、第二次的請求として、以下に羅列する 1 つ及び / 又はいずれかを付加的に有する。

- 瓦状のプランクは、同一であり、互いに面して生産されて、点、直線又は中心平面に対してそれぞれ対称である対をなすようにされる；

- チタンアルミナイト合金は、 - T i A l である；
- プランクは、鋳造棒材から作られる；
- プランクは、押出成形された棒材から作られる；
- プランクは、円筒形棒材から作られる；
- プランクは、真直面、又は凸面のみを含む 1 以上の外面を有する棒材から作られる

。

**【 0 0 4 9 】**

本発明は、上述の方法を実施するための装置をさらに提案する。

**【 0 0 5 0 】**

金属合金でターピン翼を製造する装置がさらに提案され、金属棒材を水ジェット切断するためのツールと、互いに瓦状である少なくとも 2 つのプランクを同一のチタンとアルミニウムとの合金棒材から同時に生産するように設計された切断ツールを制御するためのプログラマブルコントローラと、結果として得られた前記プランクの各々を機械加工して、最終的な外形を有する前記翼に至るための手段とを含むことを特徴とする。 50

**【0051】**

有利には、ツールと、ツールを制御するためのプログラマブルコントローラとは、互いに向かい合い、点、直線又は中心平面に対して対象である対をなす同一の瓦状のプランクを切断するように設計される。

**【0052】**

さらに有利には、合金は、チタンアルミナイド（ - TiAl）である。

**【0053】**

本発明は、前述の方法で得られたタービン翼をさらに提案する。

**【0054】**

本発明は、限定的でない例によって以下に記載された、以下に続くいくつかの実施形態の記載を読むことから、よりよく理解されよう。 10

**【図面の簡単な説明】****【0055】**

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態の、タービン翼の生産用の3つの瓦状のプランクが作られる平行六面棒材又はビレットの側面図を図示する。

【図2】図2は、本発明の、2つの瓦状のプランク／翼が作られる円筒形棒材の別の実施形態側面図及び横断面図である。

**【図3】**図3は、本発明の別の実施形態の、2つの瓦状の翼プランクの断面図である。

【図4】図4は、本発明の1つの実施形態の、タービン翼を製造するための装置の概略図である。 20

【図5】図5は、本明細書でより詳細に説明された本発明の方法を用いて得られた翼の斜視図である。

【図6】図6は、本発明の方法に従って生産された、2つの瓦状の羽根プランクの斜視図である。

**【図7】**図7は、本発明の1つの実施形態の方法のステップを概略的に図示する。**【発明を実施するための形態】****【0056】**

本明細書は、添付の図面を参照する。

**【0057】**

図1は、チタンアルミナイドで作られた中実平行六面棒材又はビレット1の側面図を概略的に示し、これらから、本発明の1つの実施形態のタービン翼5を生産するために、（互いに）瓦状であり、同一又は略同一である（瓦状を最適にすることを考慮している）3つのプランク2、3、4が作られる。 30

**【0058】**

ビレット1は、たとえば6kgのビレットで、2kgのプランク3つを生産するためのものであり、そこから1kgの翼3つが取り出される。翼は、それ自体が周知である機械加工によって、形成されたコア5' と2つの端5'' 及び5'''とを各々有する。

**【0059】**

図2は、簡易な幾何学的形状の別の棒材6の1つの実施形態であり、軸を中心として延伸し、この場合は円柱であり、中心平面9'の一部である対称点9を中心として対称であるプランク8から、2つの翼7を製造することを可能にすることができる。 40

**【0060】**

互いに瓦状であるプランク2、3又は4もしくは8は、以下に説明するような水ジェットを用いて、切断によって同じ棒材から得られる。

**【0061】**

図3は、平行六面棒材10の断面図であり、ここから、この場合は平行六面棒材10の2つの対称平面13及び14の交差によって得られる軸12に対して対称である2つの瓦状の同一のプランク11が、切断用ガンによって切断される。

**【0062】**

図4は、プランク10を切断するための方法を実施する装置15の1つの実施形態をよ 50

り詳細に示す。

【0063】

本方法は、それ自体が周知である、水ジェット16の切断用ガン15'を用いる。

【0064】

水は、17において超高压（たとえば3800バール）で平行管18の中に導入され、そしてノズル19を介して混合チャンバ20内に集められて、ここで、ガン15'のヘッド23の本体内に位置するチャンバの中に22において導入された研磨剤21と混合される。

【0065】

フォーカシングガン15'は、25において棒材10に当たるインジェクタ24を含み、これは、翼の設計者が所望する切断軌道に沿って切断26をするためのものであり、とりわけ材料の消費の点で最適化されているものである。 10

