

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 2 部門第 3 区分  
 【発行日】平成 22 年 3 月 25 日 (2010.3.25)

【公表番号】特表 2006-502869 (P2006-502869A)  
 【公表日】平成 18 年 1 月 26 日 (2006.1.26)  
 【年通号数】公開・登録公報 2006-004  
 【出願番号】特願 2004-527775 (P2004-527775)  
 【国際特許分類】

B 2 3 Q 3/08 (2006.01)

C 0 9 J 5/00 (2006.01)

C 0 9 J 201/00 (2006.01)

【 F I 】

B 2 3 Q 3/08 Z

C 0 9 J 5/00

C 0 9 J 201/00

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 22 年 2 月 2 日 (2010.2.2)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

製造のためにワークピース ( 2 8 ) を固定する接着剤式の加工物保持装置であって、この装置が、

ワークピースを固定するように感放射性接着剤 ( 2 0 ) が塗布される端面 ( 2 6 ) を有する導波ガイド ( 1 2 ) を備えた固定具 ( 1 1 ) と、

放射エネルギーを放出でき、前記端面 ( 2 6 ) に光学的に連通するように配置された放射エネルギー送出装置 ( 1 4 ) と、を備え、

前記端面 ( 2 6 ) は、前記放射エネルギー送出装置 ( 1 4 ) によって放出された前記放射エネルギーを前記感放射性接着剤 ( 2 0 ) に伝達することができ、

固定具は、内部に複数の個々の導波ガイド ( 1 2 ) を保持し取り付けシャーシ ( 1 6 ) を含み、シャーシ ( 1 6 ) は、導波ガイド ( 1 2 ) を取り囲み、前記放射エネルギー送出装置 ( 1 4 ) によって放出された放射エネルギーは、前記個々の導波ガイド ( 1 2 ) に沿って、前記導波ガイド ( 1 2 ) の前記端面へ方向付けられて反射され、前記放射エネルギー送出装置 ( 1 4 ) は、前記導波ガイド ( 1 2 ) に接続され、または前記導波ガイド ( 1 2 ) と一体に形成されている、

ことを特徴とする装置。

【請求項 2】

複数の個々の導波ガイド ( 1 2 ) は、シャーシ ( 1 6 ) 内に定められた対応するボア ( 3 4 ) 内に保持され取り付けられる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

導波ガイド ( 1 2 ) は、端部が直角な円筒形部材である、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

個々の導波ガイド ( 1 2 ) は、サファイア、ダイヤモンド、単結晶二酸化珪素、ルビー、立方晶ジルコニア、及び酸化ジルコニウムからなるグループから選択された材料によっ

て作られている、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 5】

前記固定具は、ワークピースを前記端面（26）に対して位置決めする機械的なロケータ（18）を更に含み、機械的なロケータ（18）は、ワークピース（28）と前記端面（26）との間に所定の隙間（56）を定める、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 6】

前記機械的なロケータ（18）は、係脱され、取り外され、または引っ込められることができる、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記導波ガイド（12）及び前記端面（26）は、電磁放射エネルギーまたは電子ビーム放射エネルギーを伝達することができ、

前記放射エネルギー送出装置（14）は、電磁放射エネルギーまたは電子ビーム放射エネルギーを放出することができる、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 8】

固定具は、シャーシ（16）が取り付けられる固定具のサブプレート（42）を更に含む、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 9】

放射エネルギー送出装置（14）は、複数の光ガイド（30）を含み、固定具は、光ガイド（30）を内部に保持する光ガイドシャーシ（32）を更に含む、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 10】

前記放射エネルギー送出装置（14）は、放射エネルギーを放出することができる放射エネルギー源（22）と、光学経路のネットワーク（24，30）と、を含む、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 11】

前記光学経路のネットワーク（24，30）は、前記導波ガイドと前記放射エネルギー源（22）の間に配置される、請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

前記光学経路のネットワーク（24，30）は、前記放射エネルギー源（22）によって発生した放射エネルギーのビームを前記導波ガイドに伝達することができる、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記光学経路ネットワークは、前記光学経路のネットワーク（24，30）と前記導波ガイド（12）との間に配置されるとともに前記光学経路のネットワーク（24，30）からの光ビームを反射する平面鏡（70）を備え、それにより、前記導波ガイド（12）の前記端面（26）に、円形の経路に沿って移動する、導波ガイド（12）の直径より小さい直径の光ビームが伝達される、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】

前記光学経路のネットワーク（24，30）は、内反射ガイド、反射部材、鏡、及びレンズからなるグループから選択されている、請求項 10 から 13 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 15】

前記放射エネルギー送出装置（14）は、300～1064nmの範囲の波長の放射エネルギーを伝達することができる、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 16】

請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の接着剤式の加工物保持装置を用いたワークピース保持方法であって、この方法が、

導波ガイドの端面（26）上に、感放射性接着剤を吐出する段階と、

端面（26）に隣接させてワークピース（28）を位置決めする段階と、

端面（２６）とワークピース（２８）との間に、感放射性接着剤（２０）を介在させる段階と、

感放射性接着剤（２０）を、感放射性接着剤が硬化するのに十分な所定時間長さにわたって、所定レベルの放射エネルギーに露出させて、ワークピース（２８）と端面（２６）との間に接着剤結合を形成させる段階と、を備え、

これによりワークピース（２８）と固定具とを相互連結する、  
ことを特徴とする方法。

【誤訳訂正２】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ワークピースを製造用固定具に対して結合及び分離させる装置及び方法

【技術分野】

【０００１】

本発明は、加工物ホルダに関し、特に、ワークピースと固定具との間に感放射性接着剤を介在させて、放射エネルギーを用いて結合及び分離させるような装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

製造現場では、製造工程、組立工程、又は検査工程において、ワークピースを位置決めして保持するために固定具が使用されている。ひとつの最も要望のある製造作業は、機械加工であるので、これを例示として採用することにする。マシニング・センタにおける固定具の構成は、代表的に用途特異的であるけれども、それらのほとんどすべてにおいて、ロケータや、クランプ、及びサポートと称される機械的要素が使用されている。ロケータは、固定具のベースに対して、そして終局的にはマシニング・センタに対して、ワークピースを位置決めするために使用される、固定された機械的要素である。クランプは、ワークピースをロケータのサブセットに対して押圧するための機構である。クランプは代表的に、液圧的に又は空気圧的に、ナットとネジとを相対的に回転させることによって動作する。

【０００３】

サポートは、固定具 - ワークピースの系の剛性を高めるために使用される機構である。サポートは、クランプとは違うもので、サポートは、最小限の予荷重にてワークピースに接触させてから所定位置にロックされる。クランプと同様に、サポートも代表的に、液圧的に又は空気圧的に、ナットとネジとを相対的に回転させることによって動作する。ワークピース表面の不完全性のために、また、６個又はそれ以下のロケータだけを用いて部品を位置決めするという必要性のために、ワークピースをロケータに接触させてクランプした後になって初めて、サポートを係合させる。多くの用途においては、ワークピースをサポートに対して押し付け、ワークピースに対する固定具の予荷重を高めるために、追加的なクランプを動作させる。

【０００４】

代表的なワークピースのローディング・サイクルには以下の段階が含まれる。ワークピースをロケータに対して接触させる。クランプを動作させて、ワークピースに対して押し当てる。これによって、ワークピースとクランプとロケータのサブセットとの間には、予荷重結合が得られる。サポートを用いるならば、サポートを動作させて、ワークピースに対して軽く接触させる。次に、サポートを所定位置にロックする。追加的なクランプを動作させて、ワークピースをサポートのサブセットに対して保持させる。ワークピースと固定具要素とは、本質的には単一に組み立てられた構造物である。

【０００５】

製造サイクル中には、動作したクランプの力と、予荷重を与えられた固定具 - ワークピ

ースの結合部における摩擦接触力とによって、ワークピースは拘束される。動作したクランプの力の大きさは重要である。クランプ力が弱すぎると、ワークピースは、機械加工中に固定具の中で滑ってしまう。クランプ力が強すぎると、ワークピースは、機械加工前に固定具の中で過大に変形してしまう。

固定具 - ワークピースの系についての重要な特性は、機械加工すべきワークピース表面における、その動的な剛性である。機械加工工程中に表面が過度に振動しないことを保証するために、そして過大な刃形誤差やチャッターマークを残さないためには、高い動的剛性が必要である。

#### 【 0 0 0 6 】

動的剛性は、ワークピースの幾何学形状及び弾性率、固定具要素の空間的な配置、固定具要素の幾何学形状及び弾性率、及びワークピースと固定具要素との間の摩擦係数によって定まる直接的な関数である。また、いくぶんは、結合部の予荷重の力の関数でもある。機械加工用の固定具についての重要な能力の目安は、機械加工すべき部分に対する切断ツールのアクセスを維持しながら、固定具 - ワークピースの系に高い動的剛性を与えられるという能力である。

その他の重要な目安には、ワークピースのロード時間（ワークピースを取り付けてクランプ及びサポートを係合させる時間を含む。）や、ワークピースのアンロード時間（クランプ及びサポートを係脱させて、ワークピースを取り出し、ロケータやサポートの接触面の破片を清掃する時間を含む。）、異種の部品を保持すべく再構成できる柔軟性ないし能力、及び投資コストなどが含まれる。固定具のデザインは極めて用途特異的であって、というのは、あらゆる機械加工の用途は、ワークピースの複雑さや、機械加工される構造部分の公差、求められる材料除去速度、求められるサイクルタイム、及び生産する部品の合計総数などにおいて異なっているためである。

