

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-170577  
(P2013-170577A)

(43) 公開日 平成25年9月2日(2013.9.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO1D 5/28 (2006.01)</b>	FO1D 5/28	3G202
<b>FO2C 7/00 (2006.01)</b>	FO2C 7/00	C
<b>FO1D 5/14 (2006.01)</b>	FO2C 7/00	D
<b>FO1D 25/00 (2006.01)</b>	FO1D 5/14	L
	FO1D 25/00	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-21854 (P2013-21854)  
 (22) 出願日 平成25年2月7日 (2013.2.7)  
 (31) 優先権主張番号 13/402, 642  
 (32) 優先日 平成24年2月22日 (2012.2.22)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (74) 代理人 100113974  
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合タービン要素のための層間応力を低下させる構成

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ターボ機械の複合ブレードに関して、設置するための装着領域における層間応力を低下させるブレード設置構造体を提供する。

【解決手段】ターボ機械ブレードは、エーロfoilと、エーロfoilの根元から延びる軸部40とを含んでおり、軸部40は、マトリクス内に埋め込まれた強化用繊維を含む複合材料から構築されている。軸部40は、一組の離間した側面58を含んでおり、この側面58は協働して、軸部40の半径方向中央寄りの端部に配置され、離間し広がる面を備える蟻継ぎ36と、蟻継ぎ36の半径方向外側寄りに配置された凹面湾曲部を有し、軸部40の厚さが局所的最小となる一次最小ネック64を画定する第1ネック部62と、第1最小ネック62の半径方向外側寄りに配置され、凹面湾曲部を有し、軸部40の厚さが局所的最小となる二次最小ネック70を画定する第2ネック部68とを画定する。

【選択図】 図3

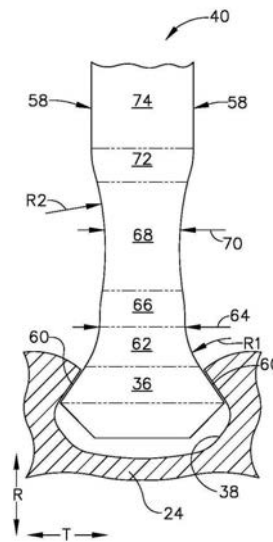


FIG. 3

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エーロfoilと、

前記エーロfoilの根元から延び、マトリクス内に埋め込まれた強化用繊維を含む複合材料から構築された軸部とを備えるターボ機械ブレードであって、前記軸部が、一組の離間した側面を含んでおり、前記側面が協働して、

前記軸部の半径方向中央寄りの端部に配置され、離間し広がる面を備える蟻継ぎ、

前記蟻継ぎの半径方向外側寄りに配置された凹面湾曲部を有し、前記軸部の厚さが局所的最小となる一次最小ネックを画定する第1ネック部、および

前記第1最小ネックの半径方向外側寄りに配置され、凹面湾曲部を有し、前記軸部の厚さが局所的最小となる二次最小ネックを画定する第2ネック部を画定するターボ機械ブレード。

10

## 【請求項 2】

前記第1ネック部が第1半径を有し、

前記第2ネック部が、前記第1半径より実質的に大きい第2半径を有する、請求項1記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 3】

前記第2ネック部における前記軸部の厚さが、前記第1ネック部における厚さより有意に小さい、請求項1記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 4】

前記エーロfoilが、根元と先端の間に延在する前縁および後縁と、前記前縁および後縁において一緒に接合される対向する圧力側および吸込み側とを含む、請求項1記載のターボ機械ブレード。

20

## 【請求項 5】

第1移行部分が前記第1ネック部と前記第2ネック部の間に配置され、前記側面が、前記第1移行部分内において凸状に湾曲する、請求項1記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 6】

第2移行部分が前記第2ネック部の外側寄りに配置され、前記側面が前記第1移行部分内において凸状に湾曲する、請求項5記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 7】