【0066】

締付ナット27は、フォーカシングガンのインジェクタが、ヘッド本体23に固定されることを可能にする。

【0067】

棒材10から得られる2つのプランク11から、及びここでより詳細に説明される方法の実施形態にしたがって、このようにして得られた前記プランク11は各々、その後別々に機械加工されて、図5に図示されるような翼28に至る。

【0068】

そのような切断方法が従来技術では用いられていないのは、当業者が、互いに瓦状のプランクの利点を想定しておらず、むしろ始めから、得られる部材の複雑さを前提として、より複雑な形状の単一の棒材から、これらを1つずつ製造しようとしていたためである。 20

【0069】

したがって、鋳型の設計に知恵が存在する。

【0070】

装置15は、互いに瓦状の2つのプランク11を、それ自体周知の方法で同時に生産するようにプログラムされたコンピュータ31を含む、ガン15'を制御するためのプログラマブルコントローラ30をさらに含む。一度プランク11がこのようにして得られると、前述のような翼28を得るために、チップを除去することによって動く機械加工手段32、又は他の周知の手段、たとえば、四軸ミリングセンタ、精密電解加工（P E C M）機械、研削センタ等を含む電気化学加工手段等の手段が備えられる。 30

【0071】

図6は、同一の翼33の別の実施形態を図示し、図中では鎖線状の平行六面棒材34から得られ、それに応じてプログラムされている曲線35に沿って切断してプランクを得る。

【0072】

ここで、図7を参照して、翼の製造の1つの実施形態を説明する。

【0073】

中実棒材を選択した場合、本方法は第1のステップE1を含み、ここでコンピュータ31に、棒材の幾何学パラメータが入力される。 40

【0074】

コンピュータ31は、この情報に基づいて、棒材のモデルを生産する。

【0075】

第2のステップE2では、コンピュータ31に、翼の形状寸法パラメータが入力され、コンピュータは、所定の用途向けの、たとえば、所定の空気力学的条件下でターボ機械の空気の流れが通過する流路に沿って位置づけられた羽根用の翼のモデルを同様に生産する。

【0076】

コンピュータ31は、プログラムされた演算手段を含み、棒材及び翼のモデルを比較し

50

て、そこから最適なレイアウト、すなわち材料に関して最も経済的であると同時に、物理的な制約に適合するレイアウトを決定する。

#### 【0077】

たとえば、モデルは四つ組のリストで形成される。最初の3つのデータ要素は、デカルト空間の3つの座標を各々表し、最後の1つは、これがモデリングされた部材／棒材に属するか否かに対応する。

#### 【0078】

本プログラムは、アルゴリズムA1を含み、これは、

- 空間内の基準枠を決定し、
- この基準枠内に、棒材のモデルを位置付け、
- 決定された翼のモデルの複数の（たとえば3つ）の点を位置付け、
- 前記基準枠内に位置づけられた翼のモデルの点に応じて、モデル全体が棒材の中に収まっているか否か、及びいずれかの点が、位置づけられた別の翼と重なっているか否かを判断する。このステップは、たとえば各モデルを四つ組毎に比較することによって行われる。

#### 【0079】

\* 翼と棒材とが比較され、棒材のモデルに等しいところがない少なくとも1つの翼の四つ組があり（ケース1）、そして翼の少なくとも1つの点が棒材の外にある場合、

\* 2つの翼が比較され、各モデルが互いに同じである少なくとも1つの四つ組があり（ケース2）、そして各翼上の少なくとも1つの点が互いに重なり合っている場合

- ケース1又はケース2が生じる限りは、前のステップを繰り返す。

#### 【0080】

アルゴリズムが、棒材内の翼の組み合わせのための解決策を見いだせない場合、本方法はその後、C1を経由して、先のステップE1に（又は、別の実施形態ではE2に）戻る。

#### 【0081】

このループバックは、瓦状を最適化することを確実にすることができ、これによって瓦状が単純な並置ではないために、材料になされるべき節減を可能にし、またある場合には、翼を再設計することの利点を明らかにする。

#### 【0082】

コンピュータ31は、同じ棒材の中にさまざまな翼を見ることが可能にし、また場合によっては、操作者31によって再度位置づけられることを可能にする表示手段（図示せず）を含んでもよい。

#### 【0083】

また、翼の位置付けを最適化するために、アルゴリズムに、他のパラメータ、たとえば切断用水ジェットの特性（幅、深さ等）、及び所与の点での材料の質に関するデータが含まれてもよい。

#### 【0084】

さらには、第3のステップE3では、コンピュータは、切断する外形、たとえば棒材内の翼のモデル間の中心曲線を決定し、それに応じて水ジェットを誘導して、切断を行うようになる。