#### 【 0 0 0 7 】

動作力が適切に設定されたときには、機械加工中にワークピースが固定具から滑り出ることは極めてまれである。さらに、これらの固定具の保持強度は、ワークピースの清浄度については、比較的鈍感である。しかしながら、ワークピースを位置決めする固定具の能力は、ワークピースの清浄度に対して非常に敏感である。また、自動化されたクランプ及びサポート装置を用いるならば、ワークピースのロード及びアンロード時間を比較的短くすることができる。

こうした技術を用いた固定具のための投資コストは、精密バイスについての数百ドル程度から、完全に自動化されたトゥームストーン固定具装置についての6万ドル以上にまで変化する。さらに、外部的な動作源（液圧伝達装置やナット・ランナーなど）のためにもコストがかかる。

#### 【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来の固定技術には、いくつかの制限がある。多くの用途において、固定具要素は、ワークピース上の戦略的な位置に配置することができず、というのは、そうした位置は、アクセス不可能であったり、クランプ動作で予荷重を与えることができなかったり、柔軟すぎたり、及び/又は、予荷重を加えるとワークピースが著しく予荷重変形してしまうなどの理由のためである。この結果、固定具 - ワークピースの系の動的剛性は不十分になる。さらに、このことは、機械加工中の強制振動やチャッターなどの不都合につながり、あるいは、それを防ぐために機械加工の材料除去速度を著しく遅くしなければならないということにつながる。一般的に、この問題点は、生産性と部品の品質との両方を悪化させる。

クランプの動作は、常に、ワークピースの弾力的な予荷重変形をもたらす。クランプ力が実際に監視されることはまれで、特に手作業による場合には、クランプ力はワークピース毎に著しく変化する。多くの場合、クランプ力は、ワークピースの保持に必要な大きさに比べて、はるかに大きい。別の事例では、ワークピースの保持に必要な最小限のクランプ力でさえ、ワークピースに過大な予荷重変形を生じさせる場合もある。多数の用途において、予荷重変形は、それ自体があまりに大きくて、機械加工された構造部分は公差から逸

脱してしまう。多くの別の事例においては、変形は、他の原因と積み重ねられることで、部品を公差から逸脱させてしまう程度には十分に大きい。

【 0 0 0 9 】

ほとんどの用途において、ワークピースと固定具との接触面積は極めて小さい。クランプ力と機械加工力とに起因する高い応力は、固定具 - ワークピースの接触領域において、ワークピース表面に、塑性的な圧痕、及び / 又は、ひっかき傷を生じさせる。この問題点は、部品の品質に影響し、部品が表面テクスチャーについての公差を満たさないことにつながる。

固定具要素、特にクランプは、代表的に、機械加工が必要なワークピース表面へのアクセスの妨げになる。このため、余分な段取りが必要になって、部品の機械加工のための全体的なリードタイムが著しく長くなったり、及び / 又は、余分な加工ツール、切断ツール、及び固定具のための支出が必要になったりする。さらに、毎回の段取りでは、加工ツールに対して部品を位置決めすることが必要である。この工程は、常に、偏り誤差とランダム誤差との影響を受けるので、追加的な段取りを毎回行うたびに、機械加工される構造部分の誤差、特に向き、位置、輪郭タイプの誤差が大きくなる。

固定具要素、特にクランプは、機械加工すべき表面へのツールの経路を妨害する。これは、頻繁にツールのクラッシュをもたらして、切断ツール、加工ツール、及び固定具要素を破損させる。また、切断ツールは固定具要素のまわりを迅速に横切ることが必要であるので、このことは、実質的に生産性を低下させる。

【 0 0 1 0 】

固定具要素、特にクランプは、ワークピースの包絡面の外側に位置するので、別のワークピースを保持できたであろう領域を占有することになる。このため、ベースプレートやトゥームストーンに保持されるワークピースの数は減少する。そして、このことは、切断ツールの変更、パレットの変更、及びワークピースからワークピースへの横断時間に関連した、部品当たりのサイクルタイムを著しく長くさせる。

サポートの位置は、位置決めされてクランプされたワークピースに接触させるために、極めて小さい距離 ( 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 0 5 インチ ) にわたって調整しなければならない。このために、可動な構成要素が必要になって、それらを用いることで、サポートの剛性は低下する。

上述した制約は、機械加工される構造部分の公差が厳しくなり、ワークピースの幾何学的複雑さが増し、ワークピースの剛性が低下し、又は、ワークピースの硬度が高くなると、さらに明らかになる。

特殊な用途においては、従来の固定具のいくつかの制約を解消できるような、代替的な固定技術が利用可能である。これらの代替技術には、ワークピースをクランプするために代替的な力を使用すること、及び接着剤の結合を使用することが含まれる。

機械的クランプに頼らずに代替的なクランプ力を使用するような、3つの商業的に利用可能な固定技術は、真空チャック、磁気チャック、及び静電チャックである。これら3つのすべての固定具タイプにおいては、クランプ力を瞬間的にオン / オフすることができる。

例えば、D u n h a mによって製造されているモデルなど、従来の真空チャックは、孔 / 通路が穿設された把持プレートを含んでいる。孔 / 通路は、真空ポンプに結合されて、バルブシステムを介して開閉される。真空ポンプを起動すると、空気圧によって部品は把持プレートに押し付けられる。この真空を維持するために、孔及び通路は、まわりのチャック - ワークピース面の間の接触によって密封されなければならない。この力の大きさは、ワークピースと把持プレートとの間に密封される孔 / 通路の面積と、大気圧との積である ( ~ 1 2 p s i ) 。

【 0 0 1 1 】

真空チャックは、あらゆる材料で作られたワークピースを保持するために使用できる。しかしながら、ワークピースの底面は滑らかでなければならない。さらに、機械加工工程によって露出するであろう孔や通路には栓をしなければならない。真空チャックにおいて

は、軸線方向（接触面に垂直な方向）の保持力は、大気圧を越えることができない（12 p s i）。同様に、静摩擦係数を、金属 - 金属接触において代表的な値である 0.2 と仮定すると、真空チャックにおける剪断方向（接触面に平行な方向）の保持力は、概略 2.4 p s i である。

保持力が低いために、真空チャックは、代表的に、小さくて薄い部品についての軽フライス加工や孔開け加工に使用される。また、真空チャックは、極めて大きく滑らかな接触面をもったワークピースについての高速機械加工にも使用される。これらの場合には、固定具とワークピースとの接触面積が大きいことで、固定具の保持強度が低いことを克服している。これらの用途は、航空宇宙産業において代表的に見い出される。

例えば T e c n o m a g n e t e（登録商標）が製造しているモデルなどの、従来の磁気チャックは、強磁性材料（鋳鉄、鋼、及びある種のニッケル合金）から作られたワークピースを保持するために使用される。チャックは、永久磁石か電磁石かのいずれかを使用して、磁場を発生させる。いずれの場合にも、ワークピースは磁力によって把持プレートに引き付けられる。

#### 【0012】

ワークピースに作用する磁力の強さは、磁場の強さと、把持プレートに対するワークピース材料の近さとの直接的な関数である。前者は、ワークピース材料の強磁性の特性と、磁石の強さとによって、大きく影響される。一般に、磁場が強くなるほど、及び/又は、材料が近くなるほど、磁力は強くなる。電磁チャックにおいては、ワークピース - 把持プレートの接触面積が小さくなると、また、接触するワークピース表面の表面粗さが増すと、磁力は著しく低下することが知られている。

磁気チャックは、真空チャックに比べて、著しく強いクランプ力を働かせることができ、軸線方向の保持強さは 205 p s i 程度（低炭素鋼の場合）、剪断方向の保持強さは 40.2 p s i 程度（摩擦係数が 0.2 の場合）になる。その結果、磁気チャックは、より高い材料除去速度を伴うような用途に使用される。それらは、ほとんどが研磨の用途である。しかしながら、マシニング・センタの作業にも同様に使用することができる。さらに、必要に応じて、ワークピースの底面を位置決めするために、把持プレートの上面に平行物を配置することもできる。これは、ワークピース材料を把持プレートから遠ざけて、接触面積を減少させるので、ワークピースに作用する磁力も減少する。磁気チャックによって保持されたワークピースには、しばしば残留磁気が残される。この残留磁気は、別個の脱磁機器によって消去ないし減少させる。

#### 【0013】

従来の静電チャックは、導電材料を保持するために使用される。把持プレートは、電極になっていて、プラスチック樹脂などの絶縁材料でコーティングされている。ワークピースと把持プレートとは、電圧源に結合されて、ワークピースに正の電荷を帯電させ、把持プレートに負の電荷を帯電させる（正負の関係は逆でも良い。）。これによって静電力が生じて、ワークピースは把持プレートに押し付けられる。

一般に、発生する静電力はかなり小さくて、通常、ワークピース - 把持プレートの接触面積あたり、20 p s i 未満である。このようにクランプ力が弱いので、静電固定具が機械加工の用途に使用されることはめったに無い。しかしながら、半導体産業においては、様々なその他の処理工程のために半導体材料を保持すべく、大規模に使用されている。

