

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-504164

(P2004-504164A)

(43) 公表日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 B 45/14

F I

B 2 3 B 45/14

テーマコード (参考)

3 C 0 3 6

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2002-511927 (P2002-511927)  
 (86) (22) 出願日 平成13年7月4日 (2001.7.4)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月16日 (2003.1.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2001/002994  
 (87) 国際公開番号 W02002/006003  
 (87) 国際公開日 平成14年1月24日 (2002.1.24)  
 (31) 優先権主張番号 0017684.2  
 (32) 優先日 平成12年7月19日 (2000.7.19)  
 (33) 優先権主張国 イギリス (GB)

(71) 出願人 390038014  
 ビーエイイー システムズ パブリック  
 リミテッド カンパニー  
 BAE SYSTEMS p l c  
 イギリス国、エスタブリッシュワイ・5エー  
 ディー、ロンドン、カールトン・ガーデン  
 ズ 6  
 (74) 代理人 100058479  
 弁理士 鈴江 武彦  
 (74) 代理人 100091351  
 弁理士 河野 哲  
 (74) 代理人 100088683  
 弁理士 中村 誠  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊

最終頁に続く

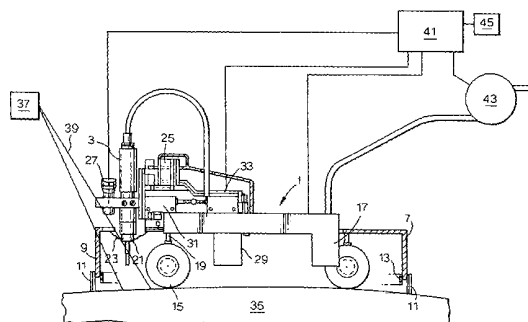
(54) 【発明の名称】 ツール位置決めシステム

## (57) 【要約】

【課題】作業片(35)に対してツール(3)を位置決めして保持するための装置の実現。

【解決手段】作業片(35)の表面上でツールを送るためのキャリッジ(1)と、該作業片(35)の表面上にキャリッジ(1)を保持するための手段(7, 9, 11, 13)とを備えた装置であって、該保持するための手段は、低つかみ合い状態(このときにはキャリッジ(1)が作業片表面に対して保持されながら他部が作業片に対して移動可能である)と、高つかみ合い状態(このときにはキャリッジ(1)が作業片の表面に実質的に固定して保持されてツール(3)が作業片上で動作するために使用されるようにする)との間で選択的に切替えが可能とされているようにした。このような構成は、作業片(35)上でロボットが“クローリング”できるようにし、また精密な製造作業がそこで実行できるようにしている。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

作業片に対してツールを位置決めして保持するための装置であって、該作業片の表面上で該ツールを送るためのキャリッジと、

該作業片の表面上で該キャリッジを保持するための手段とを備え、

該保持するための手段は、(1)該キャリッジが該作業片表面に対して保持されながら他の部分が該作業片表面に対して移動可能とされる低つかみ合い状態と、(2)該キャリッジが該作業片表面に対して実質的に固定して保持されて使用時に該ツールが作業片表面で動作するようにする高つかみ合い状態との間で選択的に切替えが可能である装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の装置であって、該キャリッジは該保持するための手段により該作業片表面と摩擦接触して保持されたいくつかの素子を備えていて、該保持するための手段が低つかみ合い状態であるときには、該キャリッジを該作業片表面上で動くようにした装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 記載の装置であって、該保持するための手段が低つかみ合い状態にあるときには、該保持するための手段と該キャリッジとの一方または双方が、その直近にある該作業片の表面構成と順応するのに適応している装置。

**【請求項 4】**

請求項 1, 2 または 3 記載の装置であって、該保持するための手段が高つかみ合い状態にあるときには、保持するための手段と該キャリッジとの一方または双方が、その直近にある該作業片の表面構成と順応するのに適応している装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の装置であって、該作業片に対する該キャリッジと該ツールとの一方または双方の位置を検知するための手段と、

該作業片表面上での所定位置間を該キャリッジが移動するように該キャリッジを制御するのに適応した指図手段とを備えている装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の装置であって、該作業片表面に対する該ツールの位置を検知するための手段と、少なくとも二つの直交軸に沿って該キャリッジに対して該ツールの少なくとも一部を移動するための手段とを備えている装置。

**【請求項 7】**

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の装置であって、該作業片表面に対する該ツールの少なくとも一部分の角度配向を検知するための手段と、前記角度配向を調節するために少なくとも一つの軸の周りで該ツールの少なくとも一部分を回転するための手段とを備えている装置。

**【請求項 8】**

請求項 5 に従属しているときの、請求項 6 または 7 に記載の装置であって、該指図手段が該移動するための手段と該回転するための手段によってそれぞれ得られた移動と回転とを制御するのに適応されていて、それにより、該ツールが所定の位置と配向との一方または双方が該作業片表面に対して到達するようにされ、かつ該ツールを作動させるのに適応されている装置。

**【請求項 9】**

請求項 8 記載の装置であって、プログラマブル制御器を備えており、この制御器は、該指図手段を制御し、かつ該保持するための手段を該低つかみ合い状態と高つかみ合い状態との間で切替えて該キャリッジを自動的に送り、かつ該ツールを該作業片表面に対して所定の位置と配向との間で位置決めしかつ配向させて、さらに該ツールを作動させて該作業片上でいくつかの所定ツール動作を実行するように適応している装置。

**【請求項 10】**

請求項 9 記載の装置であって、該制御器はプログラマブルであって、それによりある作業片上で所定のツール動作の異なるシーケンスを自動的に実行するか、あるいは各種の異なる

10

20

30

40

50

る作業片上で所定のツール動作の異なるシーケンスを自動的に実行するかあるいはその両方を実行するかするようにしている装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の属する技術分野

この発明は、作業片（ワークピース）に対してツール（工具）を位置決めして保持し、作業片上でツールがいくつかの動作を実行するようにしたことに関し、また、限定するわけではないがとくに、製造に関係している。

【0002】

従来の技術

製造業では、測定、ドリル孔あけ、ミリング、切断、さらにもみ（counter sinking）、及び検査といった作業片に対する製造上の作用を実行することは一般的なことであり、このような作用にあたるツールはこの分野の技術で周知であり、ことさらにこの発明の一部を形成するものではないが、ツール（toolとtools）という用語でこの明細書で使用されているものは、このような作用、動作を実行するための装置全般を含んでいると理解されたい。

【0003】

このようなツールが位置決めされる精度は、仕上げが済んだ製品で必要とされる精度のレベルに依存している。高い精度が求められている航空機産業のようなところでの応用では、製造時間とコストの主要な部分がツールを作業片に対して正確に位置決めすることを確認かにする必要性によって占められていて、多くの製造作業が精度をもって、作業片の表面上の正確に規定された位置で実行できるようにすることが求められている。通常の製造では、ツールはジグとか固定具（フィクスチャ）の助けを借りて人の手によって位置決めされているが、ジグや固定具はそれ自体が高価でしかも複雑な物となっている。これに代って、ツールはロボットアームによって位置決めされてもよいが、このような方法はコストがかかり、しかも本来的に不正確であり、とくに作業片が大きくて、大きな領域にわたって継続的なツール動作を実行する必要があるところではそのことが言える。

【0004】

発明が解決しようとする課題

したがって、この発明は、作業片に対してツールを位置決めして保持するための装置であって、該作業片の表面上で該ツールを送るためのキャリッジと、該作業片の表面上で該キャリッジを保持するための手段とを備え、該保持するための手段は、（１）該キャリッジが該作業片表面に対して保持されながら他の部分が該作業片表面に対して移動可能とされる低つかみ合い状態と、（２）該キャリッジが該作業片表面に対して実質的に固定して保持されて使用時に該ツールが作業片表面で動作するようにする高つかみ合い状態との間で選択的に切替えが可能である装置を提供することとする。

