



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 317 178**

51 Int. Cl.:

B23Q 1/58 (2006.01)

B23Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05425337 .2**

96 Fecha de presentación : **18.05.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1724054**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.11.2006**

54

Título: **Dispositivo de equilibrado para una máquina herramienta.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73

Titular/es: **Franco Sartorio**
Corso Montevecchio, 48
10129 Torino, IT

72

Inventor/es: **Sartorio, Franco y**
Balbi, Mario

74

Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 317 178 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 317 178 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de equilibrado para una máquina herramienta.

5 La presente invención se refiere a una unidad de trabajo, en particular del tipo prevista para emplearse en una máquina herramienta por control numérico.

Más concretamente, la invención se refiere a una unidad de trabajo según el preámbulo de la reivindicación 1 adjunta.

10 Una unidad de trabajo del tipo anteriormente definida es conocida en WO-A-02/02281 a nombre del mismo solicitante. Esta unidad de trabajo puede utilizarse de forma independiente o en el contexto de cualquier máquina por control numérico, para llevar a cabo, por medio de una herramienta, trabajos de poca precisión con una gran aceleración tales como, por ejemplo, laminados de acabado de alta velocidad, gravados y marcados, así como trabajos sin contacto tales como el marcado, corte y soldadura por láser. Ya que esta unidad de trabajo está prevista para llevar a cabo trabajos de precisión, las fuerzas aplicadas por la herramienta en la pieza a manipular que debe ser tratada deben mantenerse constantemente bajo control, mediante la dosificación de la aceleración de avance de la herramienta de tal manera que cualquier deformación de la herramienta y/o de la estructura de la máquina herramienta no superen las tolerancias de precisión preajustadas.

20 La unidad de trabajo conocida se muestra en la figura 1 adjunta, donde se indica con 100 a todo el conjunto. Comprende un bastidor 110 en el que están conectadas rígidamente dos estructuras base 112 y 113, dirigidas respectivamente según un par de ejes ortogonales U y V, que identifican dos ramas de la unidad 100. Respectivos elementos móviles en forma de placa, indicados por 114 y 115, están vinculados a las estructuras base 112 y 113, que están montados desplazados verticalmente y son deslizables por medio de guías lineales 116, 117 acopladas con patines deslizantes 118, 119, respectivamente de la estructura base 112 y el elemento móvil 114, y de la estructura base 113 y el elemento móvil 115. El movimiento de cada elemento móvil 114, 115 con respecto a la respectiva estructura base 112, 114, se controla por medio de un respectivo accionador lineal por control numérico 120, 121 conducidos por un respectivo motor 122, 123. Cada elemento móvil 114, 115 está provisto de una guía corredera 124, 125 que se extiende en una dirección perpendicular a la corredera del respectivo elemento móvil, cuya guía de deslizamiento está acoplada por patines 126, 127 fijados en lados ortogonales de una plataforma con una forma general cuadrada 128 que soporta una herramienta de trabajo 129 tal como un cabezal láser.

35 El movimiento de los elementos móviles 114 y 115 en las respectivas direcciones de deslizamiento, que resultan del accionamiento de los accionadores 120 y 121 por medio de las respectivas señales de control, provoca que la plataforma 128 se mueva con respecto al bastidor 110 en un área de trabajo plana definida por los ejes U y V, cuya extensión es relativamente pequeña. La herramienta 129 puede desplazarse además a lo largo de una tercera dirección lineal Z, ortogonal a las direcciones de los ejes U y V.

40 Esta unidad de trabajo conocida, equipada con motores lineales, tiene una estructura de las denominadas P.K.M (Máquina Cinemática Paralela), que presenta la ventaja de tener características de gran ligereza y que por lo tanto es capaz de alcanzar aceleraciones mucho más altas que las de las unidades de trabajo convencionales de otros tipos. Si los elementos de esta unidad no están adecuadamente equilibrados, las aceleraciones aplicadas a éstos pueden generar verdaderos impactos y provocar vibraciones y oscilaciones que se transmiten a las diversas partes de la unidad de trabajo y a la posible máquina a la cual se vincula, reduciendo considerablemente la precisión en las operaciones de trabajo a realizar por medio de la herramienta de la unidad de trabajo.

50 Esta unidad de trabajo puede equipar diversos tipos de máquinas herramientas, provista de una mesa o plano de trabajo en la cual se vincula una pieza a manipular para ser trabajada. Tales máquinas herramientas pueden incluir dispositivos de manipulación adaptados para mover la unidad de trabajo y/o la pieza a manipular a lo largo de ejes lineales X, Y, y posiblemente Z, ortogonales entre sí, colocándose los ejes X e Y sobre el mismo plano o en planos paralelos a los definidos por los ejes U, V de la unidad de trabajo, con el fin de provocar un movimiento relativo previamente colocado entre la unidad de trabajo y la pieza a manipular. En particular, estos dispositivos de manipulación están adaptados para provocar un movimiento relativo de la unidad de trabajo con respecto a la pieza a manipular, en un área de trabajo cuya extensión es amplia con respecto a la del área de trabajo en la cual tienen lugar los movimientos de la herramienta 129 por medio de la unidad de trabajo 100.

60 Los movimientos de las herramientas 129 que resultan de la combinación de los movimientos aplicados a éstas por la unidad de trabajo, que tienen lugar con altas aceleraciones en un espacio pequeño, y los movimientos llevados a cabo por la unidad de trabajo 100 a lo largo de los ejes X, Y y posiblemente Z, que tienen lugar con aceleraciones relativamente pequeñas en un espacio más amplio, deben permitir que la herramienta alcance todas las zonas de la pieza a manipular a ser trabajada y estén coordinados entre sí a fin de permitir que la herramienta siga el recorrido continuo sobre la pieza a manipular, que es preajustada por el programa de trabajo, teniendo en cuenta las precisiones geométricas y cinemáticas ajustadas.

65 Una unidad de trabajo del tipo definido anteriormente también es conocida en el contenido del resumen del documento JP-01-193 134, que describe un sistema para equilibrar el movimiento de una mesa corredera adaptada para soportar una pieza a ser trabajada. El peso de la mesa corredera con la pieza a manipular se introduce inicialmente en

ES 2 317 178 T3

el sistema, así como el peso del contrapeso. Por ello, se emite una señal de control a fin de mover la mesa corredera y se computariza una cantidad de movimiento para el contrapeso según la señal, a fin de mover el contrapeso. Los centros de gravedad de la mesa corredera con la pieza pertinente a manipular y del equilibrador se mueven a lo largo de ejes paralelos separados entre sí, de modo que sus movimientos opuestos originan un momento (que es un par) que no está equilibrado por el sistema de este documento.

Las máquinas herramientas conocidas, que incluyen aquellas equipadas con la unidad de trabajo conocida y anteriormente descrita, habitualmente son muy ruidosas debido a que sus elementos movibles, que sufren movimientos lineales, giratorios, oscilantes, etc. no están equilibradas y por lo tanto transmiten fuerzas y movimientos que pueden provocar fuertes oscilaciones y vibraciones.

La ausencia de equilibrio, o de un equilibrio adecuado, implica también una reducción en los trabajos de la máquina ya que, a causa de las vibraciones y oscilaciones generadas durante el funcionamiento, no pueden mantenerse los requisitos de precisión en el trabajo en todos los campos de funcionamiento teóricos de tales máquinas.

En el intento de evitar estos inconvenientes, pueden tomarse diversas medidas. Por ejemplo, se emplean habitualmente estructuras fijas (tales como anclajes, cimentaciones, etc.) a fin de oponer grandes fuerzas y momentos o fuertes vibraciones, que se disponen fuera del equipo provisto de elementos movibles, con el propósito de evitar movimientos indeseados del equipo, o pueden utilizarse pantallas de aislamiento acústico estacionarias para oponerse al incremento de ruidos provocados por vibraciones. También es posible incrementar la rigidez de los elementos fijos y movibles del equipo y las respectivas conexiones, así como aligerar las masas movibles. En algunos casos, un equilibrio dinámico parcial del giro o los elementos oscilantes puede obtenerse al fijarles masas adicionales en posiciones adecuadas, o al emplear dispositivos de equilibrio complementarios cuyo movimiento está sincronizado con el de los elementos a equilibrar. Por ejemplo, en motores de combustión interna, a veces se utiliza el eje auxiliar de contra-giro con el fin de obtener el equilibrio de los ejes principales, que están conectados, y por ello mecánicamente sincronizados, con los ejes principales.

Sin embargo, en el caso de la unidad de trabajo anteriormente descrita, en vista de las aceleraciones muy altas que pueden alcanzarse, los sistemas de equilibrio convencionales han resultado ser bastante insatisfactorios. De hecho, dicha unidad de trabajo debe cumplir diversos requisitos, algunos de los cuales son sumamente severos, con referencia a la configuración y a la cinemática, dinámica y en la obtención de precisión de recorrido, que se resumen a continuación:

- a) el elemento movable a equilibrar es solamente uno;
- b) los movimientos son lineales;
- c) la longitud de los movimientos es habitualmente del orden de 100 mm, y muy raramente supera los 500 mm;
- d) la masa total del elemento movable es habitualmente del orden de 10 Kg, aunque puede alcanzar 50 Kg;
- e) las aceleraciones dadas al elemento movable pueden superar 100 m/s^2 ;
- f) el control de posición durante el movimiento es muy preciso, y habitualmente se requieren precisiones de seguimiento del recorrido teórico más pequeño de $10 \mu\text{m}$.