3つのすべての技術は、以下の利点をもたらす。ワークピースへのアクセスが良いので、1回の段取りでより多くの表面を処理することができ、及び/又は、1回の段取りでより多数のワークピースを保持することができる。ワークピースの底面と把持プレートとの間の接触応力が均一に分布していて小さいので、予荷重変形、塑性的な圧痕、及びひっかき傷に起因して、部品を劣化させることが最小限である。クランプ力を瞬時に、動作させ及び不動作にすることができる。しかしながら、それらの技術的な制約のために、これらの技術は、大部分のマシニング・センタの用途には使用されていない。

#### 【0014】

接着剤結合は、機械的にクランプできない、あるいは、真空チャック、磁気チャック、

又は静電チャックのいずれでも効果的に保持できないような、可撓性の、及び／又は、幾何学形状が複雑である部品を保持するために使用されている。一般に、この技術は代表的に、極めて少数の部品の製造に制限されている。この理由は、接着剤結合を形成するのに、また、機械加工が完了した後に結合を破壊する（又は構造的に弱める）ために、長い先行時間が必要であるためである。

いくつかの商業的に利用可能な接着剤装置（例えばM C Pグループによって製造されている装置など）では、低い溶融温度の結合材料を使用して、ワークピースを、サブプレートに接着し及び／又は包被している。これらの結合材料は、金属、ポリマー、又は水のいずれかである。これらの金属は、ピスマス、亜鉛、及び錫の合金である。これらの金属の融点は、その組成に依存するが、75～250 の範囲である。

これらの材料を使用して、サブプレートに簡単に結合するひとつの実例では、サブプレートの上面にプールを取り付けて、ワークピースをプールの中に配置している。ワークピースの底面とサブプレートとの間の小さな隙間は、詰め物のストックによって、又はその他の機械的手段によって強化される。低融点の金属を加熱して液体状態にして、次に、ワークピース-サブプレートの隙間のすぐ上の高さにまで、プールに注ぎ入れる。金属を冷却して硬化させる。金属は、ワークピースをサブプレートに結合するための接着剤として作用する。さらに、ワークピースの縁部を取り囲むように硬化した金属は、ワークピースの動きに抵抗する機械的な障壁を形成する（すなわち部分的な包被となる。）。ここで、サブプレートは加工ツールに取り付けられて、ワークピースの露出した表面が機械加工される。加工が完了したならば、ワークピースを取り外すために、トーチによって結合材料を溶融させるか、又はサブプレート及びワークピースを加熱炉の中に配置する。

その他の完全な又は部分的なワークピースの包被にはモールドが含まれる。モールドの壁は、平行平面や円筒面など、容易に把持できる表面に形成されている。次に、上述したような溶融金属を、モールドに注ぎ入れて、ワークピースを、その内部空洞を含めて包被させる。包被されたワークピースをモールドから取り出して、バイス又はチャックに取り付ける。ワークピースの取り外しは、前述したのと同様に行われる。

#### 【0015】

この材料と同等な熱可塑性プラスチックは、例えばM . A r g u e s o & C o社が製造しているR i g i d a x（登録商標）である。様々な組成の熱可塑性プラスチックの融点は、65～100 の範囲である。低融点金属と熱可塑性プラスチックとはいずれも、多数の機械加工の用途に成功して使用されてきた。しかしながら、これらの使用には制約があって、それは例えば、硬化中における薄壁ワークピースの熱的な歪や、溶融物質の著しい収縮に起因する機械的な歪などである。さらに、これらはいずれも、アルミニウムについては低い結合強度になっている（低融点金属では0 . 2 4 6 p s i、熱可塑性プラスチックでは9 . 9 8 p s iである。）。

別の実例においては、冷媒コイルと加熱要素とを備えた装置を使用して、スケートリンクのように、冷媒の温度を冷媒の凝固点以下にして、冷媒を凝固させている。そうした装置のひとつは、H o r s t - W i t t e社によって製造されている、I c e V i c e（登録商標）である。装置は、極めて小さい保持壁を有している点を除いて、磁気チャックと極めて類似した特徴を含んでいる。装置は、加工ツールのテーブル上に直接載置されるようにデザインされている。チャックの接触面の下方には、冷媒コイルと加熱要素の装置が配置されている。

#### 【0016】

凍結バイスを使用するためには、チャックの接触面上に水の薄膜を堆積させる。ワークピースをかかると表面に接触させて配置する。次に、コイルに冷媒を流すことで、水の膜を凍結させて、ワークピースを接触面に結合させる。凍結バイスの制御装置は、氷の温度が- 1 0 ± 2 に維持されるように、コイルに冷媒を流し続ける。膜を凍結させるのに必要な時間は、およそ90秒であると報告されている。

機械加工した後には、加熱要素を動作させることで、氷の膜を溶かして、ワークピースを解放する。このために必要な時間は、およそ90秒であると報告されている。この装置

の変形例には、一体的な真空チャックを用いて凍結工程中にワークピースを保持するものや、伝統的な冷媒に代えて、冷却媒体として、工場に配備された空気を用いるユニットなどが含まれる。かかる装置では、氷の膜を溶かすために、工場に配備された暖かい空気を、同一のコイルに流すことになる。

#### 【0017】

別の実例においては、著しく深い保持壁を有していて、水や水ベースのゲルなどの冷媒を、ワークピースの外面のまわりに貯留できるようにしている。凍結したときには、凝固した流体が部分的にワークピースを包被する。水ベースのゲルは、さらに大きな度合いの包被を提供することができる。これらの事例においては、ゲルは、ワークピースの壁のまわりとアクセス可能な空洞の中に詰め込まれる。固定具とワークピースとが冷えると、ゲルは凍結して固体ブロックになる。これらの事例を使用するためのサイクルタイムは、より大きい熱量が関与するために、他の代替手段に比べて、著しく長くなる。-10 の氷は、歪速度に依存するが、145 ~ 1300 p s i の範囲の極限引張強さをもつことが示されている。

#### 【0018】

凍結式の加工物保持装置についての制約は、垂直以外の方向に使用できないことである。ワークピースに垂直な貫通孔を孔開けする場合には、ワークピースの底面とチャックとの間に相当なクリアランスを設けなければならない。この追加的なクリアランスは、水又は水ベースのゲルによって充填しなければならないので、凍結させなければならない熱量が大きくなって、凍結及び溶融のサイクルタイムは劇的に長くなる。最後に、凍結工程は、必然的に、ワークピースの内部に厳しい温度勾配をもたらすので、これは熱的な歪につながる。そして、これは寸法管理上の問題点につながる。たとえワークピースが-10 に浸される場合でも、仕上げられたすべての部品の寸法は20 で測定しなければならないので、このことはかなりの寸法的な問題点や、それを解消するためのプロセス開発時間につながる。

#### 【0019】

別の加工物保持装置は、例えば M i t e e - B y t e (登録商標) 社が製造している、M i t e e - G r i p (登録商標) のように、固体接着開始材料を使用している。固体接着剤は、熱活性のワックスベースの接着剤であって、紙に埋め込まれ、ナイロン網にコーティングされ、又は、棒状の形態にプレスされて、極めて薄い、または、保持困難な部品を保持する。例えば、紙製品は、滑らかで平坦な部品を保持することができる。網製品は、ウェブ内に追加的なワックス材料を捕捉して、不規則形状の部品の保持を助ける。棒状の形態の材料は、浅いキャビティに使用されて、凹面、凸面、及びもろい部品を保持する。

ひとつの例による、固体接着剤の加工物保持装置では、ワークピースの底面が固体接着剤によって被覆されていることが必要で、これがサブプレートに対して押圧される。サブプレートと接着剤とワークピースとは、ホットプレートの上に置かれ(又は加熱炉の中に入れられ)、例えば80 ~ 90 程度の、固体接着剤の融点を越える温度に加熱される。そうした温度においては、固体接着剤は溶融して、ワークピースとサブプレートとの表面を被覆する。サブプレートと接着剤とワークピースとは、室温に冷やされると、1個の統合された一体をなす。

#### 【0020】

工程の次の段階では、サブプレートを加工ツールに取り付けて、機械加工に備える。機械加工の後には、前述した手順を用いて、ワークピースとサブプレートとを再加熱する。接着剤が溶融すると、ワークピースはサブプレートから分離される。この複雑で時間を要する処理工程は、通常は特殊な機械加工の作業に使用される。固体接着剤の引張強度は、およそ62 ~ 600 p s i であると考えられている。

前述した接着剤結合装置のいずれも、永久的な高強度の構造用接着剤の強度(3000 ~ 5000 p s i)と同等な強度をもつような接着剤を使用してはいない。構造用接着剤が使用されない理由の一部は、それらの硬化時間が長いためである。構造用接着剤は、水



分にさらしたり、化学触媒を加えたり、熱で活性化させたりなど、様々な手段によって硬化する。それぞれの硬化メカニズムは、比較的短い硬化時間（１０秒～１分）を有しているけれども、完全に硬化するまでの時間はかなり長い（１５分～１時間）。

構造用接着剤についての別の主要な制限は、いったん硬化すると再溶融できないことである。さらに、それらの強度を弱められるのは、極めて高温にまで昇温させるか、及び／又は、劇薬にさらすかのいずれかだけであり、これらはいずれもワークピースを損傷させずに容易に行うことはほとんど出来ない。