【0005】

課題を解決するための手段

上記のような構成は、製造用ツールが作業片の表面上で精密に前もって定めた位置間を移動できるようにして所望の製造用動作を実行しながら必要とされる精度水準を維持するようにしている。キャリッジは単にツールを移動して次の動作が実行されることになる作業片上の位置まで動かし、また保持するための手段は大きな（高い）つかみ合い（ハイグリップ）状態に切換えて、ツールを作業片表面と固定の空間的關係でツールを保持するようにして、それにより所望の製造用動作が正確に実行できるようにする。理解できることと思うが、このような装置は、従来形のジグ応用のツール位置決め方法と対比すると、コンパクトに、また比較的費用がかからずに設計できるものである。さらに、複数のこのような装置が一度に一作業片について使用できるのであって、従来形の技術では通常は不可能とされていたあることができて、したがって製造時間を低減することになる。

【0006】

保持するための手段はそれが低い（小さい）つかみ合い（ローグリップ）状態にあるとき

10

20

30

40

50

は作業片に対してキャリッジを保持して移動するようにしており、ツールは製造動作を実行しないので、装置は作業片の全表面上を移動（ローム、r o a m）でき、その表面が急勾配の角度であっても、あるいは反転していても表面から外れずに移動できる。明らかに、保持するための手段によってもたらされる吸引力は低いつかみ合い状態で作業片表面上にキャリッジを保持するようにし、この力は装置の全体の重量とほぼ等しいものとなっていなければならない。

【 0 0 0 7 】

保持するための手段が高いつかみ合い状態にあるときには、ツールは作業片と実質的に固定された空間的關係に保持されるが、しかしツールの少くとも一部分（ツールがドリルであるときはドリルビット（歯）がそれにあたる）は作業片での意図された機能を実行するために移動可能でなければならない。保持するための手段により高いつかみ合い状態でもたらされた吸引力は、低いつかみ合い状態のときよりも大きくなければならず、その量は、ツールがその機能を作業片上で実行するときにツールにより生成されそうないずれもの力（キャリッジを作業片表面から分離するために作用することになる）を越えるのに十分なものでなければならない。

10

【 0 0 0 8 】

作業片に対してツールを移動するためには、キャリッジは該保持するための手段により作業片表面と摩擦接触して保持されたいくつかの素子を備えていて、保持するための手段が低いつかみ合い状態であるときには、キャリッジを作業片表面上で動くようにしている。

【 0 0 0 9 】

ここで言う素子はいくつかのホイールと、関係する従来形のドライブとステアリング機構とを備えており、あるいは何らかの代替の構成であって作業片表面と係合できるものであって、キャタピラトラックのように表面に対してキャリッジを移動するためのものを備えている。素子間の摩擦構成は従来形式のいずれかで調節されてよく、それによって作業片表面に損傷を生じさせないという要件に適ったキャリッジ用の最適ドライブを用意するようにしている。素子と作業片表面間の摩擦係数はトレッド（踏み面）パターンもしくはサクション（吸引）カップを例えばホイール／トラックに対して用意することにより調節できる。

20

【 0 0 1 0 】

保持するための手段は真空システム（これは作業片表面を封止するのに適応したプレナム（p l e n u m）チャンバを真空引きするようにされた高流量で低圧の真空ポンプを備えている）、もしくは磁気／電磁気システムを作業片の性質に従って備えていてよい。大部分の航空宇宙応用については、作業片は通常は強磁性体ではなく、したがって、真空システムが最も適したものであるが、しかし磁気システムも造船のような応用に適していて、この場合には大きな数の繰返し作業（孔あけのようなもの）が強磁性体（しばしば鋼）の作業片上の異なる位置で実行される必要がある。

30

【 0 0 1 1 】

保持するための手段及び／又はキャリッジは、保持するための手段が低いつかみ合い状態にあるときには、直近にある作業片の表面構成と形が一致するのに適応しているのがよい。

【 0 0 1 2 】

このような構成で、装置が作業片の表面を動くときに、装置の外形が作業片の隣接する表面と一致していることは、作業片の表面が曲っているか複雑な構造をとっている場合に必要とされることである。また、装置が作業片の表面上を移動するときに、装置が接触を保持し分離したり落下したりしないことを確保するように保持するための手段を助けるのに有利なことでもある。真空原理で動作している保持するための手段にとっては、このことは真空プレナムの周辺にわたってブラシ型のシールを用意することにより達成することができ、この場合にシールは作業片表面に当接している。従来形のサスペンションユニットがキャリッジに適用されて、キャリッジが作業片表面構成と一致するようにすることができる。

40

【 0 0 1 3 】

50

保持するための手段及び／又はキャリッジは、追加としてあるいは代りとして直近の作業片の表面構成と一致するように適応されていてよく、これは保持するための手段が高つかみ合い状態にあるときに行なわれる。

【0014】

保持するための手段が高つかみ合い状態に切換えられて、装置が作業片表面にしっかりとクランプされることを確かとするときには、保持するための手段もしくはキャリッジでツールの動作の精度に影響を及ぼすものの動きが存在しないことが重要である。真空システムの場合には、可撓性のあるゴムのシールまたは類似のものを用意することは、高つかみ合い状態で作業片に対して装置をクランプすることを強化することになり、これはブラシ型のシールとの比較で言えることであって、ブラシ型ツールは低つかみ合い状態でのクランプにとってより適切なものとなる。

【0015】

この発明の装置は、作業片に対するキャリッジとツールとの一方または双方の位置を検知するための手段と、作業片表面上での所定位置間をキャリッジが移動するようにキャリッジを制御するのに適応した指図手段とを備えているのが好い。

【0016】

このような位置決め構成は、ツールの正確な位置決めを促進して繰返しのツール動作を実行するのに必要とされる時間を減らすのであって、それにはこのシステムがオペレータによる手操作の介入を最小として動作できるようになっていることが原因となっている。この位置決め構成は、作業片表面上に画像を投影するための光源（放射源）と、投影された画像を検出するための放射（光）検出器と、放射検出器により検出された投影された画像のツールに対する少くとも二次元の座標を計算するためのプロセッサ手段とを備えている形式のものがよく、また指図手段はキャリッジの動きを制御するのに適応されていて、それにより所定の空間関係を投影された画像に対して維持しながらツールを位置決めすることを、プロセッサ手段からの信号に応答して行なう。

【0017】

放射（光）源はレーザであってよい。好都合なのはこの放射源が人間の眼に見える放射（光）を用意して、オペレータが画像を見ることができるようであることである。放射源は例えば *Virtek Laseredge 3D* レーザ保護システムであってよい。

【0018】

放射源は楕円の形をした画像を投影するものであってよい。放射源は代って十字（クロス）もしくは円形とした画像を投影してよい。この画像はその大きさが 0.5 ないし 3.0 cm の大きさであるのがよい。

【0019】

製造上の作業が実行されることになる位置の表面上に画像が投影される。いくつかの画像は、例えば航空機のパネルのようなある表面上にドリルテンプレート（孔あけ用の型板）を用意するために同時に投影されてよい。

【0020】

放射検出器はカメラと画像処理システムとを備えているのがよい。このカメラは固体電荷結合デバイス（CCD）のアレイを備えている。このアレイは直線状もしくは方形状である。CCD はその上に到来する光の量に比例した電荷を作り、アレイ内の各デバイスからの電荷は画像処理システムにより使用されて、画像を構築するのが好い。