Ya que los requisitos d), e), f) son particularmente severos, los sistemas de equilibrio convencionales pretenden solventar los problemas de equilibrio con los medios clásicos solamente de mecánica, que emplean contra-masas para moverse de un modo sincronizado a lo largo de una dirección opuesta a la de las masas a equilibrar, mediante el uso de uniones cinemáticas con conexiones mecánicas tales como bielas y manivelas o piñones y cremalleras, sacadas por ser inadecuadas para tal unidad de trabajo en vista de las aceleraciones muy altas aplicadas al elemento movable, que pueden generar impactos muy violentos. De hecho, cuanto más alta es la velocidad de los elementos en movimiento, más difícil es mantener la precisión de la sincronización. Por lo tanto, es necesario recurrir a un equilibrio más "extremo", es decir, a un equilibrio dinámico total. Además, en el caso de dispositivos de equilibrio convencionales, su dimensionado, teniendo en cuenta el hecho de que el sistema de control del movimiento de los elementos de equilibrio debe garantizar al menos una vida de dos años con una gran fiabilidad, trabajando continuamente en al menos en dos direcciones, necesitarían salas y masas que no pueden aceptarse para las aplicaciones previstas para la unidad de trabajo.

Con el fin de superar los inconvenientes de la técnica anterior, el objeto de la invención es una unidad de trabajo que tiene las características indicadas en la reivindicación 1 adjunta.

En virtud de esta solución, la unidad de trabajo de la invención sale para estar perfectamente equilibrada dinámicamente, compensando las fuerzas y momentos de sus elementos movibles por los respectivos medios de equilibrado, de modo que no se transmite oscilación y/o vibración ni a los elementos de la unidad de trabajo ni a la posible máquina herramienta equipada por dicha unidad, para completar la ventaja en la obtención de una precisión de trabajo extremadamente alta y la práctica eliminación de vibraciones y ruidos durante el funcionamiento.

ES 2 317 178 T3

La presente invención está basada básicamente en las siguientes consideraciones.

Con el fin de lograr un equilibrio dinámico total, es necesario cumplir una ley de Dinámica, según la cual: “un sistema dinámico completamente aislado se equilibra cuando todas las resultantes de las fuerzas y momentos son cero, en cada momento y para cualquier movimiento de sus mecanismos interiores.”

En la práctica, si un sistema dinámico “completamente equilibrado”, es decir “dinámicamente equilibrado”, está colgado en un elemento totalmente elástico, como un muelle muy elástico, con cualquier orientación, que permite cualquier grado de libertad, permanece estacionario para cualquier movimiento de sus mecanismos interiores, incluso si estos movimientos son muy fuertes.

En dicho sistema, siendo M_a la suma de masas de los elementos movibles a equilibrar, y siendo M_b la suma de masas del elemento de equilibrio, que corresponde a la contra-masa, el equilibrio dinámico total puede lograrse si:

- 1) la contra-masa es exactamente igual a la masa a equilibrar ($M_b = M_a$),
- 2) la resultante de fuerzas y momentos es cero en cada momento, y
- 3) la posición del centro de gravedad de todas las masas movibles a equilibrar corresponde exactamente en cada momento con la posición del centro de gravedad de la contra-masa.

Con el fin de lograr este resultado, cada elemento movable a equilibrar y el respectivo contrapeso deben ser complementarios entre sí y conectarse de un modo no mecánico, por lo tanto de un modo electrónico, ya que cualquier conexión mecánica introduciría inevitablemente imprecisiones, su posición común debe determinarse en base a la posición instantánea del elemento movable a equilibrar, y el movimiento del respectivo contrapeso debe estar perfectamente sincronizado con la del elemento movable a equilibrar.

Una unidad de trabajo del tipo anteriormente descrito, que debe cumplir especialmente con los requisitos mencionados anteriormente en los puntos a) a f), en un caso práctico es similar a una caja que tiene una masa total alrededor de 20 Kg y que contiene una masa movable de 10 Kg que puede sufrir aceleraciones de 100 m/s^2 y desarrollar un empuje de 1000 N, equivalente a aproximadamente 100 Kg, que corresponde al impacto de un martillo, de modo que la caja, si no está adecuadamente fijada, puede salir como un proyectil. La unidad de trabajo de la invención, con el respectivo sistema de equilibrio, está completamente exento de vibraciones, de modo que la caja equilibrada permanece estacionaria para cualquier aceleración aplicada a sus elementos movibles.

Además, la invención se refiere a máquinas herramientas que pueden equipar la unidad de trabajo de la invención.

Otras características y ventajas de la invención resultarán claramente más evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada, que se da simplemente a modo de ejemplo no limitativo y hace referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en alzado desde arriba de una unidad de trabajo según la técnica anterior, cuya estructura se ha descrito anteriormente,
- la figura 2 es una vista en alzado lateral esquematizada de una primera realización de una unidad de trabajo según la invención, que puede moverse a lo largo de un solo eje,
- las figuras 3 y 4 son una vista en alzado frontal esquematizada y una vista en alzado desde arriba esquematizada desde la flecha IV de la figura 3, respectivamente, de una segunda realización de la unidad de trabajo según la invención, que puede moverse a lo largo de un solo eje,
- las figuras 5 y 6 son una vista en alzado frontal seccionada y una vista en alzado desde arriba seccionada, respectivamente, que muestran una realización constructiva de la unidad de trabajo de las figuras 3 y 4, estando la figura 5 seccionada a lo largo de la línea V-V de la figura 6 y estando la figura 6 seccionada a lo largo de la línea VI-VI de la figura 5,
- las figuras 7 y 8 son dos vistas en alzado desde arriba de una unidad de trabajo según la invención, que soporta un cabezal de trabajo que pueden moverse según dos direcciones perpendiculares entre sí, en dos configuraciones de funcionamiento distintas,
- la figura 9 es una vista esquematizada en perspectiva de una máquina herramienta equipada con la unidad de trabajo de la invención,
- la figura 10 es una vista esquematizada en perspectiva de otra máquina herramienta equipada con la unidad de trabajo de la invención, y
- las figuras 11a a 11e son vistas en perspectiva esquematizadas de otras configuraciones posibles de máquinas herramientas en las cuales pueden aplicarse la unidad de trabajo de la invención.

ES 2 317 178 T3

Haciendo referencia inicial a una primera realización mostrada en la figura 2, una unidad de trabajo 1 comprende una estructura base 12 fijada a un bastidor 10. La estructura base 12 soporta un elemento movable 14a y una unidad de contrapeso 14b, que están montados de forma deslizante a lo largo de una dirección definida por el eje A de la figura 1 y dispuestos de una manera sensiblemente simétrica y especular, que incluyen respectivos primeros medios de accionamiento 15a y segundos medios de accionamiento 15b, comprendiendo cada uno habitualmente un motor lineal por control numérico.

En particular, los primeros medios de accionamiento 15a constan de un estator 16a y de una corredera 17a que es movable a lo largo del respectivo recorrido definido por el eje A. Un primer elemento deslizante 18a, que soporta en un extremo un elemento de trabajo 30a que incluye un cabezal de trabajo 25a provisto de una herramienta 22a, por ejemplo un cabezal láser de enfoque, está fijado a una corredera 17a. Convenientemente, un sensor de posición del tipo encoder, que tiene una escala graduada 20a conectada a un estator 16a y un cabezal de lectura 22a, por ejemplo del tipo óptico, conectado al elemento movable 18a, está relacionado con los primeros medios de accionamiento 15a.

Los segundos medios de accionamiento 15b, que preferentemente constan de un motor lineal idéntico al de los medios de accionamiento 15a, comprenden un estator 16b y la respectiva corredera 17b que puede moverse a lo largo del recorrido definido por el eje A. Un segundo elemento deslizante 18b, en un extremo del cual está sujetado un elemento de contrapeso 30b, está fijado a la corredera 17b. La masa de las partes móviles de la unidad de contrapeso 14b, que comprende las masas de la corredera 17b, del primer elemento deslizante 18b y del elemento de contrapeso 30b, es igual a la masa de las partes móviles del elemento movable 14a, que comprende las masas de la corredera 17a, del elemento deslizante 18a, del cabezal 25a y de la herramienta 22a. Convenientemente, un sensor de posición del tipo encoder, igual o similar al que está vinculado a los primeros accionadores 15a, está vinculado a los primeros medios de accionamiento 15b, y comprende una escala graduada 20b conectada al estator 16b y un cabezal de lectura 22b conectado al elemento movable 18b.

Los movimientos del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b están controlados por los medios de accionamiento 15 y 15b a través de señales de control que proceden de las respectivas unidades de control numérico E1 y E2 alimentadas al mismo tiempo por una misma señal S, de tal manera que los movimientos del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b están perfectamente sincronizados de modo que tienen, en cada momento, la misma aceleración y por consiguiente la misma velocidad y la misma posición, a lo largo del respectivo recorrido.

