

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5303141号  
(P5303141)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年6月28日(2013.6.28)

(51) Int.Cl.	F I		
<b>B 2 3 K 26/38</b> (2006.01)	B 2 3 K 26/38	3 3 0	
<b>B 2 3 K 26/04</b> (2006.01)	B 2 3 K 26/04	C	
<b>B 2 3 K 26/40</b> (2006.01)	B 2 3 K 26/40		
<b>F 0 2 C 7/00</b> (2006.01)	F 0 2 C 7/00	D	
<b>F 0 1 D 25/00</b> (2006.01)	F 0 1 D 25/00	X	
請求項の数 10 外国語出願 (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願2007-305424 (P2007-305424)  
 (22) 出願日 平成19年11月27日(2007.11.27)  
 (65) 公開番号 特開2008-155283 (P2008-155283A)  
 (43) 公開日 平成20年7月10日(2008.7.10)  
 審査請求日 平成22年7月5日(2010.7.5)  
 (31) 優先権主張番号 0655240  
 (32) 優先日 平成18年11月30日(2006.11.30)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 505277691  
 スネクマ  
 フランス国、75015・パリ、ブルーバ  
 ール・ドユ・ジエネラル・マルシアル・  
 バラン、2  
 (74) 代理人 110001173  
 特許業務法人川口国際特許事務所  
 (74) 代理人 100114188  
 弁理士 小野 誠  
 (74) 代理人 100140523  
 弁理士 渡邊 千尋  
 (74) 代理人 100119253  
 弁理士 金山 賢教  
 (74) 代理人 100103920  
 弁理士 大崎 勝真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックマトリックス複合材料製の構成部品にレーザ穿孔する方法、該方法によって得られた孔、該孔を含むセラミックマトリックス複合材料製の構成部品、ならびにこのような構成部品を

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックマトリックス複合材料製の構成部品に、レーザビームによって孔を穿孔する方法であって、

初期直径および孔軸を有する初期孔が、穿孔する構成部品の壁厚内にレーザビームを集束させることによって穿孔される、第1のパーカッション動作と、

初期孔と同軸でありかつ初期孔の直径よりも大きな直径を有する中間孔が、レーザビームをシフトし、次いでレーザビームを孔軸のまわりで回転させることによって穿孔される、第2のトレパニング動作とを備えており、

前記方法は、第2のトレパニング動作の後に、第3の動作を備えており、該第3の動作中、初期孔軸に中心合わせされたレーザビームの焦点が、前記中間孔よりも小さい直径から、第2のトレパニング動作の後に中間孔の内部に存在するスラグに達する直径まで、該中間孔内でレーザビームを拡大するように、孔軸に沿って移動され、次いで、パルスが、該パルスで前記スラグを破壊して最終孔を得るように、起動されることを特徴とする、前記方法。

【請求項 2】

パルスの数が、1つから5つの間である、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

レーザビームの焦点が、第1および第2の動作中にレーザビームの焦点が占める位置から、レーザビームの焦点を離して動かすことによって移動される、請求項1または2に記

載の方法。

【請求項 4】

レーザービームの焦点が、第 1 および第 2 の動作中にレーザービームの焦点が占める位置に対して、レーザービームの焦点を表面部分により近づけることによって移動される、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 5】

孔が、前記構成部品の表面に対して垂直の軸に沿って向けられる、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

孔が、前記構成部品の表面に対して傾斜された軸に沿って向けられる、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 7】

孔が、前記構成部品の表面に対して 20° から 40° の間の角度 ( ) に傾斜される、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

孔が、前記構成部品の表面に対して約 30° の角度 ( ) に傾斜される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

ターボジェットのセラミックマトリックス複合材料製の構成部品に適用される、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 10】

構成部品が、燃焼室壁またはタービンプレードである、請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミックマトリックス複合材料製の構成部品に、レーザー穿孔方法によって孔を生成する技術分野に関する。本発明は、また本方法によって得られた孔に関し、また例えばタービンプレードまたは燃焼室壁などの、本方法によって得られた孔を有するセラミックマトリックス複合材料製の構成部品にも関する。最後に、本発明は、このような構成部品を備えるターボジェットに関する。

30

【背景技術】

【0002】

レーザー穿孔技術を使用して、構成部品に孔を生成すること、特にタービンプレードなどの、または燃焼室壁あるいは支持シェルなどの、ターボジェットの高温部品のための構成部品に冷却孔を穿孔することが知られている。