外側寄り部分が前記第2移行部分の外側寄りに配置され、前記側面が前記外側寄り部分内において概ね互いに平行である、請求項6記載のターボ機械ブレード。

30

## 【請求項 8】

前記複合材料が、少なくともおよそ10対1の繊維方向とマトリクス方向の強度比を有する、請求項1記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 9】

前記複合材料がポリマーマトリクス複合体である、請求項1記載のターボ機械ブレード。

## 【請求項 10】

前記複合材料がセラミックマトリクス複合体である、請求項1記載のターボ機械ブレード。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は一般に、複合要素に関し、より詳細には、ターボ機械のエーロfoilなどの複合要素を設置する機構の構成に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

ターボ機械ブレードなどのガスタービン要素は、好ましい強度と重量の比率を実現する複合材料から作製するのが望ましい。既知のタイプの複合材料には、典型的にはファンブレードに適しているポリマーマトリクス複合体（「PMC」）と、典型的にはタービンプ

50

レードに適しているセラミックマトリクス複合体（「CMC」）とが含まれる。

【0003】

このような複合材料の全ては、マトリクス材料と、強化用繊維との積層物で構成されており、少なくともある程度は直交異方性であり、すなわち繊維の長さ（「繊維方向」）に平行な方向での材料の抗張力は、直交方向（「マトリクス」または「層間」方向）の抗張力より強大である。弾性係数やポアソン比などの物理特性もまた、繊維とマトリクスでは異なる。ターボ機械ブレードにおける一次繊維方向は典型的には、半径方向または翼長方向に整列されることで、回転するロータによって付与される求心性の負荷を保持するための最大の強度特性を実現する。したがって、より脆弱なマトリクス、すなわち二次または三次の（すなわち一次ではない）繊維方向が半径方向に直交することになる。

10

【0004】

複合体は、ロータディスクに使用される金属合金と異なる熱膨張係数（「CTE」）を有するため、全てのブレードの蟻継ぎは、2つの部品間での自由な熱膨張を可能にするような構成を利用する。しかしながら、このようなタイプの蟻継ぎ構成は、複合ブレードの軸部に付与される最大層間抗張応力につながり、これは、蟻継ぎの圧力面のすぐ上のより脆弱なマトリクス材料において担持される必要があり、一般にこの部分は「最小ネック」と呼ばれており、これはブレード設計において応力を限定する地点となる可能性がある。

【0005】

マトリクス、すなわち非一次繊維方向の強度（本明細書では層間強度と呼ばれる）は典型的には、複合材料系の繊維方向の強度より弱く（すなわち1/10以下）、複合ブレード、特にCMCタービンブレードに対する設計を制限する特徴となる可能性がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第5435694号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

よって、複合ブレードに関して、設置するための装着領域における層間応力を低下させるブレード設置構造体に対する要望がある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

この要望は、本発明によって対処されており、本発明は、作動中、低下した層間抗張応力を生成するよう構成された第1および第2最小ネックを含むターボ機械ブレード構造体を提供する。

【0009】

本発明の一態様によると、ターボ機械ブレードは、エロfoilと、エロfoilの根元から延びる軸部とを含んでおり、軸部は、マトリクス内に埋め込まれた強化用繊維を含む複合材料から構築されており、この場合軸部は、一組の離間した側面を含む。この側面は協働して、軸部の半径方向中央寄りの端部に配置され、離間し分かれる面を備える蟻継ぎ、蟻継ぎの半径方向外側寄りに配置された凹面湾曲部を有し、軸部の厚さが局所的

40

最小となる一次最小ネックを画定する第1ネック部、および第1最小ネックの半径方向外側寄りに配置され、凹面湾曲部を有し、軸部の厚さが局所的

最小となる二次最小ネックを画定する第2ネック部を画定する。

【0010】

本発明は、添付の図面と併せて以下の記載を参照することによって、最適に理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】ガスタービンエンジンのタービンブレードの斜視図である。