Ya que en esta realización las masas de las partes móviles del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b, es decir las masas de las correderas 17a y 17b y los elementos deslizantes 18a y 18b con las partes soportadas por éstas, están perfectamente alineadas en la dirección del eje A, y el elemento movable 14a y la unidad de contrapeso 14b tienen una simetría especular, se obtiene intrínsecamente un equilibrio perfecto tanto de las masas como de los momentos, así como la superposición de las extensiones del centro de gravedad de las masas del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b a largo del eje A.

Aunque la configuración de esta realización puede realizarse de forma práctica, presenta la desventaja de ser voluminosa en la dirección de los movimientos identificados por el eje A.

Una posible modificación de la realización descrita anteriormente consta de una unidad de trabajo (no mostrada en las figuras) en el que el elemento movable 14a es igual a la anteriormente descrita, mientras la masa de la unidad de contrapeso se separa en más elementos contrapeso cada uno de los cuales es accionado de una forma sincronizada en la dirección opuesta al movimiento del elemento movable por medio de un respectivo accionador lineal del mismo tipo del accionador 15b. Por ejemplo, pueden utilizarse dos unidades de contrapeso dispuestas simétricamente en lados opuestos del elemento movable, que está dispuesto en este caso en una posición central entre las dos unidades de contrapeso, cada una de las cuales tiene una masa igual a la mitad de la masa de las partes móviles del elemento movable. En este caso, tres unidades de control numérico se proporcionarán, alimentadas al mismo tiempo por una misma señal S y adaptadas para mover el elemento movable en una dirección y las dos unidades de contrapeso paralelamente en la dirección opuesta, de una forma independiente pero perfectamente sincronizada, para aplicar, en cada momento, las mismas aceleraciones y por consiguiente la misma velocidad, y para que el elemento movable y las dos unidades de contrapeso adopten la misma posición, a lo largo del respectivo recorrido.

Una segunda realización de la unidad de trabajo de la invención se muestra en las figuras 3 y 4, donde elementos iguales o similares a los de la realización anterior se han indicado con las mismas referencias.

En la unidad de trabajo de esta realización, que se indica con 2, el elemento movable 14a y la unidad de contrapeso 14b están dispuestos en lados opuestos de la estructura base 12 fijada al bastidor 10. Los primeros medios de accionamiento 15a y los segundos medios de accionamiento 15b, cada uno de los cuales comprende un respectivo estator 16a, 16b y una respectiva corredera 17a, 17b, que están dispuestos paralelos entre sí, están vinculados de una forma especular en lados opuestos de la estructura base 12. Los medios de accionamiento 15a y 15b están provistos de respectivos sensores de posición, del tipo encoder lineal, y comprenden respectivas escalas de lectura 20a y 20b las cuales están orientadas hacia los respectivos cabezales de lectura 22a y 22b.

Una región de soporte 25a que constituye una plataforma de soporte de la herramienta 22a, se extiende en voladizo desde un extremo libre del primer elemento deslizante 18a del elemento movable 14a, que está conectado a la corredera 17a.

ES 2 317 178 T3

Un brazo 25b, en el extremo libre del cual está sujetado el elemento de contrapeso 30b, en una posición adyacente al primer elemento deslizante 18a, está fijado al segundo elemento deslizante 18b de la unidad de contrapeso 14b, que está conectado a la corredera 17b.

5 También en este caso, los movimientos del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b están controlados por los medios de accionamiento 15a y 15b por medio de las respectivas señales de control procedentes de las unidades de control numérico E1 y E2, que están alimentados al mismo tiempo por una misma señal S, de modo que los movimientos del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b, que tienen lugar a lo largo de direcciones opuestas, están perfectamente sincronizados y tienen, en cada momento, la misma aceleración, la misma velocidad y la misma posición a lo largo de los respectivos recorridos.

10 Sin embargo, a causa de la presencia de la región de soporte 25a y al hecho de que el primer elemento deslizante 18a está separado del eje A a lo largo del cual se mueve la herramienta 22a, los movimientos del elemento movable 14a generan un momento que tiene que equilibrarse a fin de lograr el equilibrio dinámico de la unidad de trabajo 2. Por esta razón, el elemento de contrapeso 30b, que se mueve rápido con el elemento deslizante 18b, está dispuesto en el lado opuesto al elemento deslizante 18b con respecto al eje A, de tal modo que, a causa de la presencia del brazo 25b, puede generar un momento de equilibrio igual y opuesto al momento generado por los movimientos del elemento movable 14a.

20 Ya que en este caso los centros de gravedad de los elementos deslizantes 18a y 18b no están simétricamente posicionados, a diferencia de la realización anterior, se generan momentos que han de equilibrarse a fin de lograr el equilibrio dinámico del elemento movable 14a por medio de la unidad de contrapeso 14b. Además, teniendo en cuenta que la estructura de la unidad de trabajo debe ser tan rígida y ligera como sea posible, el movimiento de equilibrio debe lograrse por medio de un brazo rígido y ligero, con una longitud permitiendo el uso tanto como sea posible del espacio disponible, para que pueda utilizarse un elemento de contrapeso 30b tan ligero como sea posible.

30 Con la finalidad de conseguir el equilibrio dinámico total de la unidad de trabajo 2, la masa total del elemento de contrapeso 30b y de los elementos móviles de la unidad de contrapeso 14b sujeta a ésta, debe ser exactamente igual a la masa de las partes móviles del elemento movable 14a, y los momentos aplicados al elemento movable 14a deben compensarse, en cada momento, por los momentos generados por la unidad de contrapeso 14b. Además, los centros de gravedad de las partes móviles del elemento movable 14a y de la unidad de contrapeso 14b deben coincidir en cada momento.

35 Una tercera realización de la unidad de trabajo de la invención se muestra en las figuras 5 y 6, donde los elementos iguales o similares a los de las realizaciones anteriores se han indicado con las mismas referencias.

La unidad de trabajo de esta realización, indicada con 3, consta de una realización constructiva sensiblemente práctica de la estructura esquematizada de la realización anterior.

40 En esta realización, la estructura base 12, que está fijada al bastidor 10, tiene una forma de canal y tiene una sección en forma de U al revés definida por dos extremidades paralelas 12a y 12b delimitando una cavidad alargada. El estator 16a de los primeros medios de accionamiento 15a está montado sobre la cara interior de la extremidad 12a, mientras que el estator 16b de los segundos medios de accionamiento 15b está montado en la cara exterior de la otra extremidad 12b.

45 La corredera 17a de los primeros medios de accionamiento 15a, en los cuales está conectado el elemento deslizante 18a, está dispuesta en una posición de cara al estator 16a, a fin de poderse mover en la dirección del eje V. El elemento 18a consiste en una placa que comprende un nervio de refuerzo transversal 19a que se extiende en la dirección de un eje Z ortogonal al eje V, de modo que al menos una región del elemento deslizante 18a tiene una sección transversal en forma de L con la finalidad de contribuir a la rigidez de su estructura, estando la corredera 17a fijada en el nervio de refuerzo 19a. Con el fin de permitir el deslizamiento del elemento deslizante con respecto a la estructura base 12, comprende dos pares de patines 24a que se acoplan respectivamente a las dos guías deslizantes 26a dispuestas ortogonalmente entre sí, ambas fijadas en la extremidad 12b de la estructura base 12.

55 Una plataforma 30a para el soporte de la herramienta 22a está conectada en un extremo del elemento deslizante 18a por bridas 28a.

60 La corredera 17b de los segundos medios de accionamiento 15b, que también puede moverse en la dirección del eje V y al cual está conectado el elemento deslizante 18b, que consiste en una placa que se extiende en la dirección Z, está dispuesta en una posición orientada hacia el estator 16b. El elemento 18b soporta en la base el brazo 25b que tiene la forma de una placa rígida alargada, en cuyo extremo opuesto al elemento 18b está fijado el elemento de contrapeso 30b, que consiste, por ejemplo, en un cuerpo metálico con un alto peso específico, teniendo una forma paralelepípedica. El elemento 18b está montado de forma deslizante con respecto a la estructura base 12 mediante un par de guías deslizantes paralelas 26b fijadas a la extremidad 12b en lados opuestos con respecto al estator 16b, que están dispuestas por respectivos pares de patines 24b fijados al elemento 18b. En algunas aplicaciones, incluso si habitualmente no es necesario, puede ser conveniente guiar el extremo del brazo 25b opuesto al elemento 18b mediante una guía deslizante 34 soportada por un elemento de soporte 33 fijada en voladizo a la extremidad 12a de la estructura

ES 2 317 178 T3

base 12, estando la guía 34 acoplada por un par de patines 35b conectados al brazo 25b, con el fin de evitar posibles vibraciones por torsión o flexión del brazo 25b.

La definición de las masas de los componentes móviles de la unidad de equilibrio 14b y de su posición con respecto a la unidad de trabajo, en particular la definición de la masa del elemento de contrapeso 30b y su posición con respecto al brazo 25b, se definen durante el diseño. Sin embargo, su ajuste preciso debe llevarse a cabo durante el montaje de la unidad de trabajo 3, a fin de conseguir la coincidencia de los centros de gravedad de las masas móviles del elemento móvil 14a y de la unidad de equilibrio 14b y de los respectivos momentos, que constituyen las condiciones más críticas para obtener el equilibrio dinámico del sistema.