#### 【００２１】

硬化及び分離の問題点に対する解決策は、放射を用いることである。多くの構造的な接着剤は、放射に露出させることによって硬化する。この放射は代表的には、電磁放射線か、電子衝撃かのいずれかである。これらの手段を使用することで、構造接着剤は数秒以内に完全に硬化する。同様に、放射は、接着剤結合を構造的に弱めるためにも使用することができ、ワークピースを固定具から容易に取り外すことができるようになる。

接着剤式の固定装置において、構造接着剤と放射とを利用するためには、数秒以内に接着剤を硬化させるべく、固定具－ワークピースの間の結合部を照射に露出されると共に、放射によって数秒以内に、ワークピース及び固定具への熱移動が無視できるように、固定具－ワークピース間の結合部の接着剤を熱的に破壊し又は構造的に弱めることが必要である。固定具－ワークピースの系に熱が増加すると、製造される構造部分の著しい誤差をもたらすので、熱移動の要件は重要である。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【００２２】

従って、本発明の目的は、最小の予荷重歪で、最大の剛性で、製造工程に最大のアクセス性を確保して、ワークピースを保持できるような装置及び方法を提供することである。

本発明の別の目的は、小容量のジョブ・ショップの用途から、大容量の専用用途にまで適用できるような、装置及び方法を提供することである。

本発明の別の目的は、部品製造のための先行時間及びコストを相当に低減しつつ、同時に、部品の品質を向上させるような、装置及び方法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【００２３】

本発明は、結合剤として感放射性接着剤を使用して、ワークピースを製造用固定具に対してロードし及びアンロードされるような、装置及び方法を含む。放射という用語は、電磁放射、例えば好ましくは波長が３００～１０６４nmの範囲である光など、及び電子ビーム放射を称している。感放射性という用語は、光などの放射に露出されたことに応答して、物理的に感応し（例えば昇温する）、又はその他の励起を生じるような、物質の能力を称している。製造のためにワークピースを固定する、接着剤式の加工物保持装置は、放射伝達固定表面を有する固定具と、放射エネルギーを放出できる放射エネルギー送出装置と、を備え、この放射エネルギー送出装置は、固定具の固定表面に隣接すると共に連通している。

#### 【００２４】

ワークピースのローディング・サイクル中には、ピンとして知られる荷重支持光伝達表面に、接着剤吐出器が感放射性接着剤を塗布する。準備段階としては、ワークピースの表面のゴミや油分を清掃する。次に、ワークピースをロケータに対して、ピンに対して押し付けて、ワークピースとピンとの間の接着剤が圧搾されるようにする。硬化放射エネルギーは、ピンを介して接着剤に伝達されて、接着剤を“硬化”ないし固化させて、ワークピースを固定具に結合させる。

また、分離放射エネルギーも、ピンを介して硬化した接着剤に伝達されて、硬化した接着剤を破壊し、構造的に弱め、又は分離させる。本願においては、分離という用語及びそのバリエーションは、接着剤結合部や結合の破壊、又は構造的に弱めるなどの用語と交換的に用いられている。結合及び分離の作業は、それぞれ２～３秒だけしか要せず、極めて

コスト効率が良い。分離工程の後には、すべての合わせ面は、残留接着剤層を除去するために、清掃しなければならない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

開示される発明は、ワークピースの保持が必要とされる、あらゆる製造作業に構成することができる。本願に含まれる実施形態は、例示的に大容量の機械加工に関連させているけれども、そうした製造用途に限定されるものではない。

図1及び図2に示した本発明10は、ピン12と、放射エネルギー伝達装置14と、ピンシャーシ16と、取り外し可能/引っ込み可能なロケータピン18及びロケータパッド19とを含んでいる。また、図には、放射エネルギー伝達装置14の構成要素である、放射エネルギー源22と、光学ルーティング装置24と、光ガイド30と、光ガイドシャーシ32とが示されている。コンピュータ制御装置58は、放射エネルギー伝達装置14からピン12への、放射エネルギーの放射を制御する。感放射性接着剤20は、ピン12の接触面26に塗布されて、ワークピース28をピン12に結合する。ピンシャーシ16と光ガイドシャーシ32とは、トゥームストーン42に取り付けられて、固定具11を形成する。

【0026】

大容量の機械加工の用途は、しばしば、例えば、パレット交換能力を備えた4軸の水平マシニング・センタによって実行される。この場合、固定具11は、加工ツール（図示せず）における2つの回転テーブルのうちのひとつに取り付けられる。ワークピースのアンロード及びローディングは、マシニング・センタが同様なトゥームストーン・固定具装置に取り付けられた部品を処理している間に、マシニング・センタの外部において行われる。ワークピース表面の幾何学的な変異は比較的小さい。このことは、圧延や、押出成形、機械加工、粉末成形、又はダイカストなどの処理工程に由来するワークピースに当てはまるだろう。

【0027】

ピン12は、荷重支持光学要素であって、例えば光などの放射エネルギーを、感放射性接着剤20へと伝達する。用途に応じて、ピン12のサイズ及び形状は変更され、導波ガイドや、レンズ、又は単なる窓孔として使用される。導波ガイドは、例示の目的のために示されている（図12参照）。ひとつの実施形態によるピン12は、端部が直角な円筒形になっていて、好ましくはすべての面は研削及び研磨されている。光ガイド30から放出される静止光ビーム67は、均一で発散性である。光ビーム67は、ピン12の入射面60に入射し、直接的に、または、ピン12の円筒面で反射してから間接的に、ピン-接着剤の界面66へ到達する。しかしながら、ピン12は様々な別の形状を呈することができ、それでも依然、導波ガイドとして機能する。

【0028】

ピン12は好ましくは、極めて強く、硬く、剛性が高く、UVAから赤外線波長域にまで放射伝達特性を有しているような材料から作られる。放射伝達特性という用語は、光や放射エネルギーを光学的に伝達できる、材料の能力を称している。ピン12は、ランダム配列の、TiO<sub>2</sub>を含まない、サファイアから製造されている。サファイアは、剛性が高く、強度が高く、硬度が高く、及びUVAから赤外線波長域にまで光を伝達できるので、この用途に好ましい物質である。また、サファイアは、高い屈折率を有している（～1.76）。しかしながら、その他の適当な材料には、ダイヤモンド、単結晶二酸化珪素、ルビー、立方晶ジルコニア、及び酸化ジルコニウムが含まれる。

ピンシャーシ16は、ピン12を保持する構造的な基盤である。ひとつの実施形態による固定具11は、図3に示す如く、それぞれがワークピース28の下面に一致すべくデザインされている、一組のピンシャーシ16を含んでいる。ピンシャーシ16の数及び空間的な配置については、それに含まれるピン12の数及び空間的な配置と共に、用途特異的である。

【0029】

ピン 1 2 は、ピンシャーシ 1 6 の中に埋設されて、ピン 1 2 をボア 3 4 内に固定するための接着剤を用いて、シャーシ 1 6 におけるボア 3 4 の中に固定されている（図 3 参照）。あらゆる接着剤が適しているけれども、ピンの材料に比べて屈折率が低い、感放射性接着剤が好ましい。そうした接着剤を用いるならば、ピン 1 2 を把持シャーシ 1 6 の中に迅速に組み付けることができる。ピン 1 2 は、接着剤でコーティングされて、ボア 3 4 に挿入されて、例えば硬化ランプからの UV 光（広帯域スペクトル）に露出されてから、好ましくは、加熱炉内にて、約 1 5 分間、約 1 5 0 の後硬化を施される。

#### 【 0 0 3 0 】

感放射性接着剤 2 0 は、ピン 1 2 の予想寿命にわたって、ピン 1 2 を所定位置に保持するのに必要な強度と耐久性とを有している。感放射性接着剤 2 0 は、光学的に透明で、約 1 . 5 の屈折率を有している。ピン 1 2 の屈折率は、感放射性接着剤 2 0 に比べて実質的に高いので、ピン 1 2 を透過し、その側壁に当たった光は、ほぼ完全に全反射する。これにより、ピン 1 2 の伝達効率は高められる。

ピンシャーシ 1 6 は、ピン 1 2 に対して、また機械加工データの基準座標系に対して、ワークピースを位置決めするためのロケータピン 1 8 とロケータパッド 1 9 とを備えていて、固定具 1 1 のすべてのピン 1 2 に対してワークピースを位置決めする。ロケータピン 1 8 とロケータパッド 1 9 とは、感放射性接着剤 2 0 を付着させた直後に、ワークピース 2 8 を取り付けまでの間、組み立てられ、及び / 又は、延ばされる。ロケータ 1 8 及び 1 9 は荷重を支持するものではない。その結果、いったん固定具 1 1 にワークピース 2 8 が結合されたならば、ロケータ 1 8 及び 1 9 は、取り外されて、又は引っ込められて、又は他の手段によって係脱して、製造ツールがワークピース 2 8 により良くアクセスできるようにする。さらに、ロケータパッド 1 9 は、ワークピース 2 8 とピンシャーシ 1 6 との間に隙間 5 6 を形成する。