【0003】

知られているように、レーザー穿孔技術は、2 種類の動作、即ちパーカッションとトレパニングを使用する。

【0004】

パーカッション動作は、固定されたレーザービームをパルスモードで使用して、材料の厚みを貫通することからなる。これによって、レーザービームの直径とレーザー源のパワーレベルとによって決定された直径の孔が得られる。

40

【0005】

トレパニング動作は、円形経路にわたってレーザービームを動かすことによって、孔の輪郭を切断することからなる。これによって、レーザービームの直径よりも大きな直径の孔が得られる。

【0006】

また、これら 2 種類の動作を組み合わせて、パーカッション動作で穿孔を開始して、使用したレーザービームの直径と略等しい直径の第 1 の孔を生成し、次いでこの第 1 の孔のまわりにトレパニング動作を実施し、穿孔した材料の断面積を拡大して、使用したレーザービ

50

ームの直径よりも大きな直径の第2の孔を生成することも知られている。

【0007】

当業者は、トレパニング動作を使用して孔を生成するとき、技術的問題に直面している。これは、得られた孔が、一般的に孔の壁および/または孔の出口にスラグを有することによる。このようなスラグの存在は、孔の幾何形状が保証されないという欠点を有する。言い換えれば、このトレパニング動作によって得られた孔の直径の繰り返し精度を確実に保証することは可能ではない。したがって、このように得られた孔を通過する空気流を確実に保証することができず、このことは、孔が、構成部品を冷却するための孔である場合、不利益となる。

【0008】

米国特許第5837964号明細書は、パーカッション動作とトレパニング動作を実施する、超合金製の構成部品をレーザ穿孔する方法を記載する。トレパニング動作中に得られた孔にスラグが存在した場合、パーカッション動作、および次いで、所定の直径を有しかつ超合金の穿孔された厚みの中に均一に延びる孔が得られるまで十分な回数のトレパニング動作を繰り返すことが提案されている。

【0009】

最近の傾向として、耐火性金属合金製よりもセラミックマトリックス複合材料(CMC)製の構成部品が製造されている。CMCは、金属材料よりも軽量であるという利点を有する。CMCは、熱構造性材料である。即ちこれらは、良好な機械特性と、これらの機械特性を高温で維持する能力とを有する。これらの材料は、繊維強化材を含み、繊維強化材は、耐火性繊維(一般に炭素繊維またはセラミック繊維)から形成され、かつセラミックマトリックスによってまたは炭素/セラミックハイブリッドマトリックスによって高密度化される。

【0010】

CMCを使用して、ターボジェットの高温部品のための構成部品を製造するとき、耐火性金属合金から製造される構成部品と同じように、冷却空気が通過する孔を製造する必要がある。

【0011】

レーザ穿孔は、CMCに適用されると、これらの材料の内部構造をむき出しにするという欠点を有する。この場合、周囲の酸素がこの内部構造に到達し、CMCの表面を酸化するという危険が生じる。この欠点は、「自己回復作用」CMCと呼ばれるもの、即ち、材料の使用温度で、周囲の酸素を遮断するのに十分に流動性である粘性状態へと移行することが可能なCMCを使用することによって克服されてきた。保護層、例えばSiC/Si-B-C製の保護層が製造されている。

【0012】

米国特許第5837964号明細書で使用しているレーザ穿孔方法は、CMCを穿孔するのに使用することが、CMCが自己回復作用CMCであってもできない。これは、パーカッション動作とトレパニング動作を繰り返すと、CMCを実質的に加熱することになり、層剥離によってこれを劣化させることになるからである。

【0013】

米国特許第6441341号明細書は、CMC製の高温ターボジェットセクションのための構成部品に孔を穿孔する方法を開示し、CMCは、少なくとも1つの易酸化性の構成成分を有する。方法は、レーザ穿孔によってこれらの孔を生成すると同時に、マトリックスの構成材料を酸化してシリカを形成するように、マトリックスの構成材料を加熱することからなる。このシリカは、それを加熱して融解させる適切な温度に曝される。次いでシリカは、孔内に流入する前に急速に凝結される。この制御されたシリカの急速な凝結は、滑らかな、スラグの無い壁を備えた孔を得ること、またターボジェット動作中の将来の酸化を防止する酸化障壁を作り出すことを可能にする。このレーザ穿孔方法は、スラグを生じないという利点を有するが、少なくとも1つの易酸化性の構成成分を有するCMCに限定されるという欠点を有する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