Con el fin de facilitar las fases de montaje y el ajuste preciso de la posición del elemento de contrapeso 30a, se proporcionan primeros y secundarios contrapesos auxiliares 36b y 38b, que están vinculados al brazo 25a en una posición adyacente al elemento de contrapeso 30b, y al elemento deslizante 18b en una posición adyacente al brazo 25b, respectivamente. Los contrapesos 36b, 38b pueden conectarse a los respectivos elementos mediante el uso de tornillos que se acoplan en los respectivos agujeros roscados o por otros sistemas de fijación conocidos aportando la posibilidad de un cambio continuo de su posición. En particular, el contrapeso auxiliar 36b puede moverse en una serie de posiciones a lo largo de la dirección del eje U, perpendicular a los ejes V y Z, mientras que el contrapeso auxiliar 38b puede moverse en una serie de posiciones a lo largo de la dirección del eje Z, de tal manera que permite una compensación precisa de las componentes de las fuerzas y momentos a lo largo de tales ejes.

Además, para lograr un ajuste preciso de la posición y de la masa de los contrapesos auxiliares 36b y 38b, pueden utilizarse respectivas masas adicionales 40b y 42b, con la función de "compensador", en particular en el caso de prototipos y pre-producciones de montaje.

Una cuarta realización de la unidad de trabajo de la invención se muestra en las figuras 7 y 8, donde los elementos iguales o similares a los de realizaciones anteriores se han indicado con las mismas referencias.

La unidad de trabajo de esta realización se indica con 4, y está prevista para permitir el movimiento de una plataforma de soporte 30a que sostiene la herramienta 22a en cualquier posición sobre un plano definido por los ejes X e Y de la figura 8. Los movimientos de la plataforma 30a se obtienen como resultado del movimiento de un par de unidades de movimiento indicadas con 5 y 6, a lo largo de los respectivos ejes V y U, siendo cada unidad de movimiento bastante similar a la unidad de equilibrio 3 de las figuras 5 y 6, estando la unidad 5 y 6 individualmente equilibrada y estando dispuestas de un modo especular entre sí, de manera que la unidad de trabajo 4 está completamente equilibrada dinámicamente. La estructura de la unidad de trabajo 4 es sensiblemente análoga a la unidad de trabajo conocida 100 de la figura 1, con la principal diferencia de que la unidad 4 está perfectamente equilibrada dinámicamente.

Cada uno de los elementos deslizantes 18a de los elementos móviles 14a de cada unidad de movimiento 5 y 6, tienen una guía 29a que se extiende transversalmente a las respectivas direcciones deslizantes V y U, cuyas guías 29a están acopladas de forma deslizante por los respectivos pares de patines 28a fijados sobre lados ortogonales de la plataforma 30a, de manera que la plataforma 30a se desliza a lo largo de las guías 29a debido al movimiento de las unidades 5 y 6 a lo largo de las respectivas direcciones V y U, permitiendo que la herramienta 22a alcance todas las posibles realizaciones dentro de un área de trabajo estrecha del plano U-V.

Las configuraciones mostradas en las figuras 7 y 8 corresponden a dos posiciones de trabajo extremas de la unidad de trabajo 4, en el que los elementos deslizantes 18a de las dos unidades de movimiento 5 y 6, que están dispuestos a diferentes niveles a fin de evitar interferencias durante su movimiento, están ambos completamente retrocedidos, estando la plataforma 30a en su posición más cercana a las dos estructuras base 12 de las unidades 5 y 6, y ambas completamente extendidas, estando la plataforma 30a en su posición más separada de las dos estructuras base 12. Naturalmente, la plataforma 30a junto con la respectiva herramienta 22a puede llevarse a cualquier posición del plano U-V, como resultado de los movimientos de las unidades 5 y 6, que son independientes entre sí.

La unidad de trabajo 4, además de estar completamente libre de cualquier oscilación y vibración durante su funcionamiento, es también extremadamente compacta, y tiene la ventaja de que solamente requiere dos motores idénticos para cada eje de movimiento, mientras que otras soluciones de equilibrio convencionales necesitarían tres o cuatro motores para cada eje y una estructura más pesada y voluminosa.

Ya que las dos unidades 5 y 6 están dispuestas de una forma especular, a diferencia de la disposición de la unidad conocida de la figura 1 en la que las dos ramas tienen una configuración idéntica, la ventaja se consigue al evitar cualquier interferencia posible entre los elementos deslizantes 18b durante su movimiento, y al hacer los contrapesos 36b y 38b más fácilmente accesibles durante el ajuste de sus posiciones.

Cuando la herramienta 22a tiene que moverse por medio de la unidad de trabajo 4 en la dirección del eje Z perpendicular al plano U-V, naturalmente también pueden balancearse las masas móviles a lo largo del eje Z de una forma totalmente análoga a la descrita anteriormente con referencia a las unidades 5 y 6. Sin embargo, en general, incluso si la unidad 4 está adaptada para mover la herramienta 22a a lo largo del eje Z, las masas móviles a lo largo de este eje son considerablemente más pequeñas que las de las unidades 5 y 6, de modo que las posibles vibraciones que se deriven de los movimientos a lo largo del eje Z sean habitualmente insignificantes. En lo esencial, en la mayoría de casos prácticos, no es necesario el equilibrio dinámico de la unidad 4 con respecto al eje Z.

ES 2 317 178 T3

Las unidades de trabajo según la invención pueden aplicarse a diversos tipos de máquinas herramientas de estructura generalmente conocida, con el objeto de conseguir un movimiento relativo entre dichas unidades de trabajo y una pieza a manipular vinculada a la máquina herramienta, que debe de estar preparada para cualquier operación de trabajo sin vibraciones.

5 En la figura 9 se muestra una máquina herramienta 50 que comprende una base 52 que tiene un brazo 54 que se extiende en voladizo desde la base 52 y está montado de forma móvil en una dirección X. Por debajo del brazo 54 se dispone una mesa, o base de trabajo estacionaria, 56 para soportar o sujetar la pieza a manipular (no ilustrada). Un elemento 58 que soporta una unidad de trabajo de acuerdo con la invención, indicada con 4, provista de una herramienta de trabajo habitualmente movable a lo largo de los ejes U, V y Z por medio de la unidad 4, está montada de forma deslizante a lo largo de una dirección Y, transversal a la dirección X, a lo largo del brazo 54. Esta estructura tiene la ventaja de hacer accesible la unidad de trabajo 4 de una forma sencilla desde todos los lados. Los movimientos del elemento 58 y por lo tanto de toda la unidad 4 a lo largo de los ejes X e Y se llevan a cabo con velocidades relativamente altas aunque con aceleraciones relativamente pequeñas en el plano de trabajo definido por la mesa 56, mientras que los movimientos de la herramienta sostenida por la unidad 4 se llevan a cabo con altas aceleraciones en un área estrecha que corresponde a las posiciones que pueden alcanzarse por las herramientas como resultado de los movimientos de las partes móviles de la unidad 4, en un plano U-V o en planos paralelos a éste.

20 En la figura 10, se muestra otra máquina herramienta 60, cuya base 62 soporta un brazo estacionario 64 que se extiende en voladizo desde la base 62 y soporta una unidad de trabajo 4 que puede moverse a lo largo de las direcciones U, V, y posiblemente Z, perpendicular entre sí. En este caso, el brazo 64 puede estar fabricado por medio de una estructura especialmente ligera y por ello no está muy sometida a vibraciones. Una mesa, o base de trabajo, 66 provista de medios antifricción, tales como bolas, se disponen por debajo del brazo 64, al que están vinculados medios de manipulación 68, del tipo conocido de *per se*, que están adaptados para llevar en movimiento una pieza a manipular 70 que sea sometida a una operación de trabajo por medio de la herramienta de la unidad 4, por ejemplo, a lo largo de los ejes perpendiculares X e Y. En particular, los movimientos de la pieza a manipular 70 se llevan a cabo con velocidades relativamente altas pero con aceleraciones relativamente pequeñas de modo que cubren todo el área amplia de trabajo correspondiente a la superficie de la pieza a manipular 70, mientras que los movimientos de la herramienta de la unidad 4 se llevan a cabo con altas aceleraciones en la respectiva área estrecha.

30 Otras posibles configuraciones de máquinas herramientas que tienen una estructura generalmente conocida, que están adaptadas para equiparse con una unidad de trabajo de acuerdo con la invención, se muestran de forma esquematizada en las figuras 11a a 11d. De forma breve, la figura 11a muestra una máquina con un concepto similar al de la figura 10, donde la pieza a manipular P está dispuesta por debajo de una unidad de trabajo estacionaria T y se mueve por medio de un par de mesas que son respectivamente deslizables en las direcciones X e Y; la figura 11b muestra una máquina que comprende una estructura de compuerta estacionaria a lo largo del cual está montada de forma deslizante la unidad de trabajo T en una dirección Y mientras que la pieza a manipular P está soportada por una mesa deslizante en la dirección X; la figura 11c muestra una máquina provista de una estructura de compuerta estacionaria a lo largo del cual está montada de forma deslizante la unidad de trabajo T en la dirección Y y la pieza a manipular P es deslizante sobre una mesa estacionaria a lo largo del cual se mueve en la dirección X por medios de movimiento lineales; la figura 11d muestra una máquina que tiene una estructura de compuerta que puede moverse a lo largo de un eje X con respecto a una mesa sobre la cual se dispone la pieza a manipular P, estando la unidad de trabajo T montada de forma deslizante con respecto a la estructura de compuerta en la dirección Y; y la figura 11e muestra una máquina provista de una estructura de compuerta estacionaria debajo de la cual se soporta la pieza a manipular P sobre una mesa estacionaria, estando la unidad de trabajo T montada de forma deslizante con respecto a la estructura de compuerta tanto en la dirección X como en la dirección Y.