#### 【 0 0 3 1 】

好ましい実施形態においては、ワークピースの接着面 5 4 の形成誤差が最小であると仮定して、ピンシャーシ 1 6 は、固定具のサブプレートないしトゥームストーン 4 2 に対して固定されている。しかしながら、ワークピースの接着面 5 4 が相当な形成誤差を含むような場合、例えば砂型鑄造などの工程に由来するワークピースの場合には、変形例の実施形態（図示せず）においては、ピンシャーシ 1 6 と固定具のサブプレートないしトゥームストーン 4 2 との間に相対的な動きを許すようにしても良い。そうした変形例の実施形態においては、ワークピース 2 8 がロケータピン 1 8 及びロケータパッド 1 9 に対して押圧されるとき、ワークピース 2 8 の不用意な接触が防止される。変形例による実施形態は、ワークピース 2 8 とピン 1 2 との間の隙間 5 6 を最小化するためにも用いることができる。そうした場合には、ピンシャーシ 1 6 は、調整可能な機械的サポートと同様なやり方で、ワークピース表面に対して動作して移動する。

#### 【 0 0 3 2 】

光ガイド 3 0 は、光学的な導管になっていて、これを通った放射エネルギー、例えば光が、ピン 1 2 に届けられる。それぞれの光ガイド 3 0 は、ピン 1 2 に対して所定位置に固定されている。光ガイド 3 0 から放出された放射エネルギーは、焦点をぼやけさせて、所定の角度にて射出する。放射エネルギーは、ピン 1 2 に入射して、直接的に、または内面反射した後に、ピン - 接着剤の界面 6 6 へ伝達される。いずれにせよ、ピン - 接着剤の界面 6 6 の全体が、実質的に均一な照射によって照明される。照射の強さは、伝達した放射エネルギーの出力に比例し、ピンの出口面 3 6 の断面積に反比例する。

#### 【 0 0 3 3 】

ひとつの実施形態による光ガイド 3 0 は、エキシマ及び Y A G レーザなどの放射エネルギー源と併用するのに適合している、商業的に入手可能な光ファイバーケーブルである。そうした光ガイドは、C e r a m o p t e c 社によって製造されている。別の実施形態による光ガイドは L u m a t e c h 社によって製造されている。

光ガイドシャーシ 3 2 は、光ガイド 3 0 のための構造的な母材である。ピン 1 2 と同様なやり方で、光ガイド 3 0 は、D y m a x（登録商標）6 0 2 番などの感放射性接着剤 2

0を用いて、シャーシ32のボア38に接着される。しかしながら、あらゆる適当な接着剤を使用することができる。

【0034】

ピンシャーシ16と光ガイドシャーシ32とは、好ましくは互いにボルト締めされて、結合されていて、これらの整列関係は、合わせピン40によって制御されている（図2参照）。固定具11の組み立て及び分解を容易にするために、及び使用中に損傷したピン12を修理するのに必要な時間、労力、及び費用を最小にするために、1つのシャーシよりもむしろ、2つのシャーシを用いることが好ましい。光ガイドシャーシ32は、トゥームストーン42に直接的に結合され（図1参照）、これはトゥームストーン・ベース44に取り付けられる。

【0035】

変形例による実施形態（図13）においては、ピン12の光学的な機能に窓を用いて、上述した静止光ガイドに置き換えて、可動な光ガイドか、可動方向に伝達される光ビームかのいずれかを用いている。

この実施形態においては、ピン12は、荷重支持窓として働く。可動な光ビーム76は、ピンの出口面36に入射する。光ビーム76は、ピンの直径Dに比べて小さい、一定の直径dを有していて、円形の経路74に沿って移動する。従って、ピン12を介して伝達された光は、ピンの出口面36の全体を照明するのではなく、その一部分だけを照明する。また、ピンの入射面60に入射する光75は、一定の直径のビームであって、円形の経路に沿って移動する。可動な光ビームを得るために、静止光ガイド30を通った発散性の光77をコリメートレンズ68に入射させて、一定直径dの光のビームに集束させる。平行化された光ビーム79は、平面鏡70にて反射して、この鏡がピン12の軸線を中心として回転するようになっている。平面鏡70は、光ガイドシャーシ32の中に収容された、回転機械装置72に固定されている。回転機械装置72は、電氣的、空気圧的、又は液圧的な手段を含む、従来手段によって動作する。

【0036】

変形例としては、コリメートレンズとピンとの間にフォーカスレンズ（図示せず）を追加することによって、ピン12に入射する光ビーム75の直径、及びピン12から出射する光ビーム76の直径dを拡張させたり縮小させたりしても良い。

別の変形例による実施形態（図示せず）においては、硬化光及び分離光を、それぞれの放射エネルギー源から直接のビーム伝達によってピンに供給して、光ガイド及び光ガイドシャーシの必要性を解消しても良い。ピンの入射面は、ひとつのピンから次のピンへとビームを移動させる手段を用いて、直接、光ビームに露出される。ビームを動かす手段には、光ガイドに代えて、レンズや、静止鏡、移動鏡、及び/又は、移動軸などの要素からなる光学系を利用する。そうした事例においては、固定具のサブプレートないしトゥームストーンの裏側に、ひらけた通路が存在していることが必要である。

【0037】

上述したように、感放射性接着剤20は、例えばDymax（登録商標）の602番などの、光硬化性の構造接着剤である。商業的に利用可能な接着剤20は、300～550nmの波長範囲の放射エネルギーに露出されたときに重合する。感放射性接着剤20は、そのまま（つまり純粋なまま）で、あるいは、分離光の吸収能力を高める目的のために（詳しくは後述する）、顔料や、染料、その他の化学的添加物などの着色剤と混合されて、それにより、これらの接着剤の吸収スペクトルが結合及び分離範囲内の特定波長になるように微調整される。

離れた接着剤・ワークピースの界面62において接着剤を硬化させるために、光は接着剤の結合部を完全に貫通しなければならないので、光吸収は必要である。接着剤を貫通する硬化光は、光吸収のベール・ランベルトの法則に従う。その結果、伝わるビームの照射度は、貫通深さに対して指数関数的に減少する。減衰率は、接着剤に関連した吸収係数によって定まる。純粋な接着剤は光学的に透明であるので、やむを得ず、吸収係数はすべての波長に対して極めて低い。

## 【0038】

感放射性接着剤は、フォト・イニシエータを含む。所定の波長帯の電磁放射に露出されると、フォト・イニシエータは遊離基になる。架橋重合を開始させるのに必要な最小露出は、極めて低くて、 $10\text{ mJ/cm}^2$ のオーダーである。ラジカル化に利用可能なフォト・イニシエータが無くなるまで、架橋重合は継続する。重合化の度合いは、露出 ( $\text{J/cm}^2$ ) に対して指数関数的になる。重合化の速度は、硬化光の照射 ( $\text{W/cm}^2$ ) によって十分に制御することができる。照射が強くなると、露出は大きくなって、硬化は迅速になる。感放射性接着剤は、紫外線及び青色のスペクトルの光 ( $300 \sim 550\text{ nm}$ の波長範囲) に、または、高速電子に露出されると、5秒以内に硬化する(表1及び表2参照)。

アクリルベースの感放射性接着剤は、例えば *Loc tite* 社及び *Dymax* 社によって製造される、様々な電子・機械製品の組み立てに広く使用されている。アクリルベースの接着剤は、様々な処方及び量のフォト・イニシエータを含んでいる。上述したように、フォト・イニシエータは、 $300 \sim 550\text{ nm}$ の波長範囲の光に露出されると遊離基を形成して、これが、接着剤の架橋重合化を開始させ伝搬させる。電子ビームの伝達によって硬化される接着剤は、ラジカル化のための添加物を必要としない。代わりに、接着剤に含まれるモノマーが、高速電子の貫通による相互作用によって、直接的にラジカル化される。これらの接着剤の毒性は低くて、揮発性の有機化合物を放出しない。それらの貯蔵寿命は、代表的には1年以上である。

## 【0039】

これらの接着剤は、未硬化状態においても硬化状態においても光学的に透明であるので、 $300 \sim 550\text{ nm}$ の範囲の光を含む、UVA及び可視光のスペクトルの放射をほとんど吸収しない。いったん硬化すると、この狭い範囲の接着剤の光吸収能力は、さらに減少する。上述したように、分離光に対する吸収を高めるために、顔料や、染料、その他の化学薬品などの着色剤を、接着剤に添加する(詳しくは後述する)。

理想的な添加物は、接着剤のフォト・イニシエータの吸収帯域(好ましくは $300 \sim 550\text{ nm}$ )の光を透過し、このスペクトルから外れた分離光を容易に吸収する(好ましくは $600 \sim 1064\text{ nm}$ )。添加物の使用は硬化工程を妨げることがなく、所定の波長の分離光を送出するためのコストは比較的低廉である。

## 【0040】

そうした添加物の例には、レーザ安全ゴーグルや囲みパネルに使用されている、*Gentex* 社が製造している染料がある。これらのプラスチックのゴーグルパネルは、可視光スペクトルの特定波長帯域を透過し、レーザ(エキシマ、Nd:YAGなど)に共通する波長帯域を吸収するようにデザインされている。光硬化接着剤はポリマーであるから、そうした染料を添加すると、接着剤の光吸収率が高まることが予想される。