#### 【0085】

言うまでもなく、また前の記載から明白であるように、本発明は、より詳細に記載された実施形態に限定されず、それどころか、そのすべての変形、及びとりわけ3以上のブランクが一度の切断によって得られるもの、棒材の外形が直線ではなく曲線であるもの、又は母線断面の外周が、直線又は曲線によって結合された、少なくかつ限られた数（25未満）の点を含むものを包含する。

10

20

30

40

【図1】

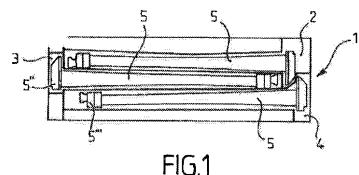


FIG.1

【図2】

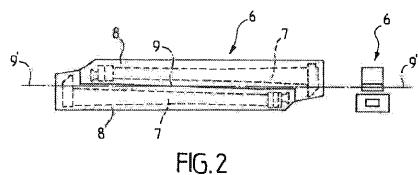


FIG.2

【図3】

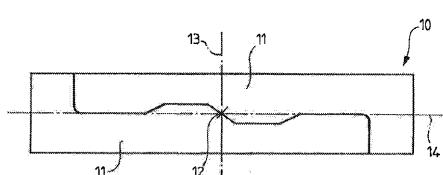


FIG.3

【図4】

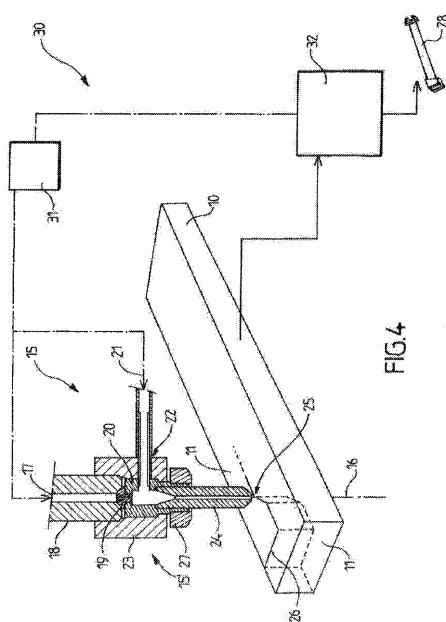


FIG.4

【図5】

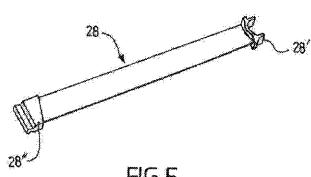


FIG.5

【図6】

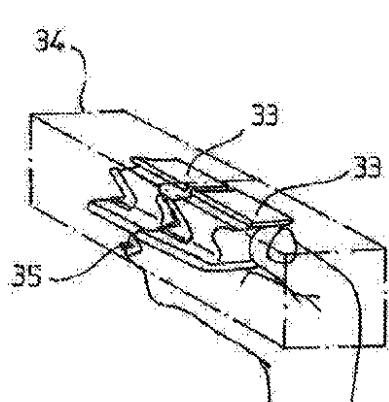


FIG.6

【図7】

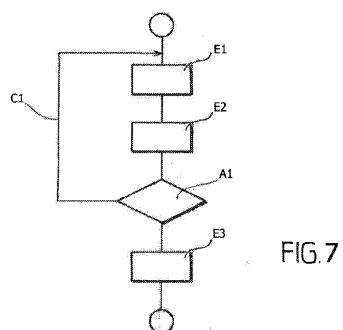


FIG.7

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

F 0 1 D	25/00	X
B 2 3 P	15/02	
B 2 3 P	17/00	A

(72)発明者 マルタン ,オリヴィエ

フランス国、エフ - 4 5 2 3 0 サント・ジュヌヴィエーヴ・デ・ボワ、レ・パイユール 7

審査官 北村 亮

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 1 2 / 0 0 4 8 4 3 0 ( U S , A 1 )

特開昭5 9 - 1 0 2 5 3 3 ( J P , A )

特開平0 2 - 3 0 8 9 9 3 ( J P , A )

特開2 0 0 2 - 1 3 8 9 9 5 ( J P , A )

米国特許出願公開第2 0 0 2 / 0 0 1 4 0 0 6 ( U S , A 1 )

特開平0 2 - 0 8 0 1 4 9 ( J P , A )

特開2 0 0 6 - 0 4 6 3 4 4 ( J P , A )

欧州特許出願公開第0 2 4 2 3 3 4 0 ( E P , A 1 )

欧州特許第0 1 6 2 3 7 9 2 ( E P , B 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F 0 2 C 7 / 0 0

B 2 3 P 1 5 / 0 2

B 2 3 P 1 7 / 0 0

F 0 1 D 5 / 2 8

F 0 1 D 2 5 / 0 0