50 Naturalmente, son posibles otras realizaciones donde la unidad de trabajo de la invención tal como se define en las reivindicaciones incluidas puedan utilizarse de forma independiente, es decir, sin ninguna necesidad de estar vinculada a otras unidades de manipulación en el contexto de una máquina herramienta.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Unidad de trabajo, en particular para una máquina herramienta, que comprende un bastidor (10) y al menos un elemento (14a) móvil en al menos una dirección de movimiento lineal (U, V, Z) con respecto al bastidor (10) como resultado del accionamiento de los primeros medios de accionamiento (15a), estando dicho elemento móvil (14a) previsto para moverse a lo largo del respectivo recorrido con aceleraciones relativamente altas que como consecuencia, se aplican a modo de una reacción, fuerzas y/o momentos al bastidor (10) de modo que provocan oscilaciones y vibraciones del bastidor (10) que pueden afectar a la precisión de las operaciones de trabajo llevadas a cabo por medio de la unidad de trabajo (1; 2; 3; 4), estando los primeros medios de accionamiento (15a) controlados por una señal de control (S), incluyendo la unidad medios de equilibrado para equilibrar el elemento móvil (14a), que comprenden, para cada dirección de movimiento (U, V, Z) a equilibrar de dicho elemento móvil (14a), al menos una unidad de contrapeso (14b) móvil con respecto al bastidor (10) a lo largo de un respectivo recorrido y segundos medios de accionamiento (15b) vinculados con el bastidor (10) y accionados de una forma mecánica independiente de los primeros medios de accionamiento (15a), para mover dicha unidad de contrapeso (14b) simultáneamente con el elemento móvil (14a) y a lo largo de una dirección opuesta a la dirección de movimiento del elemento móvil (14a),

caracterizada por el hecho de que la masa de dicha unidad de contrapeso (14b) es igual a la masa del respectivo elemento móvil (14a), y en el que la unidad de contrapeso (14b) está posicionada con respecto al elemento móvil (14a) de manera que compensa los efectos tanto de las fuerzas como los momentos de dicha reacción con respecto a dicha dirección de movimiento (U, V, Z) con independencia de otras posibles direcciones de movimiento, siendo accionados los segundos medios de accionamiento (15b) por la misma señal de control (S) que controla el movimiento de los primeros medios de accionamiento (15a) de tal manera que los movimientos del elemento móvil (14a) y de la unidad de contrapeso (14b) tienen, en cada momento, prácticamente la misma aceleración y por consiguiente la misma velocidad y la misma posición, a lo largo del respectivo recorrido, con lo que el elemento móvil (14a) está dinámicamente equilibrado en cada momento por la unidad de contrapeso (14b).

2. Unidad de trabajo según la reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que dicha unidad de contrapeso (14b) comprende una pluralidad de elementos de contrapeso independientes vinculados a los respectivos accionadores (15b), siendo la suma de las masas de dichos elementos de contrapeso igual a la masa del elemento móvil (14a) y que tiene el centro de gravedad posicionado de modo que elimina en cada momento la resultante de las fuerzas y de los momentos generados por los movimientos del elemento móvil (14a) con respecto al bastidor (10), estando cada accionador de dichos elementos de contrapeso controlados por la misma señal (S) que controla los primeros medios de accionamiento (15a) de tal manera que dichos elementos de contrapeso se mueven simultáneamente con el elemento móvil (14a) y en una dirección opuesta a la dirección de movimiento del elemento móvil (14a).

3. Unidad de trabajo según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** por el hecho de que comprende una estructura base (12) fijada al bastidor (10), soportando de forma deslizable dicho elemento móvil (14a) a lo largo de dicha dirección de movimiento (U, V, Z), un cabezal de trabajo (30a) provisto de una herramienta de trabajo (22a) que está vinculada al elemento móvil (14a), estando dichos primeros medios de accionamiento (15a) interpuestos entre dicho elemento móvil (14a) y la estructura base (12), y en el que dicha unidad de contrapeso (14b) está también soportada de forma deslizable por la estructura base (12) a lo largo de la dirección de movimiento (U, V, Z) del elemento móvil (14a), estando interpuestos los segundos medios de accionamiento (15b) entre la unidad de contrapeso (14b) y la estructura base (12).

4. Unidad de trabajo según la reivindicación 3, **caracterizada** por el hecho de que dichos primeros y segundos medios de accionamiento (15a, 15b) comprenden preferentemente motores lineales idénticos por control numérico, simultáneamente controlados por una misma señal (S).

5. Unidad de trabajo según la reivindicación 4, **caracterizada** por el hecho de que el elemento móvil (14a) tiene una región (25a) básicamente transversal a la propia dirección de movimiento (U, V, Z) y que dicha unidad de contrapeso (14b) comprende por ello un brazo (25b) que se extiende en una dirección sensiblemente transversal a la dirección de movimiento (U, V, Z) de dicho elemento móvil (14a), al cual está conectada una masa de equilibrio (30b) que está dispuesta lateralmente en el elemento móvil (14a) en el mismo lado de los primeros medios de accionamiento (15a) con respecto a la estructura base (12).

6. Unidad de trabajo según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** por el hecho de que comprende una primera y segunda estructura base (12) fijada al bastidor (10), soportando la primera estructura base un primer elemento móvil (14a) deslizable a lo largo de una primera dirección de movimiento (V) y la segunda estructura base que soporta un segundo elemento móvil (14a) deslizable a lo largo de una segunda dirección de movimiento (U) ortogonal a la primera dirección de movimiento (V), y un cabezal de trabajo (30a) provisto de una herramienta de trabajo (22a) que está vinculada de forma deslizable a ambos elementos móviles (14a), en el que entre la primera estructura base (12) y el primer elemento móvil (14a) y entre la segunda estructura base (12) y el segundo elemento móvil (14a), respectivamente, están interpuestos primeros medios de accionamiento (15a) para mover dichos elementos móviles (14a) con respecto al bastidor (10) con independencia entre sí y de una manera sincronizada como una función de la operación de trabajo a realizar, y en el que la primera estructura base (12) soporta de forma deslizable a lo largo de dicha primera dirección de movimiento (V) una primera unidad de contrapeso (14b), y la segunda estructura base

ES 2 317 178 T3

5 (12) soporta de forma deslizable a lo largo de dicha segunda dirección del movimiento (U) una segunda unidad de contrapeso (14b), segundos medios de accionamiento (15b) adaptados para mover dicha unidad de contrapeso (14b) con independencia entre sí con respecto a las respectivas estructuras base (12), estando interpuestos entre la primera estructura base (12) y la primera unidad de contrapeso (14b) y entre la segunda estructura base (12) y la segunda unidad de contrapeso (14b), respectivamente.

10 7. Unidad de trabajo según la reivindicación 6, **caracterizada** por el hecho de que los primeros medios de accionamiento (15a) de dicho primer y segundo elemento movable (14a) y los segundos medios de accionamiento (15b) de dicha primera y segunda unidad contrapeso (14b), comprenden preferentemente motores lineales idénticos de control numérico.

15 8. Unidad de trabajo según la reivindicación 7, **caracterizada** por el hecho de que cada elemento movable (14a) tiene una región (25a) transversal a la propia dirección de movimiento (U, V, Z) y por ello cada unidad contrapeso (14b) comprende un brazo (25b) que se extiende en una dirección sensiblemente transversal a la dirección de movimiento (U, V, Z) del respectivo elemento movable (14a), al que está conectada una masa de equilibrio (30a) de modo que se posiciona lateralmente en el respectivo elemento movable (14a), en una posición sensiblemente adyacente a los primeros medios de accionamiento (15a) del respectivo elemento movable (14a).

20 9. Unidad de trabajo según la reivindicaciones 5 o 8, **caracterizada** por el hecho de que están vinculados un primer contrapeso auxiliar (36b) y un segundo contrapeso auxiliar (38b) al brazo (25b) de cada unidad contrapeso (14b) con la posibilidad de ajustar su posición, cuyas posiciones pueden cambiarse con respecto a la unidad contrapeso (14b) a lo largo de las direcciones respectivamente perpendiculares (U, Z).

25 10. Unidad de trabajo según la reivindicación 9, **caracterizada** por el hecho de que una respectiva masa de equilibrio adicional (40b, 42b) adaptada para disponerse según una pluralidad de posiciones ajustables, puede vincularse a cada contrapeso auxiliar (36b, 38b) para permitir un ajuste preciso de la posición de dichos contrapesos auxiliares (36b, 38b).