欧州特許第 0 8 2 6 4 5 7 号明細書は、超合金製の基体と、連結層と、セラミック被覆の形態の熱障壁とを有するタービンブレードに、レーザ穿孔する方法を開示している。第 1 の孔が、レーザビームを構成部品の表面上に集束させることによるパーカッションモードで穿孔される。次いでレーザビームが、第 2 の孔をパルス化されたパーカッションモードで穿孔するように、構成部品から離れて移動されることによって再度集束される。この第 2 の孔は、第 1 の孔と同軸であり、第 1 の孔よりも大きな直径を有し、より浅い深さしかない。より小さな直径の第 1 の孔が存在することによって、第 2 の孔が穿孔される間に、融解された材料が除去されることを可能にする。この文献に記述される方法は、全体が C M C 製である構成部品を穿孔するのに適していない。

10

【特許文献 1】米国特許第 5 8 3 7 9 6 4 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6 4 4 1 3 4 1 号明細書

【特許文献 3】欧州特許第 0 8 2 6 4 5 7 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、上述の欠点を解消することである。本発明は、特にターボジェットの高温部品のための C M C (セラミックマトリックス複合材料) の構成部品にレーザ穿孔する方法であって、パーカッション動作と、トレパニング動作と、このトレパニング動作中に生じたスラグを除去する動作とを含む方法を提案する。

20

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 6 】

第 1 の態様によると、本発明は、セラミックマトリックス複合材料製の構成部品に、レーザビームによって孔を穿孔する方法に関し、方法は、

初期直径および孔軸を有する初期孔が、穿孔する構成部品の厚みにレーザビームを集束させることによって穿孔される、第 1 のパーカッション動作と、

初期孔と同軸でありかつ初期孔の直径よりも大きな直径を有する中間孔が、レーザビームをシフトし、次いでレーザビームを孔軸のまわりで回転させることによって穿孔される、第 2 のトレパニング動作と、

レーザビームの焦点が、孔軸に沿って移動され、次いで最終孔を得るようにパルスが起動される、第 3 の動作とを含む。

30

## 【 0 0 1 7 】

実施の一方法によると、レーザビームの焦点は、第 1 および第 2 の動作中にレーザビームの焦点が占める位置から、レーザビームの焦点を離して動かすことによって移動される。

## 【 0 0 1 8 】

実施の他の方法によると、レーザビームの焦点は、第 1 および第 2 の動作中にレーザビームの焦点が占める位置に、レーザビームの焦点をより近づけることによって移動される。

## 【 0 0 1 9 】

「焦点を外す」という用語は、レーザビームの焦点を孔の軸に沿って移動させる作用を指す。

40

## 【 0 0 2 0 】

これらのレーザパルスによって得られる技術的な効果は、トレパニング動作中に生成されることがあるスラグが、第 3 の動作中に、孔の軸に沿って焦点の外れたレーザビームから生じるこれらのパルスによって、取り除かれるということである。

## 【 0 0 2 1 】

第 2 の態様によると、本発明は、第 1 の態様による方法によって得られる C M C 構成部品の孔に関する。実施の一方法では、孔は、前記構成部品の表面に対して垂直の軸に沿って向けられる。実施の他の方法では、孔は、前記構成部品の表面に対して傾斜した軸に沿

50

って向けられる。

【0022】

第3の態様によると、本発明は、第1の態様による方法によって得られた少なくとも1つの孔を含むCMC構成部品に関する。例示的な実施形態において、この構成部品は、燃焼室壁である。他の実施形態によれば、この構成部品は、タービンブレードである。

【0023】

第4の態様によると、本発明は、第3の態様による少なくとも1つの構成部品を含むターボジェットに関する。

【0024】

本発明による方法の1つの利点は、本方法が、易酸化性の構成部品を有さないCMCに適用できるという事実にある。

10

【0025】

本発明による方法の他の利点は、幾つかの焦点の外れたパルスが、層剥離によってCMCを劣化させる作用、または熱による他の作用を有さないという事実にある。

【0026】

指示するものとして与えられ、限定を意味しない、添付図面によって例証する特定の実施形態についての以下の詳しい説明を読めば、本発明がより明確に理解されよう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

全ての図面は、CMC構成部品の表面部分10を、またこの部分10の平面の2つの垂直軸12、14も示す。本発明による方法は、2つの軸12と14に対して垂直の軸16に中心合わせされた最終孔を穿孔することである。部品10、12、14、16は、図1から図5に共通である。

20

【0028】

本発明による方法は、レーザービームを放射するレーザー源が設けられた従来のレーザーシステムを使用する。

【0029】

最初に図1を参照すると、これは、レーザービームを使用して実施されたパーカッション動作によって得られた初期孔20を示す。レーザービームは、この初期孔20の直径が、レーザービームの直径と概ね等しくなるように、穿孔される構成部品の厚みに集束される。初期孔20は、軸16に中心合わせされる。