【0021】

画像処理システムは、画像をディジタル化するためのフレームグラバと画像処理に適応した計算機とを備えているのがよい。画像は計算機により処理されて、例えば同じ強度とか強度の変化といった領域についての特徴を識別する。画像プロセッサはしたがって、放射源によって投影されたクロスのような画像を識別して、画像の中心の位置決めをすることができる。

【0022】

また、作業片表面に対してツールの位置を検知するための手段と、キャリッジに対してツ

ールの少くとも一部を少くとも二つの直交軸に沿って移動するための手段とが用意されてよい。このことは作業片に対してツールの非常に正確な位置決めを可能とすることになる。軸は作業片に隣接する面と共平面にある $x$ と $y$ との軸とすることができ、とくに作業片の一部ではツール動作（作業）が実行されることになる。移動用手段は移動可能なステージで電動機で作動されるものを備えていてよい。移動動作を制御するシステムは電氣的サーボを制御するのに使用でき、そこには位置のフィードバックを用意するのに使用される光エンコーダが備えられている。移動用手段はまたツールもしくはその一部を $z$ 軸に沿って移動するのに適応されている。

#### 【0023】

作業片に対してツールを正確に位置決めするのに加えて、通常はツールが作業片表面に対して正しい角度で配向していることを確かなものとするを要する（例えば、曲った板を貫通して垂直にドリル孔があることを確かめることが求められる）。したがって、装置は作業片表面に対してツールの少くとも一部の角度配向を検知するための手段と、この角度配向を調節するために少くとも一軸の周りでツールの少くとも一部を回転するための手段とを備えてよい。理想としては、こういった構成がツールの角度（あるいは、より普通には、ドリルの刃（ビット）の角度）を作業片表面に対して測定し（表面と共平面にある）、 $x$ 軸と $y$ 軸の周りでどのような移動が求められ、表面に対してツールが所望角度配向に来るようにするに必要とされているかを決め、その上でロール及びノ又はピッチで回転を生じさせて所望の配向（多くの場合には作業表面に対してツールの刃が垂直となる）を達成するようにすることになる。

#### 【0024】

指図する手段は移動用手段と回転用手段によりそれぞれ影響される移動と回転を制御するのに適応しているのがよく、それによってツールが所定の位置及びノ又は配向を作業片の表面に対してもつようになり、ツールを作動するようにする。

#### 【0025】

この装置はプログラマブル制御器を備えており、この制御器は、指図手段を制御し、かつ保持するための手段を低つかみ合い状態と高つかみ合い状態との間で切替えてキャリッジを自動的に送り、かつツールを作業片表面に対して所定の位置と配向との間で位置決めしかつ配向させて、さらに該ツールを作動させて該作業片上でいくつかの所定ツール動作を実行するように適応している。好ましいのは、制御器がプログラマブルであって、それによりある作業片上で所定のツール動作の異なるシーケンスを自動的に実行するか、あるいは各種の異なる作業片上で所定のツール動作の異なるシーケンスを自動的に実行するかあるいはその両方を実行するかするようにしていることである。

#### 【0026】

このような構成は人間の介在についての要件を減らしながら、ツール動作（作業）を実行し、プロセスを実質的に自動化させることによってそれを実現し、またいくつかのツール位置決め装置の使用がある作業片上で一度に行なえるようにし、それによって、製造上の生産性を改善している。

#### 【0027】

実施例

添付の図面を用いて例をあげてこの発明を記述して行く。

#### 【0028】

図1aと1bとはキャリッジ1を示し、そこにはツール3がマウントされている（ビット（刃）5をもつドリルがツールとして示されている）。キャリッジ1は実質的に真空カップ7によってカバーされ、囲まれていて、少くともカップの一部は透明となっているが、その理由は後述する。真空カップ7の周辺縁の周りにはシール11が取付けてあって、その形はブラシのスカートとなっており、また別のシール13があって、その形はゴムのスカートをしている。ブラシスカートシール11は長い方であり、したがってゴムスカートシール13よりは真空カップ7よりも余分に延在している。ブラシスカートシール11とゴムスカートシール13とはキャリッジが置かれることになる表面の構成と形が一致する

10

20

30

40

50

ようにマウントされるのがよく、後に詳述するように、何年か前のフォーミュラワン（F1）モーターレースで使用されたカーボンファイバ（炭素繊維）の“グラウンドエフェクトスカート（対地効果スカート）”と同じやり方となっている。

#### 【0029】

真空カップ7内部に実質的に入れられているのは二対のホイール15であって、そのうちの少くとも一対は駆動（ドライブ）可能かつ操舵可能あるいはその一方が可能である（これが図1bに示されていて、ホイールの右側の対はドライブユニット17によって駆動され操舵されている）。またホイール15は弾性的な合成物で作られたローリング表面をもっていて、それによってキャリッジがその上をローリングする表面と良い摩擦による係合を与えるようにし、表面への損傷を妨げるようにしている。ホイール15はまた従来形のサスペンションユニット19にも備えられていて、各ホイールが図面の垂直方向で独立して往復動ができるようにしている。

10

#### 【0030】

ドリル3の周辺部分には回転式の（ロータリイ）真空シール21があり、これが可撓性のあるダイヤフラム23によって真空カップ7にシールするように接続されていて、それにより真空カップ7が実質的に破れない形式で表面全域に延在しながら、ドリル3が真空カップ7に対して三つの直交軸に沿って移動できるようにし（またドリルの刃がこれらの軸の周りに回転できるようにし）ている。移動用手段25はキャリッジ1に固定マウントされていて、この手段25がドリル3とこういった三軸に沿って移動させるのに適応していて、それにより図に示すようにドリル3を左右に移動させるようにし、図面の面に入ったり出たりさせ、また図面内で上下動させるようにしている。

20

#### 【0031】

カメラ27はドリル3にクランプされていて、一緒に動くようにされ、また調節がされて、ドリルの刃5の端の像を受取るようにしている。正規化用センサ29（図1bでは一つだけが示されている）がキャリッジ1にマウントされていて、キャリッジ1の角度配向を検知するように適応され、またとくに、はっきりさせるために図示してはいないが、キャリッジ1が置かれ、かつ孔あけ動作が実行されることになる表面に対するドリルの刃5の角度配向を検知するようにしている。回転用手段31はキャリッジ1にしっかりとマウントされていて、キャリッジがその上に置かれている表面と実質的に共平面にある二つの直交軸の周りでドリル3を回転するのに適応されていて、それによりドリルの刃5が孔あけされることになる表面に対して垂直となることを確かなものとするか、あるいはドリルの刃5がその表面に対して垂直以外のいずれかの所望角度で孔あけができるようにしている。制御ユニット33は、マイクロプロセッサユニットと組合された電源を適当に備えていて、ドリル3、駆動ユニット17、移動用手段25及び回転用手段33の動作にエネルギーを送り、制御するが、このことについては以下でさらに記述している。

30

#### 【0032】

使用時には、キャリッジ1は作業片（図示せず）の表面上で、オペレータ（作業者）の介在を最小として移動することが意図されていて、それによりツール3を正確な位置と配向とにツール3を動かして、精密な製造作業を実行する目的にあてる。キャリッジ1を作業片の表面上に保持して、作業片の周りを動くときにキャリッジが脱落しないようにするために、真空カップ7の内部は少くとも一部が排気されて真空のプレナムを形成し、それによって周囲の空気圧力がキャリッジ1を作業片に対して保持するようにしている。ブラシスカートシール11は、真空カップ7と作業片との間のシールとして作用し、かつ十分に可撓があり、あるいは作業片の表面構成と形が一致するようにフレキシブルにマウントされ、またその両方の状態を備えている。それにも拘らず、シール11が本質的には複数のプリストル（剛い毛）で作られていて、この剛毛は不完全なシールを形成するので、周囲の空気はシールの中に侵入することができ、これが制御されたやり方で行なわれるので、キャリッジ1を表面にクランプする力はホイール15がキャリッジを動かすことを妨げるという程に大きなものではない。理想的には、ブラシスカートシール11と真空カップ7内部の低圧力とは設計されていて、それにより、キャリッジが動く必要のあるときには、