ひとつの実施形態によるブレンドないし混合された感放射性接着剤20は、例えば、99.5重量%の純粋な接着剤(*Dymax* (登録商標)の602番)と、0.5重量%の着色剤(カーボンブラックなど)とを含む。しかしながら、90~99.9重量%の範囲の屈折率が約1.5である実質的に透明な感放射性構造接着剤と、接着剤結合部を硬化及び破壊するのに十分な0.1~10重量%の範囲の着色剤と、を有するようなあらゆる感放射性接着剤のブレンドは好適であって、本発明の範囲に含まれる。

*Columbian Chemical* 社が製造している *Raven 790* などのカーボンブラックの顔料は、赤外線付近においてレーザ光と良く結合し、必要な濃度も低くて、完全に硬化した接着剤の強度を劣化させることもない。顔料は、硬化波長スペクトルの光を容易に吸収し、硬化光が結合部を透過するのを妨げる。

硬化工程中には、受ける露出量が最も少ない接着剤の部分は、最も硬化が少なく、よって強度的に最も弱くなる。硬化が最も少ない領域は、代表的には、接着剤・ワークピースの界面62に最も近い部分である。結合部全体の強度は、その最も弱い領域の強度に制限されるので、接着剤の強度は、常に、接着剤・ワークピースの界面62における総露出に制限されることになる。従って、より強い硬化光の照射は、より迅速で、より深い硬化をもたらす。

## 【 0 0 4 1 】

感放射性接着剤 20 の硬化を開始させるために必要とされる光露出は、極めて低くて、 $10 \text{ mJ/cm}^2$  のオーダーである。0.003 インチの接着剤結合部を迅速に硬化させるのに必要な光照射は、比較的低くて、純粋な接着剤にあっては  $1 \text{ W/cm}^2$  未満のオーダーであり、同じ厚みの着色された接着剤結合にあっては、 $8 \text{ W/cm}^2$  未満のオーダーである（詳しくは表 1 及び表 2 を参照）。

室温では、完全に硬化した接着剤結合部の強度はかなり高い。例えば、ピン 12 と滑らかな金属面をもつワークピース 28 との間の結合部は代表的に、 $6000 \text{ psi}$  を越える極限引張強さを有する。しかしながら、硬化した接着剤結合部の温度を、有限な時間にわたって、特定の実用温度、例えば ( $300^\circ\text{F} / 150$  ) よりもかなり昇温させると、感放射性接着剤 20 は根烧きを生じて、感放射性接着剤 20 の化学的な結合は破壊され、その強度は永久的に失われる。

分離については、構造接着剤によって結合された接着剤結合部は、熱的に、化学的に、又は機械的に（すなわち結合部を引き離す）、破壊され、又は構造的に弱められる。例えば、代表的なアクリルベースの接着剤結合部は、結合部の温度が  $300^\circ\text{F} / 150$  を越えると、破壊される。さらに、接着剤結合部は、熱劣化に比べればはるかにゆっくりではあるが、塗料剥離剤などの化学薬品にさらすことによっても破壊される。

接着剤結合部を分離ないし構造的に弱めるためには、約  $600 \sim 1064 \text{ nm}$  のレーザービームを、純粋な接着剤を通してワークピース表面に伝達すると、接着剤 - ワークピースの界面の温度が、所定の短時間だけ、実用温度よりも高温になる。持続時間が短いために、ワークピースの塊に対する熱移動は無視することができる。

## 【 0 0 4 2 】

上述したように、純粋な接着剤と比較して、分離光に対してよい吸収剤である添加物を含む接着剤が好ましい。添加物は、接着剤結合部における放射の吸収と、その熱変換とを高めて、ワークピースに伝わる熱は少なくなる。添加物は急速に昇温して、次に、この熱が周囲の接着剤に熱伝導する。本発明では、例えば着色された接着剤や接着剤の顔料層を介して光を伝達しているので、顔料が光を吸収すると、接着剤の実用温度を越えて昇温して、周囲にある接着剤結合部をワークピース表面に沿って破壊する。添加物を含む接着剤を用いることは、添加物を含まない接着剤を用いのに比べると、分離のために必要な放射エネルギーの平均光照射が約  $1000 \text{ W/cm}^2$  であるという点で実質的に効率的である。

実験観察によれば（表 1 及び表 2 参照）、一定の硬化光照射及び一定の分離光照射において、カーボンブラックの割合が硬化工程と分離工程とに与える影響は以下のようになっていることが分かった。

## 【 0 0 4 3 】

1. カーボンブラックの割合が大きくなると、硬化光の寄生的吸収が大きくなり、接着剤結合部の最大硬化深さが小さくなると共に、完全な結合強度を得るために必要な硬化時間が長くなる。

2. カーボンブラックの割合が大きくなると、分離光の吸収が大きくなって、接着剤結合部を分離させるのに必要な時間は短くなる。

さらに、カーボンブラックの割合を、硬化光及び分離光の照射と併せて、一定に維持した場合には接着剤結合部の厚みについて、以下のことが言える。

## 【 0 0 4 4 】

1. 最大硬化深さを越える厚みの接着剤結合部は、接着剤 - ワークピースの界面にまったく強度が無く、最大硬化深さの下方の厚みには、結合強度が得られない。

2. 接着剤結合部の厚みが大きくなると、最大硬化深さを下回る結合部でも、完全に硬化に達するまでの時間が長くなり、接着剤結合部の厚みが大きくなると、分離光を吸収する結合部の能力は大きくなり、硬化した接着剤結合部を分離するのに必要な時間は短くなる。

3. 硬化光の照射と分離光の照射とが強くなると、最大硬化深さは大きくなり、硬化時間は短くなり、分離時間は短くなる。

## 【 0 0 4 5 】

[ 表 1 : 様々な接着剤及び硬化プロセス変数と、硬化した結合部の強度 ]

カーボンブラック の割合	結合部の厚み ( インチ )	硬化光照射 ( W/cm2 )	硬化時間 ( 秒 )	接着剤結合部 の極限強度 ( p s i )
0	0.003	1.35	20	7195
0	0.005	1.35	20	7011
0.5	0.002	1.35	60	7080
0.5	0.003	1.35	5	3379
0.5	0.003	1.35	20	5023
0.5	0.003	1.35	30	5611
0.5	0.003	1.35	60	6821
1	0.000	1.35	20	7215
1	0.001	1.35	20	5848
1	0.002	1.35	20	420
1	0.003	1.35	20	0
0	0.003	7.85	10	7143
0	0.005	7.85	20	8277
0.5	0.003	7.85	5	6245
0.5	0.003	7.85	10	7093
0.5	0.005	7.85	10	5860
0.5	0.005	7.85	20	5952
1	0.003	7.85	30	0

## 【 0 0 4 6 】

[ 表 2 : 様々な接着剤及び分離プロセス変数と、分離した結合部の残留強度 ]

カーボンブラック の割合	結合部の厚み ( インチ )	分離光の 平均照射 ( W/cm2 )	分離時間 ( 秒 )	接着剤結合部 の極限強度 ( p s i )

	0		0.003		1270		.2		6884		
+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	0.2		0.001		1270		.2		7045		
+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	0.2		0.003		1270		.2		5670		
+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	0.5		0.001		1270		.2		1034		
+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	0.5		0.003		1270		.2		363		
+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+

## 【 0 0 4 7 】

再び、図 1 を参照すると、放射エネルギー伝達装置 1 4 は、放射エネルギー源 2 2 と、光ルーティング装置 2 4 とを含んでいる。放射エネルギー源 2 2 は、感放射性接着剤 2 0 を硬化させ又は分離させ、あるいはこれらの両方のために、光又は放射エネルギーを発生させる。硬化のための放射エネルギーは、広波長域の硬化ランプ（ショート放電、水銀蒸気）によって発生する。接着剤の吸収帯域の波長をもつレーザ（X e F 混合ガスによるエキシマレーザ（3 5 1 nm）、ダブル N d : Y A G レーザ（5 3 2 nm））を用いて、接着剤を硬化させ、及び接着剤の結合を破壊させるための放射エネルギーを発生させ、ワークピース及びピンの出口面 3 6 上に残留接着剤層 5 2 を形成させる。感放射性接着剤 2 0 を破壊するのに必要とされる、高い照射度の放射エネルギーを発生させるためにはレーザが好ましい。レーザは、接着剤を破壊するのと同様に、接着剤を硬化させるためにも使用することができ、好ましくはパルス型のダブルの又はトリプル N d : Y A G レーザ（3 5 5 nm）を使用する。

## 【 0 0 4 8 】

放射エネルギー源 2 2 については、これらの接着剤の硬化に使用できるひとつの光源は、U V 可視光の硬化ランプである。U V 可視光ランプは、金属ハロゲンバルブ、又は無電極溶融バルブを用いていて、U V A 及び可視光のスペクトルの広範囲の波長を放出する。しかしながら、放射エネルギーの大部分は、3 0 0 nm と 5 5 0 nm との間に集まっている。このスペクトルの中の 2 ~ 3 の波長において、ピークの伝達が発生する。フォト・イニシエータを化学的に調整することによって、接着剤の吸収スペクトルをこれらのピークに合致させることができる。

U V 可視光硬化ランプは、感放射性接着剤 2 0 を同時に硬化するための光を提供する。例えば、2 0 0 ワットの硬化ランプである、D y m a x B l u e W a v e は、平均照射度が 1 0 W/cm<sup>2</sup> の光（3 2 0 ~ 4 5 0 nm）を、コア直径が 5 mm の光ガイドに通して発生することができる。

