

明 細 書

発明の名称： 摩擦接合方法及び接合構造体

技術分野

[0001] 本発明は、一对の金属部品（エンジン部品を含む）の各接合面に発生した摩擦熱を利用して、一对の金属部品の各接合面を接合する摩擦接合方法等に関する。

背景技術

[0002] 例えば、ガスタービンエンジンにおける圧縮機又はタービンのロータであって、ディスクと動翼を一体型構造にした一体型翼車（ブリスク）を製造する場合には、削り出し加工に比べて、材料コストの削減化及び加工時間の短縮化を図ることができる摩擦接合を用いることがある。そして、一般的な摩擦接合について簡単に説明すると、次のようになる。

[0003] 一体型翼車等の接合構造体を構成するための一对の金属部品の各接合面を対向させた状態で、一方の金属部品を他方の金属部品側へ相対的に移動させることにより、一对の金属部品の各接合面を接触させる。そして、一对の金属部品の各接合面を対向接触させた状態で、一方の金属部品を対向方向に直交する方向へ他方の金属部品に対して相対的に往復移動させつつ、一对の金属部品の寄り量（変位量）が目標の寄り量（変位量）になるまで、一方の金属部品を他方の金属部品側へ相対的に押圧する。これにより、一对の金属部品の各接合面から酸化物又は汚れ等をバリとして排出しつつ、摩擦熱によって一对の金属部品の各接合面を軟化させて接合することができる。

[0004] なお、本発明に関連する先行技術はたとえば、日本国特許公開公報特開2009-297788号（特許文献1）、特開2005-199355号（特許文献2）、日本国特許公報第3072239号（特許文献3）である。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、一对の金属部品の接合強度を十分に確保するには、一方の金属

部品を他方の金属部品側へ相対的に押圧する接合荷重（押圧荷重）を大きくして、バリの排出性を高めて、一对の金属部品の各接合面を活性化させた状態で接合する必要がある。そのため、一对の金属部品の強度又は剛性が十分に高くないと、接合荷重を大きくすることができず、一对の金属部品を接合することは非常に困難である。また、一方の金属部品を他方の金属部品側へ相対的に押圧するアクチュエータ（押圧機構の一例）等が大型化して、接合するための装置（摩擦接合装置）全体が大掛かりなものになるという問題がある。

- [0006] 本発明によれば、接合工程中に金属部品を他の金属部品に向けて押圧するときの接合荷重を大きくしなくても接合面の軟化を速めてバリの排出を高める摩擦接合方法を提供することができる。

課題を解決するための手段

- [0007] 本願の発明者は、前述の問題を解決するために試行錯誤を繰り返して、2つの新規な知見を見出し、これらの新規な知見に基づいて本発明を完成するに至った。本発明の特徴を説明する前に、これらの新規な知見を見出すまでの経緯について説明する。
- [0008] 図6（a）（b）に示すように、接合品の接合面と対称面（相手側の接合品の接合面）を対向接触させて、単位体積当たりの摩擦入力熱量を接合品の接合面に付与することにより、接合品の接合面と対称面を接合することを想定した場合に、接合開始時における接合品の接合面の温度（加熱温度）と接合品の寄り開始時間及び寄り速度との関係について有限要素法による非定常熱弾塑性解析（1つ目の非定常熱弾塑性解析）を行い、この非定常熱弾塑性解析結果をまとめると、図7（a）（b）に示すようになる。
- [0009] また、1つ目の非定常熱弾塑性解析においては、接合開始時における接合品の加熱深さを2.0mmに設定した。ここで、単位体積当たりの摩擦入力熱量とは、接合荷重と接合品の往復振幅と接合品の往復周波数との積によって規定される熱量のことをいう。寄り開始時間とは、接合品の接合面に単位体積当たりの摩擦入力熱量を付与してから接合品の対向方向（押圧方向）の