40

50

キャリッジ 1 を作業片に対してクランプする全体の力はキャリッジの重さを大きく越えるものではない。キャリッジ 1 がほぼ正しい位置にあるときには、真空カップ 7 の排気が増加され、ブラシスカートシール 1 1 とサスペンションユニット 1 9 を押圧して、ゴムのスカートシール 1 3 が作業片の表面と接触するようにしている。ゴムのスカートシール 1 3 は同じように可撓性があり、及び / 又はフレキシブルにマウントされていることはブラシスカートシール 1 1 の場合のようであり、それによって作業片の表面構成と形が一致するようになる。しかしながら、ゴムのスカートシール 1 3 は実質的に侵入不可能であって、したがって真空カップ 7 と作業片の表面との間のシールは実質的に気密性があり、その結果、キャリッジ 1 は非常にしっかりと作業片に対してクランプされる。真空カップ 7 内部の低い圧力は制御可能であり、それにより力でキャリッジが動かないことを確かにしている。この力は自重に加えてツール 3 の精密な位置決めから生ずるものであり、とくにドリル孔あけが行なわれているときにツールの動作から生ずるものである。

#### 【 0 0 3 3 】

キャリッジ 1 が作業片上でクランプされているときには、ツール 3 とドリルの刃 5 とは正確に位置決めされかつ配向がされており、これが移動用手段 2 5 と回転用手段 3 1 によって行なわれることはここで図 2 を参照して記述される。図 2 はキャリッジ 1 が航空機部品 3 5 の表面上に置かれていることを示し、その位置は実行されることになるドリル作業のためのほぼその位置であり、また、キャリッジ 1 が部品 3 5 にしっかりとクランプされる直前の状態を示している。

#### 【 0 0 3 4 】

レーザ投影器 3 7 が置かれていて放射 ( 光 ) 3 9 のビームを部品 3 5 に向けて投影するようにして、十字 ( クロス ) 形状でドリル作業が求められている位置を正確に規定しているものが投影される。真空カップ 7 の少なくとも前面部分 9 は透明であるから、クロスは部品 3 5 の表面に投影される。このクロスはカメラ 2 7 の視野の内部に現れ、カメラ 2 7 は信号を制御器 4 1 に送って、キャリッジ 1 がほぼ位置決めされていることを示すようにしている。

#### 【 0 0 3 5 】

この信号を受領すると、制御器 4 1 は駆動手段 1 7 を停止する信号を送り、また高流量低圧力真空ポンプ 4 3 に向けて送って、キャリッジ 1 の動きを止めて、真空カップ 7 の増大した排気を始めさせて、それによりキャリッジ 1 を部品 3 5 に対してしっかりとクランプすることは上述したところである。

#### 【 0 0 3 6 】

制御器 4 1 は、そこでカメラ 2 7 からの信号を解析してドリルの刃の精密な位置を評価するのにあてる。この位置は部品上に投影されたレーザのクロス形状との関係で評価され、信号を制御ユニット 3 3 に送って移動用手段 2 5 を作動させて、投影したクロス形状に関してドリルの刃 5 の作業用部分 ( 鋭い部分 ) の端を精密位置決めするようにする。ここで投影されたクロス形状はドリル作業が求められているスポット ( 点 ) 上に精密に置かれているものである。

#### 【 0 0 3 7 】

制御器 4 1 は、そこで正規化 ( 常態化 ) センサ 2 9 に照合をして部品表面に対するドリルの刃 5 の角度配向を確かめるようにする。( 明りょうにするために、制御器 4 1 と正規化センサ 2 9 との間の機能上の接続は何も示されていない )。この測定された配向は制御器内に前もってプログラムされた、所望のドリル加工の精密な角度配向を規定している配向データと比較されて、また制御器 4 1 は制御ユニット 3 3 に信号を送って回転用手段 3 1 を作動させて、ドリル加工される表面に対するドリルの刃 5 の角度の配向を正確に行うようにする。

#### 【 0 0 3 8 】

ドリルの刃が正確に位置決めされ、かつ配向がされると、制御器 4 1 は制御ユニット 3 3 に信号を送ってドリル作業を開始するようにしドリル 3 をオンに切替え、ドリル 3 をドリルの刃 5 の軸に沿って動かして所望のドリル加工用経路と等しい距離だけドリル加工が生



ずるようにする。

【 0 0 3 9 】

いつでも、データが制御器 4 1 に入力でき、それには作業（オペレーション）インターフェース 4 5 が使われる。

【 0 0 4 0 】

ここではこの発明の特定の実施形態が記述されたのであるが、数多くの修正と変形とが当業者に心中に直ちに生ずることになる。例えば、制御器 4 1 とポンプ 4 3 とはキャリッジ 1 から遠くにあたり、キャリッジ 1 に取付けられて大幅にコンパクトのものとなってよいし、また制御器 4 1 と制御ユニット 3 3 とは単一の集積されたマイクロプロセッサ式のユニットを構成してよい。さらに、インターフェース 4 5 はキーボードを備えていて、これもキャリッジ 1 上に置かれていてよいし、あるいは遠隔の赤外線またはマイクロ波リンクのようなものが備えられていてよい。

10

【 0 0 4 1 】

真空カップ 7 として示されているものは矩形の箱の形をしているが、これはどんな形のものであってもよく、もっともその周辺の縁が少くともルーズに作られていて作業片の表面形状と一致するようになっていることを条件としている。例えばトロイダル形状であって、その中心の開口部を通して製造作業が実行されるとか、何らかの形状の小さな真空カップを複数備えていることができる。真空システムとして記述したものは、可変吸引力を用意する手段によって補助することができるし、あるいはそれで置換することができて、例えば電磁装置であるとか、解放可能な（はがすことができる）接着性の構成を採用するシステムであってよい。

20

【 0 0 4 2 】

例示の実施形態は、ドリル孔あけを実行するためのドリルを組込んでいるが、このドリルは他の通常のツールによって置換できるものであり、それによって他の製造作業の実行がされたり、あるいは、溶接、試験、塗装、試験あるいは他の局所的な処理のような作業を実行するのにあてられる。

【 0 0 4 3 】

レーザ投影器 3 7 はいずれかの同等な精密位置決め構成によって置換できるし、また全体のシステムが自動化できて、それによりオペレータの介在を最小限度で必要とするものとなる。