## 【 0 0 4 9 】

レーザを用いることは、硬化ランプよりも有利である。レーザから放出される光はコヒーレントであるので、光をはるかに小さいスポットサイズに集光することができ、従って、硬化光の照射度を著しく高めることができる。このために、より大きな硬化深さ、及び/又は、より短い硬化サイクルタイムを得ることができ、硬化光に干渉する添加物を含有した接着剤の硬化が容易になる。

同様に、コヒーレントな光は、照度が同じならば、インコヒーレントな光に比べて、はるかに細い導波ガイドで伝達できる。さらに、接着剤の供給者がフォト・イニシエータを化学的に操作することによって、接着剤の吸収帯域をレーザの波長に調製することができる。こうして、硬化工程の効率を最適化する。

商業的に利用可能なパルス型の N d : Y A G レーザ（1 0 6 4 nm）によれば、高照射度の光が光学繊維の光ガイドによって伝達されるので、接着剤を破壊するための光を得ることができる。パルス化された光を用いる理由は、低い出力及びエネルギーで、単一の硬化した接着剤を破壊することができるためである。そうしたレーザに求められる出力は、多数の要因に依存する。



## 【 0 0 5 0 】

変形例によるレーザの実施形態においては、感放射性接着剤 20 を分離させるのに適したレーザとして、ワークピース 28 や ピンシャーシ 16 への熱移動が無視できる、1 秒の何分の 1 かの時間で、接着剤結合部 64 を破壊するのに十分な放射エネルギーを放出するようなレーザを使用する。接着剤結合部の破壊は、接着剤結合部 64 が熱的に劣化することでもたらされる。

ひとつの実施形態においては、放射エネルギーは、光学ルーター 46 を介して、放射エネルギー源 22 から光ガイド 30 に案内される。光学ルーター 46 で伝達された放射エネルギーは、光ガイド 30 によって光ガイドシャーシ 32 へ伝達される。光ガイド 30 は、ピンシャーシ 16 と共にトゥームストーン 42 に結合可能になっていて、放射エネルギー源 22 と ピン 12 との間に光学ネットワークを完成させる。

光ルーティング装置 24 は、光学通路のネットワークを含んでいて、このネットワークは、開口路、鏡、レンズ、光学繊維光ガイドや液体光ガイドなどの光ガイド、及びビーム案内装置のひとつ又は組み合わせによって構成されている。コンピュータ制御装置 58 は、光学経路のネットワーク及び放射エネルギー発生器とのインターフェースを有していて、放射エネルギー源 22 から ピン 12 への放射エネルギーの割り振りとレベルとを制御する。一般領域のオペレータを保護するために光シールドなどを追加しても良い。

## 【 0 0 5 1 】

製造後には、硬化に比べて高い放射エネルギーレベルに露出されることで、ワークピース 28 は固定具 11 から分離される。例えば、レーザ光は、ピン 12 を通して接着剤結合部 64 に伝達される。接着剤結合部 64 は、何分の 1 秒かの間に熱的に劣化して、ピン 12、ピンシャーシ 16、又はワークピース 28 への熱移動は無視することができる。分離工程は、ピン 12、ピンシャーシ 16、又はワークピース 28 を損傷させることはない。

分離工程の後に、ワークピース 28 は固定具 11 から取り外される。例えばレーザ（放射エネルギー源 22 の一例）によって、ワークピースの接着面 54 と ピン 12 との表面には、熱的に劣化した残留接着剤層 52 が残される。劣化した又は残留した接着剤層 52 は、新たな感放射性接着剤 20 を塗布する前に、ピン 12 を破損させずに、ピン 12 から取り除かれる。熱的に劣化した又は残留した接着剤層を ピン の接触面から取り除くには、金属研磨パッドを用いて手作業で清掃するか、自動的にパワー・サンダーと研磨パッドのアタッチメント 50 を用いて、あるいは同等な方法で、3 ~ 30 秒で清掃する。そうした劣化し残留した接着剤層 52 を除去する好ましい方法として、粗い鋼 / 銅の研磨パッドを用いて手作業でこすっても良い。しかしながら、研磨パッドのアタッチメントを動力駆動のサンダー 50 に空気圧的に結合させれば、清掃時間を短縮し、人間の労力を最小化することができる。いずれの場合でも、清掃工程では、ピン 12 や ピンシャーシ 16 が損傷されることはない。

## 【 0 0 5 2 】

必要ならば、ワークピースの接着面 54 に対して同様な清掃工程を行って、残留接着剤層 52 を取り除くと良い（図 10 参照）。

変形例としては、劣化した残留接着剤層 52 をワークピースから取り除くには、部品洗浄装置に組み合わせて、トルエンや、その他の強力な溶剤、例えばアセトン又は化学塗料剥離剤などを細かい目のスチールウールに浸して用いても良い。ワークピースは、上述した溶剤を用いた在来の部品洗浄装置によって大量に洗浄することができる。

再び図 1 を参照すると、本発明 10 の追加的な構成要素は、接着剤吐出器 48（商業的に入手可能）と、研磨パッドアタッチメントを備えた空気圧式のサンダー 50（商業的に入手可能）とを含んでいる。

接着剤吐出器 48 は、感放射性接着剤 20 を ピン 12 に自動的に吐出することができる。接着剤吐出器 48 は、外付けの吐出器（図 11 に示す）であるか、又は内蔵式の吐出器（図示せず）である。外付けの吐出器 48 は、ピンシャーシ 16 とは独立していて、手作業にて操作され、または自動的に、吐出シリンジなどで操作される。内蔵式の吐出器は、ピンシャーシ 16 と一体的になっていて、ピン 12 の付近に吐出ノズル（図示せず）を有

する。感放射性接着剤 20 は、ピンシャーシ 16 の内部に設けられた通路系統（図示せず）を介し、これらのノズルを通して、ピン 12 にポンプ送出される。感放射性接着剤 20 は、外部のリザーバポンプ（図示せず）から、ピンシャーシ 16 へ供給される。

#### 【0053】

次に、図 4～図 11 を参照して、本発明による、ワークピースを固定具に対して固定及び分離する工程について説明する。

段階 1：接着剤吐出器 48 は、感放射性接着剤 20 の液滴をそれぞれのピン 12 の接触面 26 に吐出する（図 4）。

段階 2：ロケータピン 18 及びロケータパッド 19 を延ばし、及び / 又は、ピンシャーシ 16 に組み付ける（図 5）。

段階 3：ロケータピン 18 及びロケータパッド 19 に当ててワークピース 28 を取り付けて（図 6）、ワークピース 28 を加工ツールの基準座標系に対して位置決めする。それぞれのピン 12 における感放射性接着剤 20 は、ワークピース 28 とピン 12 との間に広がる。ワークピースの接着面 54 の幾何学的なばらつきにも依存するが、それぞれのピン 12 とワークピース 28 との間の公称隙間 56 は、およそ 0.003 インチである。感放射性接着剤 20 は、ワークピース 28 とピン 12 との間のすべての隙間を充填し、ワークピース 28 にはなんら著しい力が作用することはない。

段階 4：放射エネルギー源 22 に光ガイド 30 を介して結合された光ガイドシャーシ 32 を、トゥームストーン 42 に取り付ける。しかしながら、その他の態様（図示せず）によって、放射エネルギー源 22 をトゥームストーン 42 に取り付けても良く、その他の固定具も好適で、本発明の範囲に含まれる。次に、放射エネルギー源 22 は、すべてのピン 12 へ、約 3～10 秒の適切な時間にわたって、放射エネルギー（約 300～550 nm）の態様の硬化光を同時に伝達する。この伝達の完了時には、すべての接着剤の液滴 20 は、十分に硬化ないし固化して、ワークピース 28 と固定具 11 とを結合する接着剤結合部を形成し、引張降伏強度は 6000 psi 以上になる。

段階 5：ロケータピン 18 及びロケータパッド 19 は、必要に応じて、引っ込められ、及び / 又は、ピンシャーシ 16 から取り外される（図 8）。次に、固定具 11 をマシニング・センタへ送って、部品の機械加工を行う。

段階 6：製造が終了したら、固定具 11 に対して分離手順を行って、ワークピース 28 を固定具 11 から分離させる。放射エネルギー源 22 に結合された光ガイドシャーシ 32 は、例えばトゥームストーン 42 の上部に結合される（図 9）。光学ルーティング装置 24 は、それぞれの接着剤結合部 64 に、レーザビーム（約 300～550 nm）のパルス列を伝達する。各パルス列は、接着剤結合部の厚みに依存するが、0.05～0.2 秒間の範囲で持続する。パルス列が結合部の接着剤によって吸収されて、熱的に劣化させる。この工程において、ワークピース 28、ピン 12、及びピンシャーシ 16 への熱移動は無視することができる。

段階 7：固定具 11 からワークピース 28 を取り外す（図 10 参照）。熱的に劣化した接着剤の部分 52 は、ワークピース 28 の接触面とピン 12 とに残される。さらに、硬化放射エネルギーに露出されなかった、未硬化の感放射性接着剤 20 が表面に残る。