変位を開始するまでの時間のことをいう。寄り速度とは、接合品の対向方向の変位を開始してから目標の寄り量（目標の変位量）になるまでの接合品の対向方向の変位速度のことをいう。加熱深さ（加熱長さ）とは、温度が接合面の温度（摂氏温度）の90～100%になる対向方向の長さのことをいう。

[0010] 1つ目の非定常熱弾塑性解析結果によれば、図7（a）に示すように、接合開始時における接合品の接合面の温度がその接合品の材料の融点（摂氏温度）の20%以上であれば、接合品の寄り開始時間を短くして、換言すれば、接合品の接合面の軟化を速めて、接合品の接合面から生じるバリの排出性（排出速度）を高めることができることが判明した。特に、図7（b）に示すように、接合開始時における接合品の接合面の温度がその接合品の材料の融点（摂氏温度）の40%以上であれば、接合品の寄り速度を高めて、換言すれば、接合品の接合面の軟化を速めて、バリの排出性を更に高めることができることが判明した。

[0011] これにより、本願の発明者は、接合開始時における接合品の接合面の温度がその接合品の材料の融点の20%以上、好ましくは40%以上になるように予め接合品の接合面を加熱しておくことにより、接合品を対称面側へ押圧する接合荷重（押圧荷重）を大きくしなくても、接合品の接合面の軟化を速めて、バリの排出性を高めることができるという、第1の新規な知見を得ることができた。

[0012] 図6（a）（b）に示すように、接合品の接合面と対称面を対向接触させて、単位体積当たりの摩擦入力熱量を接合品の接合面に付与することにより、接合品の接合面と対称面を接合することを想定した場合に、接合開始時における接合品の加熱深さと接合品の寄り開始時間及び寄り速度との関係について有限要素法による2つ目の非定常熱弾塑性解析を行い、この非定常熱弾塑性解析結果をまとめると、図8（a）（b）に示すようになる。また、2つ目の非定常熱弾塑性解析において、接合開始時における接合品の接合面の温度は接合品の材料の融点の44%に設定した。

[0013] 2つ目の非定常熱弾塑性解析結果によれば、図8（a）（b）に示すように、接合開始時における接合品の加熱深さが1.0mm以上であれば、接合品の寄り開始時間を短くして、バリの排出性を高めることができることが判明した。

[0014] 特に、図8（b）に示すように、接合開始時における接合品の加熱深さが2.0mm以上であれば、接合品の寄り速度を高めて、換言すれば、接合品の接合面の軟化を速めて、バリの排出性を更に高めることができることが判明した。これにより、本願の発明者は、接合開始時における接合品の加熱深さが1.0mm以上、好ましくは2.0mm以上になるように予め接合品の接合面を加熱しておくことにより、接合品を対称面側へ押圧する接合荷重を大きくしなくても、接合品の接合面の軟化を速めて、バリの排出性をより高めることができるという、第2の新規な知見を得ることができた。

[0015] 本発明の第1の技術的側面によれば、一对の金属部品の各接合面に発生した摩擦熱を利用して、一对の前記金属部品の各接合面を接合する摩擦接合方法において、（1）一对の前記金属部品のうち少なくともいずれかの前記金属部品の接合面を加熱する加熱工程と、（2）前記加熱工程の終了後に、一对の前記金属部品の各接合面を対向させた状態で、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に移動させることにより、一对の前記金属部品の各接合面を接触させる接触工程と、（3）前記接触工程の終了後に、一对の前記金属部品の各接合面を対向接触させた状態で、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品に対して前記接合面に平行な方向に相対的に往復移動させつつ、一对の前記金属部品の寄り量（変位量）が目標の寄り量になるまで、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に押圧することにより、摩擦熱によって一对の前記金属部品の各接合面を軟化させて接合する接合工程と、を具備し、前記加熱工程の処理により前記接合工程の開始時におけるいずれかの前記金属部品の接合面の温度がその前記金属部品の材料の融点の20%以上であることを特徴とする。

[0016] ここで、本願の明細書及び特許請求の範囲において、「金属部品」には、

ガスタービンエンジン等のエンジンに用いられるエンジン部品他、種々の金属製の機械部品を含む意である。また、「対向方向」とは、一对の金属部品の各接合面が対向する方向のことをいう。なお、融点は、摂氏を単位にしている。