50

【図2】従来技術のタービンブレードの軸部の概略横断面図である。

【図3】本発明の一態様によって構築されたタービンブレードの軸部の概略横断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図面を参照すると、同一の参照番号は、種々の図面を通して同一要素を指しており、図1は、例示の低圧タービン（すなわち「LPT」）ブレード22を示している。LPTブレードの文脈において示され説明されているが、本発明の原理は、ファンおよび圧縮機ブレード、高圧タービン（「HPT」）ブレードまたは固定エロfoilなど他のタイプのターボ機械のエロfoilにも等しく適用可能であることを理解されたい。

10

【0013】

タービンブレード22は、CMCまたはPMC材料などの複合材料から構築されており、これについては以下でより詳細に記載する。タービンブレード22は、既知のタイプのガスタービンエンジンロータディスク24の蟻継ぎスロット38（図3を参照）に係合するように構成された蟻継ぎ36を含むことで、作動中それが回転する際、タービンブレード22をロータディスク24に対して半径方向に維持する。蟻継ぎ36は、ブレード軸部40の一体式の部品である。軸部40の形状が、蟻継ぎ36から湾曲したエロfoil形状へと移行することで、複合材料を積み重ねるのに円滑に移行することができる。軸部40から横方向外向きにプラットフォーム42が突出しており、軸部40を囲んでいる。プラットフォーム42は、タービンブレード22と一体式であってよく、あるいは別個の要素であってもよい。エロfoil44は、軸部40から半径方向外向きに延びている。エロfoil44は、凹面圧力側46と、凸面吸込み側48とを有し、これらの面は前縁50および後縁52において一緒に接合されている。エロfoil44は、根元54と、先端56を有し、これは先端覆いを組み込むことができる。エロfoil44は、高温ガス流からエネルギーを取り出し、ロータディスクを回転させるのに適した任意の構成を採ることができる。

20

【0014】

比較する目的で、図2は、従来技術のタービンブレードの軸部140の概略図を示している。軸部140は、離間したほぼ平行な左と右の側面158を含む。半径方向内側の端部（すなわち中心寄りの端部）において、側面158は、一組の離間し広がる圧力面160を有する蟻継ぎ136を画定している。凹状に湾曲した移行部分166が、蟻継ぎ136のちょうど外側寄りに配置される。移行部分166が側面158の残りの部分と交わる軸部140の部分が、「最小ネック」164を構成する。接線方向「T」における軸部40の厚さは、最小ネック164の位置において最小である。作動中、回転するタービンブレードに対する一次負荷は、半径（すなわち翼長）方向「R」である。ブレードの半径方向の力の結果として、タービンブレードは、接線方向Tの抗張応力も受けるが、これは圧力面160がタービンロータディスク124の蟻継ぎスロット138と相互作用することによって生じる。接線方向の応力は、翼長応力よりずっと小さな大きさであり、例えば、最大の半径方向の繊維応力は、最大の接線方向の応力のおよそ10倍であり得る。等方性、またはほぼ等方性（すなわち一方向に凝固した）金属合金から構築された従来技術のタービンブレードでは、いずれの方向の強度も等しいため、これによって何の問題も提起されない。

30

40

【0015】

しかしながら上に述べたように、複合材料は典型的には、少なくともある程度直交異方性である。例えば複合材料の降伏強度または最大抗張力は、半径（繊維）方向と接線（マトリクスまたは層間）方向間では10：1または15：1の比を呈する。

【0016】

よって図1および図3に見られるタービンブレード22の軸部40は、タービンブレード22を形成する複合材料における層間強度を低下させるように構成される。図3は、軸部40の一部の概略図を示している。

50

## 【 0 0 1 7 】

軸部 4 0 は、特定のやり方で起伏が付けられた離間した左と右の側面 5 8 を含んでおり、これらの側面は、数個の別個の「部分」を有するものとして記載される場合もある。半径方向内側の端部（すなわち中央寄りの端部）において、側面 5 8 は、一組の離間し広がる圧力面 6 0 を含む蟻継ぎ 3 6 を画定している。