30

【0030】

図2を参照すると、これは、レーザービームによって実施されたトレパニング動作の第1のステップの後に得られた第1の中間孔22を示す。レーザービームは、孔の平面に対して概ね垂直な平面で、図2の矢印80によって表す真っ直ぐな経路に沿って移動された。次いでレーザービームは、目印50によって識別される位置に至る。第1の中間孔22は、楕円形の孔であって、その長さは、レーザービームが移動した距離と概ね等しく、その幅は、レーザービームの直径と概ね等しい。

【0031】

図3を参照すると、これは、レーザービームによって実施されたトレパニング動作の第2のステップ中に得られた第2の中間孔24を示す。レーザービームは、既に述べたものと同じ平面で、図3の矢印82によって表す円形経路に沿って移動された。このステップでは、移動した経路は、円の一部に対応する。

40

【0032】

図4を参照すると、これは、レーザービームによって実施されたトレパニング動作の後に得られた第3の中間孔26を示す。レーザービームは、引き続き、図3の矢印82によって表す円形経路に沿って、完全な円を移動されるまで移動された。次いでレーザービームは、目印50によって識別される位置に戻る。第3の中間孔26は、レーザービームが移動する円形経路の直径と概ね等しい直径を有する。実際には、図2に示される真っ直ぐな経路80の長さは、所望の直径を有する第3の中間孔26を得るように調整される。

50

## 【 0 0 3 3 】

しかし、このようにして得られた孔 2 6 の壁および/または出口に付いたスラグ 2 8 が、認められる。これは、トレパニング動作に固有のものである。スラグは、孔 2 6 の直径の均一性を、この孔 2 6 を通過する空気流を正確に知ることができなくなる点まで阻害する。ある種の利用分野では、孔を通過する空気流が正確に知られ、ある孔から他の孔へと再現可能であることが望ましい。この理由のために、直径が調節された最終孔を得るように、このスラグを無くすことが必要となる。これによって、1組の隣り合う孔の個々の実効断面が均一であり、全ての穿孔された孔が均一な通気性を有することが可能になる。

## 【 0 0 3 4 】

本発明による方法の第 3 の動作は、存在するスラグ 2 8 を無くする作用を有する。これを図 5 に示す。 10

## 【 0 0 3 5 】

この第 3 の動作中、第 1 のステップが実施され、その間にレーザービームが、その初期位置、即ち図 1 で目印 5 0 によって識別される位置に戻る。この位置は、軸 1 6 に中心合わせされる。

## 【 0 0 3 6 】

第 3 の動作中、第 2 のステップが実施され、その間レーザービームの焦点が、孔の軸に沿って、即ち軸 1 6 に沿って移動される。実施の好ましい方法では、焦点が、表面部分 1 0 から僅かに離れてシフトされる。実施の他の方法によれば、焦点は、表面部分 1 0 に僅かにより近づけられる。この焦点の動きは、表面部分 1 0 でレーザービームの直径を僅かに修正する作用、より正確には直径を僅かに拡大する作用を有する。焦点が、軸 1 6 に沿って移動された後は、レーザービームの位置は、図 5 の目印 5 0 によって識別される。 20

## 【 0 0 3 7 】

第 3 の動作中、第 3 のステップが実施され、その間、幾つかのレーザーパルス、好ましくは 1 つから 5 つのパルスが起動される。この第 3 のステップは、第 3 の中間孔 2 6 の内部に存在するスラグ 2 8 を破壊し、壁が清浄な最終孔 3 0 を得る作用を有する。図 5 で分かるように、最終孔 3 0 の直径は、均一であり、調整されている。また孔の直径は、穿孔された構成部品の厚みに沿って一定である。

## 【 0 0 3 8 】

本方法の第 3 の動作を実施するために、レーザービームのエネルギーは、先行する第 1 および第 2 の動作中に使用されたエネルギーよりも大きい必要はないが、これは、実際の穿孔が既に行われており、第 3 の中間孔 2 6 からスラグ 2 8 を除去することができるエネルギーを有するだけで充分であることによる。 30

## 【 0 0 3 9 】

孔 3 0 が穿孔された構成部品の表面部分 1 0 に対して垂直な孔軸 1 6 を有する最終孔 3 0 を作製する方法が、図 1 から図 4 を参照して以上に記載された。本方法は、表面部分 1 0 に対して垂直ではなく、図 6 に示すようにこの表面部分 1 0 に対して角度 に傾斜された孔軸 1 8 を有する孔 3 0 の作製にも適用可能である。本発明の方法を実施するために、レーザーシステムは、レーザービームが、方向 1 6 に沿って向けられるのではなく、表面部分 1 0 に対して所望の傾斜を有する方向 1 8 に沿って向けられるように設置される。所望の利用分野に応じて、角度 は、20° から 40° の間であり、例えば 30° に概ね等しい。 40