[0017] 本発明の第2の技術的側面によれば、第1の特徴に加えて、前記加熱工程の処理により前記接合工程の開始時におけるいずれかの前記金属部品の加熱深さ（温度が接合面の温度の90～100%になる対向方向の長さ）が1.0mm以上になっていることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1(a)(b)(c)は、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法における加熱工程を説明する模式図である。

[図2]図2(a)は、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法における接触工程を説明する模式図、図2(b)(c)は、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法における第1接合工程を説明する模式図である。

[図3]図3(a)は、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法における第2接合工程を説明する模式図、図3(b)は、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法によって接合された接合構造体を示す模式図である。

[図4]図4は、本発明の実施形態に係る摩擦接合装置を説明する模式図である。

[図5]図5は、時間と接合荷重及び一对の金属部品の寄り量との関係を示す図である。

[図6]図6(a)は、単位体積当たりの摩擦入力熱量を接合品の接合面に付与した状態を示す模式図、図6(b)は、接合品の接合面と対称面を摩擦接合させた状態を示す模式図である。

[図7]図7(a)は、接合開始時における接合品の接合面の温度と接合品の寄り開始時間との関係を示す図、図7(b)は、接合開始時における接合品の接合面の温度と接合品の寄り速度との関係を示す図である。

[図8]図8(a)は、接合開始時における接合品の加熱深さと接合品の寄り開

始時間との関係を示す図、図 8（b）は、接合開始時における接合品の加熱深さと接合品の寄り速度との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0019] 本発明の実施形態について図 1 から図 5 を参照して説明する。なお、説明中、「設けられ」とは、直接的に設けられたことの他に、間接的に設けられたことを含む意であって、図面中、「F F」は、前方向を、「F R」は、後方向をそれぞれ指してある。
- [0020] 本発明の実施形態に係る摩擦接合方法について説明する前に、図 4 を参照して、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法の実施に用いられる摩擦接合装置 1 について簡単に説明する。
- [0021] 本発明の実施形態に係る摩擦接合装置 1 は、矩形板状の一对の金属部品 W、T の各接合面 W a、T a を接合するための装置であって、前後方向へ延びたベッド 3 と、このベッド 3 の後部に立設されたコラム 5 とをベースとして備える。
- [0022] ベッド 3 の前部には、一方の金属部品 W を保持する第 1 保持ヘッド（第 1 保持具）7 が第 1 ガイド部材 9 を介して前後方向へ移動可能に設けられる。また、ベッド 3 の適宜位置 5 a には、第 1 保持ヘッド 7 を前後方向へ移動させる油圧シリンダ等の第 1 アクチュエータ 11 が設けられる。ここで、一方の金属部品 W を第 1 保持ヘッド 7 に取付けた状態（保持させた状態）で、第 1 アクチュエータ 11 を駆動させると、一方の金属部品 W を前後方向へ第 1 保持ヘッド 7 と一体的に移動させるように構成される。
- [0023] コラム 5 の前側には、他方の金属部品 T を保持する第 2 保持ヘッド（第 2 保持具）13 が第 2 ガイド部材 15 を介して上下方向へ移動可能に設けられており、この第 2 保持ヘッド 13 は、その基準の高さ位置に位置したときに、第 1 保持ヘッド 7 と同心状に位置するようになっている。また、コラム 5 の適宜位置には、第 2 保持ヘッド 13 を基準の高さ位置を中心として上下方向へ往復移動させる電動モータ等の第 2 アクチュエータ 17 が設けられる。ここで、他方の金属部品 T を第 2 保持ヘッド 13 に取付けた状態（保持させ

た状態)で、第2アクチュエータ17を駆動させると、他方の金属部品Tを基準の高さ位置を中心として上下方向へ第2保持ヘッド13と一体的に往復移動させるように構成される。