段階 8：最初に、ピンシャーシ上に残った未硬化の感放射性接着剤 20 を、アルコールを浸した布切れで取り除く。ピン 12 の接触面上にある、残りの、熱的に劣化した残留接着剤層 52 は、研磨パッドや、研磨パッドアタッチメントを備えた空気圧サンダー 50（図 11）を用いて手作業で取り除く。代わりに、ロボットと空気圧サンダーによって自動的に残留物を取り除いても良い。ワークピース上にある、熱的に劣化した残留接着剤層 52 は、次工程の段取りにて機械的に除去され、あるいは、機械加工されたワークピースの後工程にて洗浄される。

#### 【0054】

以上の例示は、本発明 10 の適用のひとつのやり方を示しているけれども、本発明は別なやり方でも同様に適用することができる。本発明が適用されるやり方は、用途についての特定の特性によって影響されるだろう。影響する重要な要因には、ワークピースの幾何

学形状及び幾何学的ばらつき、ワークピースのサイクルタイム、部品の品質についての要求条件、加工ツールの機械加工作業を実行できる能力、固定具の再構成可能性及び柔軟性についての要求条件などが含まれる。

#### 【 0 0 5 5 】

別の実施形態においては、ワークピースの接着面が比較的滑らかで幾何学的変動が小さい場合について、硬化光と干渉するような添加物を使用することを考慮している。こうしたタイプのワークピース表面を創り出す工程には、圧延や、押出成形、機械加工、粉末成形、又はダイカストなどが含まれる。ピンシャーシ 1 6 は、好ましくは静止していて、ピン 1 2 とワークピースとの間の公称隙間の厚さは、0 . 0 0 5 インチ未満になるであろう。在来の硬化ランプを使用して、接着剤を硬化させる。接着剤結合部は、より強い結合剛性を有し、事実上ワークピースの表面へ熱は移動しない。

厚い接着剤結合部の場合（0 . 0 0 3 インチを越える場合）には、結合部を硬化するために、4 つの選択枝が存在する。第 1 の選択枝は、純粋な光学的に透明な接着剤（最も硬化が容易である）を用いることであるけれども、分離工程は、接着剤 - ワークピースの界面の加熱に頼ることになる。これは、接着剤を分離させるために、実質的により多くの分離光エネルギーを必要とするので、出力の強い分離光源が必要になるか、分離工程のサイクルタイムが長くなる。

#### 【 0 0 5 6 】

第 2 の選択枝は、若干、着色した（0 . 5 重量 % 未満の着色剤）接着剤を用いることである。これは、より強い硬化光源を必要とし、及び / 又は、分離工程のサイクルタイムが若干長くなる。しかしながら、分離の光源と工程とについては、ほとんど変わらない。

第 3 の選択枝は、同等に着色した（0 . 5 重量 % の着色剤）接着剤を用いると共に、第 1 及び第 2 の選択枝に比べて、もっと強力な硬化光源、例えばレーザを用いることである。

第 4 の選択枝は、層状の接着剤結合部を形成することであって、純粋な接着剤の厚い層（例えば 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 5 インチの厚み）を、着色した（0 . 5 重量 % の着色剤）接着剤の薄い層（例えば 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 0 3 インチの厚み）に結合させることである。この場合には、前処理工程として、ワークピースの接着面に、着色した接着剤の小さなコーティングを施し、0 . 0 0 3 インチ以下の着色結合部に使用されるのと同様な硬化光源及び結合工程を用いて半硬化させる。結合部の上面は、酸素抑制のために半硬化のままに残される。ワークピースのローディングサイクルにおいて、半硬化した着色接着剤を、未硬化の接着剤に接触させる。未硬化の接着剤と着色接着剤との界面は、上述と同様に硬化される。

#### 【 0 0 5 7 】

望ましい場合には、前処理工程において、より強い照射度の光源を用いて、硬化サイクルタイムを短縮することができる。着色された接着剤の小さいコーティングは、電子ビーム衝撃（別の形態による放射硬化）で硬化させたり、熱的に硬化させたり（例えば加熱炉を用いる）、または、化学活性剤を用いて硬化させることができる。これらの任意の工程は、着色された接着剤における接着剤 - 空気の界面下を完全に硬化させると共に、上面は酸素抑制のために確実に半硬化状態になる。

ワークピースのローディングサイクル中に、ピン 1 2 上に、純粋な感放射性接着剤 2 0 を塗布する。次に、ロケータピン 1 8 及びロケータパッド 1 9 に当ててワークピース 2 8 を取り付けて、半硬化の接着剤と未硬化の接着剤とを接触させる。純粋な接着剤が硬化してピン 1 2 を結合すると共に、着色された接着剤の半硬化の表面と架橋重合する。この工程の後、ピン 1 2 とワークピース 2 8 との間は完全に硬化して結合される。

厚みが 0 . 0 0 5 インチの接着剤結合部について、実験を行なった。これらの事例においては、0 . 5 % の着色された接着剤の 0 . 0 0 2 ~ 0 . 0 0 3 インチの層を、ワークピース表面に塗布した。携帯型の光ガイドを用いて、低い照射度（ $< 1 . 6 8 2 \text{ W/cm}^2$ ）のビームを 2 0 秒間照射して、接着剤を半硬化させた。半硬化させた後に、着色させた接着剤を、ピン 上の未硬化の純粋な接着剤に接触させて、より強い照射度の光（ $7 . 8 5 \text{ W/cm}^2$ ）を照射して、完全に硬化させた。

m2)を10秒間、ピンに通して伝達させて、接着剤結合部を硬化させた。この工程によって作られた結合部は、毎回、7480psiを越える強度を保持していた。さらに、接着剤結合部の残留強度は、分離光(1270 W/cm<sup>2</sup>)に0.2秒間、露出させた後には、およそ460N未満であった。

【0058】

変形例の結合方法として、ワークピースと固定具11との間の界面に代えて、固定具-ワークピースの結合部の継ぎ目に接着剤結合部を形成しても、十分な保持強度を得ることができる。変形例の実施形態によれば、硬化及び分離の放射エネルギーの伝達に関して、高いフレキシビリティを得ることができる。

特に、接着剤を硬化するにも、分離するにも、簡単な直接的なビームの放射伝達で充分である。この結果、固定具11は、必ずしも、光学伝達要素やその他のビーム伝達装置でなくて良い。また変形例の実施形態は、放射エネルギー源に関しても、高いフレキシビリティを提供することになる。ここで、硬化は、硬化ランプ、レーザ、又は電子ビーム放射器からのビームによって実行される。さらに、分離は、レーザ又は電子ビーム放射器によって実行される。感放射性構造接着剤は、電子ビーム伝達の場合には、光硬化の接着剤に用いられる在来の接着剤とは異なった処方が良い。

【0059】

変形例の放射エネルギー源は、ピンと一体的になっている(図14)。上述したように、ピンは、好ましくは、サファイアなど、極めて強く、硬くて、剛性が高く、UVAから赤外線波長付近までの光などの放射エネルギーを光学的に伝達できる材料から作られる。ピンは、2つの電極82をもった、荷重支持のガス充填された金属ハロゲンバルブ78として製造されている。ピンの材料は、くり貫かれて、荷重支持バルブ80を形成している。荷重支持バルブの中には、従来の手段によって、従来の電極82とガスとが密封されている。ガスは、金属ハロゲンガスなど、所定の電圧レベルに励起されたときに300~550nmの波長範囲の放射エネルギーを放出するような、任意の公知のガスである。ピンバルブ78の電極82に結合された電線84は、光ガイドシャーシ32及び固定具のサブプレートないしトゥームストーンを経由して、従来の電源86に結合される。

【0060】

接着剤の結合工程中には、電源は、収容されたガスを励起するのに十分な電圧を発生して電極に供給する。励起したガスは、光などの放射を放出して、接着剤を硬化させる。

接着剤の分離工程中には、中実のピンの場合について説明したのと同様に、ピンバルブを通してレーザ光が伝達される。しかしながら、この実施形態では、光は、ピンの材料を通ると共に、バルブ内に充填されたガスを通して伝達される。

本発明の範囲内において本発明の精神に従って、他の実施形態、改良、詳細事項を構成できることは当業者には明らかであろう。従って、本発明の範囲は、特許請求の範囲によってのみ、特許法に従って限定され、その均等物を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】図1は、本発明の様々な構成要素を示した模式図であって、放射エネルギー伝達装置の断面図が併せて示されている。

【図2】図2は、図1に示した本発明の放射エネルギー伝達装置を示した分解斜視図である。

【図3】図3は、図1に示した本発明の放射エネルギー伝達装置とピンとについて、ワークピースが取り付けられた状態を示した部分的な破断図である。

【図4】図4は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図5】図5は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図6】図6は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図7】図7は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図8】図8は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図9】図9は、図1に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図 1 0】図 1 0 は、図 1 に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 1 に示した本発明について、その使用方法を示した工程図である。

【図 1 2】図 1 2 は、図 1 に示した本発明による放射エネルギー伝達装置とピンとを示した部分的な断面図であって、静止光ビームの実施形態を示しており、ピンの上面図を併せて示していて、光ビームはピンの直径全体を満たしている。

【図 1 3】図 1 3 は、変形例の実施形態による放射エネルギー伝達装置とピンとを示した部分的な断面図であって、可動光ビームの実施形態を示しており、ピンの上面図を併せて示していて、光ビームはピンの直径の一部分だけを満たしている。

【図 1 4】図 1 4 は、変形例の実施形態による放射エネルギー伝達装置とピンとを示した部分的な断面図であって、ピンバルブを示している。