## 【 0 0 1 8 】

蟻継ぎ 3 6 のちょうど外側寄りに、第 1 ネック部 6 2 がある。第 1 ネック部 6 2 において、各々の側面 5 8 は、凹状曲線を画定している。第 1 ネック部 6 2 の半径方向外側の端部において、それは第 1（すなわち一次）最小ネック 6 4 を画定し、ここでの接線方向 T における軸部 4 0 の厚さは、直接取り囲んでいる構造体に対して局所的に最小である。本明細書で使用される用語「最小ネック」は必ずしも、何らかの特定の寸法を示唆するものではない。第 1 すなわち一次最小ネック 6 4 を画定する側面 5 8 の一部は、第 1 半径「R 1」を有する。

10

## 【 0 0 1 9 】

一次最小ネック 6 4 のちょうど外側寄り（すなわち半径方向外側）に、第 1 移行部分 6 6 がある。第 1 移行部分 6 6 において、各々の側面 5 8 は、円滑な凸状曲線を画定する。同様の結果を生み出す可能性のある側面 5 8 の他の構成には、直線またはスプライン形状が含まれる。

## 【 0 0 2 0 】

第 1 移行部分 6 6 の外側寄りに、第 2、すなわち二次ネック部 6 8 がある。二次ネック部 6 8 において、各々の側面 5 8 は、第 2 半径「R 2」を有する円滑な凹状曲線を画定する。半径 R 2 は、半径 R 1 より大きい。二次ネック部 6 8 は、第 2（すなわち二次）最小ネック 7 0 を画定しており、ここでの接線方向 T における軸部 4 0 の厚さは、直接取り囲んでいる構造体に対して局所的に最小である。

20

## 【 0 0 2 1 】

第 2 移行部分 7 2 が、二次ネック部 6 8 の外側寄りに配置される。第 2 移行部分 7 2 において、各々の側面 5 8 は、円滑な凸状曲線を画定する。同様の結果を生み出す可能性のある側面 5 8 の他の構成には、直線またはスプライン形状が含まれる。

## 【 0 0 2 2 】

外側寄り部分 7 4 が、第 2 移行部分の外側寄りに配置される。外側寄り部分 7 4 において、側面 5 8 は、それらがエーロフォイルの幾何学形状に移行するため、互いにほぼ平行である。

30

## 【 0 0 2 3 】

側面 5 8 の外形は、複合材料と適合することができるように成形される。強化用繊維は概ね、側面 5 8 の輪郭をたどる（すなわち側面 5 8 に平行である）。側面 5 8 に起伏が付けられることで、外部カスプが配置された場所で繊維がよじれたり、しわがよったりすることがない。側面 5 8 の外形は、例示の二次元断面で示されているが、実際の形状は、各々の軸方向の断面において異なる場合もあることに留意されたい。換言すると、実際の 3 D ブレード軸部に適用するには、上に記載した構成を採り入れることになるが、別の寸法を加えることで、この幾何学形状を調整する。

40

## 【 0 0 2 4 】

図示される例において、接線方向「T」における軸部 4 0 の厚さは、二次最小ネック 7 0 の位置において一次最小ネック 6 4 における厚さより有意に小さい（機能的な見地より）。側面 5 8 の正確な形状および寸法を変えることで、特定の用途および使用される特定の複合材料に適合させることができる。

## 【 0 0 2 5 】

一般に P M C 材料は、高度に直交異方性である。既知の P M C の一例は、炭素繊維強化エポキシ樹脂であり、これは典型的にはファンプレートで使用される。炭化ホウ素または炭化ケイ素などの他の繊維材料も知られている。例えばフェノール類、ポリエステルおよびポリウレタンなどの他のマトリクス材料も同様に知られている。

50

## 【 0 0 2 6 】

一般に C M C 材料は、 P M C 材料より直交異方性が低く、等方性に近い特性を有する可能性がある。既知の C M C 材料の例には、例えば S i C などのセラミックタイプの繊維が含まれ、その形態は、窒化ホウ素 ( B N ) などの適合材料で被覆されている。繊維は、セラミックタイプのマトリクス内に担持され、その一形態は、炭化ケイ素 ( S i C ) である。 C M C 材料は典型的には、タービンブレードに好適である。