[0024] ベッド3の上部には、支持フレーム19が設けられており、この支持フレーム19には、スライダ21が第3ガイド部材23を介して上下方向へ移動可能に設けられる。また、支持フレーム19の適宜位置19aには、スライダ21を上下方向へ移動させる電動モータ等の第3アクチュエータ25が設けられる。

[0025] 更に、スライダ21には、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taを高周波によって金属部品を誘導加熱する加熱コイル27が支持棒29を介して設けられており、この加熱コイル27は、高周波電流を供給可能な高周波電源(図示省略)に接続される。ここで、加熱コイル27は、第3アクチュエータ25の駆動によりスライダ21を上下方向へ移動させることによって、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taの間の領域に進退可能である。

[0026] 本発明の実施形態に係る摩擦接合方法は、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taに発生する摩擦熱を利用して、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taを接合する方法であって、加熱工程、接触工程、第1接合工程、第2接合工程、及びバリ除去工程を具備している。そして、各工程の具体的な内容は、次のようになる。なお、本発明の実施形態にあつては、一对の金属部品W、Tは、同種類の材料により構成されているが、異種材料により構成されても構わない。

[0027] (i) 加熱工程

図1(a)に示すように、一方の金属部品Wを第1保持ヘッド7に、他方の金属部品Tを第2保持ヘッド13にそれぞれ取付けて、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taを対向させる。次に、第3アクチュエータ25の駆動によりスライダ21を下方向へ移動させることにより、図1(b)に示すように、加熱コイル27を一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taの

間の領域に進入させる。そして、高周波電源から加熱コイル 27 に高周波電流を供給することにより、図 1 (c) に示すように、加熱コイル 27 によって一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a を加熱する (図 5 参照)。ここで、一对の金属部品 W, T の劣化を防止するために、一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a の温度が金属部品 W, T の材料の結晶成長温度又は変態温度等を超えないようにする。

[0028] なお、図中に、一对の金属部品 W, T にハッチングを施した部位は、高温になっている部位である。

[0029] (i i) 接触工程

加熱工程の終了後に、第 3 アクチュエータ 25 の駆動によりスライダ 21 を上方向へ移動させることにより、図 2 (a) に示すように、加熱コイル 27 を一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a の間の領域から退避させる。そして、一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a を対向させた状態で、第 1 アクチュエータ 11 の駆動により一方の金属部品 W を他方の金属部品 T 側 (後方向) へ第 1 保持ヘッド 7 と一体的に移動させることにより、一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a を接触させる (図 4 参照)。

[0030] (i i i) 第 1 接合工程

接触工程の終了後に、図 2 (b) に示すように、一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a を対向接触させた状態で、第 2 アクチュエータ 17 の駆動により他方の金属部品 T を前記基準の高さ位置を中心として上下方向へ第 2 保持ヘッド 13 と一体的に往復移動 (往復振幅 α) する。ここで往復移動方向は対向接触した接合面により規定される仮想平面に平行な方向であって、本実施形態では対向方向 (接合面の法線方向) に直交する方向である。

[0031] 換言すれば、一方の金属部品 W を上下方向へ他方の金属部品 T に対して相対的に往復移動させつつ、第 1 アクチュエータ 11 の駆動により一方の金属部品 W を他方の金属部品 T 側へ押圧する。これにより、図 2 (c) に示すように、一对の金属部品 W, T の各接合面 W a, T a から酸化物又は汚れ等をバリ B として排出しつつ、摩擦熱による温度上昇によって一对の金属部品 W

、 T の各接合面 $W a$ 、 $T a$ を軟化させることができる。そして、一对の金属部品 W 、 T の寄り量（変位量） m が目標の寄り量 t_1 （図5参照）よりも小さく設定した目標前の寄り量 t_2 （図5参照）になると、第2アクチュエータ17の駆動を停止して他方の金属部品 T の往復移動を停止する（図5参照）。