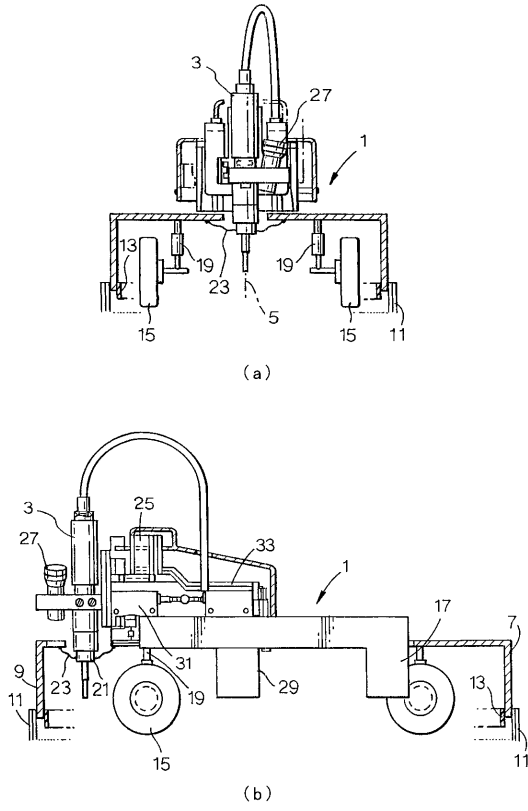
30

【 図面の簡単な説明 】

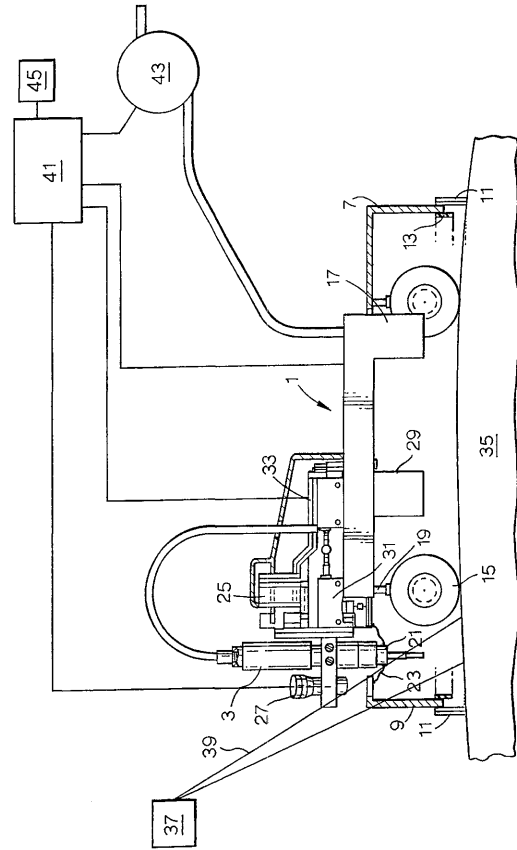
【 図 1 】（ a ）と（ b ）とは、それぞれ、この発明の実施例についての模式的な部分断面図で正面からのものと側面からのものとを示す図。

【 図 2 】 図 1 （ a ）と（ b ）との装置の使用時を示す模式図。

【図 1】



【図 2】



## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
24 January 2002 (24.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/06003 A1**(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **B23Q 9/00**Sheep Hill Lane, New Longton, Preston PR4 4ZN (GB).  
**ABBOTT, Carl, John** [GB/GB]; 53 Beech Grove, York  
YO26 5Y (GB).

(21) International Application Number: PCT/GB01/02994

(22) International Filing Date: 4 July 2001 (04.07.2001)

(74) Agent: **MACLEAN, Martin, David**; BAE Systems plc,  
Group IP Department, Farnborough Aerospace Centre,  
Lancaster House, P.O. Box 87, Farnborough, Hampshire  
GU14 6YU (GB).

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

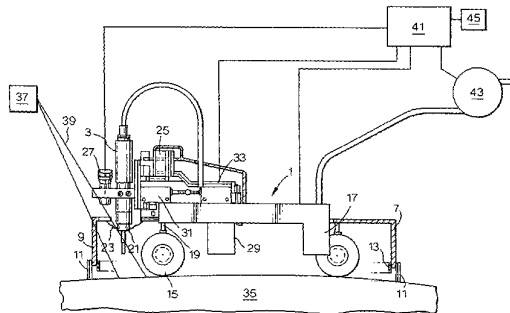
(30) Priority Data:  
0017684.2 19 July 2000 (19.07.2000) GB(71) Applicant (for all designated States except US): **BAE  
SYSTEMS PLC** [GB/GB]; Warwick House, P.O. Box 87,  
Farnborough Aerospace Centre, Farnborough, Hampshire  
GU14 6YU (GB).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **BEGGS, Kevin,  
William** [GB/GB]; 33 Vermont Grove, Blackpool FY5  
3RL (GB). **JARVIS, Paul, Edward** [GB/GB]; 9 Scale  
Hall Lane, Newton-with-Scales, Preston, Lancashire PR4  
3TL (GB). **DOUGLAS, Anthony, James** [GB/GB]; 8(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,  
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,  
SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,  
ZW.(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian  
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European  
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: TOOL POSITIONING SYSTEM



(57) Abstract: Apparatus for positioning and holding a tool (3) relative to a workpiece (35) comprising a carriage (1) for conveying the tool over the surface of the workpiece (35) and means (7, 9, 11, 13) for holding the carriage (1) onto the surface of the workpiece (35), the holding means being selectively switchable between a low grip state in which the carriage (1) is held against the workpiece surface whilst remaining capable of movement relative thereto and a high grip state in which the carriage (1) is held substantially fixedly to the workpiece surface for the tool (3) in use to operate thereon. Such an arrangement provides a robot capable of "crawling" over a workpiece (35) and carrying out precise manufacturing operations thereon.

WO 02/06003 A1

WO 02/06003 A1



**Published:**  
— with international search report

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 1 -

**TOOL POSITIONING SYSTEM**

This invention relates to the positioning and holding of a tool relative to a workpiece on which the tool is intended to carry out one or more operations, and is particularly but not exclusively related to manufacturing.

In manufacturing industry it is common to carry out such manufacturing operations on workpieces as measuring, drilling, milling, cutting, countersinking and inspecting; tools for such operations are well known in the art and form no part of the present invention *per se*, however the terms "tool" and "tools" as used hereinafter should be understood to embrace all such apparatus for performing any such operation.

The accuracy with which such tools are positioned is dependent upon the level of accuracy required in the finished product. In applications in which a high degree of accuracy is required, such as the aircraft industry, a significant proportion of the manufacturing time and cost is accounted for by the need to ensure that tools are accurately positioned relative to the workpiece in order that a number of manufacturing operations can be performed with accuracy and at precisely defined locations on the surface of the workpiece. In conventional manufacturing, tools are located by hand with the assistance of jigs and fixtures, which are costly and complicated items in themselves. Alternatively, tools may be located by robot arms, however such methods are costly and inherently inaccurate, particularly where the workpiece is large and requires successive tool operations to be carried out over a large area.

Accordingly, the present invention provides an apparatus for positioning and holding a tool relative to a workpiece comprising a carriage for conveying the tool over the surface of the workpiece and means for holding the carriage onto the surface of the workpiece, the holding means being selectively switchable between a low grip state in which the carriage is held against the workpiece surface whilst remaining capable of movement relative thereto and a high grip state in which the

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 2 -

carriage is held substantially fixedly to the workpiece surface for the tool in use to operate thereon.

Such an arrangement enables a manufacturing tool to be moved over the surface of a workpiece between precisely predetermined positions thereon in order to perform the desired manufacturing operations whilst maintaining the necessary level of accuracy; the carriage simply moves the tool to the location on the workpiece where the next operation is to be carried out, and the holding means switch to the high grip state so as to hold the tool in a fixed spatial relationship with the workpiece surface so that the desired manufacturing operation can be accurately performed. As will be appreciated such apparatus can be designed so as to be compact and relatively inexpensive when compared with the cost of traditional jig-based tool positioning methods. Moreover, more than one such apparatus may be used on a workpiece at one time, something not normally possible with traditional techniques, thus reducing manufacturing times.

The function of the holding means in the low grip state is to hold the carriage against the workpiece whilst it is moving, and the tool is not performing a manufacturing operation, so that the apparatus can "roam" over the entire surface of the workpiece, whether that surface be at a steep angle, or even inverted, without becoming detached from the surface. Clearly the attractive force exerted by the holding means to hold the carriage onto the workpiece surface in the low grip state must be approximately equal to the overall weight of the apparatus.