## 【 0 0 2 7 】

一次最小ネック 6 4 の上に二次最小ネック 7 0 を加えることによって、軸部の層間剛性が軟化し、結果としての層間応力をより広い領域に分散させることで、最大層間抗張応力の値を低下させることができる。上記に記載される軸部構成が、最大層間抗張応力を、従来技術の構成と比較して相当量、例えばおよそ 2 0 % から 3 0 % 下げることができることは、分析が示している。この構成を利用することで、ブレードの最小ネックにおける設計のゆとりを付加し、これにより、より大きなエンジン半径またはより高速の用途を介して、より多くの半径方向の負荷を保持することができる設計を可能にする、あるいは既存のブレード設計に層間応力のゆとりを付加することができる。

10

## 【 0 0 2 8 】

この構成はまた、従来技術のスケッチに示される通り、一次最小ネックにおける、またはその付近に ( すなわち最初の屈曲または 1 F ) 屈折部を有するブレードの振動モードを可能にし、次いで二次最小ネックの薄くなった有効部分の周りで内側に曲がることで、 ( この二次最小ネックは、より大きな半径、および関連するより低い応力集中要因により、より低い半径方向の静的応力を有する ) より大きな H C F 応力を許容することを可能にすることによって、ブレードの付加的な高サイクル疲労 ( 「 H C F 」 ) 耐性を可能にする。

20

## 【 0 0 2 9 】

上記は、複合タービン要素に関する層間応力を低下させる構成を記載してきた。本発明の特定の実施形態を記載してきたが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、様々な修正をそれに対して行なうことができることは当業者に明らかであろう。よって本発明の好ましい実施形態の上の記載および本発明を実施するための最適な態様は、単に例示する目的で提供されており、限定する目的ではない。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 0 】

- 2 2 低圧タービンブレード
- 2 4 タービンロータディスク
- 3 6 蟻継ぎ
- 3 8 蟻継ぎスロット
- 4 0 軸部
- 4 2 プラットフォーム
- 4 4 エーロfoil
- 4 6 圧力側
- 4 8 吸込み側
- 5 0 前縁
- 5 2 後縁
- 5 4 根元
- 5 6 先端
- 5 8 側面
- 6 0 圧力面
- 6 2 第 1 ネック部
- 6 4 一次最小ネック
- 6 6 第 1 移行部分
- 6 8 二次ネック部
- 7 0 二次最小ネック

30

40

50

7 2 第 2 移行部分  
7 4 外側寄り部分  
1 2 4 タービンロータディスク  
1 3 6 蟻継ぎ  
1 3 8 蟻継ぎスロット  
1 4 0 軸部  
1 5 8 側面  
1 6 0 圧力面  
1 6 4 最小ネック  
1 6 6 移行部分  
R 半径方向  
T 接線方向  
R 1 第 1 半径  
R 2 第 2 半径