30 11. Máquina herramienta que comprende una unidad de trabajo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la unidad de trabajo (1; 2; 3; 4) está montada de forma deslizable según una dirección de movimiento (Y) a lo largo de una estructura alargada (54) que se extiende desde una base (52) de la máquina herramienta (50) de manera que esté superpuesta en una mesa (56) para soportar una pieza a manipular, estando la estructura alargada (54) a su vez montada de forma deslizable con respecto a la base (52) a lo largo de una dirección (X) perpendicular a la dirección de movimiento (Y) de la unidad de trabajo (4) a lo largo de la estructura alargada (54).

35 40 12. Máquina herramienta que comprende una unidad de trabajo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la unidad de trabajo está montada en una región superpuesta (64) de la máquina herramienta (60), fijada a una base (62) de la máquina herramienta (60), en el que la máquina herramienta (60) comprende, por debajo de dicha región superpuesta (64), medios automáticos (68) para mover una pieza a manipular (70) que ha de someterse a una operación de trabajo por medio de la unidad de trabajo (4), a lo largo de al menos una dirección (X, Y).

45

50

55

60

65

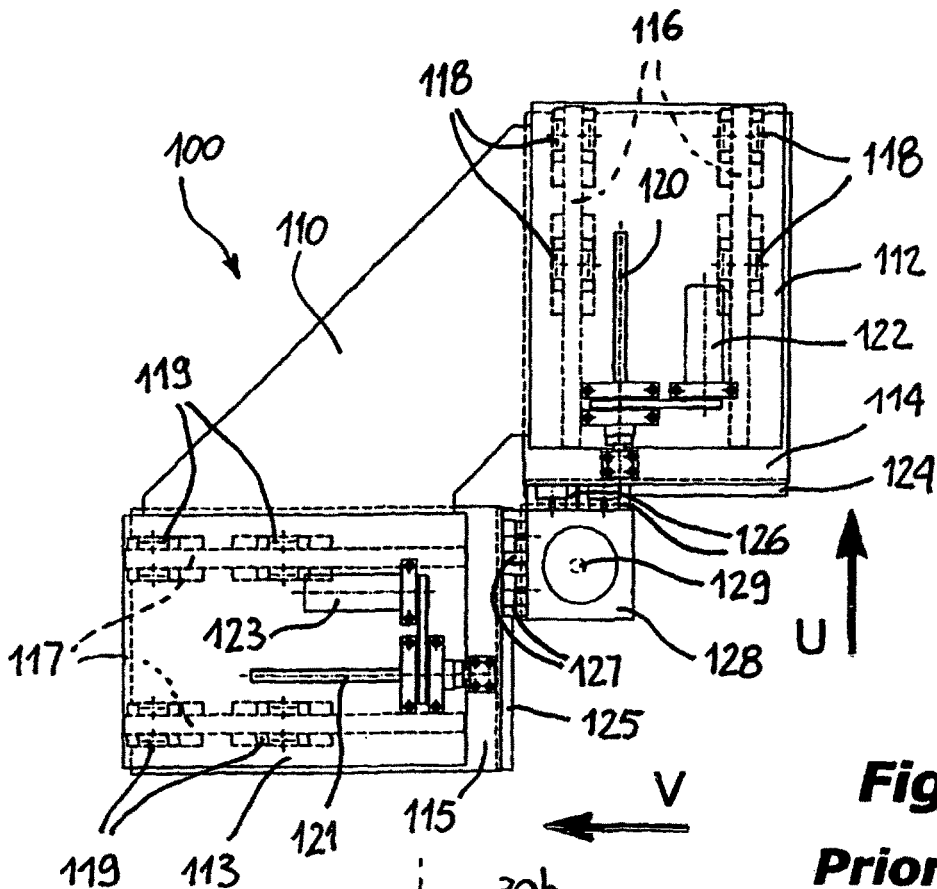


Fig. 1
Prior Art

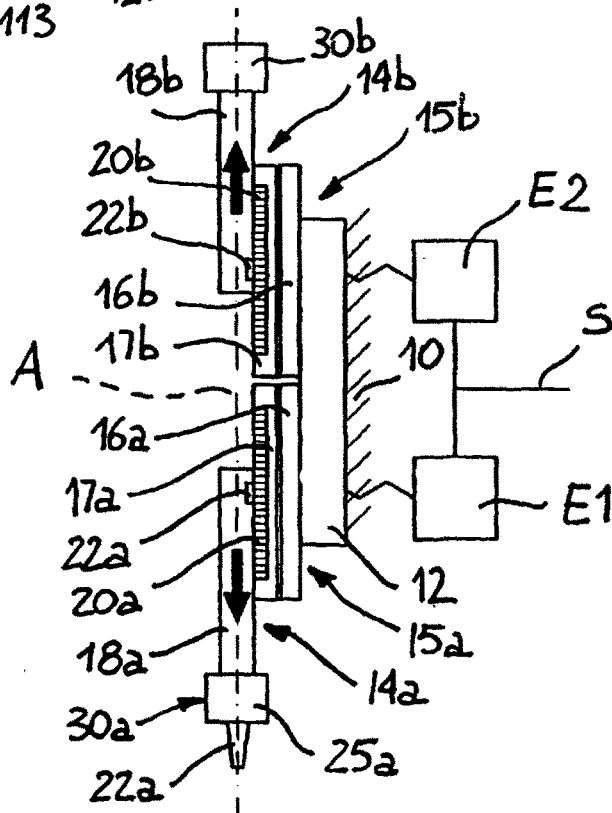