When the holding means is in the high grip state, the tool is held in a substantially fixed spatial relationship with the workpiece, but at least part of the tool (such as the drill bit, in the case where the tool is a drill) should be movable in order to perform its intended function on the workpiece. The attractive force exerted by the holding means in the high grip state must exceed that in the low grip state by an amount sufficient to exceed any forces likely to be generated by the tool when performing its function on the workpiece which would act to separate the carriage from the workpiece surface.

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 3 -

In order to move the tool relative to the workpiece, the carriage preferably comprises one or more elements held in frictional contact with the workpiece surface by the holding means and adapted, when the holding means is in the low grip state, to move the carriage over the workpiece surface.

The elements may comprise one or more wheels, with associated conventional drive and steering mechanisms, or indeed any alternative arrangement capable of engaging with the workpiece surface in order to move the carriage relative thereto, such as caterpillar tracks. The frictional arrangement between the elements may be adjusted in any conventional manner so as to provide the optimum drive for the carriage consistent with the requirement not to cause damage to the workpiece surface; the coefficient of friction between the element(s) and the workpiece surface may be adjusted by providing tread patterns or suction cups to the wheels/tracks, for example.

The holding means may comprise a vacuum system (suitably comprising a high flow, low pressure vacuum pump arranged to evacuate a plenum chamber adapted to seal against the workpiece surface) or a magnetic/electromagnetic system, according to the nature of the workpiece; for most aerospace applications the workpiece would not normally be ferromagnetic and therefore a vacuum system would be most appropriate, however a magnetic system would be appropriate in applications such as shipbuilding where large numbers of repeat operations (such as drilling) need to be performed at different locations on ferromagnetic (frequently steel) workpieces.

The holding means and/or the carriage is/are preferably adapted to conform to the surface configuration of the workpiece immediately adjacent thereto when the holding means is in the low grip state.

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 4 -

Such an arrangement, whereby the apparatus conforms to the adjacent surface of the workpiece as the apparatus moves thereover is necessary where the surface of the workpiece has a curved or complex configuration; it is also advantageous in assisting the holding means in ensuring that the apparatus remains in contact with, and does not separate from or fall off, the workpiece as the apparatus moves over its surface. For a holding means operating on a vacuum principle, this may be achieved by providing a brush type seal around the circumference of the vacuum plenum, where it abuts the workpiece surface. Conventional suspension units applied to the carriage would enable it to conform to the workpiece surface configuration.

The holding means and/or the carriage may, additionally or alternatively, be adapted to conform to the surface configuration of the workpiece immediately adjacent thereto when the holding means is in the high grip state.

When the holding means is switched to the high grip state, to ensure that the apparatus is firmly clamped to the workpiece surface it is important that there be no movement of the holding means or the carriage which might affect the accuracy of the tool operation. In the case of a vacuum system, the provision of a flexible rubber seal or the like would enhance the clamping of the apparatus to the workpiece in the high grip state, as compared with a brush type seal, which would be more suitable for clamping in the low grip state.

The apparatus preferably comprises means for sensing the position of the carriage and/or the tool relative to the workpiece, and directing means adapted to control the carriage in order to move the carriage over the workpiece surface between pre-determined positions thereon.

Such a positioning arrangement facilitates the accurate positioning of the tool and reduces the time required to carry out repeated tool operations by enabling the system to be operated with a minimum of manual intervention by an



WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 5 -

operator. This positioning arrangement is preferably of the type comprising a radiation source for projecting an image onto the workpiece, surface, a radiation detector for detecting the projected image, and processor means for calculating at least two-dimensional co-ordinates of the projected image detected by the radiation detector relative to the tool, the directing means adapted to control movement of the carriage so as to position the tool in a predefined spatial relationship with the projected image in response to a signal from the processor means.

The radiation source may be a laser. Advantageously the radiation source provides radiation visible to the human eye so that an operator may view the image. The radiation source may be for example a Virtek Laseredge 3D laser protection system.

The radiation source may project an image in the form of an ellipse. The radiation source may alternatively project an image in the form of a cross, or a circle. The image is preferably of a size in the range 0.5 to 3.0 cm.

The image is projected onto a surface at a location where a manufacturing operation is to be carried out. Several images may be projected simultaneously to provide, for example, a drill template on a surface such as an aircraft panel.

The radiation detector preferably comprises a camera and an image processing system. The camera may comprise an array of solid state charge coupled devices (CCDs). The array may be linear or rectangular. The CCDs produce a charge proportional to the amount of light falling on them and the charge from each device in the array is preferably used by the image processing system to build up an image.

The image processing system preferably comprises a frame grabber for digitising the image and a computer adapted for processing the image. The image

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 6 -

is advantageously processed by the computer to identify features such as areas of the same intensity or changes in intensity, for example. The image processor advantageously is thereby able to identify an image, such as a cross, projected by the radiation source, and to locate the centre of the image.

There may also be provided means for sensing the position of the tool relative to the workpiece surface and means for moving at least part of the tool relative to the carriage along at least two orthogonal axes. This will enable very accurate positioning of the tool relative to the workpiece. The axes could be x and y axes coplanar with the adjacent surface of the workpiece, and in particular that part of the workpiece surface where the tool operation is to be performed. The moving means may comprise an electrical servo motor actuated moveable stage. A motion control system could be used to control the electrical servos, with optical encoders being used to provide positional feedback. The moving means may also be adapted to move the tool or part thereof along the z axis.

In addition to accurately positioning the tool relative to the workpiece it will usually be necessary to ensure that the tool is oriented at the correct angle relative to the workpiece surface (for example, to ensure that a drill bores perpendicularly through a curved plate). Accordingly, the apparatus may comprise means for sensing the angular orientation of at least part of the tool relative to the workpiece surface and means for rotating at least part of the tool about at least one axis to adjust said angular orientation. Ideally, the arrangement would measure the angle of the tool (or, more usually, the tool bit) relative to the workpiece surface, determine what movement is required about the x and y axes (coplanar with the surface) is needed to bring the tool into the desired angular orientation relative to the surface and then effect rotation in roll and/or pitch to achieve the desired orientation (which in many cases will be with the tool bit normal to the surface).

The directing means is preferably adapted to control movement and rotation effected by the moving means and the rotating means, respectively, such that the

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 7 -

tool reaches a predetermined position and/or orientation relative to the surface of the workpiece, and to actuate the tool.

The apparatus may comprise a programmable controller adapted to control the directory means and to switch the holding means between the low and high grip states in order automatically to convey the carriage and to position and orient the tool between predetermined locations and orientations relative to the workpiece surface, and to actuate the tool in order to carry out one or more predetermined tool operations on the workpiece. Preferably the controller is programmable so as automatically to carry out different sequences of predetermined tool operations on a workpiece and/or to carry out different sequences of predetermined tool operations on a variety of different workpieces.

Such arrangements reduce the requirement for human intervention whilst tool operations are carried out, by making the process substantially automated, and enable the use of several tool positioning apparatus on a workpiece at one time, hence improving manufacturing productivity.

The invention will now be described by way of example and with reference to the accompanying drawings, in which:

Figures 1a and 1b are schematic, partially cross-sectional front and side elevation views, respectively, of an embodiment of an apparatus in accordance with the invention, and

Figure 2 is a schematic diagram of the apparatus of Figures 1a and 1b in use.

Figures 1a and 1b show a carriage 1 to which is mounted a tool 3 (a drill having a bit 5 is illustrated). The carriage 1 is substantially covered and surrounded by a vacuum cup 7, at least part 9 of which is transparent, for reasons to be described below. Around the circumferential edge of the vacuum cup 7 is mounted a seal 11 in the form of a brush skirt and another seal 13 in the form of a

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 8 -

rubber skirt; note that the brush skirt seal 11 is longer than, and therefore extends further from the vacuum cup 7 than, rubber skirt seal 13. The brush skirt seal 11 and the rubber skirt seal 13 are preferably mounted so as to conform with the configuration of the surface upon which the carriage rests, in much the same manner as the carbon fibre "ground effect skirts" in use in Formula One motor racing some years ago - as will be further described below.