【 図 1 】

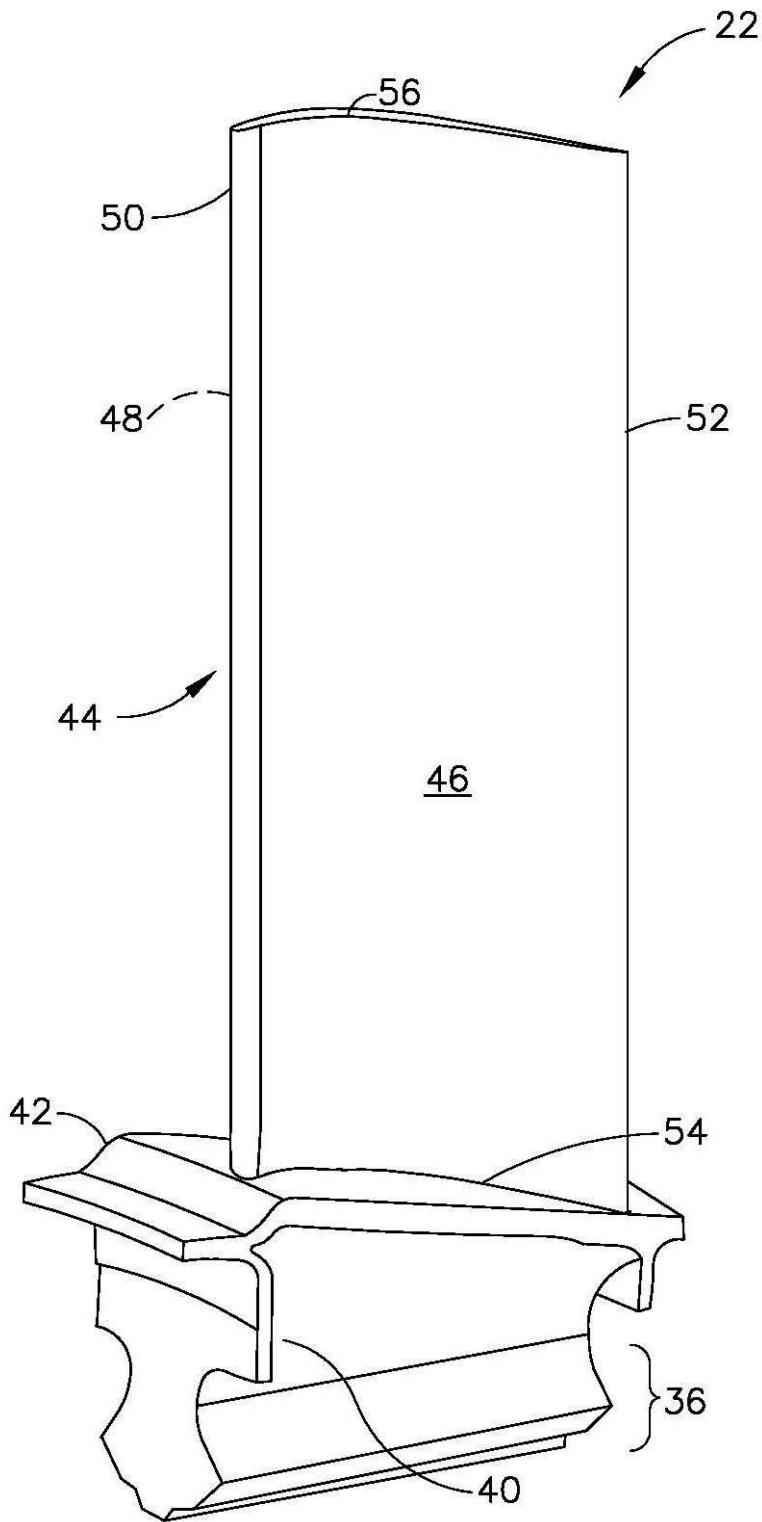


FIG. 1



【 図 2 】

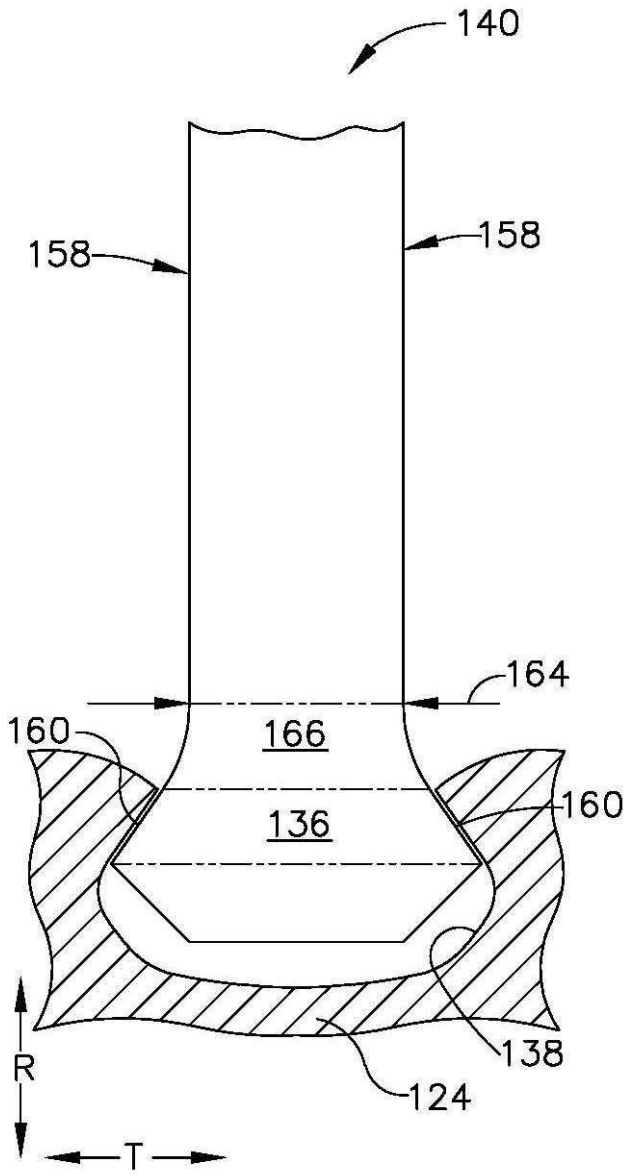


FIG. 2  
従来技術

【 図 3 】

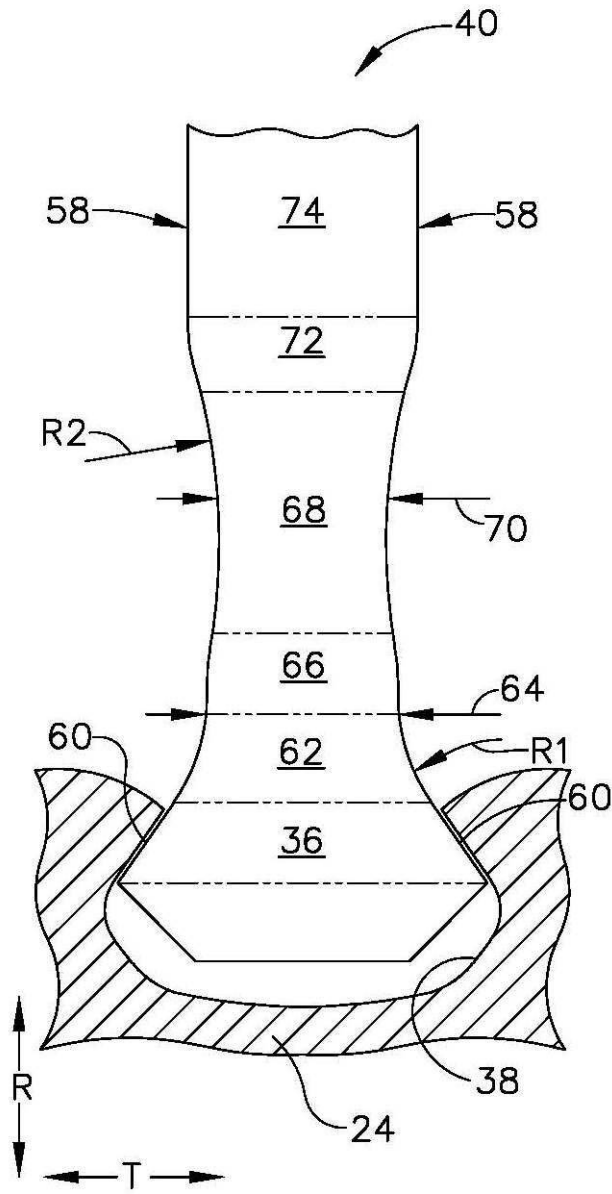


FIG. 3

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
F 0 1 D 25/00 X

(72)発明者 ジョシュア・ブライアン・ジェイミソン

アメリカ合衆国、オハイオ州・4 5 2 1 5、シンシナティ、ニューマン・ウェーイ、1番

Fターム(参考) 3G202 BA02 BA08 BA09 BA10 BB00 EA02 EA08 EA09

【外国語明細書】

2013170577000001.pdf