Fig. 2

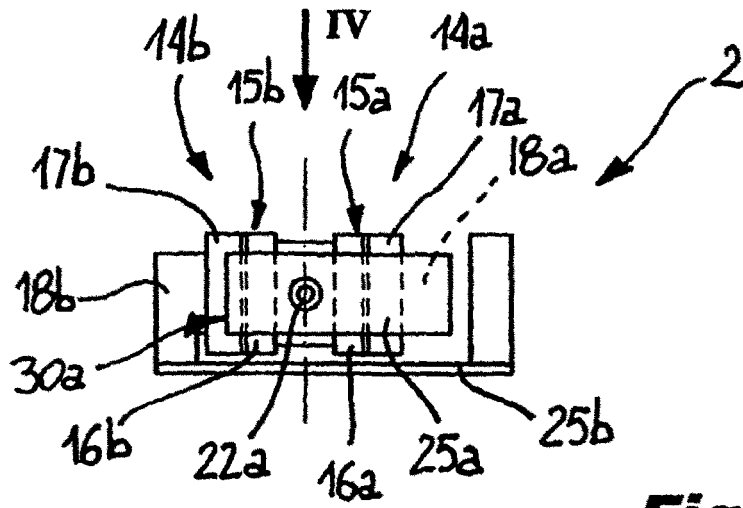


Fig. 3

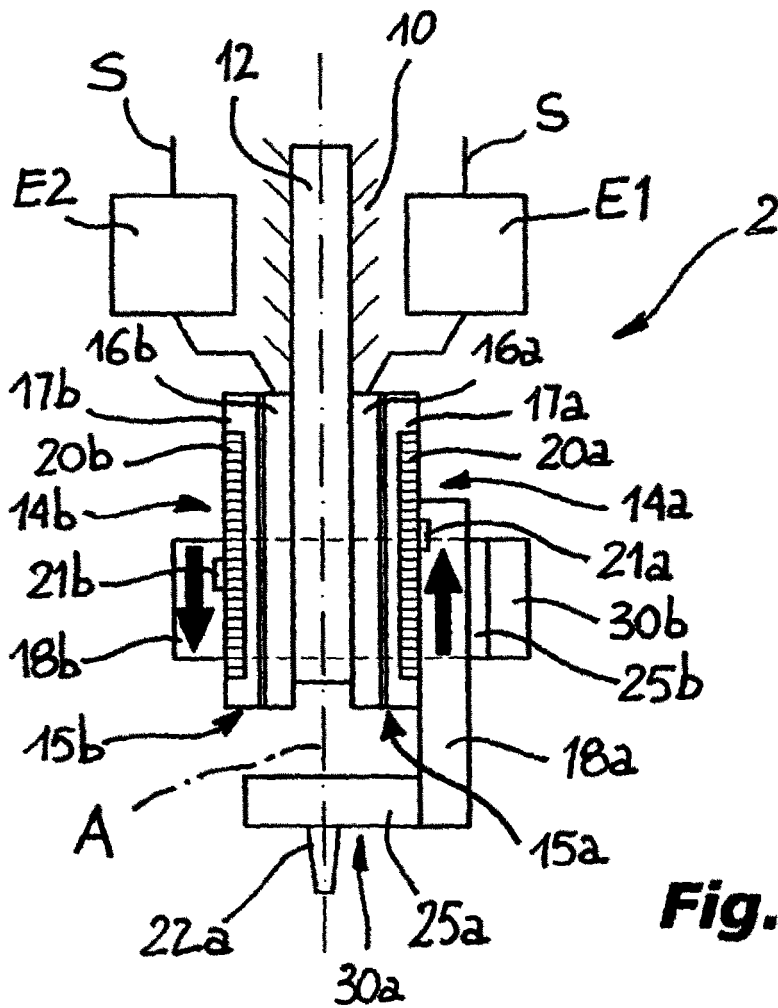


Fig. 4

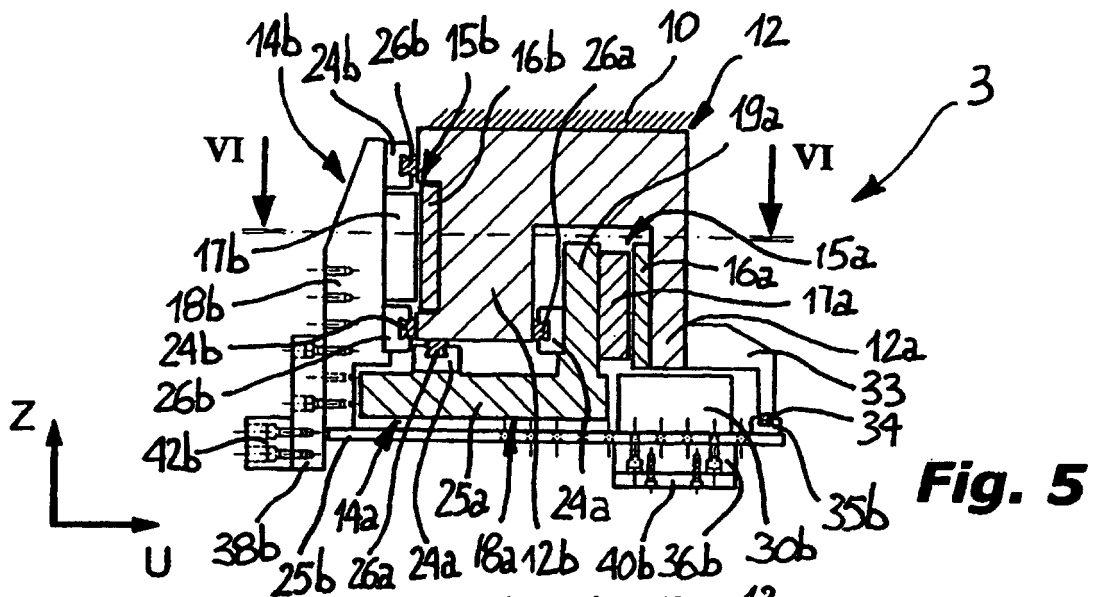


Fig. 5

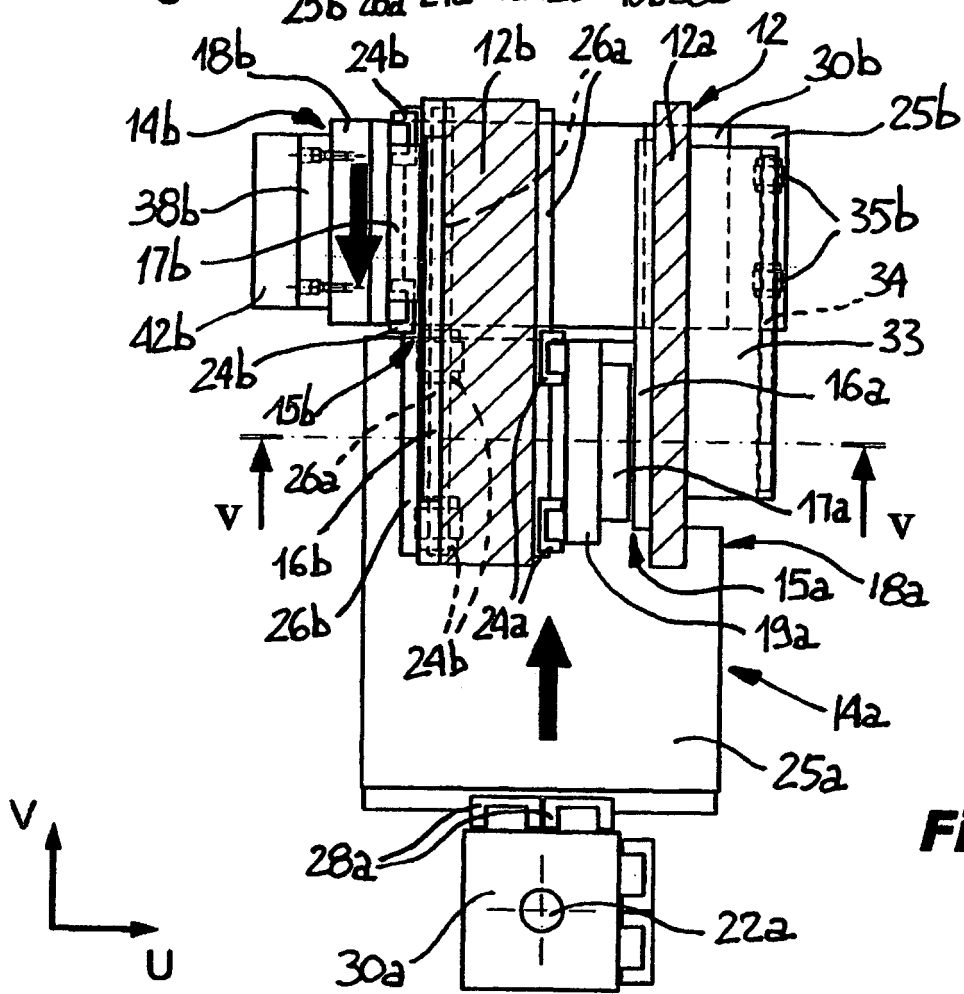


Fig. 6

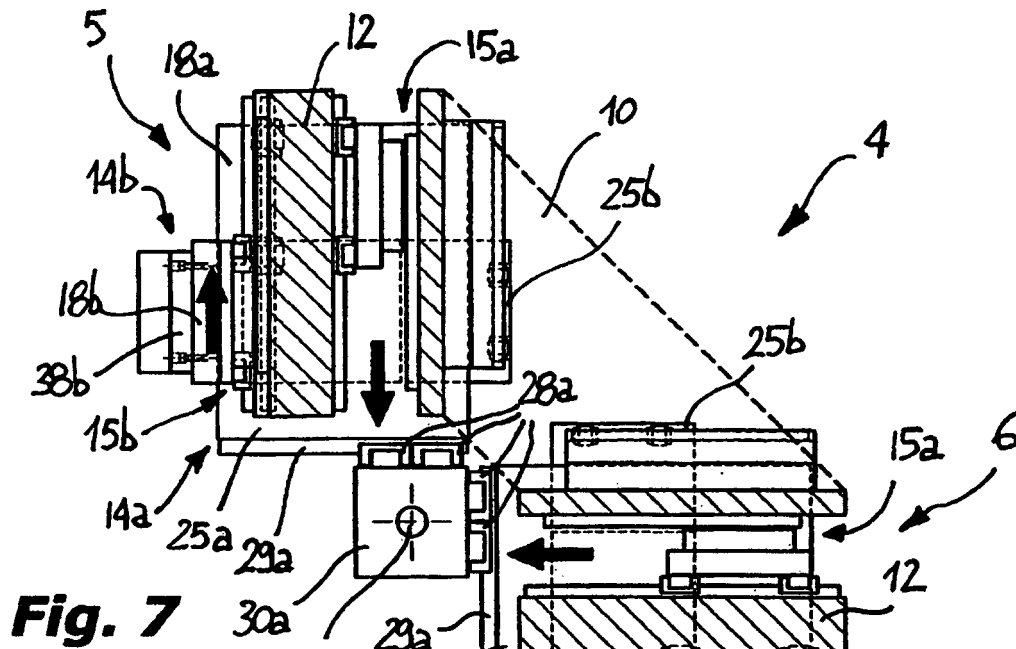


Fig. 7

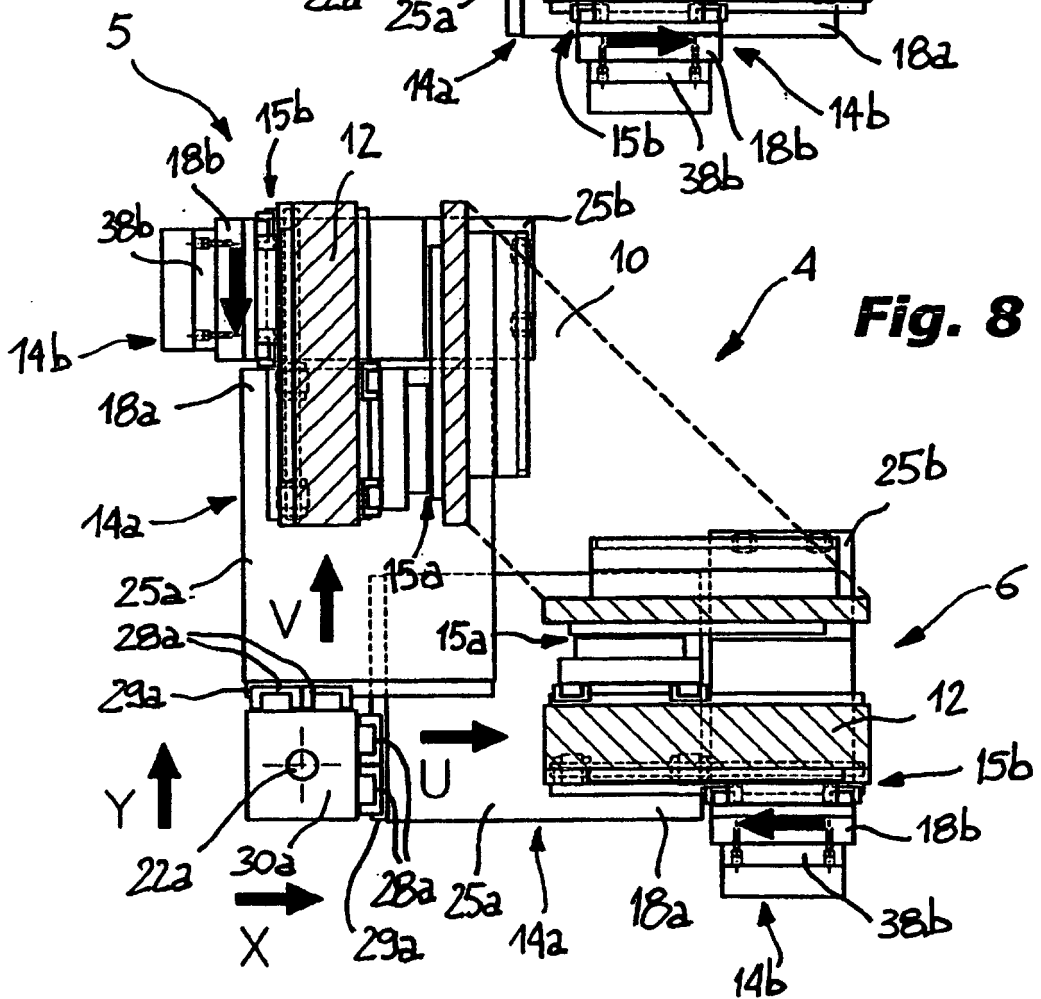


Fig. 8

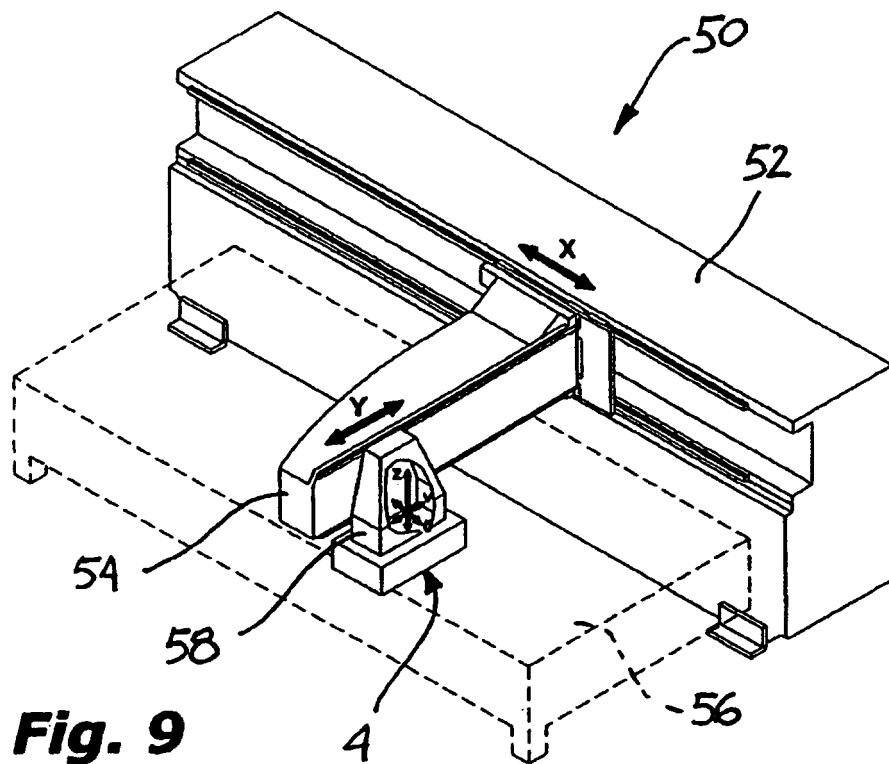


Fig. 9

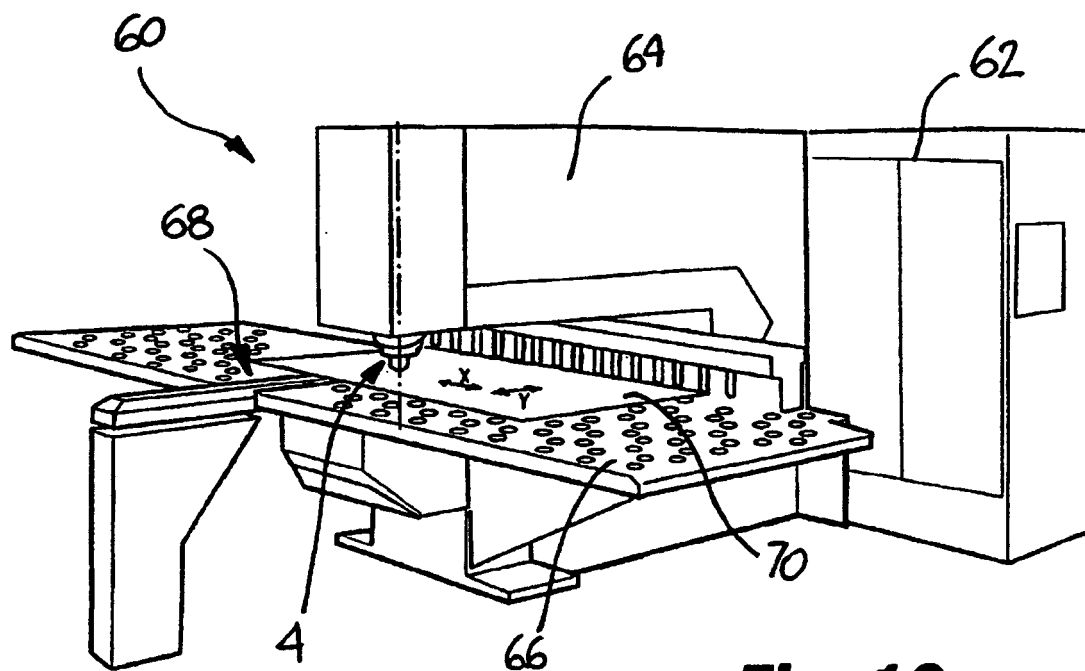


Fig. 10

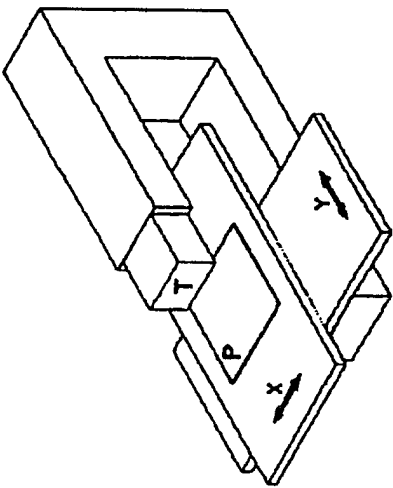


Fig. 11a

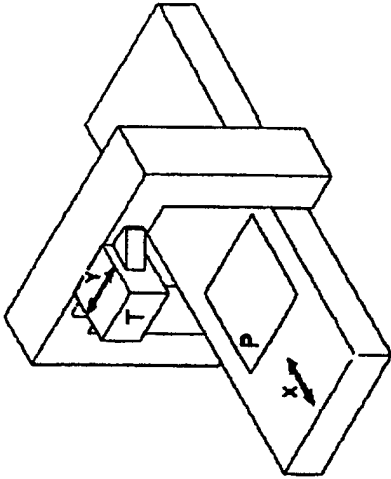


Fig. 11b

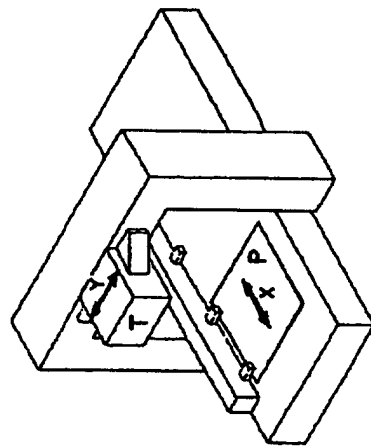


Fig. 11c

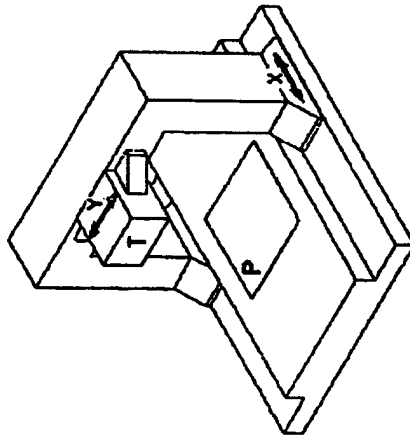


Fig. 11d

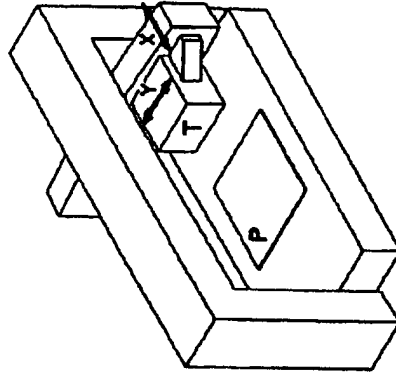


Fig. 11e