## 【 0 0 4 0 】

図 1 から図 6 を参照して以上に記載された本方法は、利用可能なレーザービームの直径よりも大きな直径を有する孔を穿孔することが望まれるときに、得に有益である。例えば、本方法を実施することによって、0.7 mm の一次直径を有するレーザービームを使用して、0.8 mm または 0.9 mm、あるいは 1.0 mm の直径を備えた最終孔を作製することが可能である。

## 【 0 0 4 1 】

M u n i c h L a s e r S y s t e m 社によって販売される、M L S P 1 0 0 0 50

ブランドのLASER SLAB YAG 1064nm型の機器を用いた実施の例のパラメータは、以下の通りである。

レーザービームの直径：0.5mm

第1の動作：パーカッション

パルス継続時間：2ms

パルス周波数：12Hz

パルスパワー：17J

パルス数：5

第2の動作：

直線の変位：0.8mm

パルス継続時間：1.5ms

パルス周波数：14.8Hz

パルスパワー：14J

切断速度：15mm/分

第3の動作：

焦点シフト：3mm

パルス継続時間：2ms

パルス周波数：12Hz

パルスパワー：17J

パルス数：5

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本方法の第1の動作と、そのようにして得られた初期孔との概略図である。

【図2】本方法の第2の動作の1つのステップと、第1の中間孔との概略図である。

【図3】本方法の第2の動作の他のステップと、第2の中間孔との概略図である。

【図4】本方法の第2の動作後に得られた、第3の中間孔の概略図である。

【図5】本方法の第3の動作後に得られた、最終孔の概略図である。

【図6】本方法によって得られた孔の可能な向きの概略斜視図である。

【符号の説明】

【0043】

10 CMC構成部品の表面部分

12、14、16、18 軸

20 初期孔

22 第1の中間孔

24 第2の中間孔

26 第3の中間孔

28 スラゲ

30 最終孔

80 真っ直ぐな経路

10

20

30

【 図 1 】

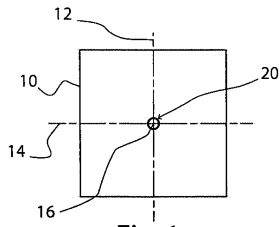


Fig. 1

【 図 2 】

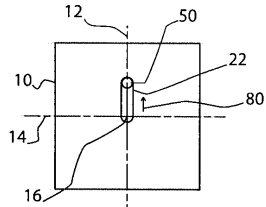


Fig. 2

【 図 3 】

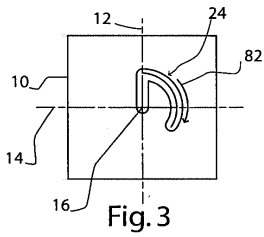


Fig. 3

【 図 4 】

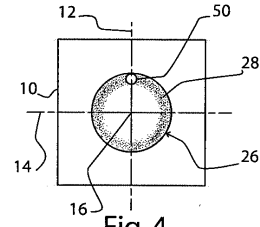


Fig. 4

【 図 5 】

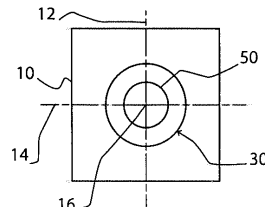


Fig. 5

【 図 6 】

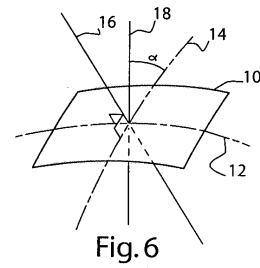


Fig. 6



---

フロントページの続き

(74)代理人 100124855

弁理士 坪倉 道明

(72)発明者 フィリップ・ル・クレール

フランス国、77240・ベール・サン・ドウニ、リュ・ドウ・ラ・ピユット・ドユ・ルー・35

審査官 大屋 静男

(56)参考文献 特表2005-507318(JP,A)

特開2005-205902(JP,A)

特表2002-509033(JP,A)

特開2002-299793(JP,A)

特表2004-532738(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/42

F02C 7/00

(54)【発明の名称】セラミックマトリックス複合材料製の構成部品にレーザ穿孔する方法、該方法によって得られた孔、該孔を含むセラミックマトリックス複合材料製の構成部品、ならびにこのような構成部品を備えるターボジェット