[0032] ここで、加熱工程の処理により第1接合工程の開始時（接合開始時）における一对の金属部品 W 、 T の各接合面 $W a$ 、 $T a$ の温度は、金属部品 W 、 T の材料の融点（摂氏温度）の20%以上になっている。具体的には、一对の金属部品 W 、 T がチタン合金により構成される場合に、第1接合工程の開始時における一对の金属部品 W 、 T の各接合面 $W a$ 、 $T a$ の温度（摂氏温度）は、320～400℃になっている。第1接合工程の開始時における一对の金属部品 W 、 T の各接合面 $W a$ 、 $T a$ の温度を金属部品 W 、 T の材料の融点の20%以上としたのは、前述の1つ目の新規な知見を適用するためである。

[0033] したがって、接合工程中に、一方の金属部品を他方の金属部品側へ相対的に押圧する接合荷重（押圧荷重）を大きくしなくても、一对の前記金属部品の各接合面の軟化を速めて、一对の前記金属部品の各接合面から生じるバリ

の排出性を高めることができる。

[0034] また、加熱工程の処理により第1接合工程の開始時における一对の金属部品 W 、 T の加熱深さ h は、1.0mm以上、好ましくは2.0mm以上になっている。具体的には、一对の金属部品 W 、 T の加熱深さ h は、1.0mm以上になるようにするため、加熱工程において加熱コイル27に供給する高周波電流又は供給時間を制御したり、加熱工程の終了後から第1接合工程の開始までの時間を制御したりしている。そして第1接合工程の開始時における一对の金属部品 W 、 T の加熱深さ h を1.0mm以上としたのは、前述の2つ目の新規な知見を適用するためである。

[0035] したがって、接合工程中に、一方の金属部品を他方の金属部品側へ相対的に押圧する接合荷重を大きくしなくても、一对の金属部品の各接合面の軟化

を速めて、バリの排出性をより高めることができる。

[0036] (i v) 第2接合工程

第1接合工程の終了後に、図3(a)に示すように、一对の金属部品W、Tの寄り量mが目標の寄り量t₁になるまで、第1アクチュエータ11の駆動による一方の金属部品Wの押圧動作を継続して、一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aを据え込む(図5参照)。これにより、図3(b)に示すように、一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aからバリBとして排出しつつ、一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aを接合することができる。換言すれば、一对の金属部品W、Tからなる接合構造体JSを製造することができる。

[0037] 以上により、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法の実施が終了する。

[0038] 本発明の実施形態の作用及び効果について説明する。

[0039] 本発明の実施形態に係る摩擦接合方法は加熱工程を接触工程の前工程(第1接合工程の前工程)として備えており、加熱工程の処理により第1接合工程の開始時における一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aの温度は金属部品W、Tの材料の融点の20%以上である。したがって、前述の第1の新規な知見を適用すると、第1接合工程及び第2接合工程中に、一方の金属部品Wを他方の金属部品T側へ押圧する接合荷重(押圧荷重)を大きくしなくても、一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aから生じるバリBの排出性を高めることができる。特に、加熱工程の処理により第1接合工程の開始時における一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aからの加熱深さmが1.0mm以上になっているため、前述の第2の新規な知見を適用すると、一对の金属部品W、Tの各接合面W_a、T_aの軟化を速めて、バリの排出性をより高めることができる。

[0040] なお、一对の金属部品W、Tの摩擦接合試験を行った結果、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法による場合、加熱工程を具備していない場合(非加熱の場合)に比べて、接合荷重を大幅に低減できることが確認された(図5参照)。

[0041] 従って、本発明の実施形態によれば、一对の金属部品W、Tの強度又は剛性が十分に高くなくても、一对の金属部品W、Tを接合することができると共に、一方の金属部品Wを他方の金属部品T側へ押圧する第1アクチュエータ11（押圧機構の一例）等の大型化を抑えて、接合するための摩擦接合装置1全体のコンパクト化を図ることができる。