Substantially enclosed within vacuum cup 7 are two pairs of wheels 15, at least one pair of which are driveable and/or steerable (as illustrated in Figure 1b, the right hand pair of wheels are driven and steered by drive unit 17); wheels 15 have a rolling surface formed of an elastic compound, so as to provide good frictional engagement with the surface the carriage rolls over, whilst preventing damage thereto. Wheels 15 are also provided with conventional suspension units 19 so as to allow each wheel to reciprocate independently in the vertical direction of the drawings.

Around part of the drill 3 is a rotary, vacuum seal 21, which is sealingly connected to vacuum cup 7 by a flexible diaphragm 23, so ensuring that the vacuum cup 7 extends in substantially unbroken fashion over its entire surface area, whilst allowing drill 3 to move along 3 orthogonal axes relative to vacuum cup 7 (and allowing drill bit 5 to rotate about one of these axes). Moving means 25 which is rigidly mounted to the carriage 1 is adapted to move the drill 3 along these three axes, so as to move the drill 3 left and right as shown in the drawing, into and out of the plane of the drawing, and up and down as in the drawing.

A camera 27 is clamped to the drill 3 so as to move therewith, and is adjusted so as to receive an image of the end of the drill bit 5. Normalisation sensors 29 (only one is shown, in figure 1b) are mounted to the carriage 1 and are adapted so as to sense the angular orientation of the carriage 1, and particularly the drill bit 5, relative to the surface on which the carriage 1 rests (not shown, for clarity) and into which a drilling operation is to be carried out. Rotating means 31 is rigidly mounted to the carriage 1 and is adapted to rotate the drill 3 about two

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 9 -

orthogonal axes substantially coplanar with the surface upon which the carriage rests, so as to ensure that the drill bit 5 is normal to the surface into which it is to drill, or so as to enable the drill bit 5 to drill at any desired angle other than normal into the surface. Control unit 33; which suitably comprises a microprocessor unit and a combined power source, powers and controls the operation of the drill 3, drive unit 17, moving means 25 and rotating means 33, as will be further described below.

In use, carriage 1 is intended to move with a minimum of operator intervention over the surface of a workpiece (not shown), so as to move the tool 3 into an accurate position and orientation in order to carry out a precise manufacturing operation. In order to hold the carriage 1 onto the surface of the workpiece and to prevent it from falling off as it moves around the workpiece, the interior of the vacuum cup 7 is at least partially evacuated, forming a vacuum plenum, so that ambient air pressure holds the carriage 1 against the workpiece. The brush skirt seal 11 acts as the seal between the vacuum cup 7 and the workpiece, and is sufficiently flexible and/or flexibly mounted to conform to the surface configuration of the workpiece. Nevertheless, as the seal 11 is essentially formed of a plurality of bristles which form an imperfect seal, so that ambient air can permeate the seal - in a controlled manner - the force clamping the carriage 1 to the surface is not so great as to prevent the wheels 15 from moving the carriage. Ideally, the brush skirt seal 11 and the low pressure within the vacuum cup 7 are designed so that, when the carriage needs to move, the net force clamping the carriage 1 to the workpiece is not much more than the weight of the carriage. When the carriage 1 is in approximately the correct position, the evacuation of the vacuum cup 7 is increased, compressing the brush skirt seal 11 and the suspension units 19 and bringing the rubber skirt seal 13 into contact with the surface of the workpiece. The rubber skirt seal 13 is similarly flexible and/or flexibly mounted as is the brush skirt seal 11, so as to conform to the surface configuration of the workpiece. However, the rubber skirt seal 13 is substantially impermeable, so that the seal between the vacuum cup 7 and the surface of the workpiece is substantially airtight; as a result, the carriage 1 is very firmly clamped to the workpiece. The low pressure within the vacuum cup 7 is controllable so as

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 10 -

to ensure that the carriage 1 is unmoved by the forces, additional to its own weight, arising from the fine positioning of the tool 3 and, more particularly, from the operation of the tool when drilling is taking place.

When the carriage 1 is clamped onto the workpiece, the tool 3 and the drill bit 5 are accurately positioned and orientated by way of the moving means 25 and the rotating means 31, as will now be described with reference to Figure 2, which illustrates the carriage 1 located on the surface of an aircraft component 35, approximately in position for a drilling operation to be carried out and immediately before the carriage 1 is firmly clamped to the component 35.

A laser projector 37 is positioned to project a beam of radiation 39 onto the component 35 so as to project a cross shape which precisely defines the position where a drilling operation is required. Because at least the front portion 9 of the vacuum cup 7 is transparent, the cross is projected onto the surface of the component 35. The cross appears within the field of view of the camera 27, which then sends a signal to controller 41, indicating that the carriage 1 is approximately positioned.

On receipt of this signal, controller 41 sends signals halting the drive means 17 and to a high flow low pressure vacuum pump 43, so halting movement of carriage 1 and initiating the increased evacuation of vacuum cup 7 so as to clamp carriage 1 firmly to the component 35 (as described above).

Controller 41 then analyses the signal from camera 27 in order to assess the precise location of the drill bit in relation to the laser cross projected onto the component and signals control unit 33 to actuate moving means 25 in order precisely to position the business end of the drill bit 5 relative to the projected cross, which is precisely aligned on the spot where a drilling operation is required.

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 11 -

Controller 41 then interrogates normalisation sensors 29 (for clarity, no functional connection between controller 41 and normalisation sensor 29 is depicted) to ascertain the angular orientation of the drill bit 5 relative to the component surface; this measured orientation is compared with orientation data pre-programmed into controller 41 defining the precise angular orientation of the desired drilling, and controller 41 signals control unit 33 to actuate rotating means 31 in order precisely to orientate the angle of the drill bit 5 relative to the surface to be drilled.

Once the drill bit is accurately positioned and orientated, controller 41 signals control unit 33 to initiate the drilling operation, by switching the drill 3 on and moving the drill 3 along the axis of the drill bit 5 as drilling occurs for a distance equal to the desired drilling depth.

At any time, data may be input to the controller 41 by way of an operation interface 45.

Now that a specific embodiment of the invention has been described, numerous modifications and variations will immediately spring to the minds of those skilled in the art. For example, the controller 41 and pump 43 may either be remote or affixed to the carriage 1 for greater compactness (and the controller 41 and control unit 33 may comprise a single integrated microprocessing unit); the interface 45 might comprise a keyboard and might also be located on the carriage 1, or it might comprise a remote infra-red or microwave linkage or the like.

The vacuum cup 7 depicted is in the form of a rectangular box - this could be of any shape provided it has a circumferential edge at least loosely configured so as to conform to the surface of the workpiece; it could, for example, be toroidal in shape with the manufacturing operation being performed through the central opening thereof, or it could comprise a plurality of small vacuum cups of any shape. The vacuum system described could be complemented by, or replaced

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 12 -

with, any means capable of providing a variable attractive force, such as an electromagnetic device, or even a system employing a releasable adhesive arrangement.

The illustrated embodiment incorporates a drill, for performing a drilling operation, however the drill could be replaced by any other conventional tool for performing other manufacturing operations, or operations such as welding, testing, painting, testing or other localised treatment.

The laser projector 37 could be replaced by any comparable accurate positioning arrangement, and the entire system could be automated so as to require a minimum of operator intervention.