[0042] なお、本発明は、前述の実施形態の説明に限られるものではなく、次のように適宜の変更を行うことにより、種々の態様で実施可能である。

[0043] 即ち、加熱工程において、一对の金属部品W、Tの各接合面Wa、Taを均一に加熱する代わりに、一对の金属部品W、Tのうちのいずれかの金属部品W（又はT）の接合面Wa（又はTa）を均一に加熱するようにしたり、加熱コイル27により高周波によって加熱する代わりに、レーザの照射等によって加熱したりしても構わない。また、本発明の実施形態に係る摩擦接合方法は、一般的な金属部品W、Tを接合対象にしているが、一般的な金属部品W、Tの代わりに、ガスタービンエンジンに用いられるエンジン部品（金属部品の一例）を接合対象にしても構わない。

[0044] 本発明の実施形態に摩擦接合方法は、接合構造体JSを製造する製造方法として捉えることもできる。また、本発明に包含される権利範囲は、前述の実施形態に限定されないものである。

[0045] 本発明によれば、前記接合工程中に、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に押圧する接合荷重を大きくしなくても、一对の前記金属部品の各接合面の軟化を速めて、バリの排出性を高めることができるため、一对の前記金属部品の強度又は剛性が十分に高くなくても、一对の前記金属部品を接合することができると共に、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に押圧する押圧機構等の大型化を抑えて、接合するための装置（摩擦接合装置）全体のコンパクト化を図ることができる。

[0046] （米国指定）

本国際特許出願は米国指定に関し、2011年4月25日に出願された日本国特許出願第2011-097456号について米国特許法第119条（

a) に基づく優先権の利益を援用し、当該開示内容を引用する。

請求の範囲

- [請求項1] 一対の金属部品の各接合面に発生する摩擦熱を利用して、一対の前記金属部品の各接合面を接合する摩擦接合方法であって、
- 一対の前記金属部品のうち少なくともいずれかの前記金属部品の接合面を加熱する加熱工程と、
- 前記加熱工程の終了後に、一対の前記金属部品の各接合面を対向させた状態で、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に移動させることにより、一対の前記金属部品の各接合面を接触させる接触工程と、
- 前記接触工程の終了後に、一対の前記金属部品の各接合面を対向接触させた状態で、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品に対して前記対向接触する接合面に平行な方向に相対的に往復運動させつつ、一対の前記金属部品の寄り量が目標の寄り量になるまで一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に押圧することにより、摩擦熱によって一対の前記金属部品の各接合面を軟化させて接合する接合工程と、
- を具備し、
- 前記加熱工程の処理により前記接合工程の開始時におけるいずれかの前記金属部品の接合面の温度がその前記金属部品の材料の融点の20%以上となることを特徴とする摩擦接合方法。
- [請求項2] 前記加熱工程の処理により前記接合工程の開始時におけるいずれかの前記金属部品の加熱深さを1.0mm以上とすることを特徴とする請求項1に記載の摩擦接合方法。
- [請求項3] 前記加熱工程中に、一対の前記金属部品の各接合面を加熱することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の摩擦接合方法。
- [請求項4] 前記接合工程は、
- 前記接触工程の終了後に、一対の前記金属部品の各接合面を対向接触させた状態で、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品に対して

前記接合面に平行な方向に相対的に往復運動させつつ、一方の前記金属部品を他方の前記金属部品側へ相対的に押圧することにより、摩擦熱によって一对の前記金属部品の各接合面を軟化させ、一对の前記金属部品の寄り量が前記目標の寄り量よりも小さく設定した目標前の寄り量になると一方の前記金属部品の相対的な往復移動を停止する第1接合工程と、

前記第1接合工程の終了後に、一对の前記金属部品の寄り量が目標の寄り量になるまで、一方の前記金属部品の相対的な押圧動作を継続して、一对の前記金属部品の各接合面を据え込むことにより、一对の前記金属部品の各接合面を接合する第2接合工程と、を備えていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の摩擦接合方法。

[請求項5] 前記金属部品は、ガスタービンエンジンに用いられるエンジン部品であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の摩擦接合方法。

[請求項6] 請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の摩擦接合方法によって接合されたことを特徴とする接合構造体。