CLAIMS

1. Apparatus for positioning and holding a tool relative to a workpiece comprising a carriage for conveying the tool over the surface of the workpiece and means for holding the carriage onto the surface of the workpiece, the holding means being selectively switchable between a low grip state in which the carriage is held against the workpiece surface whilst remaining capable of movement relative thereto and a high grip state in which the carriage is held substantially fixedly to the workpiece surface for the tool in use to operate thereon.
2. Apparatus according to Claim 1 wherein the carriage comprises one or more elements held in frictional contact with the workpiece surface by the holding means and adapted, when the holding means is in the low grip state, to move the carriage over the workpiece surface.
3. Apparatus according to Claim 1 or 2 wherein the holding means and/or the carriage is/are adapted to conform to the surface configuration of the workpiece immediately adjacent thereto when the holding means is in the low grip state.
4. Apparatus according to Claim 1, 2 or 3 wherein the holding means and/or the carriage is/are adapted to conform to the surface configuration of the workpiece immediately adjacent thereto when the holding means is in the high grip state.
5. Apparatus according to any preceding Claim comprising means for sensing the position of the carriage and/or the tool relative to the workpiece, and directing means adapted to control the carriage in

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 14 -

order to move the carriage over the workpiece surface between predetermined positions thereon.

6. Apparatus according to any preceding Claim comprising means for sensing the position of the tool relative to the workpiece surface and means for moving at least part of the tool relative to the carriage along at least two orthogonal axes.
7. Apparatus according to any preceding Claim comprising means for sensing the angular orientation of at least part of the tool relative to the workpiece surface and means for rotating at least part of the tool about at least one axis to adjust said angular orientation.
8. Apparatus according to Claim 6 or Claim 7, when dependent on Claim 5, wherein the directing means is adapted to control movement and rotation effected by the moving means and the rotating means, respectively, such that the tool reaches a predetermined position and/or orientation relative to the surface of the workpiece, and to actuate the tool.
9. Apparatus according to Claim 8 comprising a programmable controller adapted to control the directing means and to switch the holding means between the low and high grip states in order automatically to convey the carriage and to position and orient the tool between predetermined locations and orientations relative to the workpiece surface, and to actuate the tool in order to carry out one or more predetermined tool operations on the workpiece.
10. Apparatus according to Claim 9 wherein the controller is programmable so as automatically to carry out different sequences of predetermined tool operations on a workpiece and/or to carry out

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

- 15 -

different sequences of predetermined tool operations on a variety of different workpieces.

11. Apparatus for positioning and holding a tool relative to a workpiece substantially as hereinbefore described and with reference to the accompanying drawings.

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

Fig.1b.

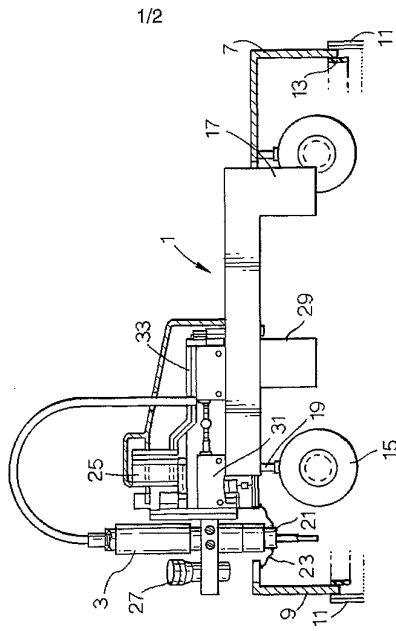
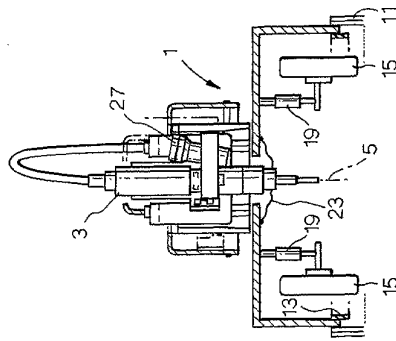


Fig.1a.



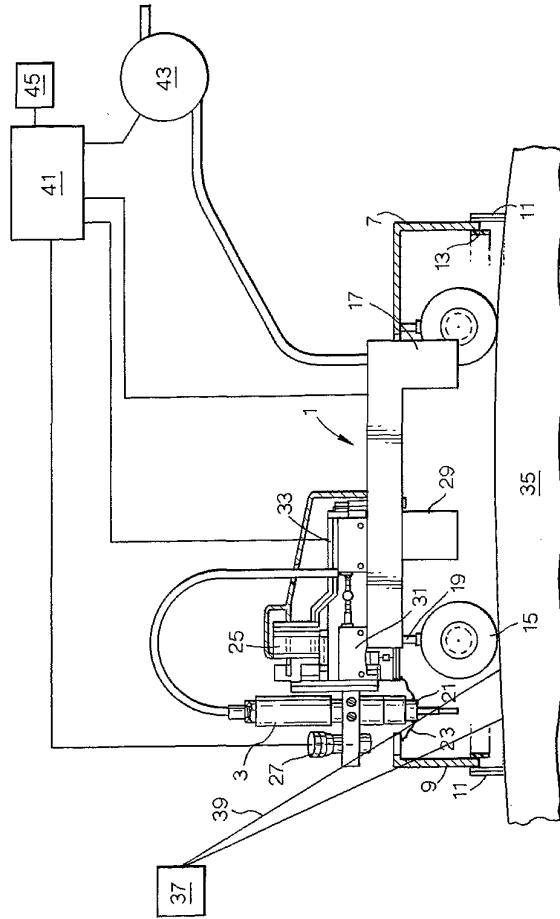
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/06003

PCT/GB01/02994

2/2

Fig.2.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Initial Application No PCT/GB 01/02994
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B23Q9/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B23Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 077 (M-464), 26 March 1986 (1986-03-26) & JP 60 219172 A (FUJI DENKI SEIZO KK; OTHERS: 01), 1 November 1985 (1985-11-01) abstract	1, 11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 227 (M-248), 7 October 1983 (1983-10-07) & JP 58 120467 A (MITSUBISHI KAKOUKI KK), 18 July 1983 (1983-07-18) abstract  --- -/-	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 8 October 2001		Date of mailing of the international search report 15/10/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer De Gussem, J

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/GB 01/02994
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 309 (P-748), 23 August 1988 (1988-08-23) & JP 63 079059 A (JAPAN ATOM POWER CO LTD:THE;OTHERS: 01), 9 April 1988 (1988-04-09) abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family membersInternational Application No.  
PCT/GB 01/02994

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 60219172	A	01-11-1985	JP 1616422 C 30-08-1991 JP 2041475 B 18-09-1990
JP 58120467	A	18-07-1983	NONE
JP 63079059	A	09-04-1988	JP 1899522 C 27-01-1995 JP 6023741 B 30-03-1994



## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(74)代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100086575

弁理士 小池 龍太郎

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 ベッグス、ケビン・ウィリアム

イギリス国、エフワイ 5・3 アールエル、ブラックプール、パーモント・グローブ 3 3

(72)発明者 ジャービス、ポール・エドワード

イギリス国、ピーアール 4・3 ティーエル、ランカシャー、プレストン、ニュートン・ウィズ・スケールズ、スケール・ホール・レーン 9

(72)発明者 ダグラス、アンソニー・ジェームス

イギリス国、ピーアール 4・4 ゼットエヌ、プレストン、ニュー・ロングトン、シープ・ヒル・レーン 8

(72)発明者 アボット、カール・ジョン

イギリス国、ワイオー 2 6・5 ジェイワイ、ヨーク、ピーチ・グローブ 5 3

F ターム(参考) 3C036 EE10